

Siti Kalsum • Poppy K. Devi  
Masmiani • Hasmiati Syahrul



# KIMIA 2

Kelas XI SMA dan MA



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

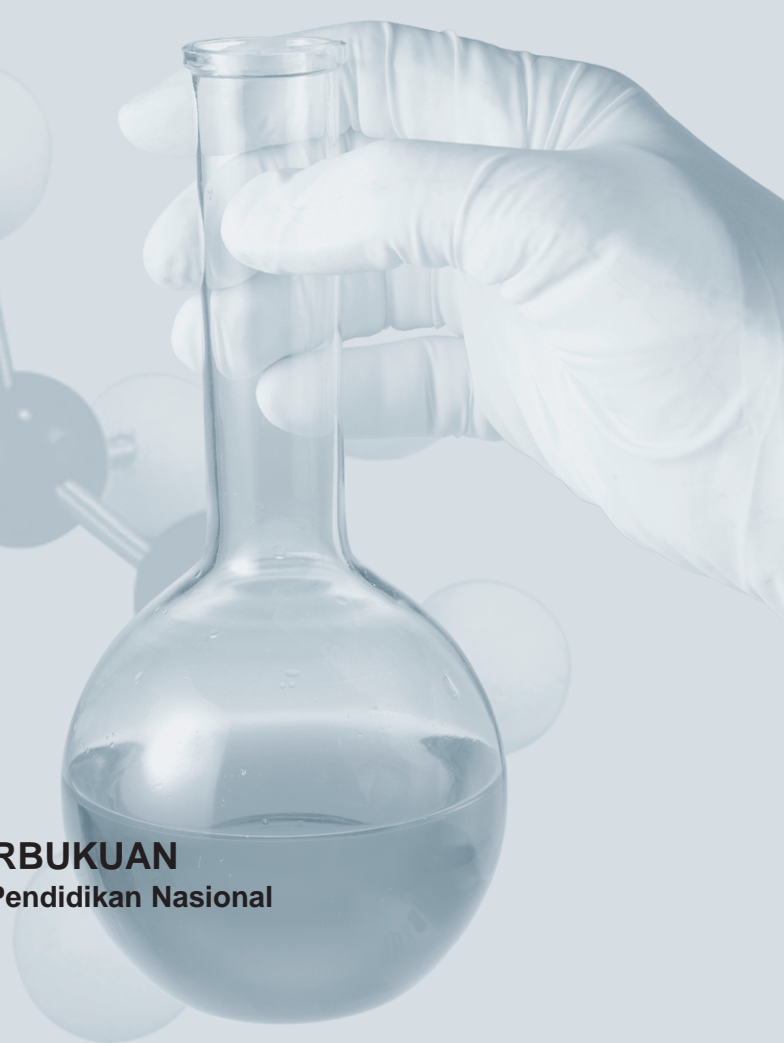
- Siti Kalsum • Poppy K. Devi
- Masmiami • Hasmiati Syahrul

# KIMIA 2

SMA dan MA Kelas XI



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional



Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
dilindungi Undang-undang

## **K I M I A 1**

**Kelas X SMA dan MA**

## **K I M I A 2**

**SMA dan MA Kelas XI**

Penulis : **Siti Kalsum**  
**Poppy K. Devi**  
**Masmiami**  
**Hasmiami Syahrul**

Penelaah : **Liliasari**

Editor : **Lilis Suryani**

Desain Sampul : **Gyun Slamet**

Ilustrator : **Beni**

Perwajahan : **Beni**

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

540.7

SIT SITI Kalsum  
k Kimia 2 : Kelas XI SMA dan MA / penulis, Siti Kalsum... [et al]  
; editor, Lilis Suryani ; ; ilustrator, Beni.  
— Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009  
vii, 296 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 293-294

Indeks

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

ISBN 978-979-068-728-8

I. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul

II. Lilis Suryani III. Beni

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

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

---

## KATA SAMBUTAN

---

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

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

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

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

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

Jakarta, Juni 2009  
Kepala Pusat Perbukuan

---

## KATA PENGANTAR

---

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

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

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

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

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

Bandung, Juni 2007

Penulis

---

## DAFTAR ISI

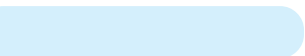
---

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
<b>BAB I Teori Atom Bohr dan Mekanika Kuantum</b>	<b>1</b>
A. Teori Atom Bohr dan Teori Mekanika Kuantum	3
B. Bilangan Kuantum dan Bentuk Orbital	4
C. Konfigurasi Elektron	9
D. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Letak Unsur pada Tabel Periodik	14
E. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Bilangan Kuantum dan Letak dalam Tabel Periodik	15
Rangkuman	17
Evaluasi Akhir Bab	18
<b>BAB II Bentuk Molekul dan Gaya Antarmolekul</b>	<b>23</b>
A. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Tolakan Pasangan Elektron Bebas	25
B. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Hibridisasi	32
C. Gaya Antarmolekul	36
Rangkuman	40
Evaluasi Akhir Bab	41
<b>BAB III Termokimia</b>	<b>47</b>
A. Sistem dan Lingkungan	49
B. Perubahan Entalpi	50
C. Penentuan $\Delta H$ Reaksi	54
D. Kalor Pembakaran	64
E. Dampak Pembakaran Bahan Bakar yang Tidak Sempurna	66
Rangkuman	67
Evaluasi Akhir Bab	68
<b>BAB IV Laju Reaksi</b>	<b>73</b>
A. Konsentrasi Larutan	75
B. Konsep Laju Reaksi	77
C. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi	83
D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi	87
E. Teori Tumbukan	93
Rangkuman	97
Evaluasi Akhir Bab	98

<b>BAB V Kesetimbangan Kimia</b>	105
A. Reaksi Kesetimbangan	107
B. Reaksi Kesetimbangan Homogen dan Reaksi Kesetimbangan Heterogen	110
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kesetimbangan	111
D. Konstanta Kesetimbangan	119
Rangkuman	128
Evaluasi Akhir Bab	129
<b>Soal Evaluasi Semester I</b>	135
<b>BAB VI Teori Asam-Basa</b>	145
A. Teori Asam dan Basa Arrhenius	147
B. Teori Asam-Basa Bronsted dan Lowry	152
C. Teori Asam-Basa Lewis	156
Rangkuman	158
Evaluasi Akhir Bab	159
<b>BAB VII pH Larutan Asam-Basa</b>	163
A. Penentuan pH Larutan dengan Indikator	165
B. Konstanta Ionisasi Asam dan Basa	167
C. Perhitungan pH Larutan	174
D. Trayek pH Indikator	179
Rangkuman	182
Evaluasi Akhir Bab	183
<b>BAB VIII Reaksi Penetralan dan Titrasi Asam-Basa</b>	187
A. Reaksi Penetralan	189
B. Titrasi Asam-Basa	190
C. Grafik Titrasi Asam-Basa	192
D. Perhitungan Jumlah Pereaksi atau Hasil Reaksi melalui Reaksi Penetralan atau Titrasi	194
E. Penerapan Titrasi Asam-Basa	196
Rangkuman	197
Evaluasi Akhir Bab	198
<b>BAB IX Larutan Penyangga</b>	203
A. Larutan Penyangga dan Pembentuknya	205
B. pH Larutan Penyangga	209
C. Pengaruh Pengenceran dan Penambahan Sedikit Asam atau Basa pada Larutan Penyangga	212
D. Kegunaan Larutan Penyangga	214
Rangkuman	215
Evaluasi Akhir Bab	216

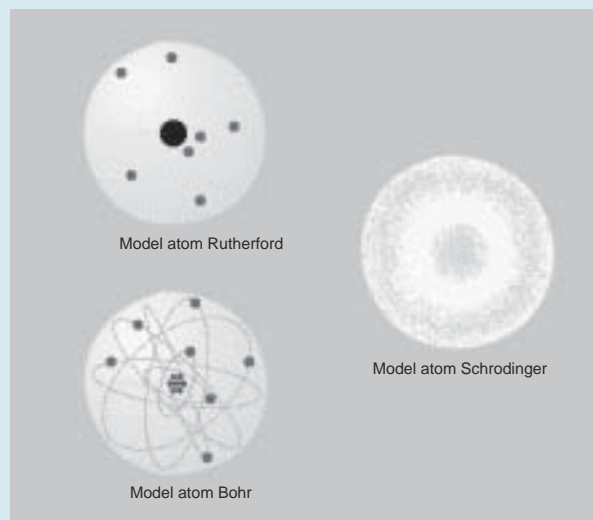
<b>BAB X Hidrolisis Garam</b>	219
A. Ciri-Ciri Garam yang Terhidrolisis	221
B. Hubungan $K_h$ , $K_w$ dengan $[\text{OH}^-]$ atau $[\text{H}^+]$ Larutan Garam yang Terhidrolisis	224
Rangkuman	230
Evaluasi Akhir Bab	230
<b>BAB XI Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan</b>	233
A. Keseimbangan Kelarutan	235
B. Hasil Kali Kelarutan	237
C. Penentuan Kelarutan Zat Berdasarkan $K_{sp}$ atau Sebaliknya	238
D. Pengaruh Penambahan Ion Senama terhadap Kelarutan	240
E. Hubungan Harga $K_{sp}$ dan pH	242
F. Memperkirakan Terbentuknya Endapan Berdasarkan $K_{sp}$	243
Rangkuman	247
Evaluasi Akhir Bab	247
<b>BAB XII Koloid</b>	251
A. Pengertian Koloid	253
B. Macam-Macam Koloid	254
C. Sifat-Sifat Koloid	256
D. Pembuatan Koloid	262
E. Koloid Pencemar Lingkungan	266
Rangkuman	268
Evaluasi Akhir Bab	269
<b>Soal Evaluasi Semester II</b>	273
<b>Lampiran 1 : Tabel Unsur</b>	279
<b>Lampiran 2 : Sifat Fisik Unsur</b>	281
<b>Lampiran 3 : Tetapan Kimia</b>	282
<b>Lampiran 4 : Kunci Jawaban Soal Evaluasi Akhir Bab</b>	285
<b>GLOSARIUM</b>	287
<b>Daftar Pustaka</b>	293
<b>INDEKS</b>	295





## Bab I

# Teori Atom Bohr dan Mekanika Kuantum



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2005

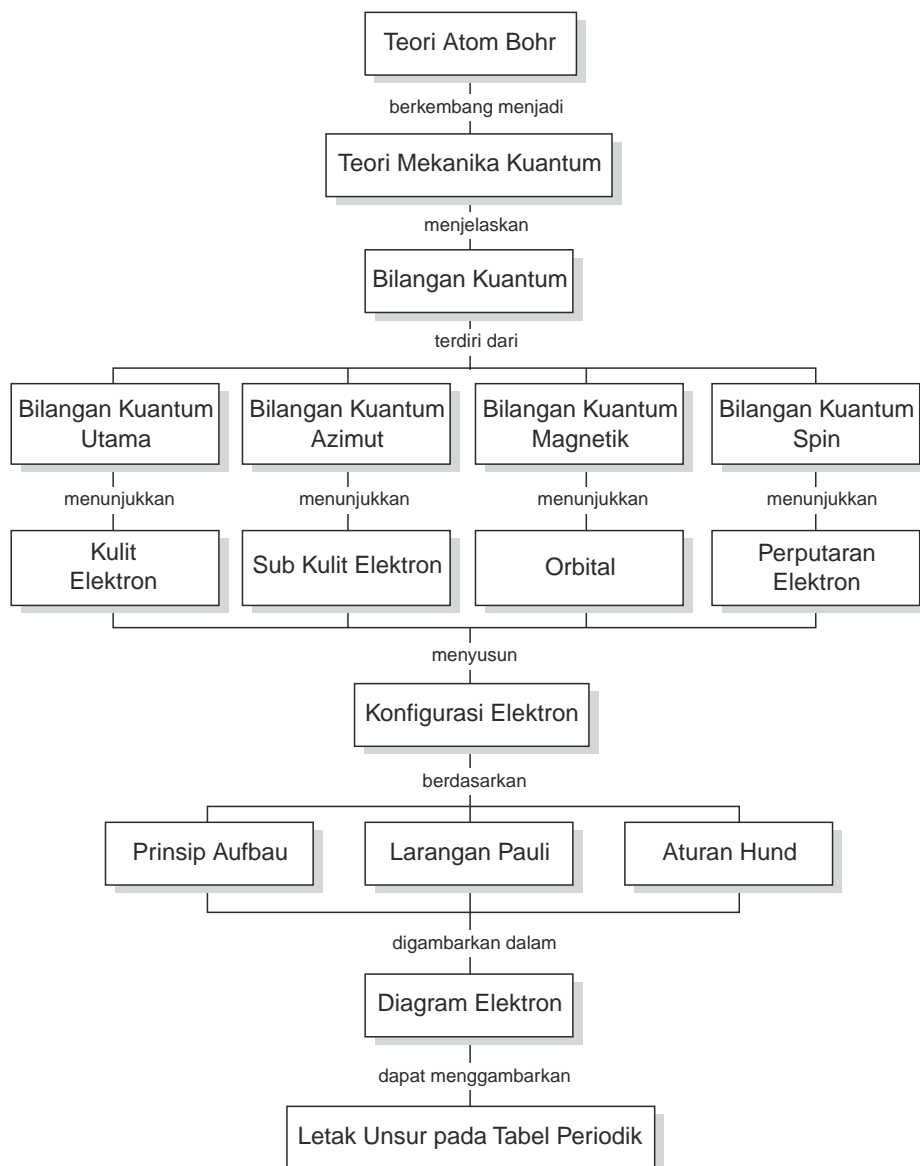
Teori atom berkembang mulai dari teori atom Rutherford, Bohr, sampai teori atom yang dikemukakan oleh Schrodinger yang dikenal sebagai teori atom mekanika kuantum.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan teori atom Bohr dan mekanika kuantum,
2. menentukan bilangan kuantum dan bentuk-bentuk orbital,
3. menjelaskan kulit dan subkulit serta hubungannya dengan bilangan kuantum,
4. menyusun konfigurasi elektron berdasarkan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan azas larangan Pauli,
5. menentukan letak unsur dalam tabel periodik berdasarkan konfigurasi elektron.

## PETA KONSEP



Menurut Rutherford, atom terdiri atas inti atom dan elektron. Pada inti terdapat proton dan neutron. Inti atom bermuatan positif, sedangkan elektronnya bermuatan negatif dan bergerak mengelilingi inti. Teori ini ternyata ada kelemahannya. Pada tahun 1913, teori ini dilengkapi oleh Niels Bohr sehingga muncul teori atom Bohr.

Menurut teori atom Bohr, atom terdiri atas inti atom yang merupakan pusat massa atom dan muatan inti, sedangkan elektron berputar mengelilingi inti pada lintasan tertentu dan dapat berpindah dari lintasan yang satu ke lintasan yang lainnya.

Teori atom Bohr hanya dapat menjelaskan spektrum atom hidrogen, setelah itu muncullah teori-teori baru tentang atom yang dikemukakan oleh Louis de Broglie, Schrodinger, dan Heisenberg yang dikenal dengan teori atom mekanika kuantum.

Pada bab ini akan dibahas tentang teori atom mekanika kuantum, bilangan kuantum, bentuk orbital, konfigurasi elektron, diagram elektron, dan hubungan konfigurasi elektron unsur dengan tempatnya dalam tabel periodik.

## A. Teori Atom Bohr dan Teori Mekanika Kuantum

Pada tahun 1913, Niels Bohr mengajukan suatu model atom untuk mengatasi kelemahan dari model atom Rutherford. Bohr melakukan serangkaian percobaan atas dasar postulat Planck tentang cahaya dan spektrum hidrogen yang terdiri dari garis-garis. Menurut Planck cahaya merupakan paket energi yang nilainya bergantung pada frekuensi gelombangnya serta hidrogen dapat menyerap dan memancarkan cahaya dengan energi tertentu. Dari keduanya lahir teori atom Bohr yang menyatakan:

1. Elektron dalam atom mempunyai tingkat energi tertentu atau elektron bergerak mengelilingi inti dalam lintasan tertentu.
2. Pada lintasannya elektron tidak menyerap atau memancarkan energi.
3. Elektron dapat pindah dari satu tingkat ke tingkat energi yang lain. Jika elektron pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi elektron tersebut dikatakan dalam keadaan tereksitasi.

Teori atom Bohr ini belum mampu menjelaskan atom-atom berelektron banyak. Spektrum garis hidrogen ternyata terdiri atas garis-garis kecil yang sangat berdekatan. Para ahli berusaha memecahkan masalah ini.

Pada tahun 1923 Louis de Broglie mengemukakan bahwa semua materi memiliki sifat gelombang dan setiap partikel yang bergerak memiliki sifat gelombang dengan panjang gelombang tertentu. Elektron yang bergerak mengelilingi inti, gerakannya seperti sebuah gelombang, keberadaannya dalam lintasannya tidak pasti. Hal ini tidak sesuai dengan yang dikemukakan Bohr yaitu elektron bergerak pada lintasan tertentu.

Pada tahun 1926 Erwin Schrodinger dan Werner Heisenberg mengemukakan teori bahwa lokasi elektron dalam atom tidak dapat ditentukan secara pasti, yang dapat ditentukan hanyalah daerah kemungkinan keberadaan elektron. Oleh karena keberadaan elektron diperkirakan dengan mekanika kuantum maka teori ini disebut *teori atom mekanika kuantum*.

## B. Bilangan Kuantum dan Bentuk Orbital

Pada teori atom mekanika kuantum, untuk menggambarkan posisi elektron digunakan bilangan-bilangan kuantum. Daerah kemungkinan elektron berada disebut orbital. *Orbital* memiliki bentuk yang berbeda-beda. Untuk memahami bilangan kuantum dan bentuk-bentuk orbital perhatikan uraian berikut.

### 1. Bilangan Kuantum

Schrodinger menggunakan tiga bilangan kuantum yaitu bilangan kuantum utama ( $n$ ), bilangan kuantum azimut ( $\ell$ ), dan bilangan kuantum magnetik ( $m$ ). Ketiga bilangan kuantum tersebut menjelaskan tingkat energi, bentuk, dan orientasi elektron di dalam orbital. Selain ketiga bilangan kuantum tersebut ada bilangan kuantum spin ( $s$ ) yang menunjukkan perputaran elektron pada sumbunya.

#### a. Bilangan Kuantum Utama

Bilangan kuantum utama memiliki lambang  $n$ . Harga  $n$  melambangkan tingkat energi elektron atau kulit elektron. Harga  $n$  untuk berbagai kulit elektron yaitu sebagai berikut.

Elektron pada kulit ke-1, memiliki harga  $n = 1$ .

Elektron pada kulit ke-2, memiliki harga  $n = 2$ .

Elektron pada kulit ke-3, memiliki harga  $n = 3$ .

Elektron pada kulit ke-4, memiliki harga  $n = 4$ .

#### b. Bilangan Kuantum Azimut

Bilangan kuantum azimut memiliki lambang  $\ell$ . Bilangan kuantum azimut menyatakan tingkat energi elektron pada subkulit. Subkulit elektron mempunyai lambang s, p, d, f. Huruf-huruf tersebut berasal dari kata *sharp* (s), *principal* (p), *diffuse* (d), dan *fundamental* (f) yang diambil dari nama-nama seri spektrum unsur.

Harga  $\ell$  untuk berbagai subkulit yaitu sebagai berikut.

Elektron pada subkulit s memiliki harga  $\ell = 0$

Elektron pada subkulit p memiliki harga  $\ell = 1$

Elektron pada subkulit d memiliki harga  $\ell = 2$

Elektron pada subkulit f memiliki harga  $\ell = 3$

Hubungan harga  $n$  dengan  $\ell$  adalah harga  $\ell$  mulai dari 0 sampai dengan  $n-1$ .

**Contoh:**

Jika  $n = 1$  maka  $\ell = 0$ .

Jika  $n = 2$  maka  $\ell = 0, 1$ .

Jika  $n = 3$  maka  $\ell = 0, 1, 2$ .

Jika  $n = 4$ , maka  $\ell = 0, 1, 2, 3$ .

**c. Bilangan Kuantum Magnetik**

Bilangan kuantum magnetik memiliki lambang  $m$  yang menunjukkan arah orbital elektron. Bilangan kuantum magnetik menyatakan jumlah orbital pada subkulit elektron. Bilangan kuantum ini bernilai negatif, nol, dan positif. Secara matematika harga  $m$  dapat ditulis mulai dari  $-\ell$  sampai dengan  $+\ell$ . Harga  $m$  untuk berbagai  $\ell$  atau subkulit dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Harga  $m$  untuk berbagai subkulit

Subkulit	Harga $\ell$	Harga $m$	Jumlah Orbital
s	0	0	1
p	1	-1, 0, +1	3
d	2	-2, -1, 0, +1, +2	5
f	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	7

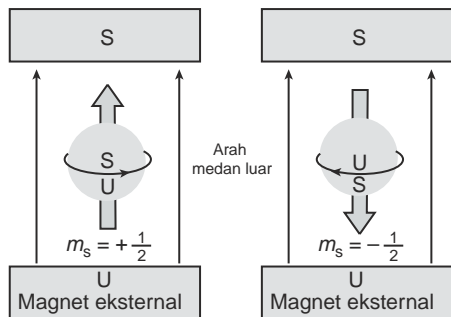
Harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ , dan  $m$  untuk berbagai bilangan kuantum dapat digambarkan seperti Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ , dan  $m$  untuk berbagai bilangan kuantum

Nama Bilangan Kuantum	Lambang	Harga Bilangan Kuantum
Utama	$n$	1
Azimut	$\ell$	
Magnetik	$m$	

**d. Bilangan Kuantum Spin**

Elektron dalam orbital tidak hanya bergerak di sekitar inti tetapi berputar pada sumbunya. Perhatikan Gambar 1.1.



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 1.1 Perputaran elektron pada sumbuanya

Bilangan kuantum spin dengan lambang  $s$ , menyatakan arah perputaran elektron pada sumbuanya.

Bilangan kuantum suatu elektron di dalam orbital dapat memiliki harga spin  $+\frac{1}{2}$  dan  $-\frac{1}{2}$ , tetapi berdasarkan kesepakatan para tokoh kimia, untuk elektron pertama di dalam orbital harga spinnya =  $+\frac{1}{2}$ .

Berdasarkan harga bilangan kuantum dapat ditentukan berapa jumlah elektron maksimum yang dapat menempati subkulit dan kulit. Perhatikan Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Harga masing-masing bilangan kuantum

Kulit	$n$	$\ell$	$m$	$s$	Maksimum elektron dalam subkulit	Maksimum elektron dalam kulit
K	1	0(1s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	2
L	2	0(2s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	8
		1(2p)	-1, 0, +1	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	6	
M	3	0(3s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	18
		1(3p)	-1,0,+1	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	6	
		2(3d)	-2,-1,0,+1,+2	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	10	
N	4	0(4s)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	32
		1(4p)	-1,0,+1	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	6	
		2(4d)	-2,-1,0,+1,+2	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	10	
		3(4f)	-3,-2,-1,0,+1,+2,+3	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	14	
...	a	0(as)	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	2	$2a^2$
		a-1	$-\ell$ sampai $+\ell$	$\pm\frac{1}{2}$ untuk setiap m	$4\ell + 2$	

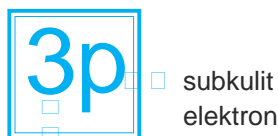
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Bagaimana cara menentukan harga bilangan kuantum? Perhatikan contoh soal berikut!

### Contoh Soal

1. Tentukan harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$  dari elektron-elektron pada subkulit 3p.

*Penyelesaian:*



nomor kulit

$$\text{Nomor kulit} = 3 \quad \square \quad n = 3$$

$$\text{Subkulit} = p \quad \square \quad \ell = 1$$

$$\text{Bilangan kuantum } m = -1, 0, +1$$

Jadi, elektron-elektron pada subkulit 3p memiliki harga  $n = 3$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = -1, 0, +1$

2. Tentukan subkulit dan kulit dari elektron yang memiliki harga bilangan kuantum  $n = 2$ ,  $\ell = 0$ ,  $m = 0$ .

*Penyelesaian:*

$$n = 2 \quad \square \quad \text{elektron pada kulit ke-2}$$

$$\ell = 0 \quad \square \quad \text{elektron pada subkulit s}$$

### Latihan 1.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ , dan  $m$  untuk elektron-elektron yang berada pada orbital atau subkulit 2s dan 3p.
2. Suatu elektron mempunyai harga bilangan kuantum  $n = 2$ ,  $\ell = 1$ , dan  $m = +1$ . Terletak pada orbital atau subkulit mana elektron tersebut?
3. Elektron terakhir suatu atom menempati subkulit 3d, tentukan harga keempat bilangan kuantum dari elektron tersebut!

## 2. Bentuk Orbital

Elektron-elektron bergerak pada setiap orbitalnya. Orbital-orbital mempunyai bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan arah gerakan elektron di dalam atom. Bentuk berbagai orbital adalah sebagai berikut.

### a. Orbital s



Sumber: Ebbing, *General Chemistry* 2s

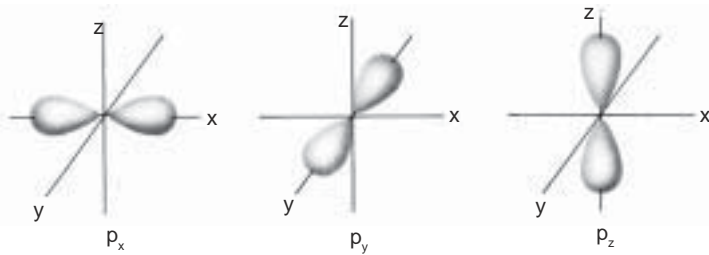
Perhatikan Gambar 1.2. Orbital s digambarkan berbentuk bola dengan inti sebagai pusat.

**Gambar 1.2** Bentuk orbital s



## b. Orbital p

Orbital p terdiri atas 3 orbital, masing-masing berbentuk balon terpilin dengan arah dalam ruang sesuai dengan sumbu x, y, dan z. Perhatikan Gambar 1.3!

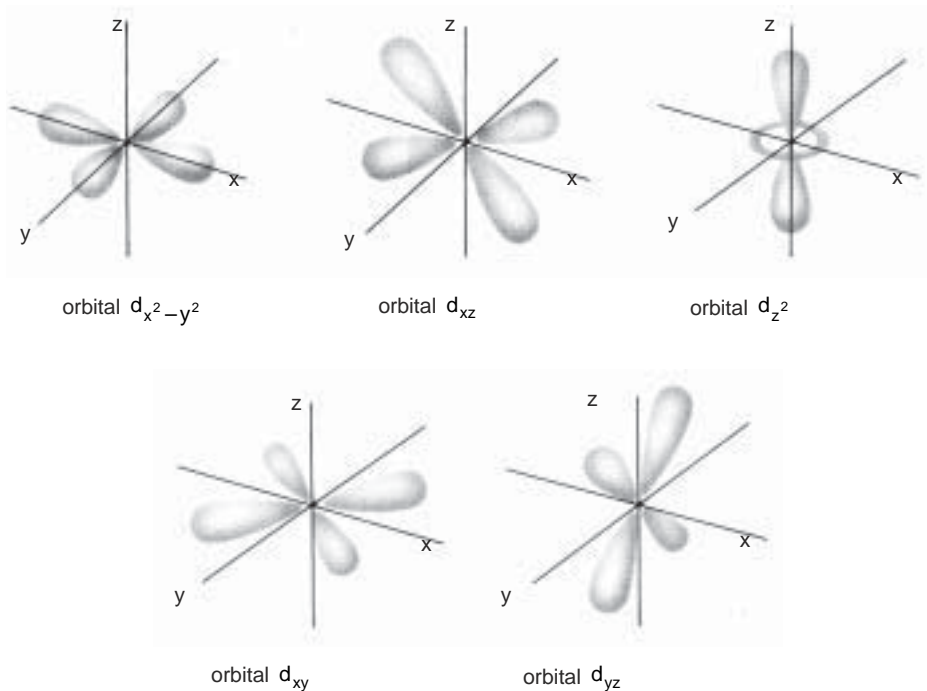


Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 1.3 Bentuk orbital p

## c. Orbital d

Bentuk orbital d terdiri atas lima orbital yaitu  $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{z^2}$ ,  $d_{xy}$ , dan  $d_{yz}$ . Perhatikan Gambar 1.4.



Sumber: General Chemistry

Gambar 1.4 Bentuk orbital d

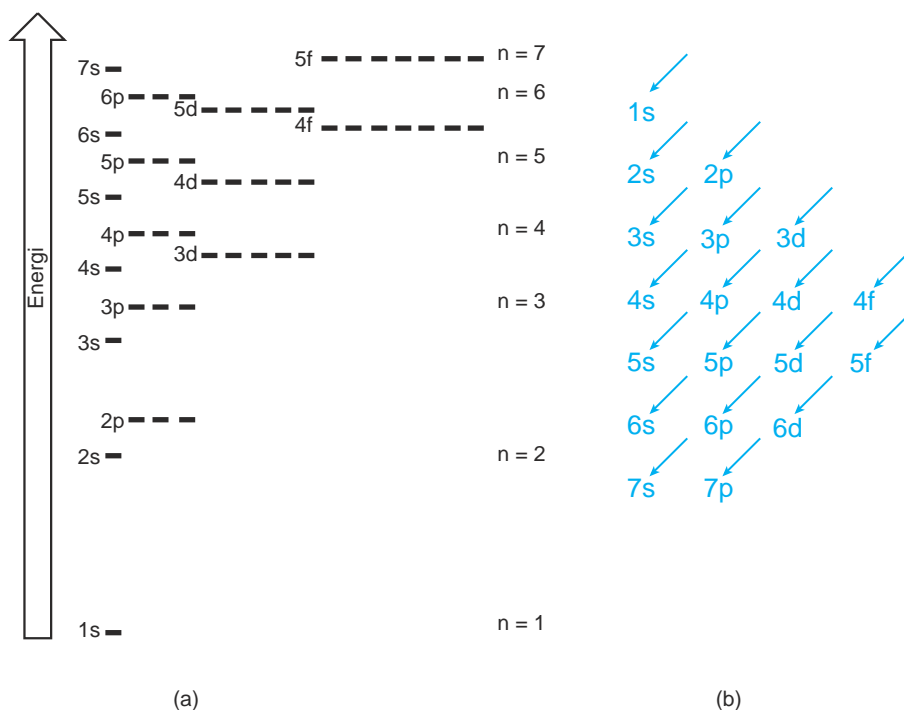
## C. Konfigurasi Elektron

Konfigurasi elektron merupakan distribusi elektron-elektron di dalam orbital-orbital suatu atom. Distribusi elektron didasarkan pada tingkat-tingkat energi dari orbital. Konfigurasi elektron harus memenuhi berbagai aturan atau prinsip. Berikut ini dijelaskan beberapa aturan atau prinsip tentang konfigurasi elektron.

### 1. Prinsip Aufbau

Subkulit atau orbital-orbital elektron mempunyai tingkat energi yang berbeda. Tingkat-tingkat energi dan subkulit elektron dari periode ke-1 sampai ke-7 digambarkan seperti Gambar 1.5(a).

Menurut Aufbau, elektron dalam atom sedapat mungkin memiliki energi yang terendah maka berdasarkan urutan tingkat energi orbital, pengisian konfigurasi elektron dimulai dari tingkat energi yang paling rendah ke tingkat energi yang tertinggi. Cara pengisian elektron pada subkulit dapat digambarkan seperti Gambar 1.5(b).



**Gambar 1.5**

- (a) Tingkat-tingkat energi subkulit elektron periode ke-1 sampai ke-7  
(b) Cara distribusi elektron pada subkulit

*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

Urutan subkulit dari energi terendah sampai tertinggi yaitu sebagai berikut.  
 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p, 6f, 7d

**Contoh:**

Konfigurasi elektron dari atom-atom  ${}_2\text{He}$ ,  ${}_3\text{Li}$ ,  ${}_7\text{N}$ ,  ${}_{11}\text{Na}$ ,  ${}_{18}\text{Ar}$ ,  ${}_{22}\text{Ti}$ , dan  ${}_{26}\text{Fe}$  adalah sebagai berikut.

**Tabel 1.4** Konfigurasi elektron dari beberapa atom

Lambang Unsur	Nomor Atom	Elektron	Konfigurasi Elektron
${}_2\text{He}$	2	2	$1s^2$
${}_3\text{Li}$	3	3	$1s^2 2s^1$
${}_7\text{N}$	7	7	$1s^2 2s^2 2p^3$
${}_{11}\text{Na}$	11	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
${}_{18}\text{Ar}$	18	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
${}_{22}\text{Ti}$	22	22	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$
${}_{26}\text{Fe}$	26	26	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Prinsip Aufbau adalah:

Elektron-elektron dalam suatu atom selalu berusaha menempati subkulit yang tingkat energinya rendah. Jika subkulit yang tingkat energinya rendah sudah penuh, baru elektron berikutnya akan mengisi subkulit yang tingkat energinya lebih tinggi.

## 2. Prinsip Eksklusi atau Prinsip Larangan Pauli

Helium memiliki dua elektron yang terletak pada orbital yang sama. Kedua elektron memiliki harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ , dan  $m$  yang sama, tetapi bilangan kuantum  $s$  berbeda yaitu  $+\frac{1}{2}$  dan  $-\frac{1}{2}$ . Harga bilangan kuantum masing-masing elektron pada He adalah:  $n = 1, \ell = 0, m = 0, s = +\frac{1}{2}$  dan  $n = 1, \ell = 0, m = 0, s = -\frac{1}{2}$ .

Atas dasar pengamatan ini ahli fisika Austria Wolfgang Pauli merumuskan suatu prinsip yang dikenal dengan prinsip eksklusi atau larangan Pauli. Prinsip larangan Pauli adalah:

Tidak ada dua elektron di dalam atom memiliki empat bilangan kuantum yang sama.

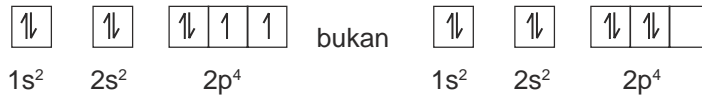
### 3. Aturan Hund

Konfigurasi elektron dapat pula ditulis dalam bentuk diagram orbital. Contoh diagram orbital yaitu:



Elektron-elektron di dalam orbital-orbital suatu subkulit cenderung untuk tidak berpasangan. Elektron-elektron pada subkulit akan berpasangan setelah semua orbital terisi satu elektron.

Misalnya konfigurasi elektron pada diagram orbital dari unsur O dengan nomor atom 8 adalah:



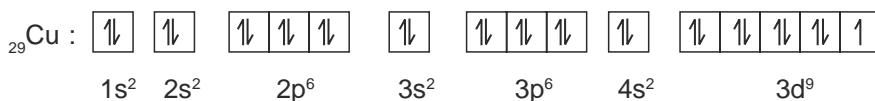
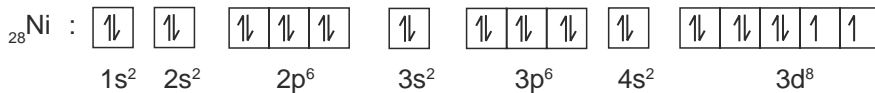
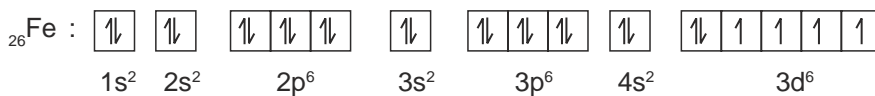
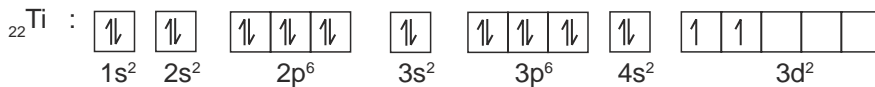
Aturan pengisian elektron tersebut sesuai dengan aturan Hund. Aturan Hund menyatakan:

Pada subkulit yang orbitalnya lebih dari satu, elektron-elektron akan mengisi dulu semua orbital, sisanya baru berpasangan.

#### Contoh Soal

Buat konfigurasi elektron dan diagram orbital dari titanium, besi, nikel, dan tembaga dengan nomor atom berturut-turut 22, 26, 28, dan 29!

*Penyelesaian:*



Konfigurasi elektron dan diagram orbital dari beberapa atom dapat dilihat pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Konfigurasi elektron dan diagram orbital dari beberapa atom

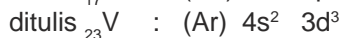
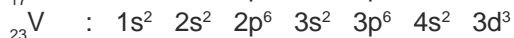
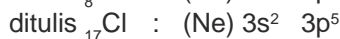
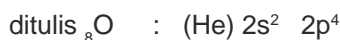
Atom	Nomor Atom	Diagram Orbital						Konfigurasi Elektron
		1s	2s	2p	3s	3p	4s	
H	1	↑						1s <sup>1</sup>
He	2	↑↓						1s <sup>2</sup>
Li	3	↑↓	↑					1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>
Be	4	↑↓	↑↓					1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup>
B	5	↑↓	↑↓	↑				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
C	6	↑↓	↑↓	↑ ↑				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
N	7	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>
O	8	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
F	9	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>
Ne	10	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓				1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
Na	11	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑			1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>1</sup>
Mg	12	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓			1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup>
Al	13	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
Si	14	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑ ↑		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
P	15	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
S	16	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
Cl	17	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
Ar	18	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓		1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
K	19	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 4s <sup>1</sup>
Ca	20	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>

**Catatan:**

Untuk orbital yang berisi 2 elektron atau berpasangan ( ↑↓ ) disebut orbital penuh dan yang berisi 1 elektron ( ↑ ) disebut orbital setengah penuh.

Penulisan konfigurasi elektron suatu atom dapat disingkat dengan menuliskan lambang atom golongan VIIIA pada periode sebelumnya diikuti konfigurasi sisanya.

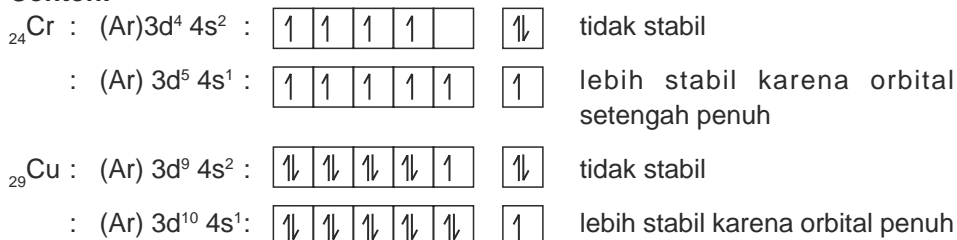
**Contoh:**



Ada konfigurasi elektron yang tidak sesuai dengan aturan, misalnya pada Cr dan Cu. Hal ini menggambarkan sifat unsur-unsur tersebut dan berkaitan dengan kestabilan elektron pada konfigurasinya.

Berdasarkan hal tersebut, konfigurasi elektron ada yang mempunyai orbital penuh dan orbital setengah penuh, kedua konfigurasi ini relatif lebih stabil.

**Contoh:**



## Latihan 1.2

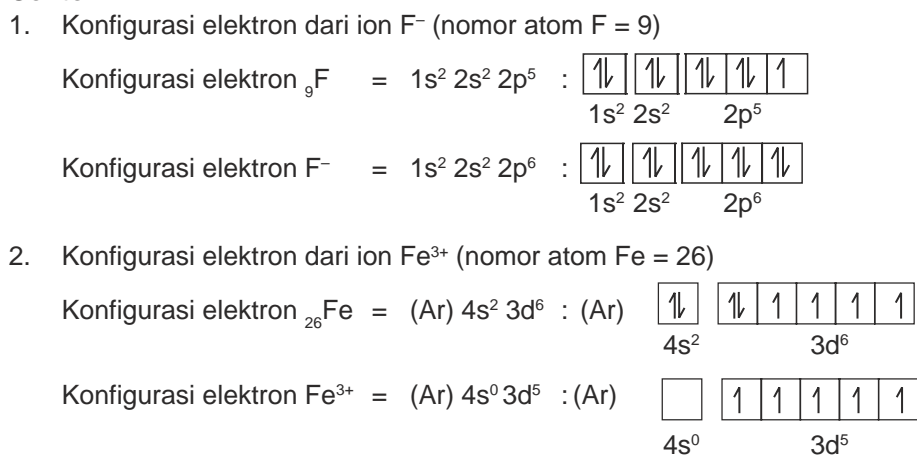
Selesaikan soal-soal berikut!

- Tulis konfigurasi elektron dari atom-atom unsur:  ${}_5\text{B}$ ,  ${}_9\text{F}$ ,  ${}_{14}\text{Si}$ ,  ${}_{19}\text{K}$ ,  ${}_{28}\text{Mn}$ ,  ${}_{30}\text{Zn}$ ,  ${}_{35}\text{Br}$ ,  ${}_{47}\text{Ag}$ ,  ${}_{78}\text{Pt}$ .
- Gambarkan diagram orbital dari atom-atom unsur:  ${}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}_{27}\text{Co}$ ,  ${}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}_{42}\text{Mo}$ .

## 4. Konfigurasi Elektron Ion

Terbentuknya ion pada suatu atom akibat penambahan dan pengurangan elektronnya. Konfigurasi elektronnya dapat ditulis seperti contoh berikut.

**Contoh:**



### Latihan 1.3

Buatlah konfigurasi elektron dan diagram orbital dari ion  $O^{2-}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $S^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sc^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ , dan  $Ni^{2+}$ .

## D. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Letak Unsur pada Tabel Periodik

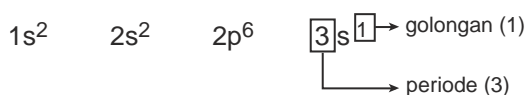
Nomor kulit dan jumlah elektron yang ada pada subkulit menunjukkan letak unsur pada tabel periodik. Jadi ada hubungan antara konfigurasi elektron dengan letak unsur pada tabel periodik. Hubungan konfigurasi elektron dengan letak unsur pada tabel periodik untuk golongan utama dan golongan transisi berbeda. Perhatikan uraian berikut.

### 1. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Letak Unsur pada Tabel Periodik untuk Golongan Utama

Letak unsur pada tabel periodik dapat ditentukan dengan mengetahui nomor golongan dan nomor periode. Nomor golongan dan nomor periode dapat ditentukan dari konfigurasi elektron. Nomor golongan ditentukan dari jumlah elektron pada kulit terluar. Nomor periode ditentukan dari nomor kulit terbesar.

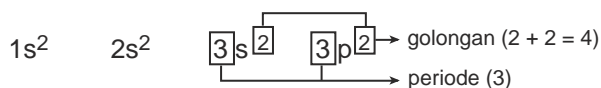
#### Contoh:

${}_{11}\text{Na}$  mempunyai konfigurasi elektron:



Jadi,  ${}_{11}\text{Na}$  terletak pada golongan IA dan periode 3.

${}_{14}\text{Si}$  mempunyai konfigurasi elektron:

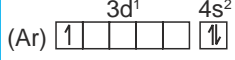
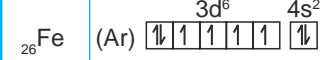
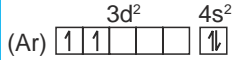
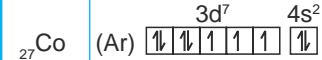
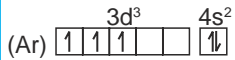
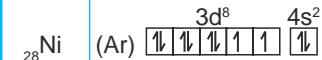
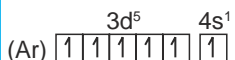
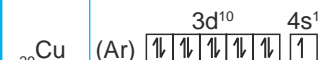
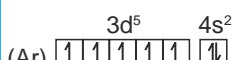



Jadi,  ${}_{14}\text{Si}$  terletak pada golongan IVA dan periode 3.

### 2. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Letak Unsur pada Tabel Periodik untuk Golongan Transisi

Cara menentukan letak unsur pada tabel periodik berdasarkan konfigurasi elektron untuk unsur transisi berbeda dengan unsur golongan utama. Perhatikan konfigurasi elektron golongan unsur transisi periode ke-4 pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Unsur-unsur transisi periode ke-4 dan konfigurasi elektronnya

Unsur	Konfigurasi Elektron	Golongan	Unsur	Konfigurasi Elektron	Golongan
$_{21}\text{Sc}$	(Ar) $3d^1 4s^2$ 	IIIB	$_{26}\text{Fe}$	(Ar) $3d^6 4s^2$ 	VIIIB
$_{22}\text{Ti}$	(Ar) $3d^2 4s^2$ 	IVB	$_{27}\text{Co}$	(Ar) $3d^7 4s^2$ 	VIIIB
$_{23}\text{V}$	(Ar) $3d^3 4s^2$ 	VB	$_{28}\text{Ni}$	(Ar) $3d^8 4s^2$ 	VIIIB
$_{24}\text{Cr}$	(Ar) $3d^5 4s^1$ 	VIB	$_{29}\text{Cu}$	(Ar) $3d^{10} 4s^1$ 	IB
$_{25}\text{Mn}$	(Ar) $3d^5 4s^2$ 	VIIIB	$_{30}\text{Zn}$	(Ar) $3d^{10} 4s^2$ 	IIB

Nomor golongan unsur transisi ditentukan dari jumlah elektron 3d dengan 4s. Untuk golongan IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, dan VIIIB, nomor golongan diambil dari jumlah elektron pada subkulit 3d dan 4s. Golongan IB dan IIB diambil dari jumlah elektron pada subkulit 4s. Nomor periode tetap diambil dari nomor kulit (bilangan kuantum utama) terbesar. Pada unsur transisi ada tiga kolom yang diberi nomor golongan yang sama yaitu golongan VIIIB.

### Latihan 1.4

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tentukan golongan dan periode dari suatu unsur yang mempunyai konfigurasi elektron sebagai berikut.
  - $X = (\text{Ne}) 3s^2 3p^1$
  - $Y = (\text{Ar}) 4s^2 3d^5$
  - $Z = (\text{Ar}) 4s^2 3d^{10} 4p^6$
- Tentukan konfigurasi elektron dari unsur-unsur berikut.
  - X yang terletak pada golongan VIA periode 3.
  - Y yang terletak pada golongan IVA periode 4.
  - Z yang terletak pada golongan IIB periode 4.

## E. Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Bilangan Kuantum dan Letak Unsur dalam Tabel Periodik

Bagaimana cara menentukan harga bilangan kuantum elektron suatu atom bila diketahui konfigurasi elektron atom tersebut? Di mana letak unsur tersebut pada tabel periodik?

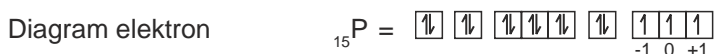


Dari konfigurasi elektron suatu atom, harga bilangan kuantum elektron pada konfigurasi tersebut dapat ditentukan. Selain itu letak unsurnya pada tabel periodik dapat diketahui, demikian juga sebaliknya.

### Contoh Soal

1. Tentukan harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ ,  $s$  dari elektron terluar atom unsur  ${}_{15}\text{P}$ !

*Penyelesaian:*



Bilangan kuantum elektron terakhir  ${}_{15}\text{P}$  adalah  $n = 3$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = +1$ .

Elektron terakhir berada pada orbital  $m$  dengan bilangan kuantum  $+1$  dan merupakan elektron pertama pada orbital tersebut maka harga  $s$ -nya  $+\frac{1}{2}$ .

2. Tentukan harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ ,  $s$  pada  ${}_{28}\text{Ni}$ !

*Penyelesaian:*



Bilangan kuantum elektron terakhir  ${}_{28}\text{Ni}$  adalah  $n = 3$ ,  $\ell = 2$ ,  $m = 0$ ,  $s = -\frac{1}{2}$ .

3. Tentukan nomor atom, golongan, dan periode dari unsur yang mempunyai elektron terakhir dengan harga bilangan kuantum:

a.  $n = 2$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = 0$ ,  $s = -\frac{1}{2}$ .

b.  $n = 3$ ,  $\ell = 2$ ,  $m = -1$ ,  $s = +\frac{1}{2}$ .

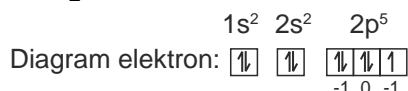
*Penyelesaian:*

a.  $n = 2$  □ kulit ke-2

$\ell = 1$  □ subkulit p

$m = 0$  □ pengisian elektron terakhir di tengah

$s = -\frac{1}{2}$  □ elektron kedua pada orbital



Nomor atom unsur tersebut = 9, golongan VIIA, dan periode 2.

b.  $n = 3$  □ kulit ke-3

$\ell = 2$  □ subkulit d

$m = -1$ 

--	--	--	--	--

 pengisian elektron terakhir dikolom kedua dari kiri.

$s = +\frac{1}{2}$   elektron pertama pada orbital  $m = -1$ .

Diagram elektron 

$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^2$														
<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	↑↓	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑↓</td></tr></table>	↑↓	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 15px; height: 15px;">↑</td><td style="width: 15px; height: 15px;">↑</td><td style="width: 15px; height: 15px;"></td><td style="width: 15px; height: 15px;"></td></tr></table>	↑	↑		
↑↓																				
↑↓																				
↑↓	↑↓	↑↓																		
↑↓																				
↑↓	↑↓	↑↓																		
↑↓																				
↑	↑																			

Nomor atom unsur 22, golongan IVB, dan periode 4.

## Latihan 1.5

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tentukan harga bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ ,  $s$  dari elektron terluar atom unsur Cl, Ar, Ca, dan Co!
- Tentukan nomor atom, golongan, dan periode dari unsur yang mempunyai elektron terakhir dengan harga bilangan kuantum:
  - $n = 3$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = 0$ ,  $s = -\frac{1}{2}$
  - $n = 4$ ,  $\ell = 2$ ,  $m = -2$ ,  $s = +\frac{1}{2}$
- Tentukan keempat harga bilangan kuantum elektron ke-10 pada atom Mg dan P!

## INFO KIMIA



Sumber: Ebbing, *General Chemistry*

### Niels Bohr (1885–1962)

Bohr lahir di Copenhagen pada tahun 1885. Setelah Bohr mengembangkan teori atom hidrogen, ia menggunakan idenya untuk menjelaskan sifat periodik dari unsur-unsur. Setelah teori mekanika kuantum ditemukan oleh Schrodinger dan Heisenberg, Bohr menghabiskan waktunya untuk mengembangkan filsafat. Ia menerima hadiah nobel di bidang Fisika pada tahun 1922.

## Rangkuman

- Menurut Rutherford–Bohr atom terdiri dari inti atom dan elektron. Di dalam inti atom terdapat partikel proton dan neutron, sedangkan elektron mengelilingi inti atom pada tingkat-tingkat energinya.
- Teori atom Bohr pada prinsipnya menjelaskan bahwa elektron dalam atom mempunyai tingkat energi tertentu atau elektron bergerak mengelilingi inti dalam lintasan tertentu. Selanjutnya teori ini disempurnakan oleh Schrodinger dan Heisenberg menjadi *teori mekanika kuantum*.
- Menurut teori mekanika kuantum, elektron mengelilingi inti pada orbital-orbital. Tingkat energi elektron dinyatakan dengan bilangan kuantum yaitu bilangan kuantum utama ( $n$ ), azimut ( $\ell$ ), dan magnetik ( $m$ ). Perputaran elektron pada sumbu dinyatakan dengan bilangan kuantum spin ( $s$ ).

4. Bilangan kuantum utama menyatakan kulit elektron, bilangan kuantum azimut menyatakan subkulit, bilangan kuantum magnetik menyatakan arah orbital dan jumlah orbital pada subkulit, serta bilangan kuantum spin ( $s$ ) menyatakan arah perputaran elektron pada sumbunya. Orbital  $s$  berbentuk bola, orbital  $\ell$  berbentuk balon terpilin.
5. Susunan elektron dalam orbital sesuai tingkat energinya disebut konfigurasi elektron. Penyusunan konfigurasi elektron harus mengikuti prinsip Aufbau, prinsip larangan Pauli, dan aturan Hund.
6. Dari suatu konfigurasi elektron kita dapat menentukan golongan dan periode unsur atom tersebut dalam tabel periodik.

### Kata Kunci

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| ● Teori Atom Bohr        | ● Bilangan kuantum       |
| ● Tereksitasi            | ● Konfigurasi elektron   |
| ● Teori mekanika kuantum | ● Prinsip Aufbau         |
| ● Spektrum               | ● Prinsip larangan Pauli |
| ● Orbital                | ● Aturan Hund            |

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Komposisi partikel atom yang dimiliki oleh ion  $^{18}_8\text{O}^{2+}$  adalah . . . .
 

	proton	elektron	neutron
A.	8	6	10
B.	8	10	10
C.	8	8	12
D.	10	8	10
E.	10	8	12
2. Elektron dapat pindah lintasan, dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi bila menerima energi. Pernyataan di atas merupakan teori atom . . . .
 

A. Rutherford	D. Dalton
B. Thomson	E. Schrodinger
C. Bohr	
3. Elektron terluar dari suatu atom unsur mempunyai harga bilangan kuantum  $n = 3$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = +1$ ,  $s = +\frac{1}{2}$ . Nomor atom unsur tersebut adalah . . . .
 

A. 13	D. 16
B. 14	E. 17
C. 15	

4. Urutan harga bilangan kuantum yang benar adalah . . . .
- A.  $n = 1, \ell = 1, m = +1, s = +\frac{1}{2}$       D.  $n = 2, \ell = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$   
 B.  $n = 3, \ell = 1, m = -2, s = -\frac{1}{2}$       E.  $n = -2, \ell = 2, m = 0, s = -\frac{1}{2}$   
 C.  $n = 3, \ell = 0, m = -1, s = +\frac{1}{2}$
5. Ion  $X^+$  mempunyai konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ . Harga bilangan kuantum elektron terluar dari unsur X adalah . . . .
- A.  $n = 2, \ell = 1, m = 1, s = +\frac{1}{2}$       D.  $n = 4, \ell = 0, m = +1, s = -\frac{1}{2}$   
 B.  $n = 3, \ell = 0, m = +1, s = -\frac{1}{2}$       E.  $n = 4, \ell = 0, m = 0, s = +\frac{1}{2}$   
 C.  $n = 3, \ell = 0, m = 0, s = +\frac{1}{2}$
6. Diagram orbital yang berisi konfigurasi elektron *tidak sesuai* aturan Hund adalah . . . .
- A.  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$   
 B.  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$   
 C.  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \square$   
 D.  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow\downarrow$   
 E.  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \square$
7. Suatu unsur memiliki diagram orbital sebagai berikut:  
 $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$ . Unsur tersebut cenderung membentuk ion dengan muatan . . . .
- A. -5      D. +7  
 B. +5      E. -1  
 C. +1
8. Konfigurasi elektron suatu unsur yang memiliki nomor atom 26 adalah . . . .
- A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^6$   
 B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3s^2 3d^4$   
 C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3s^2 3d^6$   
 D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$   
 E.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$
9. Konfigurasi elektron dari Cr dengan nomor atom 24 adalah . . . .
- A. (He)  $3d^4 4s^2$       D. (Kr)  $4s^1 3d^5$   
 B. (Ne)  $3d^4 4s^2$       E. (Ar)  $4s^1 3d^5$   
 C. (Ar)  $3d^4 4s^2$

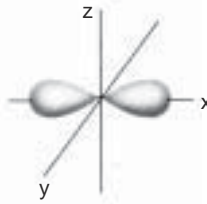
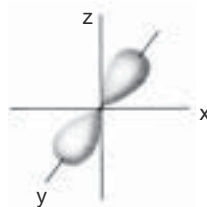
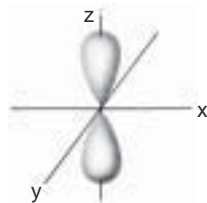
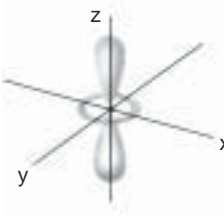
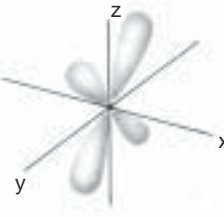
10. Bilangan kuantum  $m = -1$  tidak mungkin dimiliki oleh elektron yang terletak pada kulit . . . .

- A. kesatu  
 B. ketiga  
 C. keempat  
 D. kelima  
 E. keenam

11. Jumlah elektron maksimum pada kulit ke-3 adalah . . . .

- A. 2  
 B. 8  
 C. 10  
 D. 18  
 E. 20

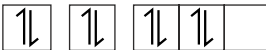
12. Gambar orbital  $P_z$  digambarkan adalah . . . .

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 
- E. 

13. Elektron terakhir dari atom suatu unsur mempunyai bilangan kuantum  $n = 3$ ,  $\ell = 2$ ,  $m = 0$ ,  $s = +\frac{1}{2}$ . Nomor atom unsur tersebut adalah . . . .

- A. 23  
 B. 25  
 C. 26  
 D. 27  
 E. 28

14. Data tentang atom O dengan nomor atom 8 adalah:

- i. diagram orbitalnya 
- ii. konfigurasi elektronnya  $1s^2 2s^2 2p^4$
- iii. semua elektronnya berpasangan
- iv. memiliki elektron valensi 6

Data yang benar adalah . . . .

- A. i dan ii  
B. i dan iii  
C. ii dan iii  
D. ii dan iv  
E. i dan iv

15. Atom fosfor dengan proton 15 memiliki elektron tak berpasangan sebanyak . . . .

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

16. Empat elektron dalam suatu atom mempunyai bilangan-bilangan kuantum sebagai berikut.

$$p : n = 3, \ell = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$$

$$q : n = 3, \ell = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$$

$$r : n = 3, \ell = 2, m = +1, s = -\frac{1}{2}$$

$$s : n = 3, \ell = 2, m = -1, s = +\frac{1}{2}$$

Tingkat energi elektron yang benar adalah . . . .

- A.  $r < s$   
B.  $s > p$   
C.  $p > q$   
D.  $r < q$   
E.  $q < s$

17. Nomor atom  $S = 16$ , konfigurasi ion sulfida  $S^{2-}$  adalah . . . .

- A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$   
B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$   
D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3d^2$   
E.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$

18. Atom Co mempunyai konfigurasi elektron  $[Ar] 3d^7 4s^2$ . Jumlah elektron yang tidak berpasangan dalam ion  $Co^{2+}$  adalah . . . .

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 5  
E. 7

19. Diketahui nomor atom unsur  $V = 23$ . Konfigurasi elektronnya adalah . . . .

- A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^3$   
B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2 4p^1$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^5$   
D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$   
E.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$

20. Unsur X mempunyai konfigurasi elektron 2.8.6. Pernyataan yang benar tentang unsur X adalah . . . .

- A. suatu logam  
B. membentuk ion  $2+$   
C. membentuk ion  $2-$   
D. memiliki 6 proton pada kulit terluar  
E. memiliki 2 elektron yang tidak berpasangan

21. Suatu unsur mempunyai konfigurasi elektron (Ar)  $4s^2 3d^{10} 4p^5$ . Unsur tersebut dalam tabel periodik terdapat pada . . . .
- A. golongan IVA periode 5                      D. golongan VIIA periode 4  
 B. golongan VA periode 5                      E. golongan VIIA periode 5  
 C. golongan VA periode 7
22. Suatu atom unsur memiliki bilangan kuantum elektron terluar  $n = 2$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = -1$ ,  $s = -\frac{1}{2}$ . Unsur tersebut terletak pada golongan dan periode berturut-turut . . . .
- A. IVA dan 2    D. VIA dan 4  
 B. IVA dan 4    E. IIA dan 2  
 C. VIA dan 2
23. Unsur besi dengan nomor atom 26 pada tabel periodik terletak pada periode keempat dan golongan . . . .
- A. IVB    D. VIB  
 B. IVA    E. VIIB  
 C. VIA
24. Suatu unsur dengan konfigurasi (Kr)  $5s^2$ , terletak pada periode dan golongan . . . .
- A. 5 dan IIA    D. 3 dan IIIA  
 B. 4 dan IIA    E. 3 dan IIA  
 C. 5 dan IIIA
25. Di antara unsur  ${}_{12}\text{P}$ ,  ${}_{16}\text{Q}$ ,  ${}_{17}\text{R}$ ,  ${}_{23}\text{S}$ , dan  ${}_{53}\text{T}$  yang terletak pada golongan dan periode yang sama adalah . . . .
- A. P dan R    D. S dan T  
 B. Q dan S    E. R dan T  
 C. P dan Q

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

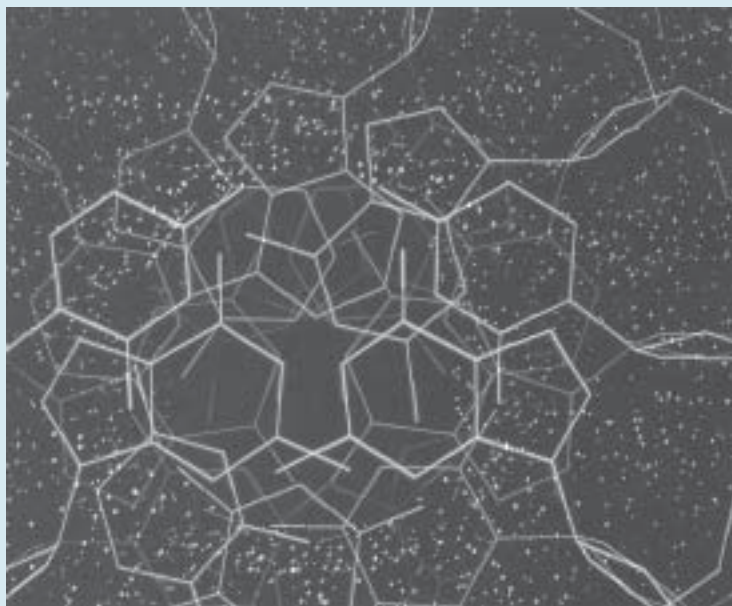
- Jelaskan dengan singkat tentang prinsip Aufbau dan aturan Hund.
- Tuliskan konfigurasi elektron yang stabil untuk unsur  ${}_{24}\text{Cr}$  dan  ${}_{29}\text{Cu}$ .
- Gambarkan diagram orbital untuk unsur  ${}_{14}\text{Si}$ ,  ${}_{28}\text{Ni}$ , dan  ${}_{35}\text{Br}$ .
- Tuliskan konfigurasi elektron ion  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{S}^{2-}$ .
- Tentukan harga semua bilangan kuantum elektron terakhir dari unsur-unsur dengan nomor atom 5, 13, 19, 22, 27, dan 32.

**T u g a s**

Buatlah model bentuk orbital dari bahan-bahan yang tersedia di rumah.

## Bab II

# Bentuk Molekul dan Gaya Antarmolekul



*Sumber: Holtzclaw, General Chemistry with Qualitative Analysis*

Model struktur DNA pada komputer ada yang berbentuk trigonal piramida, dan trigonal planar.

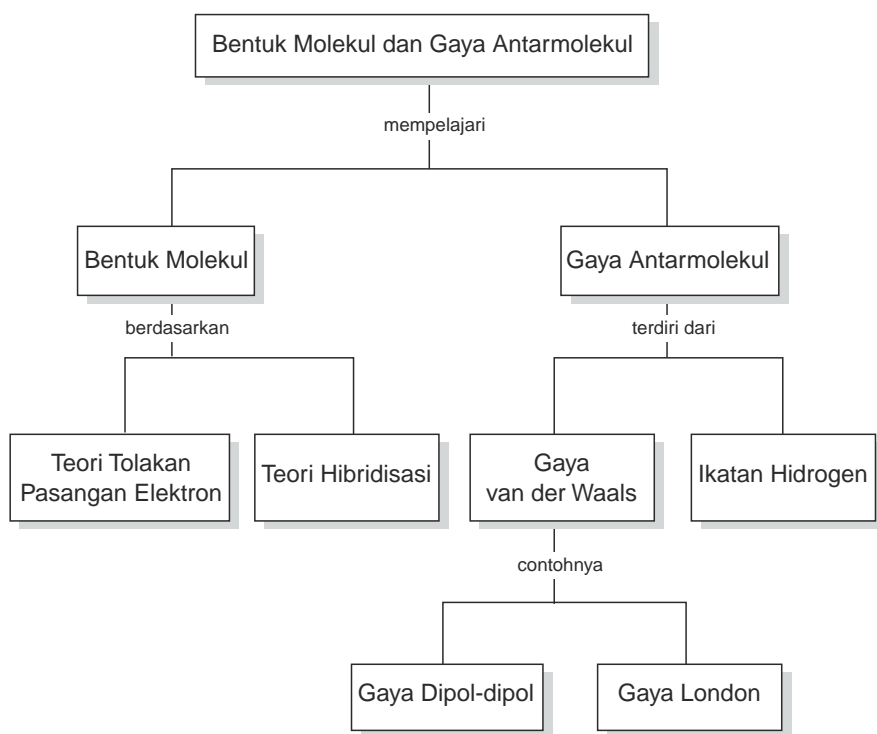
### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. meramalkan bentuk molekul berdasarkan teori tolakan pasangan elektron di sekitar atom pusat,
2. meramalkan bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi,
3. menjelaskan gaya van der Waals dan ikatan hidrogen,
4. menjelaskan hubungan gaya antarmolekul dengan sifatnya.



## PETA KONSEP



**D**i dalam kehidupan sehari-hari banyak benda yang dapat berfungsi karena memiliki bentuk yang khusus, misalnya sarung tangan bentuknya seperti tangan. Molekul-molekul senyawa pun memiliki bentuk molekul tertentu. Bentuk-bentuk tersebut dapat mempengaruhi terjadinya suatu proses atau reaksi kimia. Bentuk molekul dapat pula menyebabkan perbedaan sifat-sifat dari berbagai molekul.

Sifat-sifat fisik dari suatu molekul sangat bergantung dari gaya antarmolekul penyusunnya. Gaya antarmolekul yang dikenal adalah gaya van der Waals dan ikatan hidrogen. Pada bab ini akan diuraikan tentang bentuk molekul berdasarkan teori tolakan pasangan elektron di sekitar atom pusat, teori hibridisasi, serta gaya antarmolekul dan hubungannya dengan sifat-sifat fisik molekul.

## A. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Tolakan Pasangan Elektron

Struktur Lewis dari suatu molekul merupakan struktur yang dapat menggambarkan bagaimana posisi pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat, baik pasangan elektron yang berikatan (PEI), maupun pasangan elektron yang tidak berikatan atau pasangan elektron bebas (PEB). Pasangan-pasangan elektron ini saling tolak menolak. Untuk menentukan bentuk molekul berdasarkan tolakan pasangan elektron di sekitar atom pusat, ahli kimia mengemukakan suatu teori yang dikenal dengan nama teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*).

Sebelum mempelajari bentuk molekul berdasarkan tolakan pasangan elektron, coba lakukan kegiatan 2.1!

### KEGIATAN 2.1

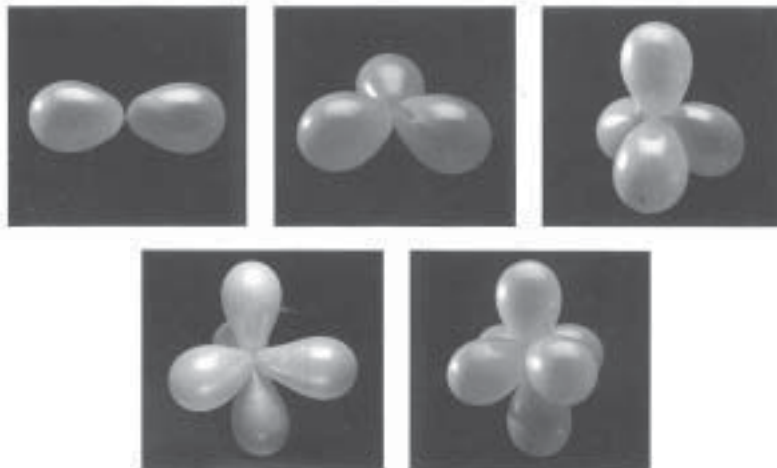
#### Teori Tolakan Pasangan Elektron

Sebagai analogi bentuk molekul berdasarkan teori tolakan pasangan elektron cobalah membuat model bentuk-bentuk molekul dengan balon.

*Langkah-langkahnya:*

1. Tiuplah 20 balon dengan ukuran hampir sama.
2. Buatlah ikatan balon, masing-masing 2, 3, 4, 5, dan 6 buah balon. Ikatlah balon dengan ketat, sehingga satu sama lain tolak menolak.
3. Amati bentuk geometris dari setiap ikatan dan gambar strukturnya.

Di dalam ikatannya balon-balon satu sama lain tolak-menolak membentuk struktur seperti Gambar 2.1.



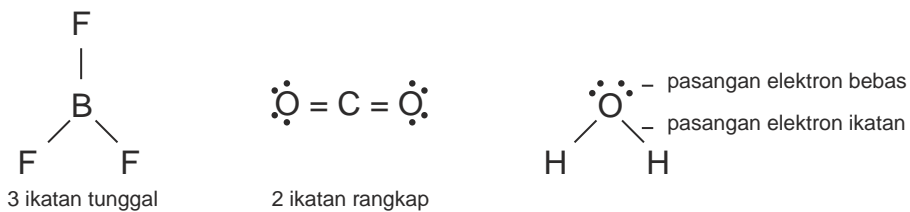
Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

**Gambar 2.1** Analogi bentuk molekul dari balon

Jumlah balon menganalogikan jumlah elektron yang mengelilingi atom pusat, bentuk-bentuk molekul bergantung dari jumlah pasangan elektron yang tolak-menolak di sekitar atom.

Pada prinsipnya menurut teori VSEPR, masing-masing kelompok pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat akan menempati tempat sejauh mungkin dari kelompok elektron yang lain untuk mengurangi gaya tolak dari elektron-elektron tersebut.

Kelompok pasangan elektron dapat berupa ikatan tunggal, ikatan rangkap dua, dan ikatan rangkap tiga. Perhatikan Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Pasangan elektron di sekeliling atom pusat

Di dalam klasifikasi VSEPR ada beberapa huruf yang melambangkan atom pusat, atom yang mengelilingi atom pusat, dan pasangan elektron bebas, yaitu:

A = atom pusat

X = atom yang mengelilingi atom pusat

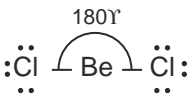

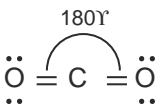

E = pasangan elektron bebas

Berbagai bentuk molekul berdasarkan teori tolakan pasangan elektron dijelaskan sebagai berikut.

## 1. Bentuk Molekul dengan Dua Pasangan Elektron di Sekitar Atom Pusat

Bagaimana bentuk molekul jika ada dua pasangan elektron di sekitar atom pusat? Perhatikan Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Bentuk molekul dengan dua pasangan elektron di sekitar atom pusat

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
	AX <sub>2</sub>		Pada BeCl <sub>2</sub> ada dua pasang elektron yang mengelilingi atom pusat Be, kedua pasang elektron tolak menolak sehingga bentuk molekul BeCl <sub>2</sub> adalah linier.
	AX <sub>2</sub>		Pada CO <sub>2</sub> ada dua kelompok pasangan elektron yang membentuk ikatan rangkap. Dua kelompok pasangan elektron tersebut tolak-menolak, sehingga CO <sub>2</sub> berbentuk linier.

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

Dua pasangan elektron yang berada di sekitar atom pusat akan tolak-menolak membentuk susunan elektron yang linier.

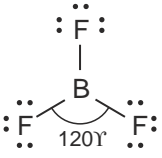
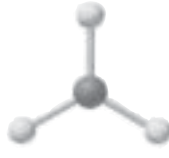
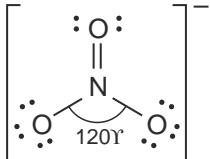
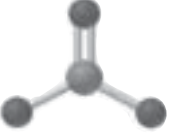
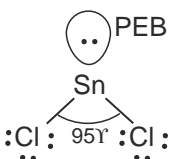

### Catatan:

Pasangan elektron bebas pada Cl dan O tidak mempengaruhi bentuk molekul, karena hanya pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat saja yang terlibat dalam pembentukan molekul.

## 2. Bentuk Molekul dengan Tiga Pasangan Elektron di Sekitar Atom Pusat

Ada molekul atau ion yang memiliki 3 kelompok pasangan elektron di sekitar atom pusatnya. Bagaimana bentuknya? Contoh bentuk molekul dengan tiga pasangan elektron di sekitar atom pusat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Contoh bentuk molekul dengan tiga pasangan elektron di sekitar atom pusat

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk molekul	Keterangan
	$AX_3$		Pada $BF_3$ ada tiga pasang elektron berikatan (PEI) mengelilingi atom pusat. Bentuk molekul $BF_3$ adalah <i>segitiga planar</i> .
	$AX_3$		Pada ion $NO_3^-$ ada dua pasang elektron membentuk ikatan tunggal dan satu kelompok elektron ikatan rangkap. Bentuk ion $NO_3^-$ adalah <i>segitiga planar</i> .
	$AX_2E$		Pada $SnCl_2$ ada tiga pasang elektron terdiri dari 1 PEB dan 2 PEI. Molekul $SnCl_2$ berbentuk V. Sudut ikatan Cl-Sn-Cl lebih kecil dari $120^\circ$ . Hal ini disebabkan tolakan PEB lebih besar dari PEI.

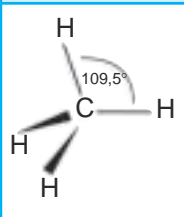
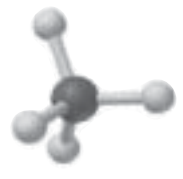
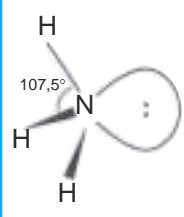

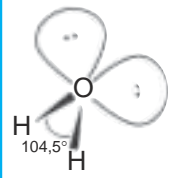

Sumber: Silberberg, Chemistry : The Molecular Nature of Matter and Change

Molekul atau ion yang memiliki 3 pasang elektron di sekitar atom pusat baik pasangan yang membentuk ikatan tunggal atau rangkap membentuk segitiga planar.

### 3. Bentuk Molekul dengan Empat Pasangan Elektron di Sekitar Atom Pusat

Bentuk molekul yang mungkin terjadi dari 4 pasangan elektron di sekitar atom pusat yang terdiri dari PEB dan PEI dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Contoh bentuk molekul dengan empat pasangan elektron di sekitar atom pusat

Struktur Lewis	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Keterangan
	$AX_4$		Pada $CH_4$ ada empat pasangan elektron mengelilingi atom C, semua merupakan pasangan elektron ikatan sehingga $CH_4$ berbentuk <i>tetrahedral</i> dengan sudut $H-C-H = 109,5^\circ$ .
	$AX_3E$		Pada $NH_3$ ada empat pasangan elektron mengelilingi atom N, 3 PEI dan 1 PEB. Struktur ruang elektron membentuk tetrahedral. Oleh karena ada 1 PEB yang daya tolaknya lebih kuat dari PEI maka bentuk molekul $NH_3$ adalah <i>piramidal trigonal</i> dengan sudut $H-N-H = 107,5^\circ$ .
	$AX_2E_2$		Pada molekul air ada empat pasangan elektron mengelilingi atom O, 2 PEI dan 2 PEB. Struktur ruang elektron membentuk tetrahedral. Oleh karena ada 2 PEB yang tolakannya besar maka bentuk $H_2O$ adalah <i>bentuk V</i> dengan ukuran sudut $H-O-H = 104,5^\circ$ .

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

Semua molekul atau ion yang memiliki empat pasangan elektron di sekitar atom pusatnya akan membentuk struktur ruang elektron *tetrahedral*.

Catatan:





Jika ada 4 kelompok elektron yang mengelilingi atom pusat, maka gaya tolak:  $PEB - PEB > PEI - PEB > PEI - PEI$ .

#### 4. Bentuk Molekul dengan Lima Pasangan Elektron di Sekitar Atom Pusat

Semua molekul atau ion yang atom pusatnya dikelilingi lima atau enam pasangan elektron biasanya atom pusat tersebut berasal dari unsur periode ke-3 atau lebih dari 3.

Bentuk-bentuk molekul dengan 5 pasangan elektron yang terdiri dari PEB dan PEI yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Contoh bentuk molekul dengan lima pasangan elektron di sekitar atom pusat

Struktur Molekul	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Nama Bentuk Molekul
$\text{PCl}_5$ $\text{AsF}_5$	$\text{AX}_5$		Bipiramidal trigonal
$\text{SF}_4$ $\text{XeO}_2\text{F}_2$	$\text{AX}_4\text{E}$		Seesaw (jungkat jungkit)
$\text{ClF}_3$ $\text{BrF}_3$	$\text{AX}_3\text{E}_2$		T-shape (bentuk T)
$\text{XeF}_2$	$\text{AX}_2\text{E}_3$		Linier

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




Jika lima *pasangan* elektron mengelilingi atom pusat maka akan membentuk struktur ruang elektron *bipiramidal trigonal*.

## 5. Bentuk Molekul dengan Enam Pasangan Elektron di Sekitar Atom Pusat

Enam pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat akan membentuk struktur ruang elektron *oktahedral*.

Bentuk-bentuk molekul yang terjadi dari 6 pasangan elektron yang terdiri dari PEI dan PEB yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Contoh bentuk molekul dengan enam pasangan elektron di sekitar atom pusat

Struktur Molekul	Klasifikasi VSEPR	Bentuk Molekul	Nama Bentuk Molekul
$\text{SF}_6$	$\text{AX}_6$		Oktahedral
$\text{XeOF}_4$ $\text{BrF}_5$	$\text{AX}_5\text{E}$		Piramida segiempat
$\text{XeF}_4$	$\text{AX}_2\text{E}_2$		Segiempat planar

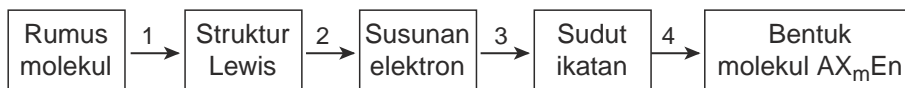
*Sumber: Silberberg, Chemistry : The Molecular Nature of Matter and Change*

Bentuk molekul dapat diramalkan dengan teori jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat dan VSEPR. Langkah-langkahnya:

1. Menentukan struktur Lewis dari rumus molekul.
2. Menentukan jumlah pasangan elektron di sekeliling atom pusat, pasangan elektron ikatan, dan pasangan elektron bebas.
3. Memprediksi sudut-sudut ikatan yang mungkin berdasarkan jumlah kelompok elektron dan arah-arrah yang mungkin akibat tolakan pasangan elektron bebas.
4. Menggambarkan dan memberi nama bentuk molekul berdasarkan jumlah PEI dan PEB.



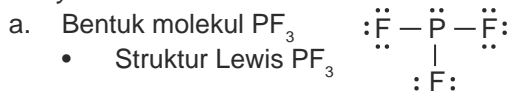
Langkah-langkah tersebut diilustrasikan sebagai berikut.



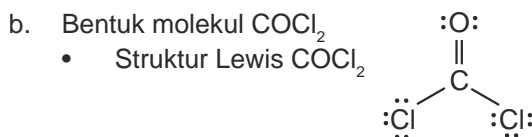
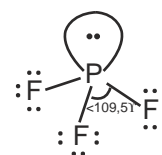
### Contoh Soal

Ramalkan bentuk molekul  $\text{PF}_3$  dan  $\text{COCl}_2$

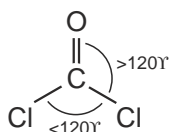
*Penyelesaian:*



- Jumlah pasangan elektron di sekeliling P = 4 pasang, 3 PEI dan 1 PEB, klasifikasi VSEPR:  $\text{AX}_3\text{E}$
- Bentuk molekul  $\text{PF}_3$  adalah piramidal trigonal dengan sudut  $\text{F-P-F} < 109,5^\circ$ .



- Bentuk ideal  $\text{COCl}_2$  adalah segitiga planar dengan sudut  $120^\circ$  tetapi karena ada ikatan rangkap yang tolakannya lebih besar terhadap ikatan tunggal maka sudut  $\text{Cl-C-O} > 120^\circ$  dan  $\text{Cl-C-Cl} < 120^\circ$ .
- Bentuk molekul  $\text{COCl}_2$  adalah *segitiga* dengan sudut-sudut sebagai berikut.



### Latihan 2.1

Ramalkan bentuk molekul berdasarkan teori pasangan elektron di sekitar atom pusat pada molekul:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| a. $\text{BCl}_3$ | c. $\text{XeF}_2$ |
| b. $\text{CCl}_4$ | d. $\text{SF}_6$  |

## B. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Hibridisasi

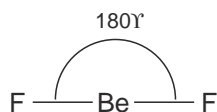
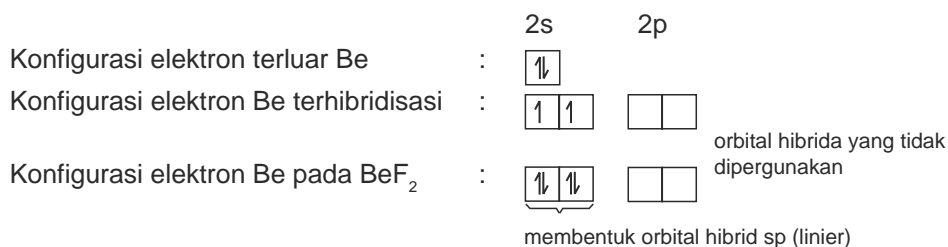
Teori jumlah pasangan elektron di sekitar atom pusat dapat menjelaskan berbagai bentuk-bentuk molekul sesuai dengan eksperimen. Ada lagi teori yang dapat menjelaskan bentuk molekul yaitu berdasarkan bentuk orbital kulit terluarnya.

Pada pembentukan molekul ini terjadi penggabungan beberapa orbital suatu atom membentuk orbital baru yang tingkat energinya sama atau orbital hibrid. Proses ini dikenal dengan istilah *hibridisasi*.

Bagaimana terjadinya orbital hibrid pada beberapa molekul, perhatikan uraian berikut!

## 1. Bentuk Molekul BeF<sub>2</sub>

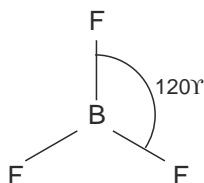
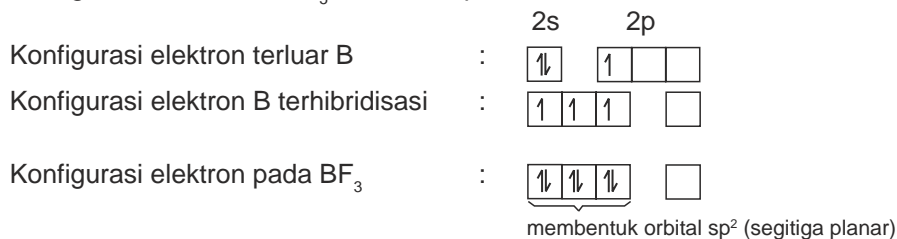
Konfigurasi elektron atom <sup>4</sup>Be: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup>. Atom Be mempunyai dua elektron pada orbital 2s. Agar terdapat dua elektron yang tidak berpasangan untuk mengikat dua atom F maka satu elektron dari 2s pindah ke 2p atau *tereksitasi*. Orbital s dan p tersebut mengalami hibridisasi membentuk orbital hibrid sp yang berbentuk linier.



Dua elektron tidak berpasangan pada orbital ini akan menerima elektron dari F membentuk ikatan kovalen sehingga BeF<sub>2</sub> berbentuk linier.

## 2. Bentuk Molekul BF<sub>3</sub>

Konfigurasi elektron atom <sup>5</sup>B: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>1</sup>



Tiga elektron yang tidak berpasangan pada orbital sp<sup>2</sup> akan berpasangan dengan elektron dari F membentuk ikatan kovalen sehingga BF<sub>3</sub> berbentuk *segitiga planar*.

### 3. Bentuk Molekul CH<sub>4</sub>

Konfigurasi elektron atom <sub>6</sub>C: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>2</sup>

Konfigurasi elektron terluar C : 

2s	2p
↑↓	↑ ↑

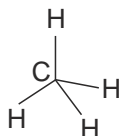
Konfigurasi elektron C terhibridisasi : 

↑	↑	↑	↑
---	---	---	---

Konfigurasi elektron pada CH<sub>4</sub> : 

↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
----	----	----	----

membentuk orbital hibrid sp<sup>3</sup> (tetrahedral)



Empat elektron yang tidak berpasangan pada orbital sp<sup>3</sup> akan berpasangan dengan elektron dari atom H sehingga CH<sub>4</sub> berbentuk *tetrahedral*.

### 4. Bentuk Molekul PCl<sub>5</sub>

Konfigurasi elektron atom <sub>15</sub>P: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>3</sup>

Konfigurasi elektron terluar P : 

3s	3p	3d
↑↓	↑ ↑ ↑	

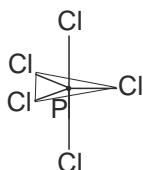
Konfigurasi elektron P terhibridisasi : 

↑	↑	↑	↑	↑	
---	---	---	---	---	--

Konfigurasi elektron pada PCl<sub>5</sub> : 

↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
----	----	----	----	----	--

sp<sup>3</sup>d = bipiramida trigonal



Lima elektron yang tidak berpasangan pada orbital sp<sup>3</sup>d akan berpasangan dengan elektron dari atom Cl. Bentuk orbital PCl<sub>5</sub> adalah *bipiramida trigonal*.

### 5. Bentuk Molekul SF<sub>6</sub>

Konfigurasi elektron atom S: 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>4</sup>

Konfigurasi elektron terluar S : 

3s	3p	3d
↑↓	↑↓ ↑ ↑	

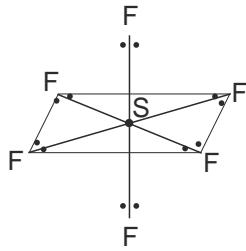
Konfigurasi elektron S terhibridisasi : 

↑	↑	↑	↑	↑	↑	
---	---	---	---	---	---	--

Konfigurasi elektron pada SF<sub>6</sub> : 

↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	
----	----	----	----	----	----	--

sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup> oktahedral

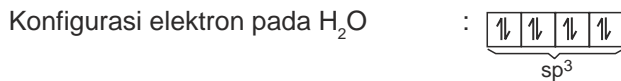
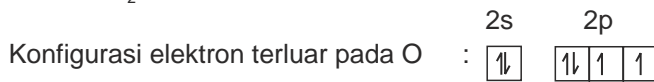


Bentuk molekul  $\text{SF}_6$  adalah *oktahedral*.

Bagaimana hibridisasi pada atom pusat yang mempunyai pasangan elektron bebas? Perhatikan contoh berikut.

**Contoh:**

Molekul  $\text{H}_2\text{O}$  memiliki dua pasangan elektron bebas.



Orbital hibrid O =  $sp^3$ , tetapi yang terikat dengan H hanya dua yaitu yang memiliki elektron belum berpasangan. Bentuk molekul  $\text{H}_2\text{O}$  adalah V dan sudut ikatan  $104,5^\circ\text{C}$ .

Dari contoh di atas bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi dapat dirangkum seperti pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi

Jenis Orbital	Orbital Hibrida	Bentuk Orbital	Contoh
s dan p	$sp$	Linier	$\text{BeCl}_2$
s dan p	$sp^2$	Segitiga planar	$\text{BF}_3$
s dan p	$sp^3$	Tetrahedral	$\text{CH}_4$
s, p, dan d	$sp^3d$	Bipiramida trigonal	$\text{PCl}_5$
s, p, dan d	$sp^3d^2$	Oktahedral	$\text{SF}_6$

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

## Latihan 2.2

Ramalkan bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi dari:

- $\text{BH}_3$
- $\text{CCl}_4$
- $\text{NH}_3$

## C. Gaya Antarmolekul

Atom-atom dapat bergabung akibat gaya tarik-menarik antar atom *di dalam molekul* atau senyawa. Gaya yang terjadi antaratom bermacam-macam sehingga terbentuk ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam.

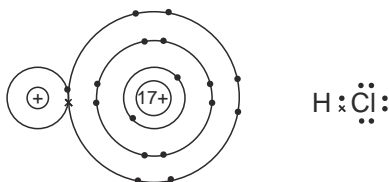
Di antara molekul-molekul pun dapat mengalami gaya tarik-menarik walaupun sangat lemah. Gaya-gaya ini disebut *gaya van der Waals* yang terdiri dari *gaya dipol-dipol* dan *gaya dispersi*. Selain gaya van der Waals ada gaya lain yang disebut *ikatan hidrogen*. Gaya antarmolekul dapat mempengaruhi sifat fisik molekul-molekul.

### 1. Gaya van der Waals

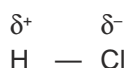
Gaya van der Waals dapat terjadi pada molekul-molekul polar dan molekul-molekul nonpolar. Pada molekul-molekul polar disebut *gaya dipol-dipol*, sedangkan pada molekul nonpolar disebut *gaya dispersi (London)*.

#### a. Gaya Dipol-Dipol

Pada molekul hidrogen klorida, terjadi ikatan kovalen dengan struktur Lewis sebagai berikut.



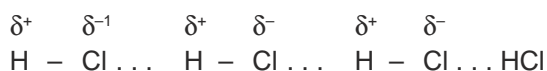
Atom klor lebih elektronegatif daripada hidrogen maka pasangan elektron cenderung tertarik oleh Cl. Molekul HCl jadi memiliki dipol.



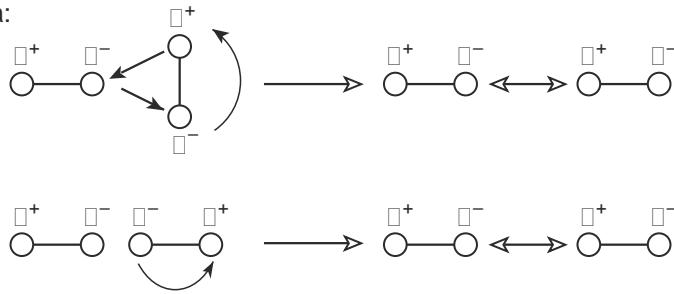
Dua molekul yang masing-masing memiliki dipol akan selalu tarik-menarik dengan posisi bagian (-) berdekatan dengan bagian (+).



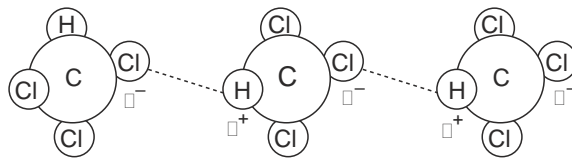
Gaya dipol-dipol pada asam klorida HCl dapat digambarkan:



Posisi molekul akan otomatis berubah karena adanya gaya dipol-dipol, contohnya:



Contoh gaya dipol-dipol pada triklorometan  $\text{CHCl}_3$  digambarkan:

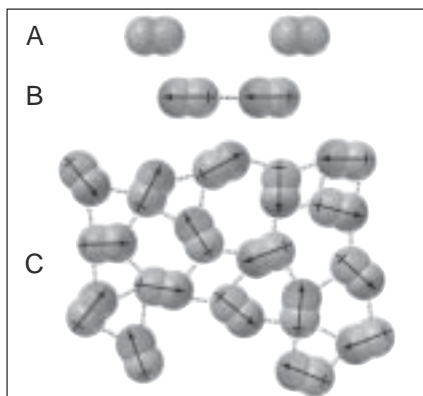


## b. Gaya Dispersi (Gaya London)

Pada molekul-molekul nonpolar misalnya pada  $\text{Cl}_2$  atau  $\text{Br}_2$  elektron tersusun dengan merata di antara atom-atom. Pada suatu saat, molekul tersebut bisa memiliki dipol akibat gerakan elektron-elektron yang menyebabkan elektron tersebut berada di dekat salah satu atom.

Dipol yang terjadi tidak permanen atau dipol sesaat, tetapi dapat menimbulkan gaya tarik-menarik antar molekul-molekul nonpolar tadi. Gaya ini disebut gaya London atau gaya dispersi yang diambil dari nama penemunya Fritz London, ahli fisika Jerman yang menjelaskan dasar mekanika kuantum pada gaya tarik-menarik.

Terjadinya gaya London dapat digambarkan sebagai berikut.



- Molekul  $\text{Cl}_2$  yang nonpolar
- Dipol sesaat terjadi antar  $\text{Cl}_2$  yang berdekatan
- Susunan molekul-molekul  $\text{Cl}_2$  yang terjadi karena gaya London

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

**Gambar 2.3** Gaya London antara molekul nonpolar

Lambang unsur $M_r$ Titik didih	7A (17)	8A (18)
$F_2$ 38,00 85,0	$He$ 4,003 4,22	
$Cl_2$ 70,91 339	$Ne$ 20,18 27	$Ar$ 39,95 87,3
$Br_2$ 159,8 333	$Kr$ 83,80 120	
$I_2$ 253,8 458	$Xe$ 131,3 165	

Kekuatan gaya London bertambah

Gaya London sangat lemah, tetapi dapat bertahan sehingga antarmolekul dapat mengalami tarik-menarik.

Kekuatan gaya London akan bertambah jika jumlah elektron pada molekul makin banyak. Akibatnya titik didih senyawa makin tinggi.

Tabel titik didih halogen dan gas mulia (K) dapat dilihat pada Gambar 2.4.

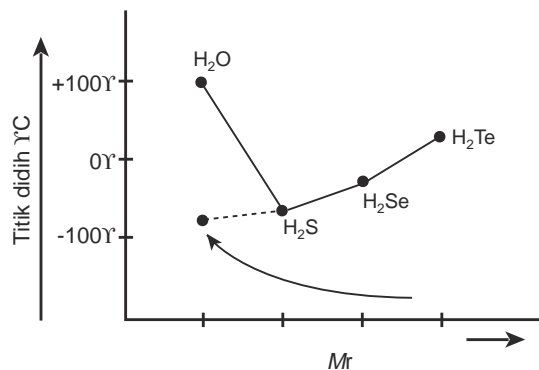
Dari  $F_2$  ke  $I_2$  jumlah elektron makin banyak maka titik didih dari  $F_2$  ke  $I_2$  makin besar. Begitu pula pada gas mulia titik didih dari He ke Xe makin besar.

**Gambar 2.4** Hubungan titik didih dengan gaya London pada halogen dan gas mulia

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

## 2. Ikatan Hidrogen

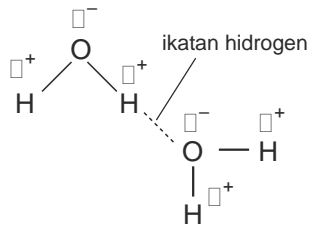
Perhatikan grafik titik didih hidrida golongan VI berikut. Mengapa titik didih air lebih tinggi dari yang lainnya?



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

**Gambar 2.5** Grafik titik didih hidrida golongan VIA

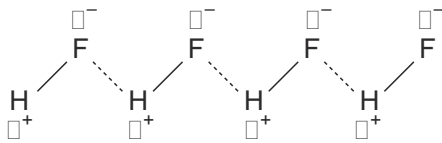
Air termasuk senyawa polar, karena memiliki dipol pada setiap molekulnya. Antarmolekul polar terjadi gaya tarik-menarik yang menyebabkan titik didih air tinggi. Gaya antar molekul air digambarkan seperti Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Ikatan hidrogen pada  $\text{H}_2\text{O}$

Pada molekul air, oksigen lebih elektronegatif daripada hidrogen. Oksigen yang bersifat cenderung negatif dapat pula menarik hidrogen yang cenderung bermuatan positif dari molekul air yang lain sehingga antar molekul-molekul air terjadi tarik-menarik. Ikatan yang terjadi disebut *ikatan hidrogen*.

Ikatan hidrogen dapat pula terjadi pada HF. Perhatikan Gambar 2.7.

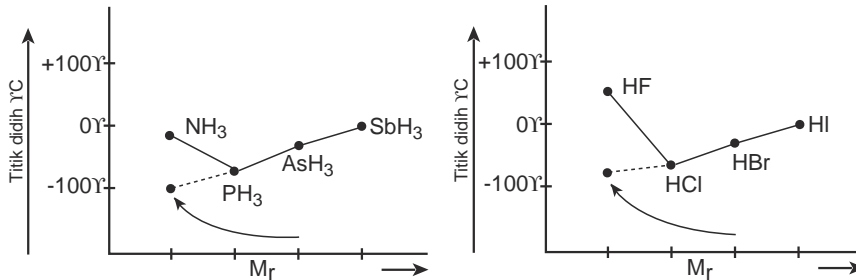


**Gambar 2.7** Ikatan hidrogen pada HF

Atom F lebih elektronegatif daripada H sehingga HF membentuk molekul polar. Antarmolekul HF terjadi tarik-menarik membentuk ikatan hidrogen.

Dari kedua contoh tersebut dapat disimpulkan bahwa ikatan hidrogen dapat terjadi di antara atom yang sangat elektronegatif dari molekul kovalen yang mengandung hidrogen dengan atom hidrogen dari molekul lainnya.

Adanya ikatan hidrogen menyebabkan titik didih senyawa menjadi tinggi. Perhatikan Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Grafik titik didih senyawa hidrida golongan VA dan VIIA

Dari grafik-grafik tersebut yang menggambarkan titik didih hidrida golongan VA, VIA, dan VIIA terlihat bahwa  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan HF mempunyai titik didih yang lebih tinggi dari hidrida yang segolongannya. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen di antara molekul-molekulnya.

### Latihan 2.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Apa yang dimaksud dengan ikatan hidrogen?
2. Gambarkan ikatan hidrogen pada  $\text{NH}_3$ !



## INFO KIMIA

### Gaya antar molekul

Antar molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen. Air mendidih pada temperatur di atas  $100^{\circ}\text{C}$  di dalam *pressure cooker* dan mendidih pada temperatur di bawah  $100^{\circ}\text{C}$  di pegunungan yang sangat tinggi.

## Rangkuman

1. Bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan teori tolakan pasangan elektron dan teori hibridisasi.
2. Berdasarkan teori tolakan pasangan elektron di sekitar atom pusat bentuk molekul adalah sebagai berikut.
  - a. Jika ada dua pasang elektron ikatan di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah linier.
  - b. Jika ada empat pasang elektron ikatan membentuk 2 ikatan rangkap di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah linier.
  - c. Jika ada tiga pasang elektron ikatan di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah segitiga planar.
  - d. Jika ada empat pasang elektron ikatan di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah tetrahedral.
  - e. Jika ada lima pasang elektron ikatan di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah bipiramidal trigonal.
  - f. Jika ada enam pasang elektron ikatan di sekitar atom pusat maka bentuk molekulnya adalah oktahedral.
3. Adanya pasangan elektron bebas di sekitar atom pusat akan mempengaruhi bentuk molekul.
4. Berdasarkan teori hibridisasi bentuk molekul adalah sebagai berikut.
  - a. Untuk orbital hibrida  $sp$  bentuk molekul adalah linier.
  - b. Untuk orbital hibrida  $sp^2$  bentuk molekul adalah segitiga planar.
  - c. Untuk orbital hibrida  $sp^3$  bentuk molekul adalah tetrahedral.
  - d. Untuk orbital hibrida  $dsp^3$  bentuk molekul adalah bipiramidal trigonal.
  - e. Untuk orbital hibrida  $d^2sp^3$  bentuk molekul adalah oktahedral.
5. Gaya van der Waals dapat berupa gaya dipol-dipol dan gaya London atau gaya dispersi.

6. Gaya dipol-dipol adalah gaya antara molekul-molekul polar sedangkan gaya London terjadi antara molekul-molekul nonpolar akibat dipol sesaat.
7. Kekuatan gaya London akan bertambah jika jumlah elektron pada molekul makin banyak dan titik didih akan makin tinggi.
8. Ikatan hidrogen terjadi diantara molekul-molekul yang mengandung hidrogen dan unsur yang sangat elektronegatif seperti O, N, dan F.
9. Ikatan hidrogen menyebabkan titik didih senyawa menjadi tinggi.

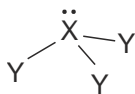
### Kata Kunci

- Bentuk molekul
- Tolakan pasangan elektron
- PEB
- PEI
- Hibridisasi
- VSEPR
- Gaya van der Waals
- Gaya dipol-dipol
- Gaya Dispersi
- Gaya London
- Ikatan hidrogen

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

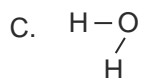
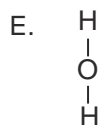
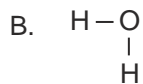
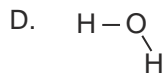
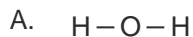
1. Molekul yang di sekeliling atom pusatnya terdapat 4 pasangan elektron ikatan akan membentuk susunan ruang elektron . . . .
  - A. linier
  - B. tetrahedral
  - C. piramida trigonal
  - D. piramida segiempat
  - E. oktahedral
2. Susunan elektron yang sesuai dengan gambar berikut dimiliki oleh molekul . . . .



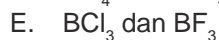
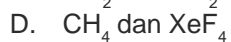
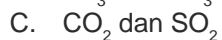
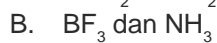
- A.  $\text{BCl}_3$
- B.  $\text{BF}_3$
- C.  $\text{NH}_3$
- D.  $\text{PH}_3$
- E.  $\text{CH}_3$

3. Bentuk molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dengan ukuran sudut yang mendekati sebenarnya adalah

....

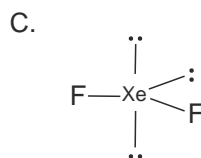
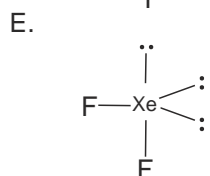
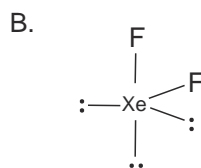
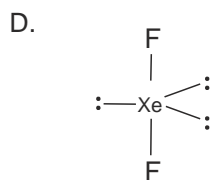
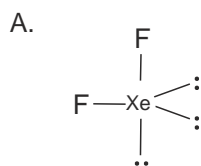


4. Pasangan yang memiliki bentuk molekul sama adalah . . . .



5.  $\text{XeF}_2$  memiliki dua PEI dan tiga PEB. Bentuk molekul yang mungkin adalah

....



6. Bentuk molekul  $\text{SF}_6$  adalah . . . .

A. planar

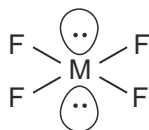
B. oktahedral

C. heksagonal

D. piramidal

E. tetrahedral

7. Struktur molekul unsur flourida dengan unsur M digambarkan sebagai berikut.

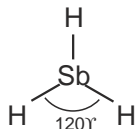


Unsur M pada tabel periodik terletak pada golongan . . . .

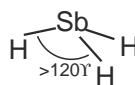
- A. IV
- B. V
- C. VI
- D. VII
- E. VIII

8.  $\text{SbH}_3$  adalah hidrida dari Sb yang terletak pada golongan VA dalam tabel periodik. Bentuk molekul yang mungkin untuk senyawa ini adalah . . . .

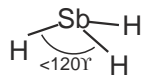
A.



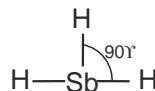
D.



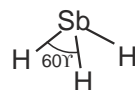
B.



E.



C.



9. Pada  $\text{XeF}_4$  terdapat 6 kelompok elektron yang mengelilingi Xe. Enam kelompok elektron tersebut terdiri dari . . . .

- A. 6 PE
- B. 5 PEI dan 1 PEB
- C. 4 PEI dan 2 PEB
- D. 3 PEI dan 3 PEB
- E. 2 PEI dan 4 PEB

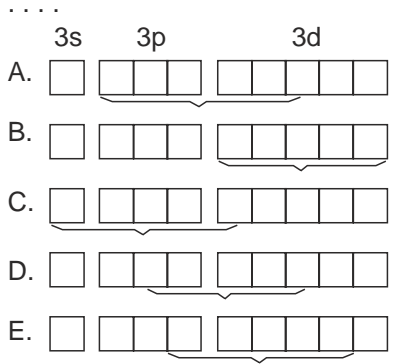
10. Bentuk molekul bipiramidal trigonal memiliki orbital hibrida . . . .

- A.  $sp^2$
- B.  $sp^3$
- C.  $sp^2d^2$
- D.  $sp^3d$
- E.  $s^2p^2d$

11. Orbital hibrida  $sp^3d^2$  terjadi pada molekul yang memiliki bentuk . . . .

- A. tetrahedral
- B. bipiramidal trigonal
- C. oktahedral
- D. segiempat
- E. Linier

12. Pada molekul  $\text{PCl}_5$  orbital yang akan bergabung pada saat hibridisasi adalah



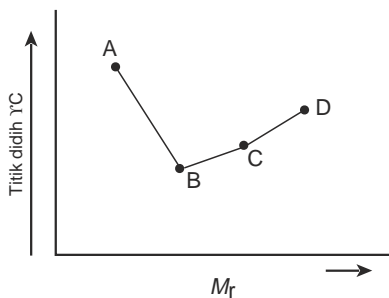
13. Konfigurasi elektron Si adalah:

1s	2s	2p	3s	3p
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		I II III	IV	V VI

Orbital yang akan digunakan silikon untuk membentuk ikatan kovalen dalam molekul  $\text{SiH}_4$  adalah .....

- A. I, II, III, dan IV
  - B. IV, V, dan VI
  - C. V, VI, dan VII
  - D. IV, V, VI, dan VII
  - E. I, II, III, IV, dan V
14. Molekul yang memiliki dipol adalah .....
- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| A. $\text{H}_2$  | D. $\text{CO}_2$        |
| B. $\text{Cl}_2$ | E. $\text{H}_2\text{O}$ |
| C. $\text{CH}_4$ |                         |
15. Gaya dipol-dipol pada 3 molekul HCl dapat digambarkan .....
- A.  $\text{H}-\text{Cl} \dots \text{H}-\text{Cl} \dots \text{Cl}-\text{H}$
  - B.  $\text{H}-\text{Cl} \dots \text{Cl}-\text{H} \dots \text{Cl}-\text{H}$
  - C.  $\begin{array}{c} \text{H}-\text{Cl} \\ | \\ \text{Cl}-\text{H} \dots \text{H}-\text{Cl} \end{array}$
  - D.  $\begin{array}{c} \text{Cl} \dots \text{Cl} \dots \text{Cl} \\ | \quad | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
  - E.  $\text{H}-\text{Cl} \dots \text{H}-\text{Cl} \dots \text{H}-\text{Cl}$
16. Gaya London dapat terjadi karena adanya tarik-menarik antara .....
- A. ion positif dan ion negatif pada molekul
  - B. molekul-molekul polar yang berbeda
  - C. dipol-dipol sementara pada molekul nonpolar
  - D. unsur-unsur elektronegatif antar molekul polar
  - E. dipol-dipol permanen pada molekul nonpolar

17. HF mempunyai titik didih lebih tinggi daripada HCl sebab . . . .
- molekul HF lebih besar daripada HCl
  - molekul HF polar sedangkan HCl ikatan kovalen
  - ikatan pada HF adalah ikatan ion pada HCl ikatan kovalen
  - HF cair memiliki ikatan hidrogen HCl tidak
  - ukuran HF lebih kecil daripada ukuran HCl
18. Ikatan hidrogen paling lemah terdapat pada molekul . . . .
- HF
  - H<sub>2</sub>O
  - NH<sub>3</sub>
  - HCl
  - HI
19. Titik didih Kr lebih tinggi daripada titik didih Ne sebab . . . .
- jumlah elektron yang mengelilingi Ne lebih banyak
  - M<sub>r</sub> Kr lebih kecil daripada Ne
  - Kr berwujud padat sedangkan Ne gas
  - Kr dapat membentuk molekul diatomik
  - Kr lebih elektronegatif daripada Ne
20. Perhatikan grafik titik didih berikut!



Urutan yang tepat untuk A, B, C, dan D adalah . . . .

- NH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>
- NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>
- SbH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>
- AsH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>
- PH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>

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

- Jelaskan prinsip teori VSEPR!
- Ramalkan bentuk molekul dari CCl<sub>4</sub> dan SCl<sub>4</sub>, gambarkan struktur Lewisnya, klasifikasi VSEPR, dan bentuk molekulnya!
- Jelaskan kekuatan gaya tolak dari PEB-PEB, PEI-PEB, dan PEI-PEI yang mengelilingi atom pusat pada struktur ruang elektron tetrahedral.
- Jelaskan dengan gambar gaya dipol-dipol pada CHCl<sub>3</sub>!
- Jelaskan bagaimana terjadinya ikatan hidrogen pada etanol, gambarkan ikatan hidrogen yang terjadi!

## Tugas

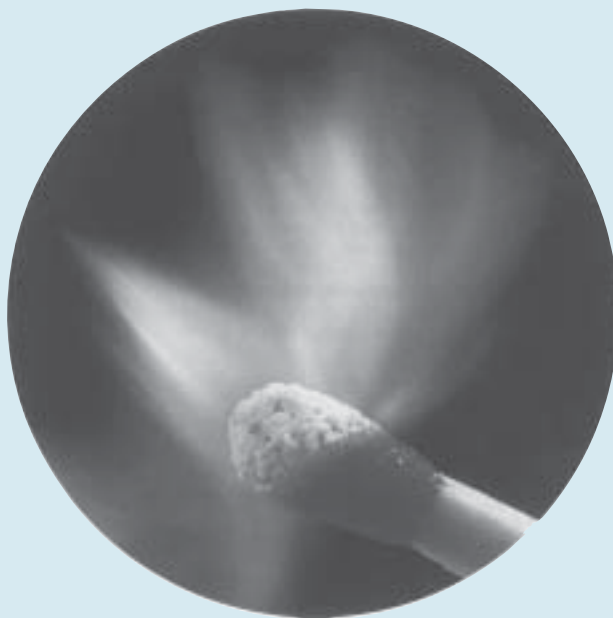
---

Buatlah model bentuk molekul dari bahan-bahan yang tersedia di rumahmu, misalnya:

1. Kawat untuk penyangga.
  2. Styrofoam, kertas koran, perca kain atau bahan lain untuk menggambarkan tolakan pasangan elektronnya.
-

## Bab III

# Termokimia



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

Ketika batang korek api dinyalakan terjadi reaksi kimia dan pelepasan energi.

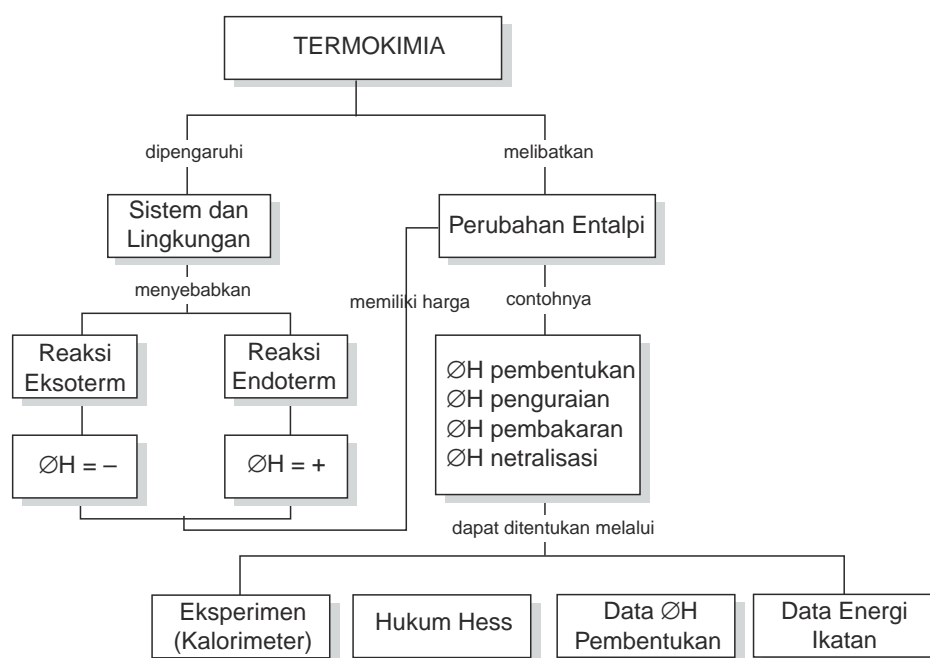
### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan pengertian entalpi suatu at dan perubahannya,
2. menjelaskan pengertian reaksi eksoterm dan endoterm,
3. menentukan  $\Delta H$  reaksi berdasarkan eksperimen kalorimeter dan hukum Hess,
4. menentukan  $\Delta H$  reaksi berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan standar dan data energi ikatan.



## PETA KONSEP



Untuk memasak makanan diperlukan energi panas. Energi panas ini dapat diperoleh dari pembakaran bahan bakar gas, minyak tanah, atau kayu bakar. Untuk menjalankan mesin-mesin di pabrik dan alat transportasi juga diperlukan energi yang diperoleh dari bahan bakar.

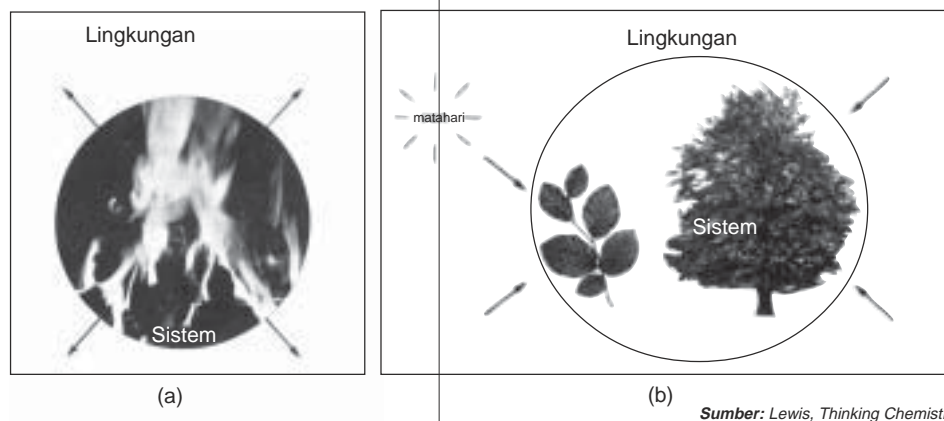
Bahan bakar merupakan salah satu contoh sumber energi panas. Energi yang terkandung dalam suatu zat disebut *entalpi* dengan lambang  $H$ . Setiap reaksi kimia selalu disertai perubahan entalpi ( $\Delta H$ ). Pada reaksi kimia energi yang dilepaskan maupun diserap berbentuk kalor. Kalor dapat berpindah dari sistem ke lingkungan atau dari lingkungan ke sistem.

Pada bab ini akan diuraikan tentang sistem dan lingkungan, perubahan entalpi, penentuan  $\Delta H$  reaksi, dan dampak pembakaran bahan bakar terhadap lingkungan.

## A. Sistem dan Lingkungan

Matahari adalah ciptaan Tuhan yang merupakan sumber energi bagi alam semesta baik berupa energi panas maupun energi cahaya. Tumbuhan hijau menyerap cahaya matahari dan mengubah zat-zat pada daun menjadi karbohidrat melalui fotosintesis. Karbohidrat merupakan sumber energi bagi makhluk hidup. Peristiwa ini merupakan salah satu contoh hukum kekekalan energi yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi dapat diubah dari suatu bentuk energi menjadi bentuk yang lain.

Peristiwa lain yang menunjukkan hukum kekekalan energi pada kimia, misalnya batu baterai dapat menyalakan lampu senter. Pada batu baterai reaksi kimia yang terjadi menghasilkan energi listrik, kemudian energi listrik berubah menjadi energi cahaya. Pada proses-proses tersebut tidak ada energi yang hilang tetapi energi berubah ke bentuk energi lain. Terjadinya perpindahan energi pada sistem dan lingkungan dapat digambarkan seperti Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** (a) Perpindahan energi dari sistem ke lingkungan  
(b) Perpindahan energi dari lingkungan ke sistem

Pada Gambar 3.1(a), bahan bakar bereaksi dengan gas oksigen di udara dan menimbulkan panas di sekelilingnya. Pada proses ini terjadi perpindahan energi dari *sistem ke lingkungan*.

Pada Gambar 3.1(b), daun yang berklorofil berfungsi sebagai sistem akan menyerap sinar matahari dan CO<sub>2</sub> dari lingkungan, karbon dioksida bereaksi dengan air membentuk karbohidrat dan gas oksigen dalam proses fotosintesis. Pada proses ini terjadi perpindahan energi dari lingkungan ke sistem. Berdasarkan ini maka *sistem* adalah segala sesuatu yang dipelajari perubahan energinya, sedangkan *lingkungan* adalah segala yang berada di sekeliling sistem. Dalam ilmu kimia, sistem adalah sejumlah zat yang bereaksi, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu di luar zat-zat tersebut misalnya tabung reaksi.

## B. Perubahan Entalpi

Energi yang terkandung di dalam suatu sistem atau zat disebut *entalpi* ( $H$ ). Entalpi merupakan sifat ekstensif dari materi maka bergantung pada jumlah mol zat.

Entalpi suatu sistem tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah perubahan entalpi yang menyertai perubahan zat, karena itu kita dapat menentukan entalpi yang dilepaskan atau diserap pada saat terjadi reaksi.

Perubahan energi pada suatu reaksi yang berlangsung pada tekanan tetap disebut *perubahan entalpi*. Perubahan entalpi dinyatakan dengan lambang  $\Delta H$ , dengan satuan Joule dan kilo Joule.

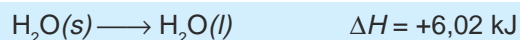
### Contoh:

Entalpi air ditulis  $H_{H_2O}$ . Air dapat berwujud cair dan padat. Entalpi yang dimilikinya berbeda,  $H_{H_2O(l)}$  lebih besar daripada  $H_{H_2O(s)}$ . Oleh karena itu untuk mengubah es menjadi air diperlukan energi dari lingkungan.

Harga  $\Delta H$  pada peristiwa perubahan es menjadi air adalah:

$$\Delta H = H_{H_2O(l)} - H_{H_2O(s)}$$

Perubahan ini dapat ditulis dalam suatu persamaan reaksi yang disebut persamaan termokimia sebagai berikut.



Berdasarkan perubahan entalpi, dikenal dua macam reaksi yaitu *reaksi eksoterm* dan reaksi *endoterm*.

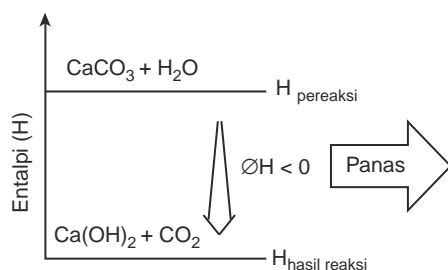
### 1. Reaksi Eksoterm

Pernahkah kamu memasukkan bongkahan batu kapur ke dalam air? Pada air lama-lama akan terjadi gelembung-gelembung gas dan campuran air dengan kapur menghasilkan panas.

Panas dihasilkan dari zat-zat bereaksi yang merupakan sistem kemudian dilepaskan ke lingkungan. Reaksi ini termasuk *reaksi eksoterm*. Pada reaksi eksoterm energi panas atau kalor berpindah dari sistem ke lingkungan.

Entalpi sistem sebelum reaksi lebih besar daripada sesudah reaksi atau

$$H_{\text{pereaksi}} > H_{\text{hasil reaksi}}$$

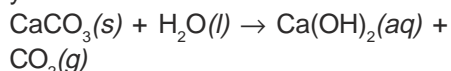


Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

Gambar 3.2 Proses eksoterm

Perubahan entalpi sistem menjadi lebih kecil dari 0 atau  $\Delta H = -$ .

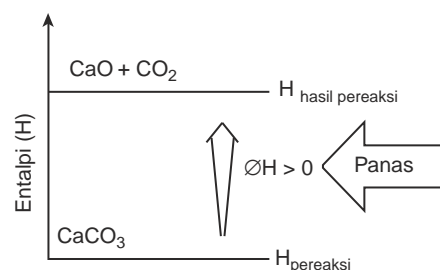
Penulisan persamaan termokimianya yaitu:



$$\Delta H = -97,37 \text{ kJ}$$

Proses eksoterm dapat digambarkan seperti Gambar 3.2.

## 2. Reaksi Endoterm



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

Gambar 3.3 Proses endoterm

Reaksi endoterm kebalikan dari reaksi eksoterm. Pada *reaksi endoterm* sistem menyerap panas dari lingkungan. Entalpi sistem sesudah reaksi lebih besar daripada sebelum reaksi:

$$H_{\text{pereaksi}} < H_{\text{hasil reaksi}}$$

Perubahan entalpi sistem menjadi lebih besar dari 0 atau  $\Delta H = +$ .

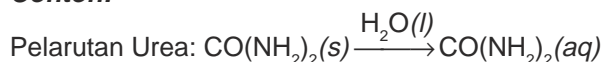
Perhatikan proses endoterm pada reaksi  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{CaO} + \text{CO}_2$  pada Gambar 3.3.

Untuk mengubah  $\text{CaCO}_3(s)$  menjadi batu gamping ( $\text{CaO}$ ) dan gas  $\text{CO}_2$  diperlukan energi panas. Persamaan termokimianya:

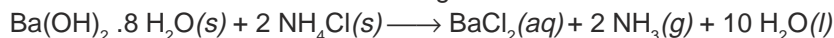


Reaksi endoterm ada juga yang berlangsung spontan, sistem dengan sendirinya menyerap kalor dari lingkungan. Pada proses ini akan terjadi penurunan suhu lingkungan, jadi kalau kita pegang wadah sistem akan terasa dingin.

**Contoh:**



Reaksi barium hidroksida hidrat dengan amonium klorida.



## Latihan 3.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jika kamu pegang gelas yang berisi air es, kamu akan merasakan dingin di tangan.
  - a. Pada peristiwa tersebut mana yang berperan sebagai sistem dan lingkungan?
  - b. Sebutkan jenis reaksi yang terjadi selama peristiwa berlangsung! Jelaskan mengapa dingin!
2. Apakah proses berikut termasuk reaksi eksoterm atau endoterm?
  - a. Fotosintesis
  - b. Gas terbakar
  - c. Air menguap
  - d. Es mencair
  - e. Alkohol menguap

## 3. Macam-Macam Perubahan Entalpi ( $\Delta H$ )

Besarnya perubahan entalpi suatu reaksi bergantung pada jumlah zat yang bereaksi, wujud zat, suhu, dan tekanan, maka perubahan entalpi dihitung berdasarkan keadaan standar yaitu keadaan pada suhu dan tekanan standar pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm.

Perubahan entalpi reaksi ada yang berupa perubahan entalpi pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ), perubahan entalpi penguraian ( $\Delta H_d^\circ$ ), perubahan entalpi pembakaran ( $\Delta H_c^\circ$ ), dan perubahan entalpi netralisasi ( $\Delta H_n^\circ$ ).

### a. Perubahan Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ )

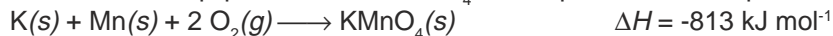
*Perubahan entalpi pembentukan standar,  $\Delta H_f^\circ$  suatu zat adalah perubahan entalpi yang terjadi pada pembentukan 1 mol zat dari unsur-unsurnya diukur pada keadaan standar.*

**Contoh:**

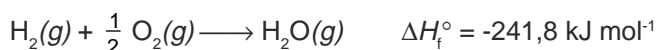
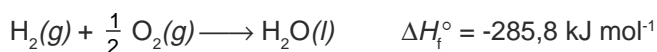
- 1) Perubahan entalpi pembentukan AgCl adalah perubahan entalpi dari reaksi:



- 2) Perubahan entalpi pembentukan  $\text{KMnO}_4$  adalah perubahan entalpi dari reaksi:



$\Delta H_f^\circ$  bergantung pada wujud zat yang dihasilkan, misalnya:



$\Delta H_f^\circ$  air dalam wujud cair berbeda dengan  $\Delta H_f^\circ$  air dalam wujud padat.

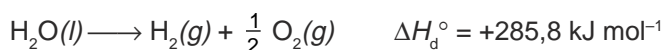
Berdasarkan perjanjian,  $\Delta H_f^\circ$  unsur = 0 pada semua temperatur, misalnya:  
 $\Delta H_f^\circ \text{ C} = 0$ ,  $\Delta H_f^\circ \text{ Fe} = 0$ ,  $\Delta H_f^\circ \text{ O}_2 = 0$ ,  $\Delta H_f^\circ \text{ N}_2 = 0$ .

### b. Perubahan Entalpi Penguraian Standar $\Delta H_d^\circ$

*Perubahan entalpi penguraian standar* merupakan kebalikan dari perubahan entalpi pembentukan.

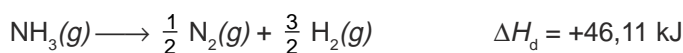
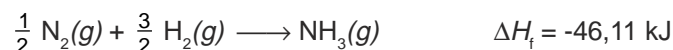
$\Delta H_d^\circ$  suatu zat adalah perubahan entalpi yang terjadi pada reaksi penguraian 1 mol zat menjadi unsur-unsur pada keadaan standar.

**Contoh:**



Marquis de Laplace dari Prancis dalam penelitiannya menemukan bahwa jumlah kalor yang dibebaskan pada pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya sama dengan jumlah kalor yang diperlukan pada penguraian senyawa tersebut menjadi unsur-unsurnya. Pernyataan ini dikenal sebagai *Hukum Laplace*.

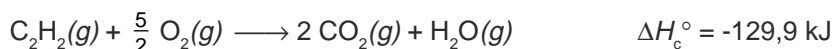
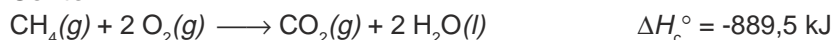
**Contoh:**



### c. Perubahan Entalpi Pembakaran $\Delta H_c^\circ$

Perubahan entalpi pembakaran,  $\Delta H_c^\circ$  adalah perubahan entalpi yang terjadi pada pembakaran 1 mol unsur atau senyawa pada keadaan standar.

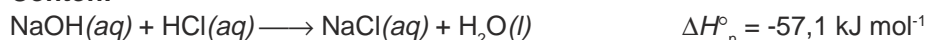
**Contoh:**



### d. Perubahan Entalpi Netralisasi $\Delta H_n^\circ$

*Perubahan entalpi netralisasi* adalah perubahan entalpi yang terjadi pada saat reaksi antara asam dengan basa baik tiap mol asam atau tiap mol basa.

**Contoh:**



## Latihan 3.2

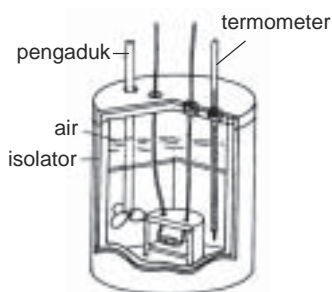
Selesaikan soal-soal berikut!

- Diketahui:  $\Delta H_f^\circ \text{NH}_3(g) = -45,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ 
  - Hitung  $\Delta H$  pembentukan 2 mol gas  $\text{NH}_3$ .
  - Hitung  $\Delta H$  penguraian 1 mol gas  $\text{NH}_3$ .
  - Tuliskan masing-masing persamaan termokimianya.
- Diketahui persamaan reaksi:  
$$3 \text{Fe}(s) + 2 \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(s) \quad \Delta H = -1118 \text{ kJ}$$
  
( $A_r \text{Fe} = 56, \text{O} = 16$ )  
Tentukan:
  - zat yang dibakar,
  - perubahan entalpi pembentukan 116 gram  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,
  - perubahan entalpi penguraian  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,
  - perubahan entalpi pembakaran Fe.
- Diketahui persamaan reaksi:  
$$2 \text{H}_2\text{SO}_4(l) \longrightarrow 2 \text{H}_2(g) + 2 \text{S}(s) + 4 \text{O}_2(g) \quad \Delta H = +1882 \text{ kJ}$$
  
Tentukan:
  - $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\Delta H_d^\circ \text{H}_2\text{SO}_4$
  - Apakah reaksi pembentukan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  termasuk reaksi eksoterm atau reaksi endoterm?

## C. Penentuan $\Delta H$ Reaksi

Perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) suatu reaksi dapat ditentukan melalui berbagai cara yaitu melalui eksperimen, berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ), berdasarkan hukum Hess, dan berdasarkan energi ikatan.

### 1. Penentuan $\Delta H$ Melalui Eksperimen



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 3.4 Kalorimeter

Perubahan entalpi reaksi dapat ditentukan dengan menggunakan suatu alat yang disebut *kalorimeter* (alat pengukur kalor). Dalam kalorimeter, zat yang akan direaksikan dimasukkan ke dalam tempat reaksi. Tempat ini dikelilingi oleh air yang telah diketahui massanya. Kalor reaksi yang dibebaskan terserap oleh air dan suhu air akan naik. Perubahan suhu air ini diukur dengan termometer. Kalorimeter ditempatkan dalam wadah terisolasi yang berisi air untuk menghindarkan terlepasnya kalor.

Berdasarkan hasil penelitian, untuk menaikkan suhu 1 kg air sebesar 1°C diperlukan kalor sebesar 4,2 kJ atau 1 kkal.

Untuk 1 gram air diperlukan kalor sebesar 4,2 J atau 1 kal. Jumlah kalor ini disebut kalor jenis air dengan lambang  $c$ .

$$c = 4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Jumlah kalor yang terserap ke dalam air dihitung dengan mengalikan 3 faktor yaitu massa air dalam kalorimeter (gram), perubahan suhu air ( $^\circ\text{C}$ ), dan kalor jenis air. Rumusnya ditulis:

$$q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$q$  = kalor yang dibebaskan atau diserap

$m$  = massa air (gram)

$c$  = kapasitas kalor air (J)

$\Delta t$  = perubahan suhu ( $^\circ\text{C}$ )

### Contoh Soal

Di dalam kalorimeter terdapat zat yang bereaksi secara endoterm. Reaksi tersebut menyebabkan 1 kg air yang terdapat dalam kalorimeter mengalami penurunan suhu 5°C. Tentukan kalor reaksi dari reaksi tersebut!

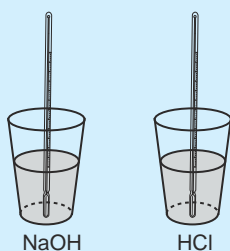
*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta t \\ &= 1.000 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 5^\circ\text{C} \\ &= 21.000 \text{ J} = 21 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Penentuan perubahan entalpi reaksi dapat pula menggunakan kalorimeter sederhana misalnya gelas yang terbuat dari styrofoam atau plastik. Cara untuk mencobanya lakukan kegiatan berikut.

### KEGIATAN 3.1 Eksperimen

#### Penentuan $\Delta H$ Reaksi dengan Kalorimeter Sederhana



Pada percobaan ini akan ditentukan  $\Delta H$  reaksi netralisasi dari reaksi larutan HCl 1 M larutan NaOH 1 M.

*Langkah kerja:*

1. Isi gelas dengan 50 mL NaOH 1 M dan gelas yang lain diisi dengan 50 mL HCl 1 M. Ukur suhu setiap larutan dan hitung suhu rata-rata kedua larutan sebagai suhu awal.



- Campurkan NaOH dengan HCl aduk sambil amati perubahan suhunya.
- Catat suhu maksimum dan hitung kenaikan suhu dari suhu awal rata-rata.

*Pertanyaan:*

- Hitung  $\Delta H$  reaksi antara larutan NaOH dan HCl tersebut. (diketahui kalor jenis larutan = kalor jenis air =  $4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ . Kapasitas kalorimeter = 0, massa jenis air =  $1 \text{ g mL}^{-1}$ ).
- Tuliskan persamaan termokimianya.

Untuk menghitung  $\Delta H$  reaksi dari eksperimen di atas, perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

50 mL larutan HCl 1M yang suhunya  $22^\circ\text{C}$  dicampurkan dengan 50 mL larutan NaOH 1 M yang suhunya  $22^\circ\text{C}$ . Pada reaksi tersebut terjadi kenaikan suhu sampai  $28,87^\circ\text{C}$ . Tentukan,  $\Delta H_{\text{R}}$  netralisasi dan tulis persamaan termokimia reaksi tersebut.

*Penyelesaian:*

Jumlah mol HCl =  $50 \text{ mL} \times 1 \text{ M} = 50 \text{ mmol} = 0,05 \text{ mol}$

Jumlah mol NaOH =  $50 \text{ mL} \times 1 \text{ M} = 50 \text{ mmol} = 0,05 \text{ mol}$

Volum larutan = volum air = 100 mL

Massa larutan = massa air =  $100 \text{ mL} \times 1 \text{ g mL}^{-1} = 100 \text{ g}$

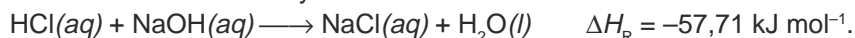
$$\begin{aligned} q &= m \times c \times \Delta t \\ &= 100 \text{ g} \times 4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot (28,87 \text{ °C} - 22 \text{ °C}) \\ &= 2885,4 \text{ J} = 2,8854 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{R}} = -q$$

$$\Delta H_{\text{R}} \text{ untuk } 0,05 \text{ mol H}_2\text{O} = -2,8854 \text{ kJ}$$

$$\Delta H \text{ reaksi untuk } 1 \text{ mol H}_2\text{O} = \frac{-2,8854 \text{ kJ}}{0,05 \text{ mol}} = -57,71 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Persamaan termokimianya:



### Latihan 3.3

100 mL larutan kalium hidroksida 1M direaksikan dengan 100 mL larutan asam klorida 1 M. Suhu awal masing-masing berturut-turut  $24^\circ\text{C}$  dan  $23,4^\circ\text{C}$ . Setelah bereaksi, suhu maksimum  $32,2^\circ\text{C}$ .

- Tentukan  $\Delta H$  netralisasi dari reaksi tersebut!
- Tulis persamaan termokimianya!
- Tentukan  $\Delta H$  reaksi jika 2 mol air terbentuk berdasarkan data reaksi ini.

## 2. Penentuan $\Delta H$ Berdasarkan $\Delta H_f^\circ$

Berdasarkan perubahan entalpi pembentukan standar zat-zat yang ada dalam reaksi, perubahan entalpi reaksi dapat dihitung dengan rumus:

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ hasil reaksi} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ pereaksi}$$

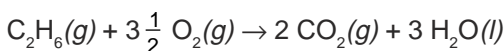
$\Delta H_R^\circ$  = perubahan entalpi reaksi standar

### Contoh Soal

Tentukan  $\Delta H$  reaksi pembakaran  $C_2H_6$  jika diketahui:

$$\Delta H_f^\circ C_2H_6 = -84,7 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta H_f^\circ CO_2 = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta H_f^\circ H_2O = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Penyelesaian:



$$\begin{aligned} \Delta H_R C_2H_6 &= [2 \cdot \Delta H_f^\circ CO_2(g) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ H_2O(l)] - [\Delta H_f^\circ C_2H_6(g) + 3 \frac{1}{2} \cdot \Delta H_f^\circ O_2(g)] \\ &= [2 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (-285,8)] - [-84,7 + 0] = -1559,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi,  $\Delta H$  pembakaran  $C_2H_6$  adalah  $-1559,7 \text{ kJ}$ .

Perubahan entalpi pembentukan beberapa zat dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Perubahan entalpi pembentukan beberapa zat ( $t = 25^\circ C$ )

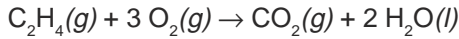
Zat	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	Zat	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
$H_2(g)$	0	$CCl_4(g)$	-96,0
$O_2(g)$	0	$C_2H_5OH(l)$	-277,6
$N_2(g)$	0	$SiO_2(g)$	-910,9
$C(s)$	0	$PbO(s)$	-219,0
$Fe(s)$	0	$NH_3(g)$	-45,9
$Si(s)$	0	$NO_2(g)$	33,2
$H_2O(g)$	-241,8	$SO_2(g)$	-296,8
$H_2O(l)$	-285,8	$H_2S(g)$	-20
$CO(g)$	-110,5	$HF(g)$	-273
$CO_2(g)$	-393,5	$HCl(g)$	-92,3
$C_2H_4(g)$	+52,5	$AgCl(s)$	-127,0
$C_2H_6(g)$	-84,7	$AgBr(s)$	-99,5
$C_6H_6(l)$	+49,7	$AgI(s)$	-62,4
$CH_3OH(l)$	-238,6	$NO(g)$	90,3
$CS_2(g)$	+177	$CH_4(g)$	-74,9

Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*

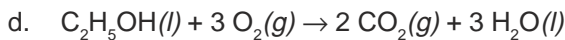
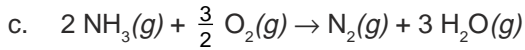
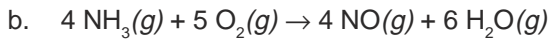
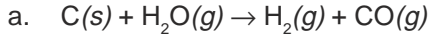
### Latihan 3.4

Gunakan data  $\Delta H_f$  ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

1. Tentukan  $\Delta H$  reaksi pembakaran gas etena menghasilkan gas karbon dioksida dengan air!



2. Tentukan  $\Delta H$  reaksi-reaksi berikut:



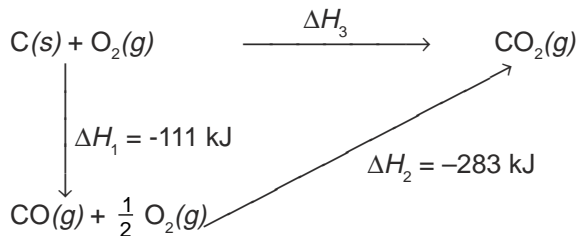
### 3. Penentuan $\Delta H$ Berdasarkan Hukum Hess

Perubahan entalpi reaksi kadang-kadang tidak dapat ditentukan secara langsung tetapi harus melalui tahap-tahap reaksi. Misalnya untuk menentukan perubahan entalpi pembentukan  $\text{CO}_2$  dapat dilakukan dengan berbagai cara.

*Cara 1*  $\text{C}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ}$

*Cara 2* C dengan  $\text{O}_2$  bereaksi dulu membentuk CO, tahap berikutnya CO bereaksi dengan  $\text{O}_2$  menghasilkan  $\text{CO}_2$ .

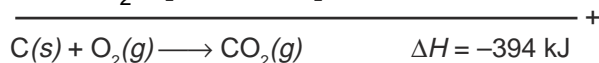
Perhatikan diagram berikut



$$\begin{aligned} \Delta H_3 &= \Delta H_1 + \Delta H_2 \\ &= -111 \text{ kJ} + (-283 \text{ kJ}) \\ &= -394 \text{ kJ} \end{aligned}$$

*Cara 3*  $\text{C}(s) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}(g) \quad \Delta H = -111 \text{ kJ}$

$\text{CO}(g) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -283 \text{ kJ}$



Pada cara 1, reaksi berlangsung satu tahap, sedangkan cara 2 dan cara 3 berlangsung dua tahap. Ternyata dengan beberapa cara, perubahan entalpinya sama yaitu  $-394 \text{ kJ}$ .

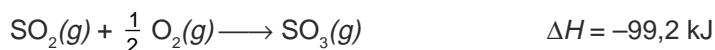
Seorang ilmuwan, *German Hess*, telah melakukan beberapa penelitian perubahan entalpi ini dan hasilnya adalah bahwa perubahan entalpi reaksi dari suatu reaksi tidak bergantung pada jalannya reaksi, apakah reaksi tersebut berlangsung satu tahap atau beberapa tahap. Penemuan ini dikenal dengan Hukum Hess yang berbunyi:

Perubahan entalpi hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir reaksi.

Berdasarkan penelitian Hess ini, perubahan entalpi suatu reaksi yang tidak dapat ditentukan dengan kalorimeter dapat ditentukan dengan perhitungan. Berikut ini contoh perhitungan penentuan perubahan entalpi.

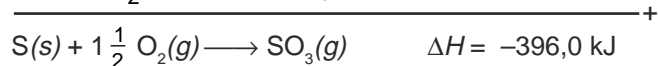
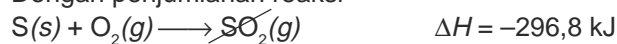
### Contoh Soal

Tentukan perubahan entalpi pembentukan gas  $\text{SO}_3$  jika diketahui:



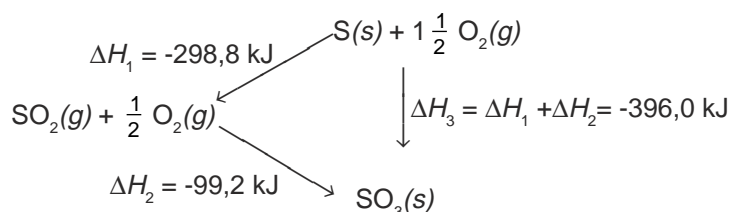
*Penyelesaian:*

*Cara 1* Dengan penjumlahan reaksi



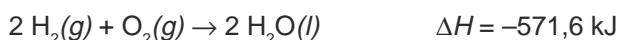
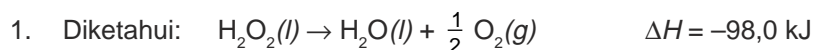
Jadi  $\Delta H$  reaksi pembentukan  $\text{SO}_3$  adalah  $-396 \text{ kJ}$ .

*Cara 2* Dengan diagram perubahan entalpi



### Latihan 3.5

Selesaikan soal-soal berikut!



Tentukan  $\Delta H$  reaksi  $\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2(l)$  dengan menggunakan kedua reaksi tersebut!

2. Diketahui:  $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$   $\Delta H = -393,5 \text{ kJ}$   
 $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$   $\Delta H = -285,8 \text{ kJ}$   
 $C_2H_6(g) + 3\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$   $\Delta H = -1559,7 \text{ kJ}$
- Tentukan: a.  $\Delta H$  reaksi  $2 C(s) + 3 H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$   
 b. Buat diagram perubahan entalpi reaksinya!
3. Hitung  $\Delta H$  pembentukan etana dalam reaksi:  $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$  dengan menggunakan reaksi pembakaran berikut ini.
- $C_2H_4(g) + 3 O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 2 H_2O(l)$   $\Delta H = -1401 \text{ kJ}$   
 $C_2H_6(g) + 3\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(l)$   $\Delta H = -1550 \text{ kJ}$   
 $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$   $\Delta H = -286 \text{ kJ}$

Agar lebih memahami penentuan perubahan entalpi berdasarkan Hukum Hess, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok.

### KEGIATAN 3.2 Eksperimen

#### Penentuan Perubahan Entalpi berdasarkan Hukum Hess

Pada percobaan ini akan diamati  $\Delta H$  reaksi antara NaOH padat dan larutan HCl 0,5 M dengan dua cara.

*Cara 1:* NaOH padat dilarutkan dulu dalam air selanjutnya larutan NaOH tersebut direaksikan dengan larutan HCl.

*Cara 2:* NaOH padat langsung dilarutkan dalam HCl.

*Langkah kerja:*

- Cara 1 :*
- Timbang 2 gram NaOH, simpan dalam wadah tertutup. Siapkan 50 mL air, ukur suhunya. Masukkan NaOH tersebut ke dalam air, aduk dan catat suhu maksimumnya. Hitung  $\Delta H$  reaksi pelarutan NaOH ( $\Delta H_1$ ).
  - Siapkan 50 mL HCl 1 M, ukur suhunya.
  - Ukur suhu 50 mL larutan NaOH yang dibuat sebelumnya.
  - Reaksikan larutan NaOH tersebut dengan larutan HCl, catat suhu maksimumnya. Hitung  $\Delta H$  reaksinya ( $\Delta H_2$ ).
- Cara 2 :*
- Timbang 2 gram NaOH, simpan dalam wadah tertutup.
  - Siapkan 100 mL larutan HCl 0,5 M, ukur suhunya.
  - Reaksikan NaOH padat dengan HCl, catat suhu maksimumnya. Hitung  $\Delta H$  reaksinya ( $\Delta H_3$ ).

Pertanyaan:

1. Hitung  $\Delta H_1$ ,  $\Delta H_2$ , dan  $\Delta H_3$  untuk tiap mol NaOH!
2. Tulis persamaan reaksi termokimia pada
  - a. pelarutan NaOH padat menjadi larutan NaOH(aq),
  - b. reaksi netralisasi NaOH(aq) dengan HCl(aq),
  - c. reaksi netralisasi NaOH(s) dengan HCl(aq).
3. Buat diagram reaksi pada percobaan di atas!
4. Menurut Hukum Hess  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$   
Apakah data percobaanmu sama dengan Hukum Hess?  
Kalau tidak, sebutkan beberapa faktor penyebabnya!

Dari percobaan di atas kamu akan mendapatkan  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$ .

#### 4. Penentuan $\Delta H$ Berdasarkan Energi Ikatan

Suatu reaksi kimia terjadi akibat pemutusan ikatan-ikatan kimia dan pembentukan ikatan-ikatan kimia yang baru. Pada waktu pembentukan ikatan kimia dari atom-atom akan terjadi pembebasan energi, sedangkan untuk memutuskan ikatan diperlukan energi. Jumlah energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan antaratom dalam 1 mol molekul berwujud gas disebut *energi ikatan*. Makin kuat ikatan makin besar energi yang diperlukan. Beberapa harga energi ikatan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Beberapa harga energi ikatan

Ikatan	Energi Ikatan kJ mol <sup>-1</sup>	Ikatan	Energi Ikatan kJ mol <sup>-1</sup>
H – H	436	C – O	350
H – C	415	C = O	741
H – N	390	C – Cl	330
H – F	569	N ≡ N	946
H – Cl	432	O = O	498
H – Br	370	F – F	160
C – C	345	Cl – Cl	243
C = C	611	I – I	150
C – Br	275	Br – Br	190
C ≡ C	837	C ≡ N	891
O – H	464		

Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*

Pada Tabel 3.2, energi ikatan H – H = 436 kJ mol<sup>-1</sup>, berarti untuk memutuskan ikatan H – H menjadi atom-atom H dalam satu mol gas H<sub>2</sub> diperlukan 436 kJ mol<sup>-1</sup>. Harga energi ikatan dapat dipakai untuk menentukan ΔH suatu reaksi.

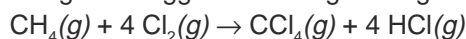
$$\Delta H_R = \sum \text{energi ikatan yang diputuskan} - \sum \text{energi ikatan yang dibentuk}$$

Dengan rumus tersebut dapat pula ditentukan energi ikatan rata-rata suatu molekul dan energi yang diperlukan untuk memutuskan salah satu ikatan atau energi ikatan disosiasi dari suatu molekul.

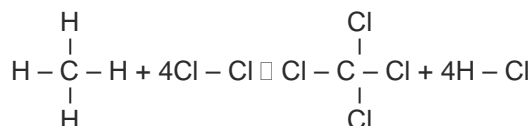
Berikut ini contoh perhitungan ΔH dengan menggunakan harga energi ikatan.

### Contoh Soal

1. Dengan menggunakan harga energi ikatan, hitunglah ΔH reaksi:



*Penyelesaian:*



Energi ikatan yang diputuskan:

$$4 \text{C} - \text{H} = 4 \cdot 415 = 1660 \text{ kJ}$$

$$4 \text{Cl} - \text{Cl} = 4 \cdot 243 = 972 \text{ kJ}$$

$$\underline{\hspace{1.5cm} +}$$

$$2632 \text{ kJ}$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = 2632 \text{ kJ} - 3048 \text{ kJ}$$

$$= -416 \text{ kJ}$$

Energi ikatan yang dibentuk:

$$4 \text{C} - \text{Cl} = 4 \cdot 330 = 1320 \text{ kJ}$$

$$4 \text{H} - \text{Cl} = 4 \cdot 432 = 1728 \text{ kJ}$$

$$\underline{\hspace{1.5cm} +}$$

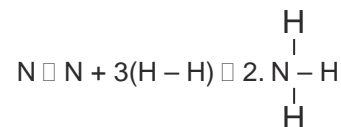
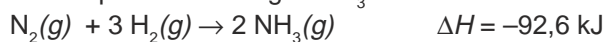
$$3048 \text{ kJ}$$

2. Hitunglah energi ikatan rata-rata N – H dalam molekul NH<sub>3</sub> jika diketahui:

ΔH<sub>f</sub> gas NH<sub>3</sub> = -46,3 kJ, energi ikatan H – H = 436 kJ, N ≡ N = 946 kJ.

*Penyelesaian:*

Reaksi pembentukan gas NH<sub>3</sub>:



$$\Delta H \text{ reaksi} = \text{N} \equiv \text{N} + 3(\text{H} - \text{H}) - 2 \times 3(\text{N} - \text{H})$$

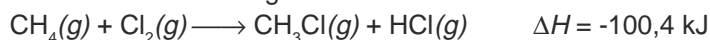
$$-92,6 \text{ kJ} = 946 \text{ kJ} + 3(436 \text{ kJ}) - 6(\text{N} - \text{H})$$

$$6(\text{N} - \text{H}) = 2254 \text{ kJ} + 92,6 \text{ kJ}$$

$$\text{N} - \text{H} = \frac{2346,6 \text{ kJ}}{6} = 391,1 \text{ kJ}$$

Energi ikatan rata-rata N – H = 391,1 kJ

3. Diketahui reaksi sebagai berikut:



Energi ikatan rata-rata dari:

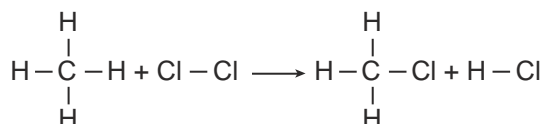
$$\text{C} - \text{Cl} = 330 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Cl} - \text{Cl} = 243 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{H} - \text{Cl} = 432 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Tentukan energi ikatan disosiasi C – H.

*Penyelesaian:*



Energi ikatan yang diputuskan

$$1\text{C} - \text{H} = x \text{ kJ}$$

$$1\text{Cl} - \text{Cl} = 243 \text{ kJ}$$

$$\hline = (x + 243) \text{ kJ} +$$

Energi ikatan yang dibentuk

$$1\text{C} - \text{Cl} = 330 \text{ kJ}$$

$$1\text{H} - \text{Cl} = 432 \text{ kJ}$$

$$\hline = 762 \text{ kJ} +$$

$$\Delta H_{\text{R}} = \sum \text{energi ikatan yang diputuskan} - \sum \text{energi ikatan yang dibentuk}$$

$$-100,4 \text{ kJ} = (x + 243 \text{ kJ}) - 762 \text{ kJ}$$

$$x = -100,4 \text{ kJ} + 762 \text{ kJ} - 243 \text{ kJ}$$

$$= 418,6 \text{ kJ}$$

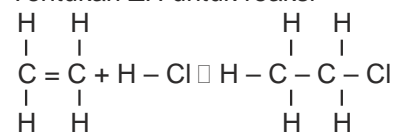
Jadi energi disosiasi C – H = 418,6 kJ

### Latihan 3.6

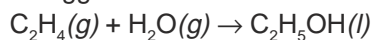
Untuk soal no. 1 s.d. 4 gunakan data energi ikatan pada Tabel 3.2!

1. Tentukan  $\Delta H$  reaksi gas  $\text{C}_2\text{H}_4$  dengan  $\text{H}_2$  menjadi gas  $\text{C}_2\text{H}_6$ !

2. Tentukan  $\Delta H$  untuk reaksi



3. Tentukan  $\Delta H$  reaksi pembuatan alkohol dari gas etena dengan uap air menggunakan katalis asam untuk mempercepat reaksi.



4. Tentukan  $\Delta H$  reaksi:  $\text{HCN}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2(g)$

5. Diketahui:  $2 \text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -484 \text{ kJ}$

$$\text{H} - \text{H}(g) \rightarrow 2 \text{H}(g) \quad \Delta H = +436 \text{ kJ}$$

$$\text{O} = \text{O}(g) \rightarrow 2 \text{O}(g) \quad \Delta H = +498 \text{ kJ}$$

Tentukan energi ikatan rata-rata H – O!



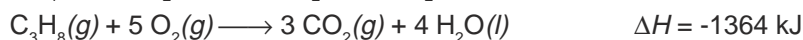
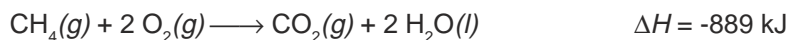
## D. Kalor Pembakaran

Bensin, minyak tanah, solar, dan LPG merupakan bahan bakar yang banyak digunakan, sebab dari proses pembakarannya menghasilkan energi yang cukup besar. Selain bahan bakar dari minyak bumi telah dipikirkan pula bahan bakar alternatif sebab minyak bumi termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Bahan bakar alternatif misalnya alkohol dan gas hidrogen. Alkohol sudah banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Di Brazil kendaraan hampir 50% menggunakan bahan bakar campuran 95% alkohol dan 5% air.

Kalor pembakaran didefinisikan sebagai berikut.

*Kalor pembakaran* adalah kalor yang dibebaskan apabila 1 mol bahan bakar terbakar dengan sempurna dalam oksigen berlebihan.

**Contoh:**



Selain energi panas, pembakaran ada juga yang menghasilkan energi bunyi dan energi cahaya, seperti kembang api dan petasan.

Kalor pembakaran beberapa bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Harga kalor pembakaran beberapa bahan bakar

Bahan Bakar	Rumus	$M_r$	Kalor Pembakaran ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
Metana	$\text{CH}_4$	16	889
Propana	$\text{C}_3\text{H}_8$	44	2217
Butana	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	58	2874
Isobutana	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	58	2865
Metanol	$\text{CH}_3\text{OH}$	32	725
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	1364
Bensin	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	114	5464
Minyak tanah	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	170	8072

Sumber: Ebbing, General Chemistry

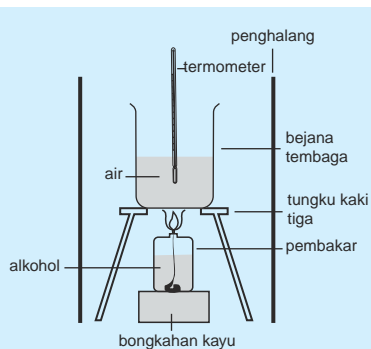
Cara sederhana untuk menghitung kalor pembakaran suatu bahan bakar dapat dilakukan dengan percobaan sebagai berikut.

### KEGIATAN 3.3 Eksperimen

#### Penentuan Kalor Pembakaran Etanol

Cara kerja

1. Masukkan 100 mL air ke dalam bejana dari tembaga, ukur suhu awal air.
2. Masukkan 100 mL etanol ke dalam pembakar, timbang etanol dengan alat pembakar.



- Susun alat seperti gambar di samping.
- Nyalakan pembakar sampai suhu air naik dari 30°C menjadi 60°C.

**Pengamatan:**

Suhu awal air = 30°C

Suhu akhir air = 60°C

Perubahan suhu air = 30°C

Massa air = 100 gram

Massa etanol dengan pembakar mula-mula =  $m_1$  gram

Massa etanol dengan pembakar akhir =  $m_2$  gram

Massa etanol yang digunakan =  $(m_1 - m_2)$  gram

**Cara Perhitungan:**

Kalor yang diserap =  $m.c.\Delta t$

$$= 100 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ Jg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 30^\circ\text{C}$$

$$= 12.600 \text{ J} = 12,6 \text{ kJ}$$

Menghitung kalor pembakaran etanol

$$\left( \frac{m_1 - m_2}{46} \right) \text{ mol etanol, membebaskan } 12,60 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ mol etanol} = \frac{(12,6 \text{ kJ} \times 46)}{(m_1 - m_2)} \text{ kJ mol}^{-1}$$

### Latihan 3.7

Selesaikan soal-soal berikut!

- Pembakaran 0,92 g etanol digunakan untuk meningkatkan suhu 400 mL air dari 30°C menjadi 40°C.
  - Perkirakan kalor pembakaran etanol.
  - Jika kalor pembakaran etanol yang sebenarnya adalah 1368 kJ mol<sup>-1</sup>, diskusikan mengapa hasil percobaan ini dapat berbeda dengan data.
- Bandingkan dan urutkan besarnya kalor pembakaran dari 1 gram bahan bakar bensin, minyak tanah, etanol, dan gas butana. Gunakan Tabel 3.3!

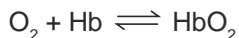
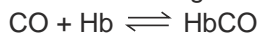
## E. Dampak Pembakaran Bahan Bakar yang Tidak Sempurna

Bahan bakar seperti bensin, solar, minyak tanah, dan LPG merupakan senyawa hidrokarbon. Hidrokarbon kalau dibakar secara sempurna akan menghasilkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air. Gas  $\text{CO}_2$  tidak berbahaya bagi makhluk hidup tetapi jika jumlah  $\text{CO}_2$  di udara sangat berlebih akan timbul peristiwa *greenhouse effect* atau *efek rumah kaca* yakni peningkatan suhu di permukaan bumi.

Pada pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna akan menghasilkan gas karbon monoksida (CO). Gas CO berbahaya bagi manusia, sebab gas CO lebih mudah terikat oleh haemoglobin daripada gas  $\text{O}_2$ .

Haemoglobin berfungsi mengangkut  $\text{O}_2$  dari paru-paru ke seluruh tubuh, sehingga kalau haemoglobin banyak mengikat CO akan mengalami kekurangan oksigen yang dapat menyebabkan kematian.

Reaksi CO dengan Hb ditulis:



Daya ikat HbCO 200 kali lipat HbO<sub>2</sub>. Di jalan raya yang banyak kendaraan atau di daerah lampu merah kadar CO dapat mencapai lebih dari 100 ppm. Kadar CO di udara lebih dari 250 ppm dapat menyebabkan pingsan. Kadar 750 ppm menyebabkan kematian.

Untuk mengurangi dampak pencemaran CO di udara, pemerintah sudah menganjurkan pengurangan penggunaan mobil pribadi, merawat mesin kendaraan agar terjadi pembakaran sempurna, dan penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih mudah terbakar.

### INFO KIMIA



#### Es Tinju

Mengapa disebut es tinju? Karena pada saat ditinju kemasan ini menjadi dingin. Bagaimana hal ini terjadi?

Pada kemasan es tinju terdapat kantong-kantong plastik yang berisi amonium nitrat dan air. Pada saat kantong ditinju, garam akan larut dan terjadi reaksi endoterm (suhu turun).

Sumber: Ebbing, General Chemistry

## Rangkuman

1. Sistem adalah segala sesuatu yang dipelajari perubahan energinya.
2. Lingkungan adalah segala yang berada di sekeliling sistem.
3. Perubahan entalpi adalah perubahan energi pada suatu reaksi yang berlangsung pada tekanan tetap.
4. Macam-macam perubahan entalpi yaitu  $\Delta H$  pembentukan,  $\Delta H$  penguraian,  $\Delta H$  pembakaran, dan  $\Delta H$  netralisasi.
5. Setiap perubahan kimia yang melibatkan kalor selalu disertai dengan pembebasan atau penyerapan energi.

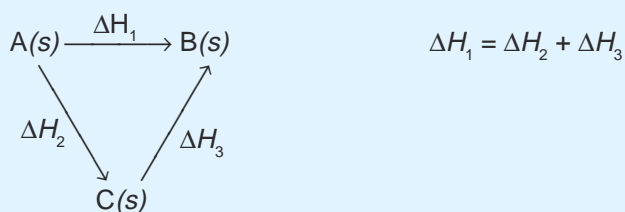
Reaksi eksoterm yaitu reaksi yang membebaskan kalor ( $\Delta H = -$ ).

Reaksi endoterm yaitu reaksi yang menyerap kalor ( $\Delta H = +$ ).

6. Jumlah kalor yang diserap atau dibebaskan dapat dihitung dengan rumus;

$$q = m \times c \times \Delta t$$

7.  $\Delta H$  reaksi dapat ditentukan:
  - a. melalui eksperimen
  - b. Berdasarkan  $\Delta H_f^\circ$   
 $\Delta H_R = \Delta H_f$  (hasil reaksi)  $-\Delta H_f$  pereaksi
  - c. Berdasarkan Hukum Hess.
  - d. Berdasarkan energi ikatan  
 $\Delta H_R = \sum$  energi ikatan yang diputuskan  $-\sum$  energi ikatan yang dibentuk
8. Perubahan entalpi reaksi hanya bergantung kepada keadaan awal dan keadaan akhir reaksi dan tidak bergantung pada tahap reaksi.



9. Energi ikatan adalah jumlah energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan antaratom dalam 1 mol molekul berwujud gas.
10. Kalor pembakaran yaitu kalor yang dibebaskan apabila 1 mol bahan bakar terbakar dengan sempurna dalam oksigen yang berlebih.
11. Dampak pembakaran yang tidak sempurna akan mengakibatkan polusi udara yang akan membahayakan kesehatan.

## Kata Kunci

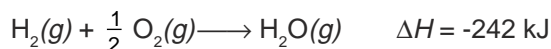
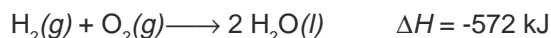
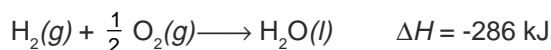
- Sistem
- Lingkungan
- Entalpi
- Perubahan entalpi
- Reaksi eksoterm
- Reaksi endoterm
- Perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ )
- Perubahan entalpi penguraian standar ( $\Delta H_d^\circ$ )
- Perubahan entalpi netralisasi ( $\Delta H_n^\circ$ )
- Kalor pembakaran
- Efek rumah kaca
- Energi ikatan
- Perubahan entalpi pembakaran ( $\Delta H_c^\circ$ )

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Sebuah televisi menyala dengan sumber listrik akumulator sehingga kita melihat siaran televisi. Perubahan bentuk energi yang terjadi pada peristiwa tersebut adalah . . . .
  - A. energi kimia - energi listrik - energi panas - energi bunyi
  - B. energi kimia - energi listrik - energi cahaya - energi bunyi
  - C. energi kimia - energi listrik - energi mekanik - energi panas
  - D. energi listrik - energi kimia - energi bunyi - energi cahaya
  - E. energi listrik - energi panas - energi cahaya - energi bunyi
2. Ke dalam tabung reaksi yang berisi air dilarutkan urea padat. Ternyata pada tabung reaksi terasa dingin, yang dimaksud dengan *sistem* pada peristiwa itu adalah . . . .
  - A. urea
  - B. air
  - C. urea dan air
  - D. air dan tabung reaksi
  - E. urea, air, dan tabung reaksi
3. Jika kapur tohor dilarutkan dalam air, akan menghasilkan panas. Pernyataan yang tepat untuk hal ini adalah . . . .
  - A. reaksi tersebut endoterm
  - B. entalpi sistem bertambah
  - C. entalpi sistem berkurang
  - D.  $\Delta H$  reaksi positif
  - E. reaksi memerlukan kalor

4. Reaksi berikut terjadi pada suhu dan tekanan tertentu:



berdasarkan reaksi-reaksi tersebut dapat disimpulkan bahwa perubahan entalpi tergantung pada . . . .

- A. suhu dan volum  
B. tekanan dan suhu  
C. jumlah dan wujud zat  
D. jumlah zat dan kalor yang dibebaskan  
E. kalor yang dibebaskan
5. Reaksi yang mempunyai harga  $\Delta H_R = \Delta H_f^\circ \text{CO}$  adalah . . . .
- A.  $\text{C}(s) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}(g)$   
B.  $\text{C}(s) + \text{O}(g) \longrightarrow \text{CO}(g)$   
C.  $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \longrightarrow 2 \text{CO}(g)$   
D.  $\text{C}(g) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}(g)$   
E.  $\text{C}(g) + \text{CO}_2(g) \longrightarrow 2 \text{CO}(g)$
6. Diketahui reaksi:  $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(s) \quad \Delta H = -350 \text{ kJ}$ .  
Jumlah kalor yang dilepaskan pada reaksi di atas dinyatakan dalam kJ/gram CaO adalah . . . ( $A_r \text{Ca} = 40 \text{ O} = 16$ ).
- A. 700  
B. 350  
C. 17,5  
D. 12,5  
E. 6,25
7. Sejumlah magnesium dibakar menghasilkan 1 gram MgO ( $A_r \text{Mg} = 24, \text{O} = 16$ ) dan dilepaskan kalor 14,4 kJ. Perubahan entalpi pembentukan MgO adalah . . . .
- A. 14,4 kJ  
B. -14,4 kJ  
C. 288 kJ  
D. -288 kJ  
E. -576 kJ
8. Diketahui  $\Delta H$  pembakaran dari berbagai bahan bakar
- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )           | = -1821,50 kJ mol <sup>-1</sup> |
| Propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )         | = -2217,30 kJ mol <sup>-1</sup> |
| Hidrogen ( $\text{H}_2$ )                  | = -242,00 kJ mol <sup>-1</sup>  |
| Karbon disulfida ( $\text{CS}_2$ )         | = -1075,40 kJ mol <sup>-1</sup> |
| Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) | = -1364,00 kJ mol <sup>-1</sup> |
- Untuk setiap 2 gram bahan bakar di atas, yang menghasilkan kalor paling besar adalah . . . .

- A. etana
- B. propana
- C. hidrogen
- D. karbon disulfida
- E. etanol

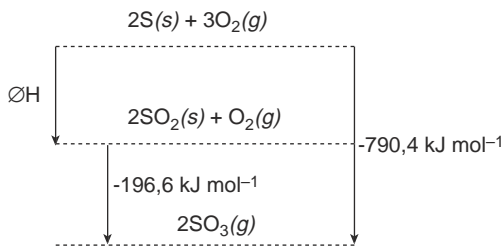
9. Jika energi ikatan rata-rata sebagai berikut.

- $C = C = 146 \text{ kkal}$
- $C - C = 83 \text{ kkal}$
- $C - H = 99 \text{ kkal}$
- $C - Cl = 79 \text{ kkal}$
- $H - Cl = 103 \text{ kkal}$

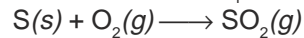
Maka perubahan entalpi pada adisi 117,6 gram etena dengan asam klorida menurut persamaan reaksi:  $H_2C = CH_2 + HCl \rightarrow H_3C - CH_2 - Cl$  sebesar . . . .

- A.  $-2142 \text{ kJ mol}^{-1}$
- B.  $-305,76 \text{ kJ mol}^{-1}$
- C.  $-50,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- D.  $+50,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- E.  $+21,42 \text{ kJ mol}^{-1}$

10. Diagram entalpi tahap-tahap reaksi pembakaran belerang adalah sebagai berikut.



Dari diagram perubahan entalpi di samping, maka  $\Delta H_f$  untuk reaksi:



adalah . . . .

- A.  $296,9 \text{ kJ mol}^{-1}$
- B.  $-296,9 \text{ kJ mol}^{-1}$
- C.  $593,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
- D.  $-593,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
- E.  $987,0 \text{ kJ mol}^{-1}$

11. Untuk menaikkan suhu 100 gram air sebanyak  $X^\circ C$  diperlukan energi 21 kJ, maka X sama dengan . . . (kalor jenis air =  $4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ C^{-1}$ ).

- A.  $50^\circ C$
- B.  $25^\circ C$
- C.  $15^\circ C$
- D.  $10^\circ C$
- E.  $5^\circ C$

12. Pembakaran sempurna gas metana ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut:  $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$   $\Delta H = -840 \text{ kJ}$

Jika seluruh kalor yang dihasilkan digunakan untuk mendidihkan air yang mula-mula bersuhu  $25^\circ C$  maka volum air yang bisa dididihkan menggunakan 24 gram metana adalah . . . ( $A_r C = 12$   $H = 1$ ;  $c = 4,2 \text{ J/g}^\circ C$ ).

- A. 2,7 L
- B. 4,0 L
- C. 5,0 L
- D. 8,0 L
- E. 12,0 L

13. Diketahui reaksi:  
 $\text{NaOH}(aq) + \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -56 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 Bila 100 mL larutan HCl 0,25 M direaksikan dengan 200 mL larutan NaOH 0,15 M, maka perubahan entalpi yang terjadi dalam reaksi ini adalah . . . .
- 0,56 kJ
  - 3,08 kJ
  - 1,68 kJ
  - 1,40 kJ
  - 2,80 kJ
14. Diketahui energi ikatan sebagai berikut:  
 $\text{C} - \text{H} = 414 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $\text{C} = \text{O} = 803 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $\text{O} - \text{H} = 464 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $\text{O} = \text{O} = 498 \text{ kJ mol}^{-1}$
- Jika  $\Delta H$  pembakaran  $\text{C}_2\text{H}_2 = -1,26 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$ , maka energi ikatan  $\text{C} \equiv \text{C}$  adalah . . . .
- 841 kJ
  - 807 kJ
  - 309 kJ
  - 260 kJ
  - 540 kJ
15. Hasil pembakaran bahan bakar bensin yang tidak sempurna dapat mengakibatkan pencemaran udara oleh gas . . . .
- CO
  - CO<sub>2</sub>
  - SO<sub>3</sub>
  - NO
  - SO<sub>3</sub>

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

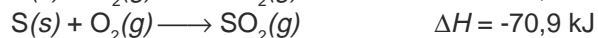
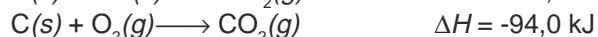
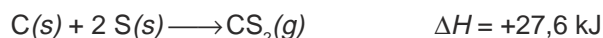
- Tuliskan persamaan termokimia untuk pernyataan berikut:
  - Perubahan entalpi pembentukan  $\text{H}_2\text{SO}_4(l)$  adalah -194 kJ.
  - Pembakaran 1 mol etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) secara sempurna dibebaskan kalor sebanyak 1364 kJ.
- 100 mL asam klorida 1 mol L<sup>-</sup> pada suhu 25°C bereaksi dengan 100 mL natrium hidroksida 1 mol L<sup>-</sup> pada suhu 25°C. Suhu tertinggi campuran adalah 34°C. (kalor jenis air = 4,2 J/°C).
  - Berapa  $\Delta H$  reaksi tersebut?
  - Berapa  $\Delta H_f^\circ$  1 mol air menurut percobaan reaksi ini?
- Hitung  $\Delta H$  pembakaran 116 gram gas butana jika diketahui:
 
$$\Delta H_f^\circ \text{C}_4\text{H}_{10}(g) = -126,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CO}_2(g) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

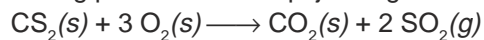
$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(l) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$



4. Diketahui reaksi:



Hitung perubahan entalpi jika 1 gram  $\text{CS}_2$  dibakar menurut reaksi:



5. Jelaskan bahaya yang diakibatkan oleh gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$  di udara!

## Tugas

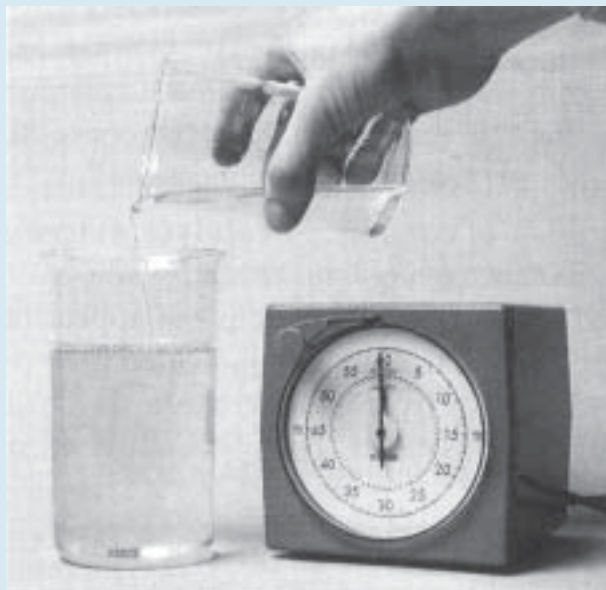
Perkirakan kalori yang dihasilkan dari makanan yang kamu makan pada waktu sarapan dan makan siang. Gunakan tabel panas pembakaran beberapa jenis bahan makanan berikut.

Bahan Makanan	Kalori ( $\text{kJ g}^{-1}$ )
Daging sapi	8
Daging ayam	9
Telur	6
Ikan	3
Nasi	16
Roti	12
Mentega	34
Susu	3
Keju	18
Kentang	3
Jeruk	2
Apel	2
Kol	1

Carilah informasi kebutuhan kalori yang sesuai dengan berat badanmu. Apakah kalori dari makanan yang kamu makan sudah mencukupi? Buat laporannya!

## Bab IV

# Laju Reaksi



*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

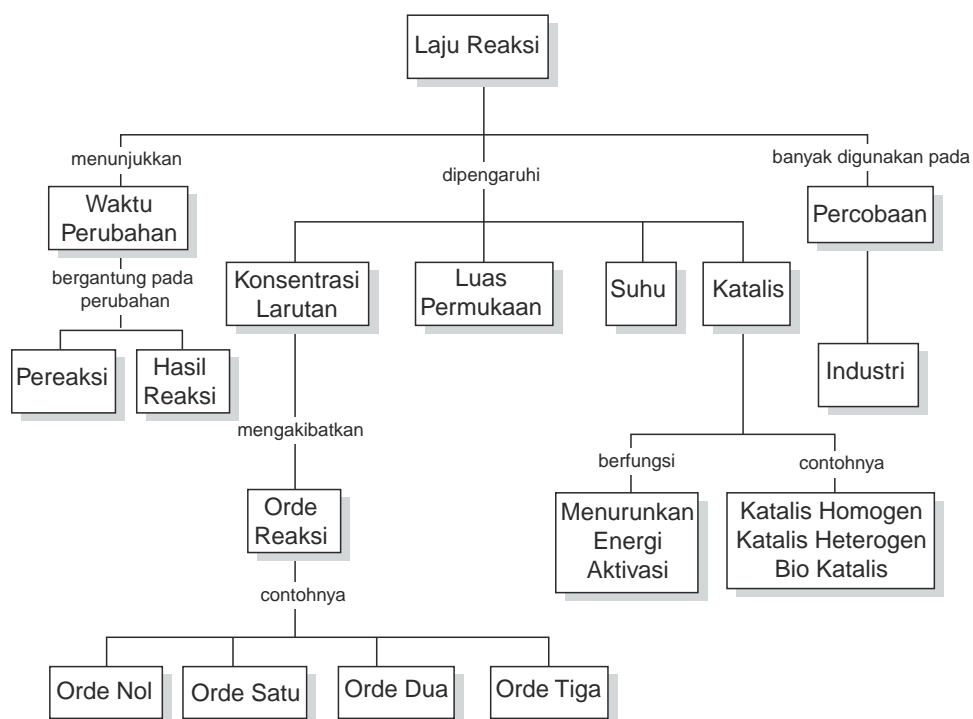
Laju reaksi menunjukkan perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi persatuan waktu.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. mendeskripsikan pengertian laju reaksi, memahami teori tumbukan untuk menjelaskan faktor-faktor penentu laju dan orde reaksi serta terapannya dalam kehidupan sehari-hari,
2. menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan percobaan, menentukan orde reaksi dari data-data percobaan,
4. menjelaskan teori tumbukan pada reaksi kimia,
5. menjelaskan hubungan energi aktivasi dengan laju reaksi,
6. memberikan contoh penerapan laju reaksi pada industri dan kehidupan sehari-hari.

## PETA KONSEP



Pernahkah kamu naik lift dan tangga di gedung tinggi? Tingkat yang sama, coba bandingkan terjadinya ledakan bom dengan perhatikan mana yang lecih cepat? Terjadinya ledakan bom dan perkaratan akibat reaksi kimia. Cepat dan lambat merupakan kata-kata yang menunjukkan kecepatan atau laju.

Laju merupakan ukuran perubahan sesuatu yang terjadi dalam satuan waktu. Laju reaksi merupakan ukuran perubahan konsentrasi dalam satuan waktu.

Laju reaksi dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah konsentrasi pereaksi, suhu, luas permukaan, dan katalis. Di dalam industri, faktor-faktor ini sangat diperhatikan karena dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengertian laju reaksi, orde reaksi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Untuk memahami laju reaksi yang melibatkan larutan ditentukan satuan konsentrasi. Oleh karena itu, pada bab ini akan diuraikan dulu tentang konsentrasi larutan.

## A. Konsentrasi Larutan

Dalam melakukan percobaan di laboratorium, seringkali reaksi yang dilakukan dalam bentuk larutan. Satuan konsentrasi larutan yang umum digunakan adalah *molaritas* ( $M$ ). Larutan dengan konsentrasi 1 M artinya di dalam 1 L larutan tersebut terdapat 1 mol zat terlarut.

Secara matematis, hubungan antara molaritas dengan mol dan volum larutan ditulis sebagai berikut.

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}} \text{ atau } M = \frac{\text{massa zat terlarut}}{M_r} \times \frac{1.000 \text{ mL}}{\text{volum larutan}}$$

### Contoh Soal

1. 0,02 mol HCl dimasukkan ke dalam air hingga volumenya menjadi 250 mL. Tentukan konsentrasi HCl dalam larutan tersebut!

*Penyelesaian:*

$$M \text{ HCl} = 0,02 \text{ mol} \times \frac{1.000}{250} \text{ L}^{-1} = 0,08 \text{ mol liter}^{-1}$$

2. 4 gram NaOH dilarutkan ke dalam air hingga volumenya menjadi 500 mL. Tentukan konsentrasi NaOH dalam larutan tersebut! ( $M_r$  NaOH = 40).

*Penyelesaian:*

$$M \text{ NaOH} = \frac{4}{40} \text{ mol} \times \frac{1.000}{250} \text{ L}^{-1} = 0,4 \text{ mol liter}^{-1}$$

3. Berapa mol HCl yang terdapat di dalam 100 mL larutan HCl 0,01 M?

*Penyelesaian:*

$$\text{mol HCl} = 0,01 \text{ mol L}^{-1} \times \frac{100}{1.000} \text{ L} = 0,001 \text{ mol}$$

### Pengenceran larutan

Di laboratorium larutan yang berasal dari pabriknya, biasanya dalam konsentrasi tinggi, misalnya asam klorida 12 M, dan asam asetat 17 M.

Reaksi-reaksi kimia biasanya dilakukan pada konsentrasi larutan yang rendah misalnya 1 M atau 0,1 M. Untuk keperluan tersebut, larutan yang pekat harus diencerkan dahulu dengan menambahkan air. Di dalam pengenceran larutan, jumlah mol zat pada larutan pekat sama dengan larutan encer, hanya volum larutannya yang berubah.

Jumlah mol zat terlarut dapat dihitung dengan mengalikan volum ( $V$ ) dengan molaritas larutan.

$$\begin{aligned} V \times M &= \text{volum larutan} \times \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{volum larutan}} \\ &= \text{mol zat terlarut} \end{aligned}$$

Dengan demikian hasil perkalian volum dan molaritas larutan semula ( $V_1 M_1$ ) sama dengan hasil perkalian volum dan molaritas larutan setelah pengenceran ( $V_2 M_2$ ).

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$V_1$  = volum sebelum pengenceran

$M_1$  = konsentrasi molar sebelum pengenceran

$V_2$  = volum sesudah pengenceran

$M_2$  = konsentrasi molar sesudah pengenceran

### Contoh Soal

1. Tentukan konsentrasi larutan yang terjadi jika kedalam 10 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,5 M ditambah 10 mL air!

*Penyelesaian:*

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$10 \text{ mL} \times 0,5 \text{ M} = 20 \text{ mL} \times M_2$$

$$M_2 = 0,25$$

Konsentrasi larutan setelah diencerkan = 0,25 M.

2. Berapa volum air yang harus kita tambahkan pada 50 mL larutan 0,5 M KOH, agar kita memperoleh larutan KOH dengan konsentrasi 0,1M?

*Penyelesaian:*

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$50 \text{ mL} \times 0,5 \text{ M} = V_2 \times 0,1 \text{ M} \rightarrow V_2 = 250 \text{ mL}$$

Agar volum akhir 250 mL, maka air yang harus ditambahkan adalah  $(250 - 50) \text{ mL} = 200 \text{ mL}$

3. Berapa gram garam dapur ( $M_r = 58,5$ ) yang harus dilarutkan untuk membuat 500 mL larutan dengan konsentrasi 0,15 M?

*Penyelesaian:*

$$M = \frac{\text{massa zat terlarut}}{M_r} \times \frac{1.000 \text{ mL}}{\text{volum larutan}}$$

$$0,15 = \frac{\text{massa zat terlarut}}{58,5} \times \frac{1.000 \text{ mL}}{500 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa zat terlarut} &= 0,15 \times 58,5 \times 0,5 \text{ L} \\ &= 4,3875 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi, garam dapur yang harus dilarutkan adalah 4,3875 gram.

## Latihan 4.1

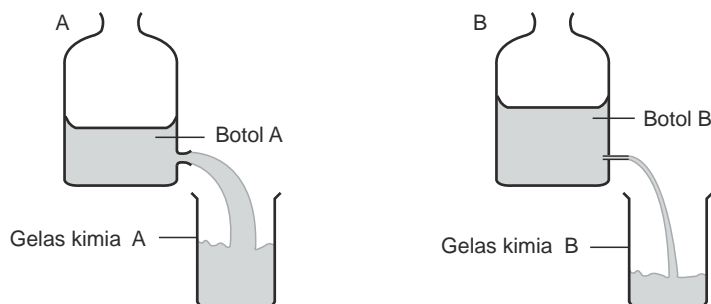
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Untuk mendapatkan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  2 M sebanyak 250 mL, berapa gram  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang dibutuhkan ( $A_r \text{ Na} = 23$ ,  $\text{S} = 32$ ,  $\text{O} = 16$ )!
2. Tentukan molaritas larutan, jika 2 gram NaOH dilarutkan dalam air sampai volum 500 mL!
3. Tentukan konsentrasi larutan jika ke dalam 10 mL larutan HCl 2 M ditambahkan air 30 mL!

## B. Konsep Laju Reaksi

Apa yang dimaksud dengan laju reaksi? Di dalam reaksi kimia pereaksi berubah menjadi hasil reaksi. Laju dari perubahan zat adalah ukuran jumlah perubahan zat yang terjadi tiap satuan waktu.

Bagaimana cara mengukur laju reaksi ini? Untuk mempelajarinya perhatikan ilustrasi berikut.



*Sumber: Lewis, Thinking Chemistry*

**Gambar 4.1** Membandingkan laju reaksi air pada botol A dan B

Pada Gambar 4.1, air dialirkan dari botol besar ke gelas kimia. Lubang untuk aliran kedua botol tersebut berbeda. Pada botol yang mana laju aliran air yang lebih cepat? Dari percobaan ini, laju dapat ditentukan dengan dua cara yaitu dengan mengukur volum air yang berkurang dari botol per satuan waktu dan volum air yang bertambah pada gelas kimia per satuan waktu.

Dari ilustrasi tersebut maka untuk mengukur laju reaksi dapat ditentukan dengan dua cara yaitu dengan mengukur:

1. jumlah pereaksi yang digunakan atau bereaksi per satuan waktu, dan
2. jumlah hasil reaksi yang terbentuk per satuan waktu.

Misalnya pada saat mereaksikan logam magnesium dengan asam klorida dengan reaksi:  $\text{Mg}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$

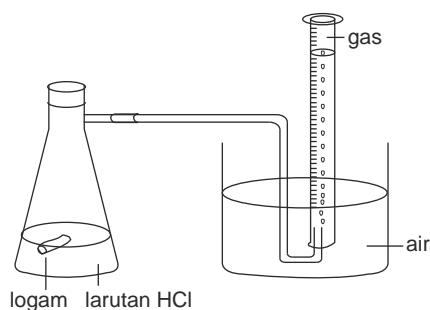
Laju reaksi dapat dihitung dengan mengukur jumlah magnesium atau asam klorida yang digunakan dalam waktu tertentu atau jumlah magnesium klorida atau gas hidrogen yang terbentuk dalam waktu tertentu.

Bagaimana cara mengukur jumlah pereaksi atau hasil reaksi dalam suatu reaksi? Dalam beberapa reaksi, pereaksi dan hasil reaksi dalam keadaan bercampur dan dalam wujud yang sama. Untuk memisahkannya cukup sulit. Oleh karena itu, pengukuran laju reaksi akan lebih mudah pada reaksi yang wujud hasil reaksinya berbeda dengan pereaksi.

Pengukuran laju reaksi yang menghasilkan gas dapat dilakukan dengan mengukur volum gas yang terjadi dalam waktu yang ditentukan atau mengukur massa setelah beberapa waktu yang ditentukan.

## 1. Menghitung Laju Reaksi dengan Mengukur Perubahan Volum

Sebagai contoh pengukuran laju reaksi untuk reaksi logam dengan asam. Perhatikan Gambar 4.2.



Sumber: Lewis, *Thinking Chemistry*

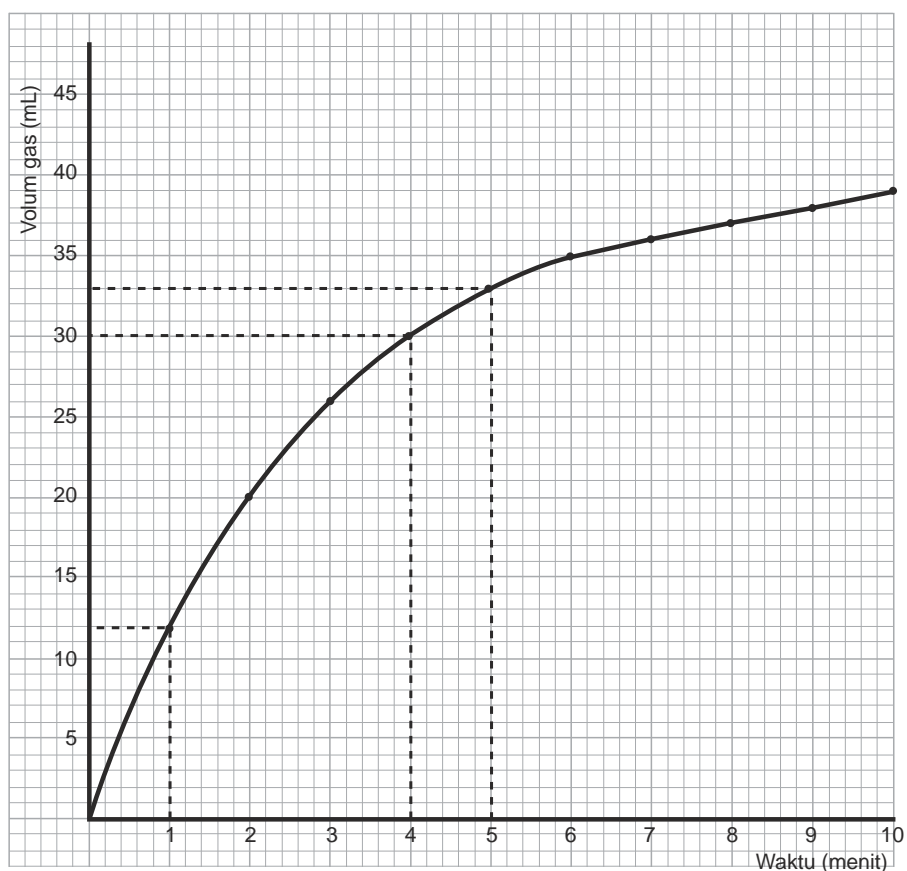
**Gambar 4.2** Mengukur laju reaksi dengan mengukur perubahan volum

Pada percobaan ini digunakan labu erlenmeyer berlingan. Pada saat logam dimasukkan ke dalam larutan asam, labu erlenmeyer segera ditutup. Asam dan logam akan bereaksi menghasilkan gas. Gas yang terbentuk akan menekan air sehingga volum gas dapat diukur. Volum gas diukur tiap menit. Hasil percobaannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran volum gas yang terbentuk dari reaksi asam dan logam

<b>Waktu (menit)</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Volum gas (mL)</b>	0	12	20	26	30	33	35	36,5	37,5	38	38

Data percobaan tersebut dapat dibuat grafik seperti Gambar 4.3.



Sumber: Lewis, *Thinking Chemistry*

**Gambar 4.3** Grafik antara volum gas yang dihasilkan dari reaksi asam dan logam dengan waktu (menit)



Dari data percobaan dapat dilihat reaksi mula-mula sangat cepat gas yang dihasilkan 12 mL dalam waktu 1 menit. Tetapi setelah 5 menit hanya 3 mL dan setelah 9 menit tidak ada lagi gas yang dihasilkan, artinya reaksi telah selesai.

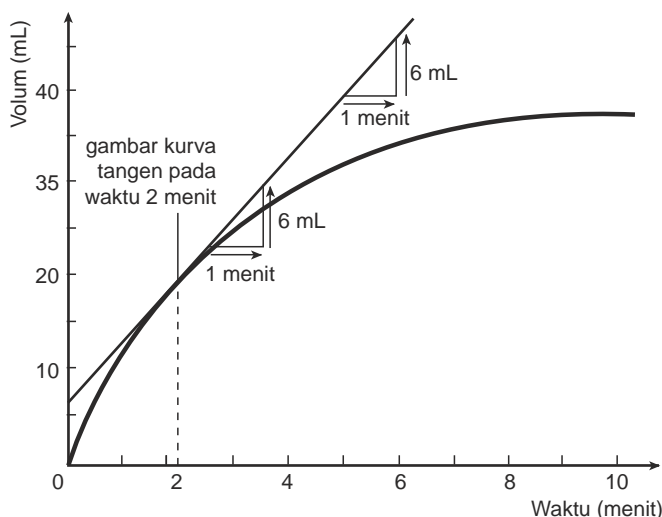
Untuk menentukan laju reaksinya diambil dari kemiringan (gradien) kurva pada waktu-waktu tertentu dan menggambarkan tangens pada kurva. Langkah-langkahnya yaitu:

- Buat garis miring pada titik yang menunjukkan waktu 2 menit.
- Gambarkan tangens pada kurva.
- Ukur perubahan jarak vertikal dan perubahan jarak horisontal.

Hitung kemiringan (gradien) dengan rumus:

$$\text{Gradien} = \frac{\text{Perubahan jarak vertikal}}{\text{Perubahan jarak horisontal}}$$

Perhatikan Gambar 4.4



Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

**Gambar 4.4** Menentukan gradien

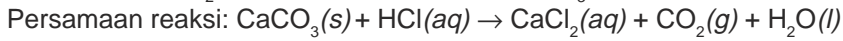
Pada diagram, perubahan jarak vertikal = perubahan volum dan perubahan jarak horisontal = perubahan waktu.

$$\text{Jadi gradien} = \frac{\text{Perubahan volum}}{\text{Perubahan waktu}} = \frac{6 \text{ mL}}{1 \text{ menit}} = 6 \text{ mL per menit}$$

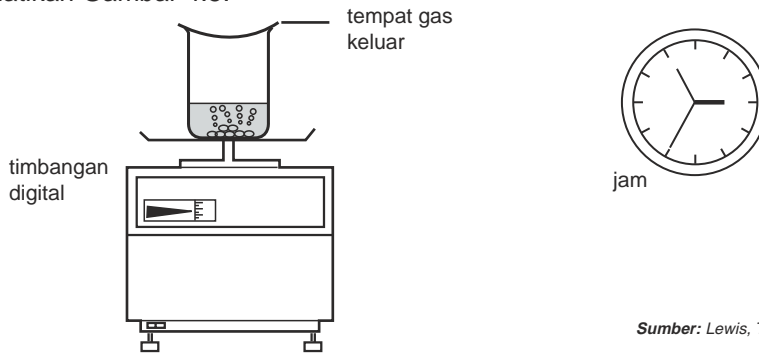
Gradien pada grafik menunjukkan perubahan volum per satuan waktu atau laju reaksi, maka laju reaksi di atas adalah 6 mL per menit. Artinya setiap 1 menit dihasilkan 6 mL hidrogen.

## 2. Menghitung Laju Reaksi melalui Perubahan Massa

Metode ini cocok untuk reaksi yang menghasilkan gas dengan massa cukup tinggi seperti  $\text{CO}_2$ . Misalnya reaksi antara  $\text{CaCO}_3$  dengan  $\text{HCl}$ .



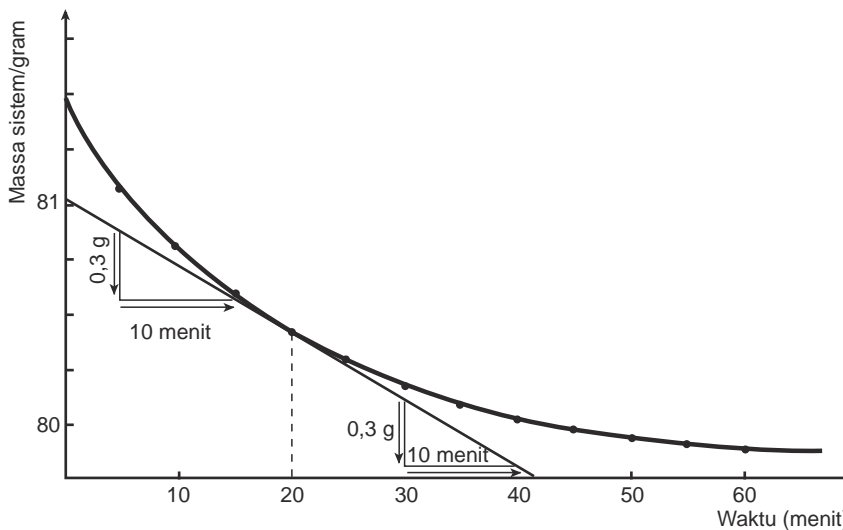
Berikut ini adalah cara mengukur perubahan massa zat selama reaksi dan perhitungan laju reaksinya berdasarkan grafik perubahan massa zat selama reaksi. Perhatikan Gambar 4.5.



Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

Gambar 4.5 Mengukur laju reaksi melalui perubahan massa

Pada percobaan ini sistem yang terdiri dari zat yang direaksikan dan peralatan diletakkan pada timbangan digital. Gelas penutup gelas kimia diganjal sehingga ada celah kecil agar gas dapat keluar. Akibat gas hasil reaksi keluar maka massa sistem setiap waktu akan berkurang. Hasil pengamatan pengukuran massa setiap menit dibuat grafik misalnya seperti Gambar 4.6.



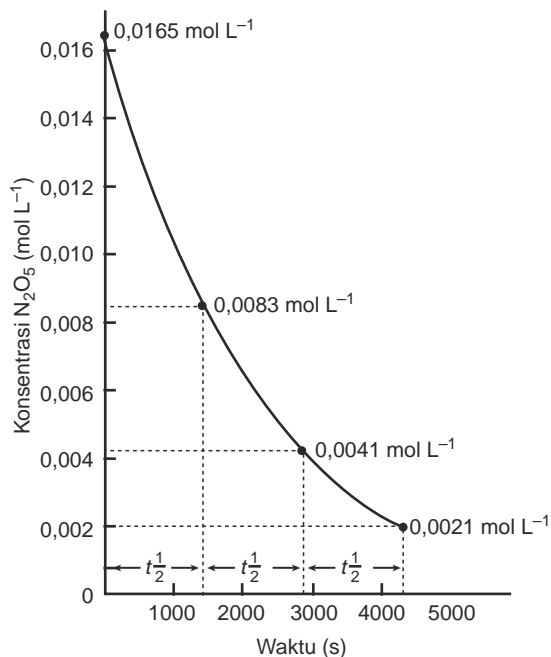
Gambar 4.6 Menentukan gradien

Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

$$\text{Gradien} = \frac{0,3 \text{ gram}}{10 \text{ menit}} = \frac{0,03 \text{ gram}}{1 \text{ menit}}$$

$\therefore$  Laju reaksi = 0,03 gram  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan per menit.

Jika pada percobaan yang diukur adalah *perubahan konsentrasi* seperti pada grafik berikut.



Sumber: Ebbing, General Chemistry

**Gambar 4.6** Grafik konsentrasi terhadap waktu

Kemiringannya dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kemiringan} = \frac{\text{perubahan jarak vertikal}}{\text{perubahan jarak horisontal}} = \frac{\text{perubahan konsentrasi}}{\text{perubahan waktu}}$$

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa laju reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi per satuan waktu.

Laju reaksi dapat dirumuskan sebagai berikut.

- Untuk perubahan konsentrasi pereaksi:  $r = \frac{-\Delta C}{\Delta t}$

Tanda negatif menunjukkan konsentrasi pereaksi berkurang selama bereaksi.

- Untuk perubahan konsentrasi hasil reaksi :

$$r = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

$r$  = laju reaksi

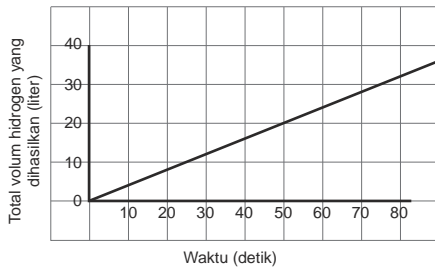
$\Delta C$  = perubahan konsentrasi

$\Delta t$  = perubahan waktu

Satuan untuk laju reaksi adalah mol liter<sup>-1</sup> detik<sup>-1</sup> atau M detik<sup>-1</sup>.

## Contoh Soal

1. Data percobaan reaksi antara Mg dengan HCl digambarkan dalam grafik sebagai berikut!



Tentukan rata-rata laju reaksi pembentukan gas H<sub>2</sub>!

*Penyelesaian:*

$$r = \frac{32 \text{ L}}{80 \text{ detik}} = 0,4 \text{ L detik}^{-1}$$

2. Untuk reaksi  $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightarrow 2 \text{NH}_3(g)$   
Jika konsentrasi gas N<sub>2</sub> mula-mula = 1 mol L<sup>-1</sup> setelah selang waktu 5 menit ternyata konsentrasi N<sub>2</sub> tersisa 0,5 mol L<sup>-1</sup>, tentukan laju reaksi untuk: N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan NH<sub>3</sub>.

*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned} \Delta[\text{N}_2] &= [\text{N}_2]_{\text{sisa}} - [\text{N}_2]_{\text{mula-mula}} \\ &= 0,5 \text{ mol L}^{-1} - 1 \text{ mol L}^{-1} \\ &= -0,5 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta t = 5 \times 60 \text{ detik} = 300 \text{ detik}$$

$$\text{Laju reaksi pengurangan N}_2 : r = \frac{-(-0,5 \text{ mol L}^{-1})}{300 \text{ detik}} = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}$$

Dalam stoikiometri, perbandingan mol berbanding lurus dengan perbandingan koefisien reaksi dapat dikatakan berbanding lurus dengan laju pengurangan dan penambahan zat reaksi.

$$\begin{aligned} \text{Laju pengurangan H}_2 &= 3 \times \text{laju pengurangan N}_2 \\ &= 3 \times 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju penambahan NH}_3 &= 2 \times \text{laju pengurangan N}_2 \\ &= 2 \times 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1} = 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1} \end{aligned}$$

## Latihan 4.2

Selesaikan soal-soal berikut!

- Reaksi:  $2 \text{A} + 3 \text{B} \rightarrow \text{C} + 4 \text{D}$   
Tuliskan rumus umum untuk menghitung laju reaksi berdasarkan perubahan zat A, B, C, dan D!
- Reaksi:  $2 \text{N}_2\text{O}_5(g) \rightarrow 4 \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$   
Dalam waktu 100 detik berkurang gas N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sebanyak 1,08 gram (jika A<sub>r</sub> N = 14, O = 16). Hitung laju reaksi untuk N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>!

## C. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi

Pada umumnya hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi zat-zat pereaksi hanya diturunkan dari data eksperimen. Bilangan pangkat yang menyatakan hubungan konsentrasi zat pereaksi dengan laju reaksi disebut *orde reaksi*. Untuk reaksi  $a A + b B \longrightarrow c C + d D$ , persamaan laju reaksi ditulis:

dengan

$r$  = laju reaksi

$k$  = tetapan laju reaksi

$[A]$  = konsentrasi zat A dalam mol per liter

$[B]$  = konsentrasi zat B dalam mol per liter

$m$  = orde reaksi terhadap zat A

$n$  = orde reaksi terhadap zat B

$$r = k[A]^m.[B]^n$$

Beberapa contoh reaksi dan rumus laju reaksi yang diperoleh dari hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Contoh beberapa reaksi dan rumus laju reaksinya

Reaksi	Rumus Laju Reaksi
$2 H_2(g) + 2 NO(g) \longrightarrow 2 H_2O(g) + N_2(g)$	$r = k[H_2][NO]^2$
$H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2 HI(g)$	$r = k[H_2][I_2]$
$2 HI(g) \longrightarrow H_2(g) + I_2(g)$	$r = k[HI]^2$
$2 H_2(g) + SO_2(g) \longrightarrow 2 H_2O(g) + S(g)$	$r = k[H_2][SO_2]$
$2 H_2O_2(aq) \longrightarrow 2 H_2O(l) + O_2(g)$	$r = k[H_2O_2]^2$

*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

Orde reaksi dapat ditentukan dari persamaan laju reaksi. Misalnya, pada reaksi  $2 H_2(g) + 2 NO(g) \longrightarrow 2 H_2O(g) + N_2(g)$  dengan persamaan laju reaksi  $r = k[H_2][NO]^2$ , orde reaksi terhadap  $H_2$  = orde satu, orde reaksi terhadap  $NO$  = orde dua, dan orde reaksi total adalah tiga. Untuk lebih memahami cara menentukan orde reaksi dan rumus laju reaksi, perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

Gas nitrogen oksida dan gas klor bereaksi pada suhu 300 K menurut persamaan  $2NO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2 NOCl(g)$

Laju reaksi diikuti dengan mengukur pertambahan konsentrasi  $NOCl$  dan diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	[Cl <sub>2</sub> ] mol L <sup>-1</sup>	[NO] mol L <sup>-1</sup>	Laju Pembentukan NOCl (mol L <sup>-1</sup> detik <sup>-1</sup> )
1	0,10	0,10	0,0001
2	0,10	0,20	0,0004
3	0,10	0,30	0,0009
4	0,20	0,10	0,0002
5	0,30	0,10	0,0003

- Tentukan orde reaksi terhadap NO, terhadap Cl<sub>2</sub>, dan orde reaksi total!
- Tulis rumus laju reaksi.
- Hitung harga *k*.

*Penyelesaian:*

- Orde reaksi terhadap NO  
(gunakan data nomor 1 dan 2)

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{k.[Cl_2]_1^m [NO]_1^n}{k.[Cl_2]_2^m [NO]_2^n}$$

$$\frac{0,0001 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}}{0,0004 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}} = \frac{k.(0,1 \text{ mol L}^{-1})^m . (0,1 \text{ mol L}^{-1})^n}{k.(0,1 \text{ mol L}^{-1})^m . (0,2 \text{ mol L}^{-1})^n}$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$n = 2$$

Jadi, orde reaksi terhadap NO adalah 2.

Bandingkan hasilnya bila kamu menggunakan data nomor 1 dengan 3 atau 2 dengan 3.

- Orde reaksi terhadap Cl<sub>2</sub>  
(gunakan data nomor 1 dan 4)

$$\frac{r_1}{r_4} = \frac{k.[Cl_2]_1^m . [NO]_1^n}{k.[Cl_2]_4^m . [NO]_4^n}$$

$$\frac{0,0001 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}}{0,0002 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}} = \frac{k.(0,10 \text{ mol L}^{-1})^m . (0,10 \text{ mol L}^{-1})^n}{k.(0,20 \text{ mol L}^{-1})^m . (0,10 \text{ mol L}^{-1})^n}$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^m$$

$$m = 1$$

Jadi, orde reaksi terhadap Cl<sub>2</sub> adalah 1.

Orde reaksi total = *m* + *n* = 1 + 2 = 3.

- b. Rumus laju reaksi yaitu:  $r = k[\text{Cl}_2][\text{NO}]^2$   
 c. Untuk menghitung  $k$  dapat menggunakan salah satu data, misalnya data nomor 5.

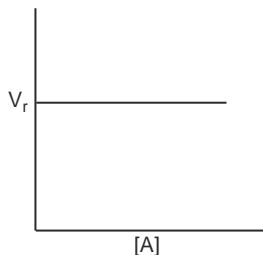
$$r = k[\text{Cl}_2][\text{NO}]^2$$

$$0,0003 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1} = k \cdot [0,3 \text{ mol L}^{-1}][0,10 \text{ mol L}^{-1}]^2$$

$$k = \frac{0,0003 \text{ mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}}{0,003 \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}} = 0,1 \frac{\text{mol L}^{-1} \text{ detik}^{-1}}{\text{mol}^3 \text{ L}^{-3}} = 0,1 \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2 \text{ detik}}$$

Orde reaksi dapat juga ditentukan melalui kecenderungan dari data suatu percobaan yang digambarkan dengan grafik. Berikut ini dijelaskan penentuan orde reaksi melalui grafik.

## 1. Grafik Orde Nol



**Gambar 4.8** Hubungan kecepatan dengan konsentrasi

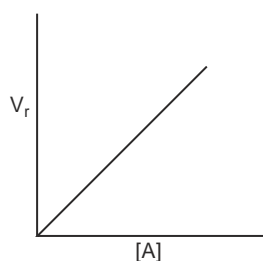
Laju reaksi tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi. Persamaan laju reaksinya ditulis:

$$r = k[\text{A}]^0$$

Bilangan dipangkatkan nol sama dengan satu sehingga persamaan laju reaksi menjadi:  $r \approx k$ .

Jadi, reaksi dengan laju tetap mempunyai orde reaksi nol. Grafiknya digambarkan seperti Gambar 4.8.

## 2. Grafik Orde Satu



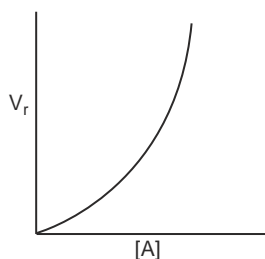
**Gambar 4.9** Hubungan kecepatan dengan konsentrasi

Untuk orde satu, persamaan laju reaksi adalah:  $r = k[\text{A}]^1$ .

Persamaan reaksi orde satu merupakan persamaan linier berarti laju reaksi berbanding lurus terhadap konsentrasinya pereaksinya. Jika konsentrasi pereaksinya dinaikkan misalnya 4 kali, maka laju reaksi akan menjadi  $4^1$  atau 4 kali lebih besar.

Grafiknya digambarkan seperti Gambar 4.9.

### 3. Grafik Orde Dua



**Gambar 4.10** Hubungan konsentrasi dengan waktu

Persamaan laju reaksi untuk reaksi orde dua adalah:  $r = k[A]^2$ . Apabila suatu reaksi berorde dua terhadap suatu pereaksi berarti laju reaksi itu berubah secara kuadrat terhadap perubahan konsentrasinya. Apabila konsentrasi zat A dinaikkan misalnya 2 kali, maka laju reaksi akan menjadi  $2^2$  atau 4 kali lebih besar.

Grafiknya digambarkan seperti Gambar 4.10.

### Latihan 4.3

Selesaikan soal-soal berikut!

- Jelaskan apa yang dimaksud dengan orde reaksi dan bagaimana menentukan orde reaksi keseluruhan?
  - Jelaskan apa yang dimaksud dengan:
    - orde reaksi kenol,
    - orde reaksi kesatu,
    - orde reaksi kedua.

- Dari suatu eksperimen reaksi:

$2 \text{H}_2 + 2 \text{NO} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$  pada  $273^\circ\text{C}$  diperoleh data sebagai berikut:

Percobaan	$[\text{H}_2]$ $\text{mol L}^{-1}$	$[\text{NO}]$ $\text{mol L}^{-1}$	Laju Reaksi $\text{mol L}^{-1} \text{detik}^{-1}$
1	0,1	0,1	30
2	0,5	0,1	150
3	0,1	0,3	270

- Tentukan:
  - orde reaksi,
  - persamaan laju reaksi,
  - tetapan laju reaksi.
- Bagaimana perubahan laju reaksi apabila  $[\text{H}_2]$  diperkecil 2 kali dan  $[\text{NO}]$  diperbesar 4 kali?

### D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Mengapa gula lebih mudah larut dalam air panas? Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelarutan zat. Suhu juga merupakan faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi laju reaksi adalah luas permukaan, konsentrasi, dan katalis.



Ada berbagai percobaan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Percobaan ini melibatkan berbagai variabel, seperti variabel manipulasi, variabel respon, dan variabel kontrol.

*Variabel* adalah suatu besaran yang dapat bervariasi atau berubah pada keadaan tertentu. Variabel manipulasi yaitu variabel yang sengaja diubah. *Variabel respon* yaitu variabel yang berubah akibat pemanipulasian *variabel manipulasi*. *Variabel kontrol* yaitu variabel yang sengaja dikontrol agar tidak mempengaruhi hasil eksperimen.

Berbagai faktor yang mempengaruhi laju reaksi akan dibahas berikut ini.

## 1. Pengaruh Konsentrasi

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi lakukan kegiatan berikut ini.

### KEGIATAN 4.1 Eksperimen

#### Meneliti Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi

1. Masukkan 100 mL larutan HCl 1M, 2M, dan 3M ke dalam 3 labu erlenmeyer.
2. Tambahkan 5 gram logam seng ke dalam labu erlenmeyer yang berisi HCl 1 M, dan segera mulut tabung ditutup dengan balon.
3. Catat waktu yang diperlukan sampai balon berdiri tegak seperti gambar.
4. Lakukan percobaan dengan menggunakan larutan HCl 2 M dan 3 M.



Misalkan data laju reaksi pada percobaan di atas adalah sebagai berikut.

Percobaan	[HCl] (M.L <sup>-1</sup> )	Massa Seng (gram)	Waktu (detik)	$r \approx \frac{1}{t}$
1	1	5	25	0,040
2	2	5	18	0,056
3	3	5	10	0,100

Pada data percobaan terlihat makin besar konsentrasi HCl laju reaksi makin cepat, maka dapat disimpulkan:

Makin besar konsentrasi, laju reaksi makin cepat

Variabel-variabel pada percobaan tersebut adalah:

Variabel manipulasi : Konsentrasi

Variabel respon : Waktu

Variabel kontrol : Massa logam seng, elastisitas, ukuran balon, volum HCl, cara pengukuran, waktu, dan suhu.

## 2. Pengaruh Luas Permukaan

Pernahkah kamu membandingkan kelarutan gula yang bentuk kristalnya besar dan kecil? Luas permukaan bidang sentuh antar pereaksi yang heterogen seperti padat dengan cair atau padat dengan gas mempengaruhi laju reaksi.

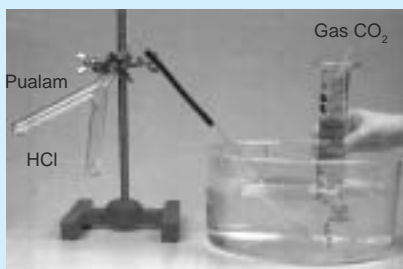
Untuk menyelidikinya dapat dilakukan percobaan reaksi antara batu pualam dengan larutan HCl berikut ini.

Persamaan reaksi:



### KEGIATAN 4.2 Eksperimen

#### Menyelidiki Pengaruh Luas Permukaan Sentuhan terhadap Laju Reaksi



Sumber: New Stage Chemistry

1. Sediakan pualam berbentuk butiran dan kepingan dengan massa yang sama.
2. Reaksikan pualam dengan cara sebagai berikut:
  - a. Siapkan rangkaian alat seperti gambar.
  - b. Masukkan butiran pualam pada labu erlenmeyer yang berisi larutan HCl 3M, tutup labu tersebut.
  - c. Gas  $\text{CO}_2$  yang terbentuk ditampung dalam gelas ukur terbalik yang berisi air.
  - d. Tentukan waktu yang diperlukan untuk menampung 10 mL gas  $\text{CO}_2$ .
3. Lakukan langkah-langkah tersebut dengan menggunakan pualam berbentuk kepingan.
4. Bandingkan luas permukaan bidang sentuh pada pualam berbentuk keping dan butiran pada massa yang sama.
5. Tentukan variabel manipulasi, respon, dan kontrol pada percobaan tersebut.

Misalkan data hasil eksperimen adalah sebagai berikut.

Percobaan	Volum HCl 3M (mL)	Pualam (1 gram)	Waktu (detik)
1	5	1butiran sebesar pasir	18
2	5	lima keping	31
3	5	satu keping	45

Pada percobaan, pualam berbentuk butiran akan bereaksi lebih cepat dengan pualam bentuk kepingan.

Luas permukaan bidang sentuh pualam dalam bentuk butiran lebih besar daripada pualam bentuk kepingan dalam massa yang sama.

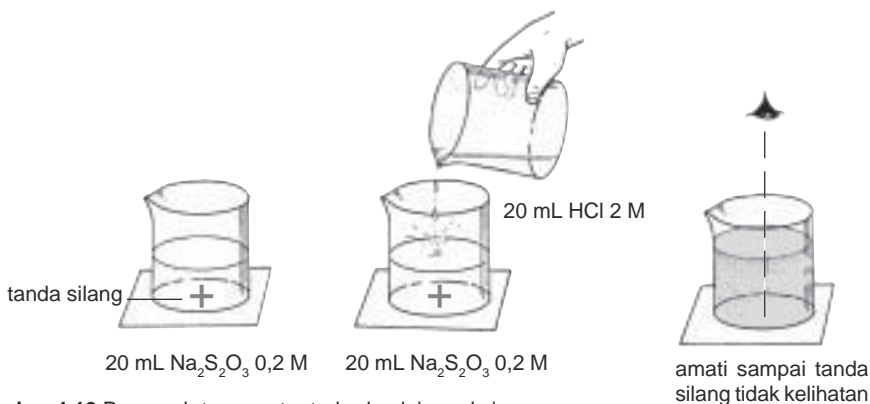
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa:

Makin luas permukaan bidang sentuh, makin cepat laju reaksinya.

### 3. Pengaruh Temperatur

Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap laju reaksi, perhatikan data reaksi antara larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dengan larutan HCl pada temperatur yang berbeda. Persamaan reaksi:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow 2 \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{S}(s) + \text{SO}_2(g)$ .

Percobaan dapat dilakukan seperti Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Pengaruh temperatur terhadap laju reaksi

Catat waktu mulai dari penambahan larutan HCl pada larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sampai tanda silang tidak kelihatan.

Berdasarkan percobaan ternyata HCl dengan temperatur yang paling tinggi bereaksi paling cepat.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa:

Makin tinggi temperatur pereaksi, makin cepat laju reaksinya.

Untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 10°C, laju reaksi menjadi dua sampai tiga kali lebih cepat dari semula.

Secara umum, rumus untuk menghitung laju reaksi pada suhu tertentu adalah sebagai berikut.

$$r_2 = r_1 (A)^{\frac{T_2 - T_1}{t}}$$

- dengan:
- $r_2$  = laju reaksi pada suhu tertentu
  - $r_1$  = laju reaksi awal
  - $T_1$  = suhu awal
  - $T_2$  = suhu pada  $v_2$
  - $A$  = kelipatan laju reaksi

Untuk menghitung lamanya waktu reaksi dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$t_2 = t_1 \left( \frac{1}{A} \right)^{\frac{T_2 - T_1}{t}}$$

- dengan:
- $T_1$  = suhu awal
  - $T_2$  = suhu setelah dinaikkan
  - $A$  = kelipatan laju reaksi
  - $t$  = rata-rata kenaikan suhu

### Contoh Soal

1. Suatu reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10°C. Jika laju suatu reaksi pada suhu 15°C adalah  $a$  M detik<sup>-1</sup>, berapa laju reaksi pada suhu 45°C.

*Penyelesaian:*

Perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$r_1 = a \text{ M}, A = 2, T_1 = 15^\circ\text{C}, T_2 = 45^\circ\text{C}, t = 10^\circ\text{C}.$$

$$\begin{aligned} r_2 &= a(2)^{\frac{45-15}{10}} \\ &= a(2)^3 = 8a \end{aligned}$$

Jadi, laju reaksi pada suhu 45°C adalah  $8a$  M detik<sup>-1</sup>

2. Jika, pada suhu 15°C lamanya reaksi 2 menit maka lamanya reaksi pada suhu setelah suhu dinaikkan menjadi 45°C.

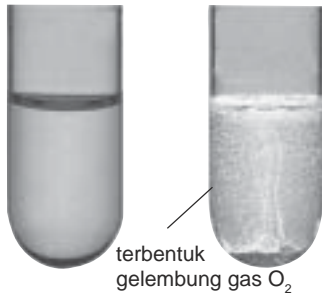
*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned} t_2 &= 2 \left( \frac{1}{2} \right)^3 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{8} \\ &= \frac{1}{4} \text{ menit} \end{aligned}$$

Jadi, lamanya reaksi adalah  $\frac{1}{4}$  menit.

## 4. Pengaruh Katalis

Reaksi-reaksi kimia di dalam proses pembuatan suatu produk misalnya gas amonia harus dilakukan dengan laju reaksi yang tinggi untuk mendapatkan produk yang banyak dalam waktu singkat. Dengan cara meningkatkan suhu ternyata memerlukan biaya tinggi dan kadang-kadang produk tidak tahan suhu tinggi. Alternatif lain yaitu dengan memberikan katalis. Apa yang dimaksud dengan katalis?



Sumber: New Stage Chemistry

Gambar 4.13 Pengaruh katalis

Di laboratorium pengaruh katalis terhadap laju reaksi dapat dibuktikan dengan percobaan, misalnya penguraian  $\text{H}_2\text{O}_2$  oleh kalium natrium tartrat, dengan katalis larutan  $\text{CoCl}_2$ .

Pada reaksi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan kalium natrium tartrat, mula-mula gelembung gas  $\text{O}_2$  tidak kelihatan, tetapi setelah ditetesi larutan kobalt(II) klorida yang berwarna merah muda, gelembung gas  $\text{O}_2$  timbul dengan jumlah yang banyak.

Pada reaksi tersebut, larutan kobalt(II) klorida bertindak sebagai katalis. Kobalt(II) klorida turut bereaksi, tetapi pada akhir reaksi zat itu terbentuk kembali. Hal ini dapat terlihat pada perubahan warna larutan kobalt(II) klorida dari merah muda menjadi kuning, kemudian hijau, dan akhirnya kembali merah muda. Berdasarkan percobaan ini maka dapat disimpulkan *katalis* adalah zat yang dapat mempercepat suatu reaksi tanpa ikut bereaksi.

Berdasarkan fasenyanya katalis terdiri dari katalis homogen dan katalis heterogen.

### a. Katalis Homogen

Katalis homogen yaitu katalis yang mempunyai fase sama dengan fase zat pereaksi.

#### Contoh:

- 1) Ion  $\text{Fe}^{3+}$  sebagai katalis pada reaksi oksidasi ion  $\text{I}^-$  dan  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ .
- 2) Gas  $\text{NO}$  sebagai katalis pada reaksi di udara.

### b. Katalis Heterogen

Katalis heterogen yaitu katalis yang mempunyai fase berbeda dengan fase zat pereaksi.

#### Contoh:

- 1) Pt atau Ni yang berwujud padat dapat mengkatalisis reaksi adisi etena dengan gas  $\text{H}_2$ .
$$\text{C}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \xrightarrow{\text{Ni}} \text{C}_2\text{H}_6(g)$$
- 2) Pt sebagai katalis pada penguraian gas HI.
$$2 \text{HI}(g) \xrightarrow{\text{Pt}} \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$$

Ada katalis yang dihasilkan dari reaksi yang sedang berlangsung yang disebut *autokatalis*. Contohnya reaksi kalium permanganat dan asam oksalat dalam suasana asam akan menghasilkan ion  $Mn^{2+}$ . Ion  $Mn^{2+}$  yang dihasilkan akan mempercepat reaksi tersebut maka ion  $Mn^{2+}$  disebut autokatalis.

Untuk mempelajari bagaimana cara kerja katalis dalam suatu reaksi dapat dijelaskan dengan teori tumbukan.

#### Latihan 4.4

Selesaikan soal-soal berikut!

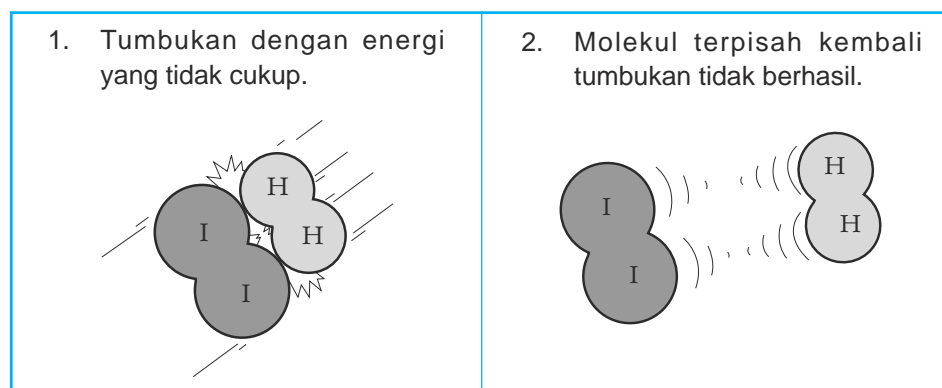
1. Jelaskan dengan singkat bagaimana pengaruh konsentrasi, luas permukaan, dan katalis dapat mempengaruhi laju reaksi!
2. Suatu reaksi berlangsung tiga kali lebih cepat jika suhu dinaikkan sebesar  $20^{\circ}C$ . Jika pada suhu  $30^{\circ}C$  laju reaksi  $2 \text{ M detik}^{-1}$  berapakah laju reaksi pada suhu  $90^{\circ}C$ !

### E. Teori Tumbukan

Mengapa kenaikan suhu, penambahan luas permukaan, peningkatan konsentrasi, dan penambahan katalis dapat mempengaruhi laju reaksi? Salah satu teori yang dapat menjelaskannya dikenal dengan nama "*teori tumbukan*". Bagaimana teori tumbukan menjelaskan laju reaksi?

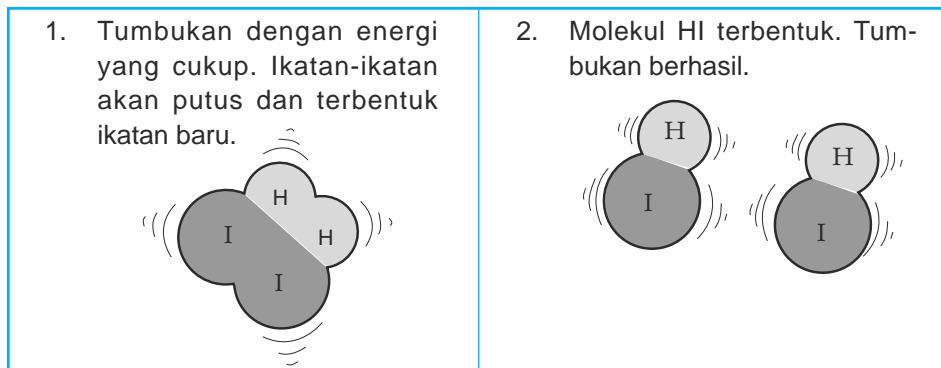
#### 1. Hubungan Faktor-Faktor yang Mempercepat Laju Reaksi dengan Teori Tumbukan

Tumbukan antara pereaksi ada yang menghasilkan reaksi dan tidak, sebagai contoh amati gambar reaksi antara hidrogen dan iodium berikut.



Sumber: Lewis, *Thinking Chemistry*

Gambar 4.14 Tumbukan hidrogen dan iodium yang tidak menghasilkan reaksi



Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

Gambar 4.15 Tumbukan hidrogen dan iodium yang menghasilkan reaksi

Bagaimana teori tumbukan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi? Perhatikan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hubungan faktor-faktor yang mempercepat laju reaksi dengan teori tumbukan

Fakta	Uraian Teori
Peningkatan konsentrasi pereaksi dapat mempercepat laju reaksi.	Peningkatan konsentrasi berarti jumlah partikel akan bertambah pada volume tersebut dan menyebabkan tumbukan antarpartikel lebih sering terjadi. Banyaknya tumbukan memungkinkan tumbukan yang berhasil akan bertambah sehingga laju reaksi meningkat.
Peningkatan suhu dapat mempercepat laju reaksi.	Suhu suatu sistem adalah ukuran dari rata-rata energi kinetik dari partikel-partikel pada sistem tersebut. Jika suhu naik maka energi kinetik partikel-partikel akan bertambah, sehingga kemungkinan terjadi tumbukan yang berhasil akan bertambah dan laju reaksi meningkat.
Penambahan luas permukaan bidang sentuh akan mempercepat laju reaksi.	Makin besar luas permukaan, menyebabkan tumbukan makin banyak, karena makin banyak bagian permukaan yang bersentuhan sehingga laju reaksi makin cepat.
Katalis dapat mempercepat reaksi.	Katalis dapat menurunkan energi aktivasi ( $E_a$ ), sehingga dengan energi yang sama jumlah tumbukan yang berhasil lebih banyak sehingga laju reaksi makin cepat.

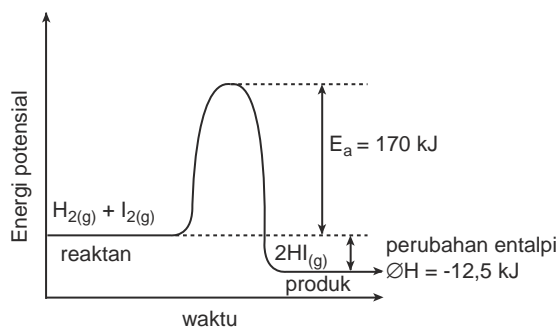
Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

Berdasarkan teori tumbukan, suatu tumbukan akan menghasilkan suatu reaksi jika ada energi yang cukup. Selain energi, jumlah tumbukan juga berpengaruh. Laju reaksi akan lebih cepat, jika tumbukan antara partikel yang berhasil lebih banyak terjadi.

## 2. Energi Aktivasi

Pada kenyataannya molekul-molekul dapat bereaksi jika terdapat tumbukan dan molekul-molekul mempunyai energi minimum untuk bereaksi. Energi minimum yang diperlukan untuk bereaksi pada saat molekul bertumbukan disebut *energi aktivasi*. Energi aktivasi digunakan untuk memutuskan ikatan-ikatan pada pereaksi sehingga dapat membentuk ikatan baru pada hasil reaksi.

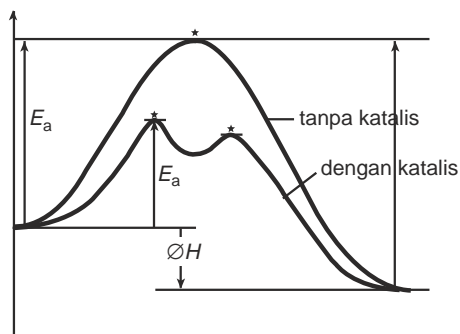
Misalnya energi aktivasi pada reaksi gas hidrogen dan iodium dengan persamaan reaksi:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{HI}(\text{g})$ , digambarkan pada grafik sebagai berikut.



**Gambar 4.16** Grafik energi potensial dan waktu pada reaksi  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$

Energi aktivasi pada reaksi tersebut adalah 170 kJ per mol. Untuk terjadi tumbukan antara  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$  diperlukan energi  $\geq 170 \text{ kJ}$ . Pada saat reaksi terjadi energi sebesar 170 kJ diserap dan digunakan untuk memutuskan ikatan H – H dan I – I selanjutnya ikatan H – I terbentuk. Pada saat terbentuk H – I ada energi yang dilepaskan sehingga reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm.

Bagaimana kerja katalis sehingga dapat mempercepat reaksi? Perhatikan Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Grafik energi potensial reaksi tanpa katalis dan dengan bantuan katalis

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



Pada Gambar 4.17, proses reaksi tanpa katalis digambarkan dengan satu kurva yang tinggi sedangkan dengan katalis menjadi kurva dengan dua puncak yang rendah sehingga energi aktivasi pada reaksi dengan katalis lebih rendah daripada energi aktivasi pada reaksi tanpa katalis. Berarti secara keseluruhan katalis dapat menurunkan energi aktivasi dengan cara mengubah jalannya reaksi atau mekanisme reaksi sehingga reaksi lebih cepat.

## F. Penerapan Katalis dalam Makhluk Hidup dan Industri

Mengapa makanan yang kita makan harus dikunyah dulu? Dengan mengunyah, bentuk makanan menjadi halus dan luas permukaan lebih besar dibandingkan dengan semula, sehingga makanan mudah dicerna. Selain pengaruh luas permukaan, pencernaan makanan dibantu oleh enzim. Enzim dikenal sebagai katalis di dalam makhluk hidup yang disebut *biokatalis*. Kerja katalis enzim sangat spesifik, biasanya enzim hanya dapat mengkatalis satu reaksi tertentu. Misalnya, enzim sakarase hanya dapat mengkatalis reaksi hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Enzim amilase mengkatalis pemecahan amilum.

Penggunaan katalis dalam industri sangat penting, berkaitan dengan keperluan produk yang banyak, misalnya pada industri asam sulfat dan amoniak sebagai bahan pembuat *pupuk*.

Pada pembuatan asam sulfat, reaksi pembentukan  $\text{SO}_3$  dari  $\text{SO}_2$  dibantu dengan katalis. Pada proses kontak, katalisnya yaitu  $\text{V}_2\text{O}_5$ , sedangkan pada proses kamar timbal katalisnya yaitu gas  $\text{NO}$ .

Pada reaksi pembuatan amonia digunakan katalis heterogen serbuk besi. Atom-atom besi akan menyerap molekul-molekul gas pada permukaannya, sehingga reaksi lebih mudah terjadi, karena reaksinya terjadi pada permukaan besi dan tidak di udara.

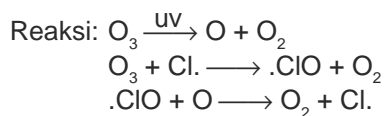
### INFO KIMIA

#### Radikal Klor sebagai Katalis Penipisan Lapisan Ozon

Penipisan lapisan ozon dan lapisan ozon berlubang merupakan isue yang banyak dibicarakan di lingkungan hidup. Ozon yang berada di stratosfer berfungsi untuk menyerap radiasi UV dari matahari. Radiasi UV dapat memutuskan ikatan di dalam DNA dan merusak gen tubuh, dapat menimbulkan kanker kulit, dan penyakit katarak.

Salah satu penyebab lapisan ozon berlubang adalah meningkatnya kadar CFC (*Chloro fluoro carbon*) di udara yang dihasilkan dari aerosol propellant pada produk dengan kemasan botol spray, dan gas pendingin pada AC. Radiasi UV dapat menguraikan CFC dan menghasilkan radikal klor yaitu klor yang memiliki atom bebas reaksinya:  $\text{CF}_2\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CF}_2\text{Cl} + \text{Cl}$ .

Radikal klor sangat reaktif dan bereaksi dengan ozon menjadi  $O_2$  dan  $ClO$ . Klor monoksida ( $ClO$ ) akan bereaksi dengan atom  $O$  yang dihasilkan dari penguraian ozon oleh sinar ultraviolet sehingga menghasilkan lagi radikal  $Cl$ .



Pada reaksi tersebut ozon terurai menjadi gas oksigen, radikal klor bertindak sebagai katalis karena keluar lagi dari reaksi. Klor yang keluar dapat menguraikan lagi ozon. Setiap atom klor dapat menguraikan 100.000 molekul ozon, akibatnya jika kadar CFC terus menerus meningkat ozon akan terus terurai dan terjadi peristiwa lapisan ozon berlubang.

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

## Latihan 4.5

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan bagaimana faktor suhu dan luas permukaan dapat mempercepat laju reaksi dengan teori tumbukan!
2. Gambarkan grafik hubungan energi aktivasi dengan reaksi endotermis dan reaksi eksotermis!
3. Bagaimana peranan katalis terhadap laju reaksi?

## Rangkuman

1. Molaritas merupakan konsentrasi larutan yang menunjukkan mol zat terlarut dalam setiap liter larutan

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{liter larutan}} = \frac{\text{mmol}}{\text{mL larutan}}$$

2. Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi persatuan waktu

Rumus laju reaksi pereaksi dapat ditulis:  $r = \frac{-\Delta C}{\Delta t}$ , untuk hasil reaksi

$$r = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

3. Hubungan laju reaksi dengan konsentrasi dituliskan dengan persamaan:

$$r = k[A]^m[B]^n$$

$m + n$  menunjukkan orde reaksi.

4. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah:
  - a. Luas permukaan
  - b. Konsentrasi
  - c. Suhu
  - d. Katalis
5. Katalis adalah zat yang dapat menurunkan energi aktivasi dengan cara mengubah jalannya reaksi sehingga reaksi lebih cepat.
6. Energi aktivasi yaitu energi minimum yang diperlukan pereaksi untuk menghasilkan reaksi.
7. Reaksi kimia terjadi karena ada peristiwa tumbukan. Akan tetapi tidak semua tumbukan akan menghasilkan reaksi. Tumbukan yang menghasilkan reaksi apabila energi tumbukan > energi aktivasi.

### Kata Kunci

- Molaritas
- Laju reaksi
- Orde reaksi
- Variabel
- Variabel respon
- Variabel manipulasi
- Variabel kontrol
- Energi aktivasi
- Katalis
- Biokatalis
- Energi tumbukan

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Untuk membuat larutan HCl 0,5 M dari 25 mL larutan HCl 2M memerlukan penambahan air sebanyak . . . .
  - A. 25 mL
  - B. 50 mL
  - C. 75 mL
  - D. 100 mL
  - E. 125 mL
2. Data hasil reaksi antara  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dengan HCl pada berbagai konsentrasi sebagai berikut:

No.	$[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ (mol L <sup>-1</sup> )	$[\text{HCl}]$ (mol L <sup>-1</sup> )	Waktu (detik)
1.	0,20	2,0	1
2.	0,10	2,0	2
3.	0,05	2,0	4
4.	0,05	1,5	4
5.	0,05	1,0	4

Sesuai data tersebut maka orde reaksinya adalah . . . .

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

3. Data hasil percobaan untuk reaksi  $A + B \rightarrow$  hasil adalah sebagai berikut.

Percobaan	Zat yang bereaksi		Suhu	Waktu (detik)
	A	B		
1	2 gram serbuk	2,0 M	27	10
2	2 gram larutan	2,0 M	27	8
3	2 gram padat	2,0 M	27	26
4	2 gram larutan	4,0 M	27	4
5	2 gram larutan	2,0 M	37	4

Berdasarkan data percobaan 1 dan 3 di atas, faktor yang mempengaruhi kecepatan laju reaksi adalah . . . .

- A. konsentrasi  
 B. katalis  
 C. perubahan suhu  
 D. luas permukaan  
 E. sifat zat

4. Dari reaksi antara gas NO dengan gas  $Br_2$  diperoleh data sebagai berikut:

[NO] (mol L <sup>-1</sup> )	[Br <sub>2</sub> ] (mol L <sup>-1</sup> )	Kecepatan Reaksi (mol L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )
$6 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	0,012
$6 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	0,024
$2 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	0,002
$4 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	0,008

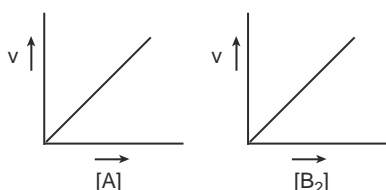
Rumus kecepatan reaksi dari reaksi di atas adalah . . . .

- A.  $r = k [NO][Br_2]$   
 B.  $r = k [NO][Br_2]^2$   
 C.  $r = k [NO]^2[Br_2]$   
 D.  $r = k [NO]^2[Br_2]^2$   
 E.  $r = k [NO][Br_2]^3$

5. Reaksi akan berlangsung 3 kali lebih cepat dari semula setiap kenaikan  $20^{\circ}\text{C}$ . Jika pada suhu  $30^{\circ}$  suatu reaksi berlangsung 3 menit, maka pada suhu  $70^{\circ}$  reaksi akan berlangsung selama . . . .
- A.  $\frac{1}{3}$  menit  
 B.  $\frac{2}{3}$  menit  
 C. 1 menit  
 D. 4 menit  
 E. 12 menit
6. Di bawah ini tertera data percobaan reaksi  $2 \text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \rightarrow 2 \text{NOBr}(g)$ .

Percobaan	[NO] $\text{mol L}^{-1}$	[Br <sub>2</sub> ] $\text{mol L}^{-1}$	Laju $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$
1	0,1	0,1	12
2	0,1	0,2	24
3	0,2	0,1	48
4	0,3	0,1	108

- Orde reaksi total dari reaksi tersebut adalah . . . .
- A. 0  
 B. 1  
 C. 2  
 D. 3  
 E. 4
7. Dari reaksi antara A dan B, jika konsentrasi A diperkecil menjadi  $\frac{1}{2}$  kali semula dan konsentrasi B tetap, maka kecepatan reaksi menjadi  $\frac{1}{4}$  kali semula. Terhadap A reaksi itu mempunyai orde . . . .
- A. 4  
 B. 3  
 C. 8  
 D. 2  
 E. 6
8. Diketahui reaksi  $2 \text{A} + \text{B}_2 \rightarrow 2 \text{AB}$   
 Pengaruh perubahan konsentrasi awal pereaksi: A dan B<sub>2</sub> adalah seperti grafik berikut. Orde reaksi dari reaksi di atas adalah . . . .



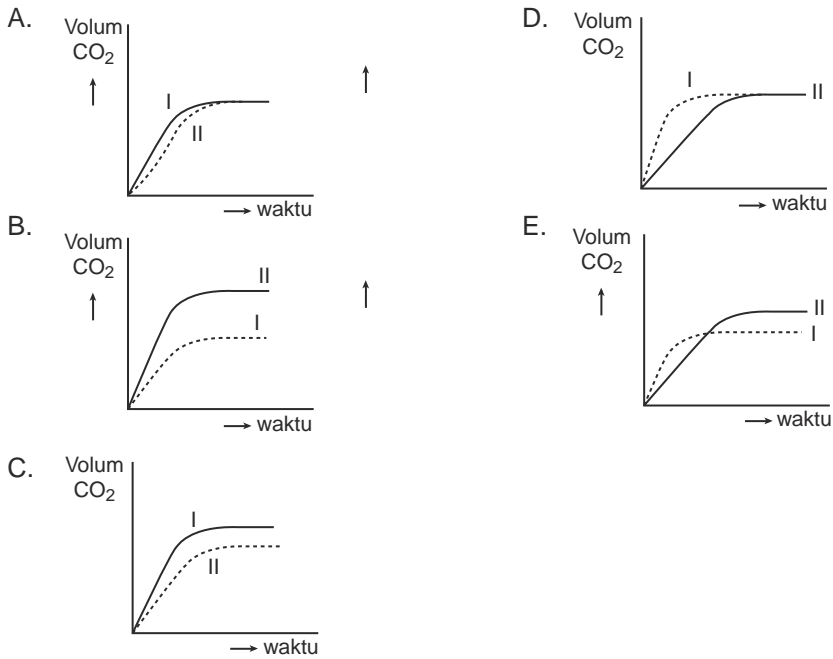
- A. 0  
 B. 1  
 C. 1,5  
 D. 2  
 E. 3
9. Dari reaksi  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$  didapat rumus laju reaksi:  $r = k [\text{A}]^2[\text{B}]$ .  
 Jika konsentrasi A dan B masing-masing dinaikkan empat kali maka laju reaksinya menjadi . . . .

- A. 4 kali
- B. 8 kali
- C. 12 kali
- D. 16 kali
- E. 64 kali

10. Magnesium bereaksi dengan asam klorida. Larutan yang menghasilkan laju reaksi paling cepat adalah . . . .

- A. 40 gram HCl dalam 1000 mL air
- B. 20 gram HCl dalam 1000 mL air
- C. 15 gram HCl dalam 500 mL air
- D. 10 gram HCl dalam 100 mL air
- E. 4 gram HCl dalam 50 mL air

11. Pada percobaan, reaksi  $\text{CaCO}_3$  dan HCl encer berlebih dilakukan dua kali dengan kondisi yang sama. Pada percobaan pertama (I)  $\text{CaCO}_3$  serbuk dan percobaan kedua (II)  $\text{CaCO}_3$  berupa keping. Percobaan I dan II ditunjukkan dengan grafik . . . .



12. Proses industri yang menggunakan enzim sebagai katalis adalah . . . .

- A. pembuatan etanol dari etena
- B. *cracking* minyak bumi
- C. pembuatan minuman anggur
- D. sintesis amoniak
- E. pembuatan pupuk

13. Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi karena kenaikan suhu . . . .
- menaikkan energi pengaktifan zat yang bereaksi
  - memperbesar konsentrasi zat yang bereaksi
  - memperbesar energi kinetik molekul pereaksi
  - memperbesar tekanan
  - memperbesar luas permukaan

14. Perhatikan diagram berikut.

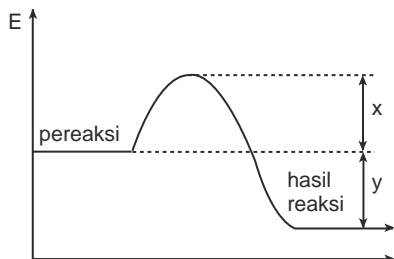
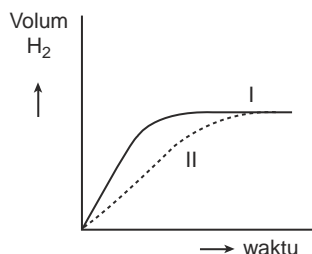


Diagram di atas menyatakan bahwa . . . .

- reaksi hanya dapat berlangsung jika  $x > y$
  - reaksi tersebut adalah reaksi endoterm
  - $x$  adalah perubahan entalpi
  - reaksi berlangsung dengan melepaskan energi
  - $x + y$  adalah energi aktivasi
15. Pada grafik, kurva I menunjukkan reaksi 1 gram seng granula dengan larutan HCl pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$ .



Kurva II akan terjadi jika pada reaksi . . . .

- digunakan 0,5 gram seng granula
- digunakan 1 gram seng serbuk
- larutan HCl dipanaskan dulu sampai  $40^{\circ}\text{C}$
- dilakukan pengadukan terus-menerus
- ditambahkan air untuk mengencerkan HCl

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

- Suatu reaksi dengan rumus laju  $r = k[A][B]^2$ .
  - Berapa orde reaksi di atas?
  - Bila  $[A]$  tetap,  $[B]$  diperbesar 3 kali, berapa kalikah laju reaksinya?
  - Bila  $[B]$  tetap,  $[A]$  diperbesar 2 kali, berapa kalikah laju reaksinya?
  - Hitung harga  $k$ !
- Hasil percobaan laju reaksi untuk reaksi:  $2 \text{N}_2\text{O}_5(g) \rightarrow 4 \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$  diperoleh sebagai berikut.

$[\text{N}_2\text{O}_5]$ mol L <sup>-1</sup>	Laju reaksi mol L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>
$5,00 \times 10^{-3}$	$0,62 \times 10^{-3}$
$2,50 \times 10^{-3}$	$0,31 \times 10^{-3}$
$1,25 \times 10^{-3}$	$0,16 \times 10^{-3}$
$0,62 \times 10^{-3}$	$0,08 \times 10^{-3}$

- Buatlah grafik laju reaksi terhadap  $[\text{N}_2\text{O}_5]$ !
  - Tentukan rumus laju reaksinya!
  - Hitunglah harga tetapan kecepatan ( $k$ )!
3. Perhatikan data eksperimen sebagai berikut:

Percobaan	$[\text{H}_2]$ M	$[\text{SO}_2]$ M	Waktu (detik)
1	0,1	0,4	36
2	0,2	0,4	18
3	0,4	0,4	9
4	0,4	0,2	18
5	0,4	0,1	36

- Tentukan orde reaksi terhadap  $\text{H}_2$ .
  - Tentukan orde reaksi terhadap  $\text{SO}_2$ .
  - Tentukan rumus laju reaksi.
4. a. Apa yang dimaksud dengan energi aktivasi?  
b. Jelaskan dengan grafik kerja katalis pada reaksi eksoterm dan endoterm!
5. Pada suhu  $800^\circ\text{C}$  direaksikan gas  $\text{H}_2$  dan gas  $\text{NO}$ , diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi		Kecepatan Reaksi M s <sup>-1</sup>
	$[\text{H}_2]$	$[\text{NO}]$	
1	$2,0 \times 10^{-3}$ M	$8,0 \times 10^{-3}$ M	$1,13 \times 10^{-4}$
2	$4,0 \times 10^{-3}$ M	$8,0 \times 10^{-3}$ M	$2,26 \times 10^{-4}$
3	$8,0 \times 10^{-3}$ M	$2,0 \times 10^{-3}$ M	$2,03 \times 10^{-3}$
4	$8,0 \times 10^{-3}$ M	$4,0 \times 10^{-3}$ M	$1,13 \times 10^{-2}$

Dari data di atas, tentukan rumus laju reaksinya!



## T u g a s

---

### **Pembuatan Tape Menggunakan Ragi**

Cara membuat:

Masaklah beras ketan yang kualitasnya baik dan dinginkan dalam tempat terbuka.

Taburkan ragi secukupnya, masukkan ke dalam toples dan tutup rapat-rapat.

Simpan selama 3 hari, setelah kelihatan matang baru dibuka.

Mengapa beras ketan berubah menjadi manis dalam waktu beberapa hari?

Apa fungsi ragi pada pembuatan tape ini?

---

## Bab V

# Keseimbangan Kimia



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

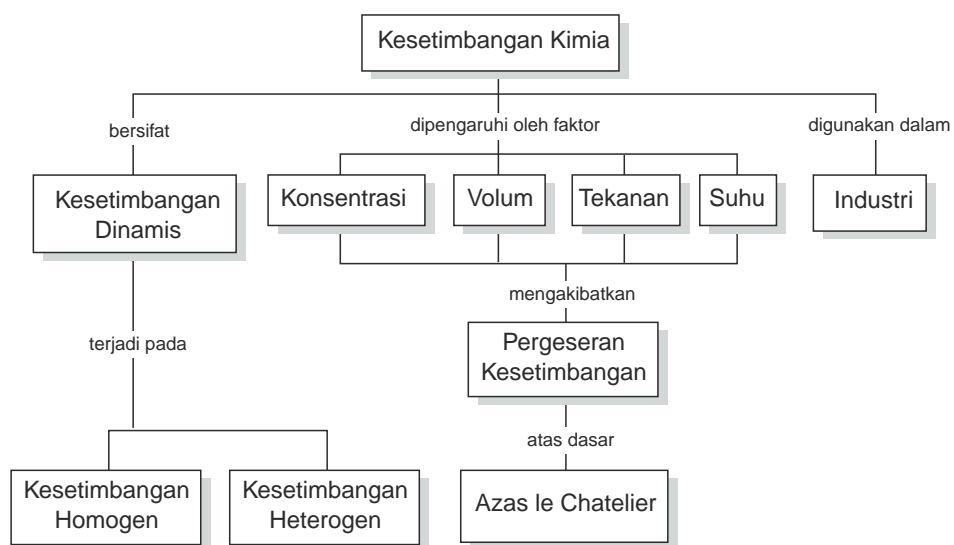
Amonia cair digunakan sebagai pupuk. Pembuatan gas amonia menggunakan prinsip-prinsip reaksi kesetimbangan, dilakukan pada temperatur tinggi dengan proses Haber.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan pengertian reaksi kesetimbangan,
2. menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan,
3. menentukan harga konstanta kesetimbangan,  $K_c$  dan  $K_p$ ,
4. menjelaskan kondisi optimum untuk memproduksi bahan-bahan kimia di industri.

## PETA KONSEP



Reaksi-reaksi yang dilakukan di laboratorium pada umumnya berlangsung satu arah. Tetapi ada juga reaksi yang dapat berlangsung dua arah atau *dapat balik*. Reaksi searah disebut juga *reaksi irreversibel*. Reaksi dapat balik atau dapat berubah lagi menjadi zat-zat semula disebut juga *reaksi reversibel*.

Reaksi dapat balik yang terjadi dalam satu sistem dan laju reaksi ke arah hasil atau sebaliknya sama disebut reaksi dalam *keadaan setimbang* atau *reaksi kesetimbangan*. Reaksi kesetimbangan banyak terjadi pada reaksi-reaksi dalam wujud gas. Sistem yang termasuk reaksi kesetimbangan disebut *sistem kesetimbangan*.

Pada bab ini akan dibahas tentang reaksi kesetimbangan, pengaruh-pengaruh pada sistem kesetimbangan, kesetimbangan kimia pada industri, hukum kesetimbangan, dan konstanta kesetimbangan.

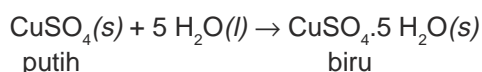
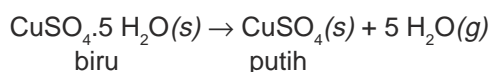
## A. Reaksi Kesetimbangan

Sebelum mempelajari reaksi kesetimbangan, kita perhatikan dulu contoh reaksi searah dan reaksi dapat balik.

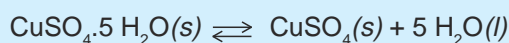
Contoh reaksi searah yaitu reaksi antara batu pualam dengan asam klorida dengan reaksi:  $\text{CaCO}_3(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$ . Kalau kita reaksikan lagi hasil reaksi tersebut tidak akan kembali lagi. Reaksi ini disebut juga reaksi berkesudahan.

Contoh reaksi dapat balik yaitu pemanasan kristal tembaga(II) sulfat hidrat. Kristal tembaga(II) sulfat hidrat berwarna biru jika dipanaskan akan berubah menjadi tembaga(II) sulfat berwarna putih.

Jika pada tembaga (II) sulfat diteteskkan air maka akan berubah lagi menjadi tembaga(II) sulfat hidrat. Reaksinya ditulis sebagai berikut.

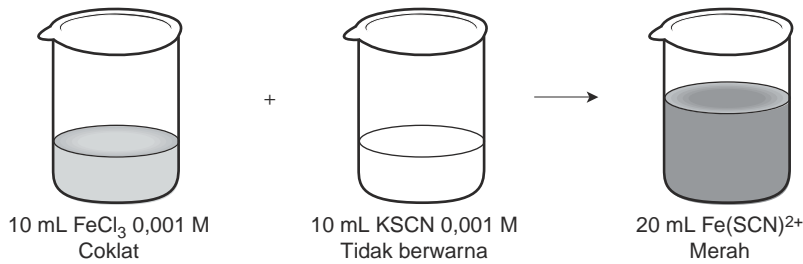


Reaksi yang dapat balik, dapat ditulis dengan tanda panah yang berlawanan, ( $\rightleftharpoons$ ). Persamaan reaksi di atas dapat ditulis:



Setelah mempelajari reaksi searah dan reaksi dapat balik, sekarang kita pelajari reaksi kesetimbangan.

Coba perhatikan reaksi antara larutan besi(III) klorida dengan larutan kalium tiosianat yang menghasilkan ion besi(III) tiosianat. Perhatikan Gambar 5.1



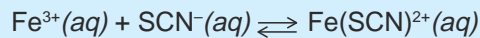
**Gambar 5.1** Reaksi besi(III) klorida dengan kalium tiosianat

Ditinjau dari reaksi searah maka kedua pereaksi tersebut akan habis karena jumlah mol zat yang bereaksinya sama. Apa yang terjadi apabila pada zat hasil reaksi ditambahkan 1 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  1 M atau 1 tetes larutan  $\text{KSCN}$  1 M? Apakah ada perubahan warna? Jika terjadi, mengapa?

Pada penambahan ion  $\text{SCN}^-$  warna merah bertambah tua berarti terbentuk lagi ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ , atau ion  $\text{SCN}^-$  yang ditambahkan bereaksi lagi dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Darimana ion  $\text{Fe}^{3+}$ ? Menurut perhitungan jika 10 mL larutan  $\text{FeCl}_3$  0,001 M bereaksi dengan 10 mL  $\text{KSCN}$  0,001 M kedua zat akan habis bereaksi atau ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  sudah habis bereaksi. Demikian pula pada penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  akan terbentuk kembali  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ , berarti ion  $\text{Fe}^{3+}$  bereaksi lagi dengan ion  $\text{SCN}^-$ . Darimana ion  $\text{SCN}^-$  tersebut? Dari data percobaan tersebut dapat disimpulkan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  selalu ada pada sistem karena  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  secara langsung dapat terurai lagi menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$ .

Oleh karena reaksi tersebut terjadi pada sistem tertutup maka reaksi ini disebut *reaksi kesetimbangan*.

Reaksinya ditulis:



Pada reaksi ini pembentukan  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  dan penguraiannya menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^-$  tidak dapat diamati karena berlangsung pada tingkat partikel. Reaksi ini disebut juga *reaksi kesetimbangan dinamis*.

Ciri-ciri keadaan setimbang dinamis adalah sebagai berikut.

1. Reaksi berlangsung terus-menerus dengan arah yang berlawanan.
2. Terjadi pada ruangan tertutup, suhu, dan tekanan tetap.
3. Laju reaksi ke arah hasil reaksi dan ke arah pereaksi sama.
4. Tidak terjadi perubahan makroskopis, yaitu perubahan yang dapat diukur atau dilihat, tetapi perubahan mikroskopis (perubahan tingkat partikel) tetap berlangsung.
5. Setiap komponen tetap ada.

Reaksi kesetimbangan dinamis yaitu reaksi yang berlangsung terus-menerus dengan arah yang berlawanan dan kecepatan yang sama. Dalam kehidupan sehari-hari, contoh reaksi kesetimbangan dinamis dapat dilihat pada permainan sirkus seperti Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Burung berjalan pada roda berputar merupakan contoh kesetimbangan dinamis

Pada permainan sirkus, ada seekor burung yang mencoba berjalan pada roda yang berputar. Burung berjalan ke kiri, sedangkan roda berputar ke kanan.

Jika kecepatan roda ke kanan sama dengan kecepatan burung berjalan, maka posisi burung itu akan tetap dan kelihatan diam.

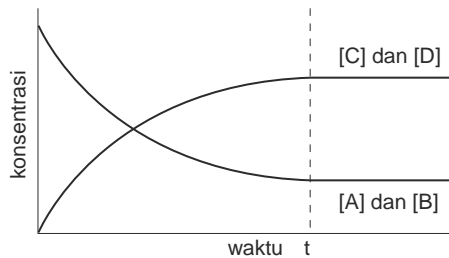
Kejadian itu disebut keadaan setimbang dinamis sebab burung kelihatan diam padahal kakinya berjalan terus dengan arah yang berlawanan dengan roda berputar.

Pada saat setimbang, ada beberapa kemungkinan yang terjadi dilihat dari konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi pada saat itu.

**Contoh:**

Pada reaksi  $A + B \rightleftharpoons C + D$  ada 3 kemungkinan yang terjadi yaitu sebagai berikut.

Kemungkinan I

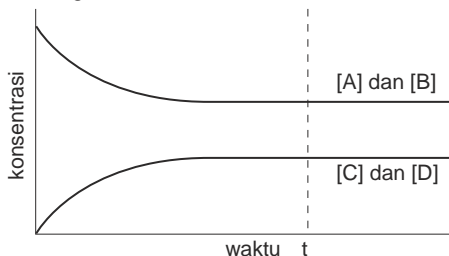


**Gambar 5.3**

Kemungkinan I ditunjukkan pada Gambar 5.3.

- Mula-mula konsentrasi A dan B harganya maksimal, kemudian berkurang sampai tidak ada perubahan.
- Konsentrasi C dan D dari nol bertambah terus sampai tidak ada perubahan.
- Pada saat setimbang, konsentrasi C dan D lebih besar daripada A dan B.

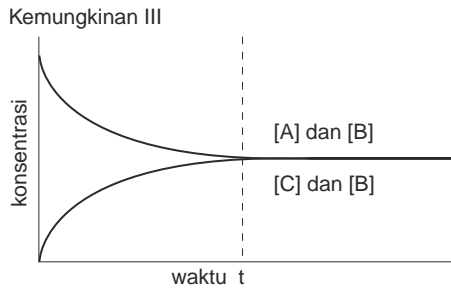
Kemungkinan II



**Gambar 5.4**

Kemungkinan II ditunjukkan pada Gambar 5.4.

Perubahan konsentrasi A dan B menjadi C dan D sama seperti kemungkinan I. Pada saat setimbang, konsentrasi C dan D lebih kecil daripada A dan B.



Kemungkinan III ditunjukkan pada Gambar 5.5.

Perubahan konsentrasi A dan B menjadi C dan D sama seperti kemungkinan I dan II, tetapi pada saat setimbang konsentrasi A dan B sama dengan konsentrasi C dan D.

Gambar 5.5

## B. Reaksi Kestimbangan Homogen dan Reaksi Kestimbangan Heterogen

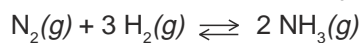
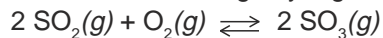
Berdasarkan wujud zatnya reaksi kesetimbangan dikelompokkan menjadi kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

### 1. Kestimbangan Homogen

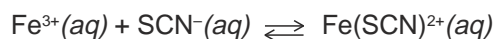
*Kestimbangan homogen* adalah sistem kesetimbangan yang komponennya mempunyai wujud yang sama.

**Contoh:**

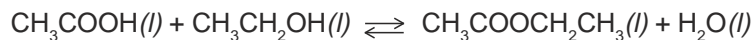
- a. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas gas-gas



- b. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas ion-ion



- c. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat berwujud cair

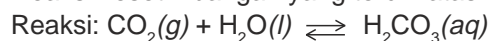


### 2. Kestimbangan Heterogen

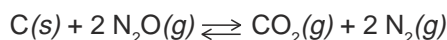
*Kestimbangan heterogen* adalah sistem kesetimbangan yang komponennya terdiri atas zat-zat dengan wujud yang berbeda.

**Contoh:**

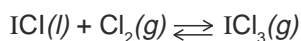
- a. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat cair, gas, dan larutan



- b. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat padat dan gas



- c. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat padat, cair, dan gas



### Latihan 5.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan perbedaan reaksi reversibel dan reaksi irreversibel, berikan contohnya!
2. Jelaskan pengertian reaksi kesetimbangan dinamis!
3. Sebutkan ciri-ciri reaksi kesetimbangan dinamis!
4. Berikan contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari!
5. Jelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen!  
Berikan contohnya!

## C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Kesetimbangan

Kalau ada pengaruh dari luar, sistem kesetimbangan akan terganggu. Untuk mengurangi pengaruh perubahan, sistem kesetimbangan akan mengadakan aksi misalnya terjadi lagi reaksi-reaksi di antara komponennya atau terjadi penguraian dari satu komponen, sehingga pengaruh tersebut akan berkurang.

Henry Louis Le Chatelier, ahli kimia Prancis (1852 – 1911) mengemukakan suatu pernyataan mengenai perubahan yang terjadi pada sistem kesetimbangan jika ada pengaruh dari luar.

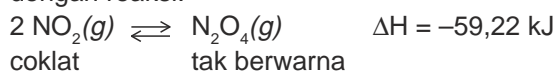
Pernyataan ini dikenal sebagai *Azas Le Chatelier* yang berbunyi:

Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi, sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sistem kesetimbangan adalah perubahan suhu, perubahan konsentrasi, perubahan tekanan, dan perubahan volum.

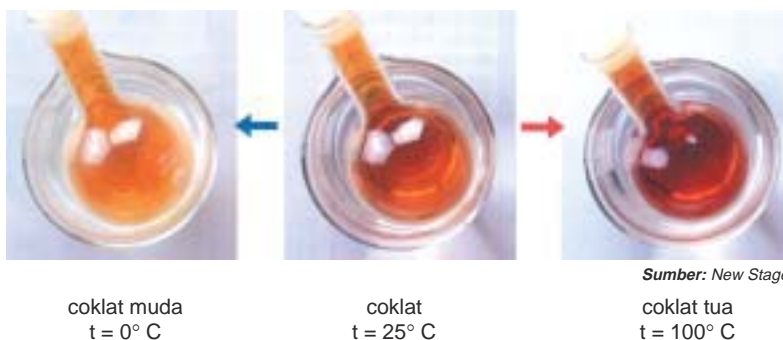
### 1. Pengaruh Perubahan Suhu pada Kesetimbangan

Reaksi kesetimbangan dapat merupakan reaksi eksoterm maupun endoterm. Pada reaksi-reaksi ini perubahan suhu sangat berpengaruh. Contohnya pada reaksi kesetimbangan antara gas nitrogen dioksida dan dinitrogen tetraoksida dengan reaksi:





Pada suhu kamar, sistem kesetimbangan tersebut berwarna coklat. Bagaimana jika sistem kesetimbangan ini suhunya diubah?  
Perhatikan gambar percobaan berikut ini!



Sumber: New Stage Chemistry

**Gambar 5.6** Pengaruh suhu pada kesetimbangan  $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$

Berdasarkan percobaan di atas diperoleh data sebagai berikut.

- Jika suhu dinaikkan, warna coklat bertambah artinya gas  $\text{NO}_2$  bertambah.
- Jika suhu diturunkan, warna coklat berkurang artinya gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  bertambah.

Dengan melihat reaksi eksoterm dan endoterm pada reaksi tersebut, maka dapat disimpulkan:

- Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm.
- Jika suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksoterm.

**Contoh:**

- Pada reaksi  $2 \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(g) + \text{O}_2(g)$   $\Delta H^\circ = +566 \text{ kJ}$   
Jika suhu diturunkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$ .  
Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}$  dan  $\text{O}_2$ .
- $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$   $\Delta H = -41 \text{ kJ}$   
Jika suhu diturunkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2$ .  
Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

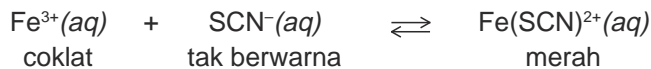
**Latihan 5.2**

Jelaskan apa yang akan terjadi jika suhu dinaikkan dan suhu diturunkan pada sistem kesetimbangan berikut!

- $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   $\Delta H = -91,14 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2(g) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g) + \text{CO}(g)$   $\Delta H = +41 \text{ kJ}$
- $4 \text{NH}_3(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4 \text{NO}(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$   $\Delta H = -908 \text{ kJ}$
- $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$   $\Delta H = +58 \text{ kJ}$

## 2. Pengaruh Perubahan Konsentrasi pada Tekanan

Untuk mempelajari pengaruh perubahan konsentrasi pada kesetimbangan, perhatikan percobaan penambahan ion-ion dan zat lain pada sistem kesetimbangan berikut.



### KEGIATAN 5.1 Eksperimen

#### Pengaruh Perubahan Konsentrasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perubahan konsentrasi terhadap pergeseran kesetimbangan pada reaksi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^{-}$ .

*Alat dan bahan:*

1. Gelas kimia 100 mL
2. Tabung reaksi
3. Rak tabung
4. Pipet tetes
5. Larutan  $\text{FeCl}_3$  0,2 M
6. Larutan KSCN 0,2 M
7. Kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
8. Air mineral

*Langkah kerja:*

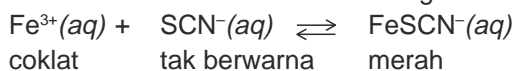
1. Isi gelas kimia dengan 25 mL, air tambahkan 5 tetes  $\text{FeCl}_3$  0,2 M dan 5 tetes KSCN 0,2 M aduk sampai rata. Amati warna larutan.
2. Tuangkan larutan tersebut ke dalam 5 buah tabung reaksi yang sama volumenya dan beri nomor tabung 1 sampai dengan 5.
3.
  - Pada tabung 2 tambahkan 5 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  0,2 M.
  - Pada tabung 3 tambahkan 5 tetes larutan KSCN 0,2 M.
  - Pada tabung 4 tambahkan 2 serbuk  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .
  - Pada tabung 5 tambahkan 5 mL air.
4. Bandingkan warna larutan yang terjadi pada tabung 2, 3, 4, dan 5 dengan warna larutan asal pada tabung 1. Pada tabung ke-5 warna larutan dilihat dari atas tabung.
6. Catat hasil pengamatan pada sebuah tabel.

*Pertanyaan:*

1. Jelaskan apa yang menyebabkan terjadinya perubahan warna pada percobaan di atas!
2. Jelaskan bagaimana pengaruh penambahan atau pengurangan konsentrasi pereaksi pada percobaan di atas!
3. Jelaskan apakah penambahan air pada tabung 5 mempengaruhi sistem kesetimbangan!

Sesuai dengan azas Le Chatelier jika salah satu zat konsentrasinya diperbesar, reaksi akan bergeser ke arah yang berlawanan, jika salah satu zat konsentrasinya diperkecil, reaksi akan bergeser ke arah zat tersebut.

Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



Pada percobaan ini didapat bahwa penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$  menyebabkan larutan standar menjadi lebih merah, berarti ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  bertambah. Pada kesetimbangan ini adanya penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^{-}$  menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ .

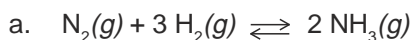
Pada penambahan kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , mengakibatkan warna merah pada larutan berkurang, sebab jumlah ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  berkurang. Mengapa ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  berkurang?

Kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  berfungsi untuk mengikat ion  $\text{Fe}^{3+}$ , maka untuk menjaga kesetimbangan, ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  akan terurai lagi membentuk ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$  atau kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$ .

Dari eksperimen di atas dapat disimpulkan:

- Jika pada sistem kesetimbangan salah satu komponen ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke arah yang berlawanan.
- Jika pada sistem kesetimbangan salah satu komponennya dikurangi, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen tersebut.

### Contoh:



- Jika gas  $\text{N}_2$  ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$ .
- Jika gas  $\text{N}_2$  dikurangi, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{N}_2$ .



- Jika gas HCl ditambah, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$ .
- Jika gas HCl dikurangi, kesetimbangan bergeser ke arah HCl.

## Latihan 5.3

1. Apa yang akan terjadi jika kita tambahkan gas oksigen pada sistem kesetimbangan:  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ ?
2. Apa yang akan terjadi jika gas  $\text{H}_2$  dikurangi pada sistem kesetimbangan  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ ?

### 3. Pengaruh Perubahan Tekanan pada Kesetimbangan

Tekanan akan mempengaruhi zat-zat yang berwujud gas. Bagaimana perubahan pada reaksi kesetimbangan jika tekanannya berubah?

Perhatikan hasil percobaan pada reaksi  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$ . Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{SO}_3$  dan jika tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Mengapa demikian?

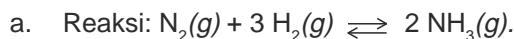
Pada reaksi tersebut jika direaksikan 2 mol  $\text{SO}_2$  dan 1 mol  $\text{O}_2$ , maka menghasilkan 2 mol  $\text{SO}_3$ . Jadi jumlah mol pereaksi adalah 3 mol dan hasil reaksi adalah 2 mol. Penambahan tekanan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{SO}_3$  yang jumlah molnya sedikit dan pengurangan tekanan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$  yang jumlah molnya lebih besar.

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, jika tekanan pada reaksi kesetimbangan ditambah, campuran pada sistem kesetimbangan akan berusaha mengurangi tekanan tersebut, caranya yaitu dengan mengurangi mol gas.

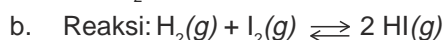
Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih kecil.
- Jika tekanan diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih besar.

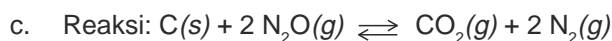
#### Contoh:



Pada reaksi di atas, jika tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{NH}_3$  serta jika tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ .



Perubahan tekanan pada kesetimbangan di atas tidak menyebabkan pergeseran kesetimbangan, sebab jumlah mol pereaksi sama dengan mol hasil reaksi.



Tekanan tidak mempengaruhi komponen yang berwujud padat atau cair. Pada kesetimbangan di atas, jika tekanan diperbesar kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{N}_2\text{O}$  dan jika tekanan diperkecil kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2$ .

### 4. Pengaruh Perubahan Volum pada Kesetimbangan

Perubahan volum pada kesetimbangan bergantung pada komponennya, baik komponen gas atau komponen ion-ion.

### a. Perubahan Volum pada Kesetimbangan yang Komponennya Gas

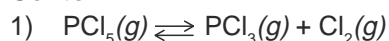
Pada kesetimbangan yang komponennya gas, perubahan volum akan berpengaruh jika pada kesetimbangan jumlah mol pereaksi berbeda dengan jumlah mol hasil reaksi. *Pengaruh perubahan volum akan merupakan kebalikan dari pengaruh perubahan tekanan* sebab jika pada suatu sistem kesetimbangan, volum diperkecil maka tekanan menjadi besar, jika volum diperbesar tekanan menjadi kecil.

Jadi, dapat disimpulkan sebagai berikut.

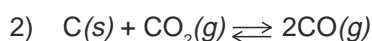
Untuk komponen gas,

- jika volum diperbesar maka kesetimbangan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya besar.
- jika volum diperkecil maka kesetimbangan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya kecil.

#### Contoh:



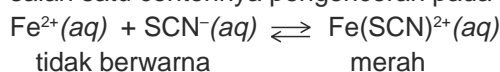
- Jika volum diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{PCl}_3$  dan  $\text{Cl}_2$ .
- Jika volum diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{PCl}_5$ .



- Jika volum diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{CO}$ .
- Jika volum diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$ .

### b. Perubahan Volum pada Kesetimbangan yang Komponen-Komponennya Berupa Ion-Ion

Untuk mempelajari pengaruh perubahan volum pada kesetimbangan ini, salah satu contohnya pengenceran pada kesetimbangan:



Pengenceran pada kesetimbangan ini mengakibatkan warna merah berkurang atau kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$ .

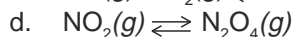
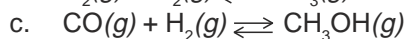
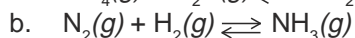
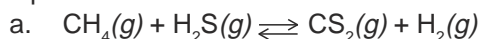
Pengenceran pada larutan menyebabkan volum menjadi besar, maka untuk kesetimbangan yang jumlah mol atau jumlah partikel pereaksi dan hasil reaksinya berbeda, kesetimbangan akan bergeser ke arah partikel yang jumlahnya lebih besar.

## Latihan 5.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Apa yang akan terjadi pada kesetimbangan berikut jika tekanan diperbesar?
- |   |  |
|---|--|
| a. $\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{HCl}(g)$  | c. $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$ |
| b. $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g)$ | d. $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g)$        |

2. Zat apa yang akan bertambah pada kesetimbangan berikut jika volum diperbesar?



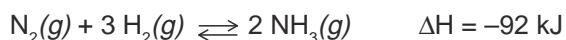
## 5. Reaksi Kesetimbangan dalam Industri

Dalam industri, ada bahan-bahan yang dihasilkan melalui reaksi-reaksi kesetimbangan, misalnya industri pembuatan amonia dan pembuatan asam sulfat. Masalah yang dihadapi adalah bagaimana memperoleh hasil yang berkualitas tinggi dalam jumlah banyak dengan menggunakan proses efisien dan efektif. Untuk memecahkan masalah tersebut, pengetahuan tentang kesetimbangan kimia sangat diperlukan.

Berikut ini akan dibahas cara pembuatan amonia dan asam sulfat yang efisien dan efektif.

### a. Pembuatan Amonia

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa nitrogen yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk urea dan ZA, serat sintetik (nilon dan sejenisnya), dan bahan peledak TNT (trinitro toluena). Pembuatan amonia yang dikemukakan oleh *Fritz Haber* (1905), prosesnya disebut *Proses Haber*. Reaksi yang terjadi adalah kesetimbangan antara gas  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  ditulis sebagai berikut.



Untuk proses ini, gas  $\text{N}_2$  diperoleh dari hasil penyulingan udara, sedangkan gas  $\text{H}_2$  diperoleh dari hasil reaksi antara gas alam dengan air. Pada suhu kamar, reaksi ini berlangsung sangat lambat maka untuk memperoleh hasil yang maksimal, reaksi dilakukan pada suhu tinggi, tekanan tinggi, dan diberi katalis besi.

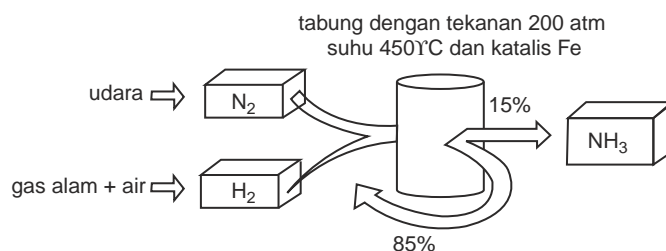
Reaksi pembentukan amonia merupakan reaksi eksoterm. Menurut Le Chatelier kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$  jika suhu rendah. Masalahnya adalah katalis besi hanya berfungsi efektif pada suhu tinggi, akibatnya pembentukan amonia berlangsung lama pada suhu rendah.

Berdasarkan pertimbangan ini proses pembuatan amonia dilakukan pada suhu tinggi  $\pm 450^\circ\text{C}$  (suhu optimum) agar reaksi berlangsung cepat sekalipun dengan resiko kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Untuk mengimbangi pergeseran ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  oleh suhu tinggi, maka tekanan yang digunakan harus tinggi sampai mencapai antara 200–400 atm. Tekanan yang tinggi menyebabkan molekul-molekul semakin rapat sehingga tabrakan molekul-molekul semakin sering. Hal ini mengakibatkan reaksi bertambah cepat, sehingga  $\text{NH}_3$

semakin banyak terbentuk. Selain itu untuk mengurangi  $\text{NH}_3$  kembali menjadi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  maka  $\text{NH}_3$  yang terbentuk segera dipisahkan.

Campuran gas kemudian didinginkan sehingga gas  $\text{NH}_3$  mencair. Titik didih gas  $\text{NH}_3$  lebih tinggi dari titik didih gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , maka gas  $\text{NH}_3$  akan terpisah sebagai cairan. Gas nitrogen dan gas hidrogen yang belum bereaksi dan gas  $\text{NH}_3$  yang tidak mencair diresirkulasi, dicampur dengan gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , kemudian dialirkan kembali ke dalam tangki.

Bagan pembuatan amonia secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

Gambar 5.7 Bagan pembuatan amonia secara sederhana

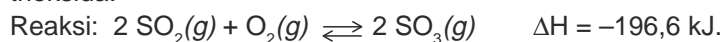
## b. Pembuatan Asam Sulfat

Salah satu cara pembuatan asam sulfat secara industri yang produknya cukup besar adalah dengan *proses kontak*. Bahan yang digunakan pada proses ini adalah belerang dan prosesnya berlangsung sebagai berikut.

- 1) Belerang dibakar di udara sehingga akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan gas belerang dioksida.



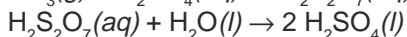
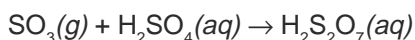
- 2) Belerang dioksida direaksikan lagi dengan oksigen dan dihasilkan belerang trioksida.



Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan dan eksoterm sehingga suhu tidak dilakukan pada suhu tinggi tetapi  $\pm 450^\circ\text{C}$ , untuk menghindari kesetimbangan ke arah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

- 3) Reaksi ini berlangsung lambat, maka dipercepat dengan katalis. Katalis yang digunakan adalah vanadium pentaoksida ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ).
- 4) Tekanan seharusnya lebih tinggi, tetapi pada prakteknya karena ada katalis maka  $\text{SO}_3$  sudah cukup banyak terbentuk sehingga tekanan dilakukan pada keadaan normal yaitu 1 atm.
- 5)  $\text{SO}_3$  yang dihasilkan segera dipisahkan sehingga kesetimbangan bergeser terus ke arah  $\text{SO}_3$ .  $\text{SO}_3$  yang dihasilkan direaksikan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan membentuk asam piro-sulfat ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ). Asam piro-sulfat akan direaksikan dengan air sampai menghasilkan asam sulfat  $\pm 98\%$ .

Reaksi:



## Latihan 5.5

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Bagaimana pengaruh katalis terhadap kesetimbangan?
2.  $\text{NH}_3$  dibuat dari gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  menurut reaksi kesetimbangan:  
$$\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -196,6 \text{ kJ}$$

Tentukan arah pergeseran reaksi kesetimbangan jika:

  - a. ke dalam sistem ditambah gas  $\text{N}_2$ ,
  - b. ke dalam sistem gas  $\text{NH}_3$  dikurangi,
  - c. volum diperkecil,
  - d. tekanan diperbesar,
  - e. suhu dinaikkan.
4. Jelaskan pembuatan amonia dengan proses Haber agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Pada proses pembuatan asam sulfat terbentuk reaksi kesetimbangan  
$$2 \text{SO}_3(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(g) \quad \Delta H = -98 \text{ kJ.}$$

Jelaskan dengan prinsip kesetimbangan bagaimana untuk mendapatkan gas  $\text{SO}_3$  sebanyak mungkin.

## D. Konstanta Kesetimbangan

Menurut Gulberg dan Waage, pada suhu tetap harga konstanta kesetimbangan akan tetap. Hal ini dirumuskan sebagai *Hukum Kesetimbangan* yang berbunyi sebagai berikut.

Pada reaksi kesetimbangan, hasil kali konsentrasi zat hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibagi dengan hasil kali konsentrasi zat pereaksi yang dipangkatkan koefisiennya akan tetap, pada suhu tetap.

Untuk lebih memahami tentang hukum ini, perhatikan data beberapa harga konstanta kesetimbangan reaksi antara CO dengan  $\text{H}_2$  pada suhu tetap dengan konsentrasi yang berbeda pada Tabel 5.1.



$$K = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$



**Tabel 5.1** Harga konstanta kesetimbangan  $\text{CO}(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$  pada suhu tetap.

	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Sebelum reaksi			
[CO]	0,1000 mol L <sup>-1</sup>	0,2000 mol L <sup>-1</sup>	–
[H <sub>2</sub> ]	0,3000 mol L <sup>-1</sup>	0,3000 mol L <sup>-1</sup>	–
[CH <sub>4</sub> ]	–	–	0,1000 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> O]	–	–	0,1000 mol L <sup>-1</sup>
Kesetimbangan			
[CO]	0,0613 mol L <sup>-1</sup>	0,1522 mol L <sup>-1</sup>	0,0613 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> ]	0,1839 mol L <sup>-1</sup>	0,1566 mol L <sup>-1</sup>	0,1839 mol L <sup>-1</sup>
[CH <sub>4</sub> ]	0,0387 mol L <sup>-1</sup>	0,0478 mol L <sup>-1</sup>	0,0387 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> O]	0,0387 mol L <sup>-1</sup>	0,0478 mol L <sup>-1</sup>	0,0387 mol L <sup>-1</sup>
$K = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$	3,93	3,91	3,93

Harga  $K$  rata-rata = 3,93.

Ternyata harga  $K$  suatu kesetimbangan akan tetap pada suhu tetap. Harga konstanta kesetimbangan dapat dinyatakan berdasarkan konsentrasi dan tekanan.

## 1. Konstanta Kesetimbangan Berdasarkan Konsentrasi

Konstanta kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dinyatakan dengan notasi  $K_c$ , yaitu hasil kali konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi hasil kali zat-zat pereaksi, setelah masing-masing konsentrasi dipangkatkan koefisiennya pada reaksi tersebut. Jadi, pada kesetimbangan  $m \text{A}(g) + n \text{B}(g) \rightleftharpoons p \text{C}(g) + q \text{D}(g)$ , harga  $K_c$  adalah:

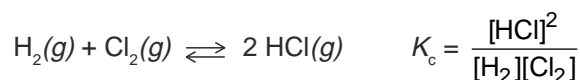
$$K_c = \frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n}$$

Untuk menentukan  $K_c$  konsentrasi zat dinyatakan dalam mol.L<sup>-1</sup>.

Contoh penulisan rumus kesetimbangan dapat dilihat berikut ini.

**Reaksi**

**Rumus  $K_c$**



Untuk memahami perhitungan konstanta kesetimbangan dan konsentrasi zat, perhatikan contoh soal berikut ini.

### Contoh Soal

1. Tentukan harga  $K_c$  dari reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ , jika diketahui data konsentrasi zat-zat pada kesetimbangan sebagai berikut.

No.	$[\text{PCl}_5]$ (M)	$[\text{PCl}_3]$ (M)	$[\text{Cl}_2]$ (M)
1.	0,010	0,15	0,37
2.	0,085	0,99	0,47
3.	1,000	3,68	1,50

*Penyelesaian:*

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$(1) K_c = \frac{[0,15][0,37]}{[0,010]} = 5,55$$

$$(2) K_c = \frac{[0,99][0,47]}{[0,085]} = 5,47$$

$$(3) K_c = \frac{[3,68][1,50]}{[1,00]} = 5,51$$

$$K_c \text{ rata-rata} = 5,51$$

2. Pada tabung tertutup terdapat 2 mol iodium  $\text{I}_2$ , 19 mol gas HI, dan 4 mol gas  $\text{H}_2$  dalam keadaan setimbang. Tentukan harga  $K_c$  untuk reaksi:  
 $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(g)$

*Penyelesaian:*

Misal volum tabung adalah  $V \text{ L}^{-1}$  dan pada saat kesetimbangan,

$$[\text{HI}] = \frac{19}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{4}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{I}_2] = \frac{2}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{19}{V}\right)^2}{\left(\frac{4}{V}\right)\left(\frac{2}{V}\right)} = 45,1$$

3. Ke dalam bejana yang volumenya 1 mL dimasukkan 1 mol gas CO dan 1 mol uap H<sub>2</sub>O. Setelah sistem mencapai kesetimbangan menurut persamaan reaksi:  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$ , ternyata terdapat 0,25 mol gas CO<sub>2</sub>. Tentukan harga konstanta kesetimbangan  $K_c$ !

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi	:	CO(g)	+	H <sub>2</sub> O(g)	$\rightleftharpoons$	CO <sub>2</sub> (g)	+	H <sub>2</sub> (g)
Keadaan awal	:	1 mol L <sup>-1</sup>		1 mol L <sup>-1</sup>		0		0
Bereaksi	:	0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>				
Hasil reaksi	:					0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>
Sisa	:	0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,75 mol L <sup>-1</sup>				
Keadaan setimbang	:	0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{(0,25)(0,25)}{(0,75)(0,75)} = \frac{1}{9}$$

4. Pada temperatur tertentu, ke dalam bejana yang volumenya 1 L dimasukkan 0,5 mol gas SO<sub>3</sub> sehingga terjadi reaksi kesetimbangan:



Bila setelah sistem mencapai keadaan kesetimbangan, perbandingan jumlah mol SO<sub>3</sub> terhadap O<sub>2</sub> adalah 1 : 2, tentukan harga konstanta kesetimbangan  $K_c$ .

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi	:	2 SO <sub>3</sub> (g)	$\rightleftharpoons$	2 SO <sub>2</sub> (g)	+	O <sub>2</sub> (g)
Mula-mula	:	0,5 mol				
Terurai	:	X mol				
Hasil reaksi	:			X mol		0,5 X mol
Sisa	:	(0,5 - X) mol				

Jumlah mol SO<sub>3</sub> : O<sub>2</sub> = 1 : 2

Jadi, (0,5 - X) : 0,5 X = 1 : 2

$$0,5 X = 2 (0,5 - X)$$

$$2,5 X = 1 \rightarrow X = 0,4$$

$$[\text{SO}_3] = (0,5 - X) = (0,5 - 0,4) \text{ mol L}^{-1} = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_2] = X = 0,4 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{O}_2] = 0,5X = 0,5 \times 0,4 \text{ mol L}^{-1} = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{(0,4)^2 \cdot (0,2)}{(0,1)^2} = 3,2$$

## Latihan 5.6

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan konstanta kesetimbangan  $K_c$  untuk reaksi berikut ini.
  - $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$
  - $3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3(g)$
  - $4 \text{NH}_3(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{N}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$

2. Tentukan reaksi kesetimbangan dari rumus  $K_c$  di bawah ini.

$$\text{a. } K_c = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NO}]^2[\text{NH}_3]^2} \quad \text{b. } K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2[\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4[\text{O}_2]}$$

- Pada suatu tempat dengan volum 5 liter terdapat 0,185 mol gas  $\text{PCl}_3$ , 0,0158 mol  $\text{PCl}_5$ , dan 0,0870 mol  $\text{Cl}_2$ . Kesetimbangan terjadi pada suhu  $230^\circ\text{C}$  dengan reaksi  $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$ . Tentukan harga  $K_c$ !
- Untuk reaksi  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(g)$  diketahui konsentrasi awal  $\text{H}_2 = 0,20 \text{ mol L}^{-1}$  dan  $\text{I}_2 = 0,15 \text{ mol L}^{-1}$ . Jika pada saat kesetimbangan masih tersisa  $\text{I}_2 = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$  berapa harga konstanta kesetimbangan?
- Reaksi  $\text{CO}_2(g) + \text{NO}(g) \rightleftharpoons \text{NO}_2(g) + \text{CO}(g)$  dilakukan dalam wadah 5 liter. Pada keadaan awal terdapat 4,5 mol  $\text{CO}_2$  dan 4 mol  $\text{NO}$ . Sesudah kesetimbangan  $\text{NO}$  yang masih tersisa adalah 0,5 mol. Tentukan konstanta kesetimbangan reaksi tersebut!

## 2. Konstanta Kesetimbangan Berdasarkan Tekanan

Konstanta kesetimbangan berdasarkan tekanan dinyatakan dengan simbol  $K_p$ , yaitu hasil kali tekanan parsial gas-gas hasil reaksi dibagi dengan hasil kali tekanan parsial gas-gas pereaksi, setelah masing-masing gas dipangkatkan dengan koefisiennya menurut persamaan reaksi. Jadi, konstanta kesetimbangan pada reaksi:  $m \text{A}(g) + n \text{B}(g) \rightleftharpoons p \text{C}(g) + q \text{D}(g)$  yaitu:

$$K_p = \frac{P_C^p \cdot P_D^q}{P_A^m \cdot P_B^n}$$

$P_A$  = tekanan parsial A  
 $P_B$  = tekanan parsial B  
 $P_C$  = tekanan parsial C  
 $P_D$  = tekanan parsial D

Tekanan parsial diberi lambang  $P$  dan ditentukan dengan rumus:

$$P = \frac{\text{Jumlah mol gas X}}{\text{Jumlah mol total semua gas}} \times \text{Tekanan total}$$

Untuk menentukan  $K_p$  tekanan gas dapat dinyatakan dengan *cm Hg* atau *atmosfer (atm)*.

### Contoh Soal

- Pada temperatur 500 K ke dalam bejana yang volumenya 5 liter dimasukkan 0,6 mol gas  $\text{HI}$  sehingga terjadi reaksi kesetimbangan  $2 \text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ . Bila setelah sistem mencapai keadaan kesetimbangan masih terdapat 0,3 mol  $\text{HI}$ , tentukan harga konstanta kesetimbangan  $K_p$  pada temperatur 500 K ( $R = 0,082$ ).

*Penyelesaian:*



$$\text{HI yang terurai} = (0,6 - 0,3) \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}$$

$$\text{HI sisa} = 0,3 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\text{I}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$$

Untuk mendapatkan harga  $P$ , gunakan rumus:  $P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$

$$P_{\text{HI}} = \frac{0,3}{5} \cdot 0,082 \cdot 500 \text{ atm} = 2,46 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{0,15}{5} \cdot 0,082 \cdot 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$P_{\text{I}_2} = \frac{0,15}{5} \cdot 0,082 \cdot 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{I}_2}}{(P_{\text{HI}})^2} = \frac{1,23 \text{ atm} \cdot 1,23 \text{ atm}}{(2,46)^2 \text{ atm}^2} = 0,25$$

2. 5 mol gas amonia dimasukkan ke dalam suatu wadah dan dibiarkan terurai menurut reaksi:  $2 \text{ NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3 \text{ H}_2(g)$ . Setelah kesetimbangan tercapai ternyata amonia terurai 40% dan tekanan total 3,5 atm. Hitunglah  $K_p$ !

*Penyelesaian:*



$$\text{Keadaan awal} : 5 \text{ mol}$$

$$\text{Bereaksi} : 2 \text{ mol}$$

$$\text{Hasil reaksi} : \quad \quad \quad 1 \text{ mol} \quad 3 \text{ mol}$$

$$\text{Sisa} : 3 \text{ mol}$$

$$\text{Keadaan setimbang} : 3 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol} \quad 3 \text{ mol}$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{3}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{1}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 0,5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{3}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot (P_{\text{H}_2})^3}{(P_{\text{NH}_3})^2} = \frac{(0,5)(1,5)^3}{(1,5)^2} = 0,75$$

## Latihan 5.7

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_p$  untuk reaksi-reaksi berikut ini!
  - $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$
  - $\text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g) \rightleftharpoons \text{HBr}(g)$
  - $\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \rightleftharpoons \text{NOBr}(g)$
  - $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g)$
- Pada suhu  $425^\circ\text{C}$  dalam ruang 10 liter, 3 mol gas HI terdisosiasi 50% menghasilkan gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$ . Jika tekanan total campuran gas adalah 6 atm, berapa harga  $K_p$ ?
- Gas X mengalami disosiasi akibat pemanasan dengan reaksi  $\text{X}(g) \rightleftharpoons \text{Y}(g) + \text{Z}(g)$ . Sejumlah gas X dipanaskan pada tekanan konstan P. Pada kesetimbangan tekanan parsial X =  $\frac{1}{7}P$ . Berapa  $K_p$  pada suhu tersebut!
- Pada suhu  $25^\circ\text{C}$  terdapat kesetimbangan  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$ . Pada keadaan setimbang terdapat tekanan parsial gas  $\text{H}_2 = 0,15 \text{ atm}$ ,  $\text{NH}_3 = 0,15 \text{ atm}$ . Berapa tekanan parsial gas  $\text{N}_2$ , jika  $K_p = 54$ ?

### 3. Hubungan $K_c$ dengan $K_p$

Hubungan  $K_c$  dengan  $K_p$  dapat ditentukan berdasarkan rumus  $PV = nRT$

$$P = \frac{n}{V} \cdot RT$$

$$\frac{n}{V} = \text{konsentrasi}$$

Untuk reaksi:  $a \text{P} + b \text{Q} \rightleftharpoons c \text{R} + d \text{S}$  maka

$$K_p = \frac{(P_R)^c (P_S)^d}{(P_P)^a (P_Q)^b}$$

$$K_p = \frac{([\text{R}] \cdot RT)^c ([\text{S}] \cdot RT)^d}{([\text{P}] \cdot RT)^a ([\text{Q}] \cdot RT)^b} = \frac{[\text{R}]^c [\text{S}]^d}{[\text{P}]^a [\text{Q}]^b} \cdot RT^{(c+d)-(a+b)}$$

$$(c+d) - (a+b) = \Delta n$$

Jadi,  $K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n}$

Jika jumlah koefisien hasil reaksi sama dengan jumlah koefisien pereaksi ( $\Delta n = 0$ ) maka  $K_p = K_c$ .

## Contoh Soal

1. Pada reaksi setimbang:  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$ .  
Harga  $K_c = 2,8 \times 10^2$ , pada 1000 Kelvin. Hitung harga  $K_p$ , jika  $R = 0,082$ .

*Penyelesaian:*

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

Pada reaksi di atas  $\Delta n = 2 - (2 + 1) = -1$

Dengan demikian harga  $K_p = 2,8 \times 10^2 (0,082 \times 1000)^{-1} = 3,4$

2. Pada suhu  $25^\circ\text{C}$  terdapat kesetimbangan :  $2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NOCl}(g)$ .  
Harga  $K_c = 4,6 \cdot 10^{-4}$ , tentukan  $K_p$  jika  $R = 0,082$ .

*Penyelesaian:*

$$K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n}$$

$$= 4,6 \cdot 10^{-4} (0,082 \times 298)^{-1}$$

$$= 1,88 \times 10^{-5}$$

## Latihan 5.8

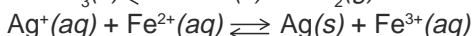
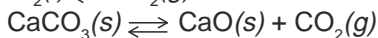
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Harga  $K_c$  untuk reaksi berikut ini pada suhu  $900^\circ\text{C}$  adalah 0,28.  
 $\text{CS}_2(g) + 4 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + 2 \text{H}_2\text{S}(g)$   
Tentukan harga  $K_p$  pada temperatur itu, jika  $R = 0,082$ ?
2. Tentukan harga  $K_p$  pada reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ .  
Jika harga  $K_c$  pada suhu  $190^\circ\text{C}$  adalah 3,2, ( $R = 0,082$ ).

## 4. Konstanta Kesetimbangan Heterogen

*Kesetimbangan heterogen* adalah kesetimbangan yang komponennya terdiri dari zat-zat yang wujudnya berbeda.

**Contoh:**  $\text{Br}_2(l) \rightleftharpoons \text{Br}_2(g)$



Konstanta kesetimbangan untuk reaksi  $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$

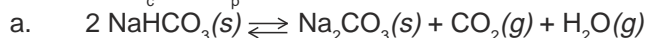
menurut hukum kesetimbangan adalah  $K_c = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$ .

Oleh karena  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{CaO}$  berwujud padat yang pada kesetimbangan dianggap tetap maka konstanta kesetimbangan tersebut menjadi:

$$K_c = [\text{CO}_2] \text{ dan } K_p = P_{\text{CO}_2}$$

## Contoh Soal

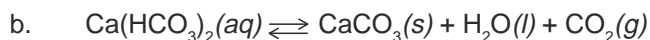
Tentukan  $K_c$  dan  $K_p$  dari reaksi berikut.



*Penyelesaian:*

$$K_c = [\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]$$

$$K_p = P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}$$



*Penyelesaian:*

$$K_c = [\text{CO}_2]$$

$$K_p = P_{\text{CO}_2}$$

## Latihan 5.9

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_c$  dan  $K_p$  untuk reaksi-reaksi berikut.
  - a.  $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g)$
  - b.  $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g)$
  - c.  $\text{FeO}(s) + \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}(s) + \text{CO}_2(g)$
  - d.  $\text{C}(s) + \text{N}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{N}_2(g)$
  - e.  $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$
  - f.  $\text{Ag}^+(aq) + \text{Fe}^{2+}(aq) \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Ag}(s)$
2. Pada suhu  $850^\circ\text{C}$  dalam ruang 5 liter, 1 mol batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) terurai menghasilkan 0,25 mol gas  $\text{CO}_2$ . Persamaan:  $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ . Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_c$  pada temperatur itu!

## INFO KIMIA



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

### Prinsip Le Chatelier di alam

Prinsip Le Chatelier tidak terbatas pada reaksi kimia saja. Di Savanah Afrika, jumlah herbivora selalu seimbang dengan carnivora. Jika ada gangguan akan menyebabkan perubahan jumlah hewan dan terjadi kesetimbangan baru.



## Rangkuman

1. Dalam keadaan kesetimbangan, komponen zat tidak mengalami perubahan makroskopis tetapi terjadi perubahan mikroskopis yang berlangsung terus-menerus dengan kecepatan ke kanan dan ke kiri sama.  $A + B \xrightleftharpoons[V_2]{V_1} C + D$
2. Apabila dalam sistem kesetimbangan diadakan suatu aksi maka sistem akan memberikan suatu reaksi untuk mengurangi pengaruh aksi tersebut menjadi sekecil mungkin.
3. Sistem kesetimbangan dinyatakan dengan persamaan:  
 $m A + n B \rightleftharpoons p C + q D$

$$\text{Hukum kesetimbangan: } K = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$$

Harga  $K$  tetap pada suhu tetap.

Harga  $K$  ditentukan secara eksperimen dengan menentukan konsentrasi salah satu komponen.

Jika harga  $K \neq \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$ , maka sistem tidak dalam keadaan setimbang.

4. Prinsip kesetimbangan banyak digunakan dalam industri untuk mendapatkan hasil yang optimal dan biaya yang ekonomis dengan mempertimbangkan kondisi konsentrasi, tekanan, suhu, dan katalis.
5. Faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan adalah, suhu, konsentrasi, tekanan, dan volum.
6. Jika suhu dinaikkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm. Jika suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah eksoterm.
7. Jika salah satu komponen konsentrasinya dikurangi maka kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen tersebut.  
Jika salah satu komponen konsentrasinya diperbesar maka kesetimbangan akan bergeser ke arah lawannya.
8. Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih kecil.  
Jika tekanan diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih besar.
9. Jika volum diperbesar kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya besar.  
Jika volum diperkecil kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya kecil.

## Kata Kunci

- Kesetimbangan dinamis
- Mikroskopis
- Reaksi kesetimbangan homogen
- Reaksi kesetimbangan heterogen
- Azas Le Chatelier
- Konstanta kesetimbangan ( $K_c$ )
- Konstanta kesetimbangan tekanan ( $K_p$ )
- Konstanta gas ideal
- Keadaan kesetimbangan

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Kesetimbangan kimia terjadi bila . . . .
  - A. mol reaktan = mol hasil reaksi
  - B. reaksi berlangsung tanpa katalis
  - C. kecepatan reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar
  - D. warna reaktan dan hasil reaksi sama
  - E. wujud reaktan dan hasil reaktan sama
2. Sistem kesetimbangan homogen adalah reaksi kesetimbangan dimana . . . .
  - A. komponen-komponennya berwujud sama
  - B. jumlah masing-masing komponennya sama
  - C. koefisien pereaksi = koefisien hasil reaksi
  - D. wujud pereaksi berbeda dengan wujud hasil reaksi
  - E. wujud hasil reaksi semuanya gas
3. Dari reaksi setimbang berikut:  $2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$ ;  $\Delta H = -114 \text{ kJ}$ , untuk memperbanyak hasil gas  $\text{NO}_2$  dapat dilakukan dengan . . . .
  - A. memberi katalis
  - B. memperkecil suhu
  - C. memperkecil konsentrasi
  - D. memperbesar suhu
  - E. memperbesar volum
4. Dari sistem kesetimbangan berikut yang tidak dipengaruhi oleh volum dan tekanan adalah . . . .
  - A.  $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
  - B.  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$
  - C.  $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$
  - D.  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
  - E.  $2 \text{NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g)$

5. Reaksi kesetimbangan berikut yang tidak mengalami pergeseran ke kanan jika tekanan diperkecil adalah . . . .
- $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$
  - $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$
  - $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$
  - $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$
  - $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
6. Reaksi  $2 \text{NO}(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$  berlangsung eksoterm. Dari pernyataan berikut yang benar adalah . . . .
- jika tekanan diperbesar, reaksi bergeser ke kanan
  - jika suhu diperbesar, reaksi bergeser ke kanan
  - jika diberi katalis, reaksi bergeser ke kanan
  - jika ditambah gas NO, reaksi bergeser ke kanan
  - jika volum diperkecil, reaksi bergeser ke kanan
7. Dalam pabrik pupuk urea,  $\text{NH}_3$  dibuat dengan proses Haber. Untuk memperoleh hasil  $\text{NH}_3$  yang optimal diperlukan kondisi sebagai berikut:
- adanya katalis
  - tekanan rendah
  - konsentrasi  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$  diperbesar
  - $\text{NH}_3$  yang terbentuk segera dipisahkan
- yang benar adalah . . . .
- |               |         |
|---------------|---------|
| A. 1, 2, 3, 4 | D. 2, 4 |
| B. 1, 2       | E. 4    |
| C. 1, 3       |         |
8. Tetapan kesetimbangan reaksi:
- $$\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = +178 \text{ kJ}$$
- dapat diperbesar dengan cara . . . .
- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| A. memperbesar tekanan | D. menambahkan suhu |
| B. menambahkan CaO     | E. mengurangi suhu  |
| C. memperkecil volum   |                     |
9. Diketahui reaksi kesetimbangan berikut:  $\text{C}(s) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$ . Rumus untuk menyatakan tetapan kesetimbangan reaksi di atas adalah . . . .
- |   |   |
|---|---|
| A. $K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{C}][\text{H}_2\text{O}]}$ | D. $K = \frac{[\text{C}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$ |
| B. $K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}]}$           | E. $K = [\text{H}_2\text{O}]$   |
| C. $K = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]}$           |   |





19. Pemanasan  $\text{PCl}_5$  menyebabkan terjadinya disosiasi dengan reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ .

Dalam keadaan setimbang pada suhu  $250^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 atm terdapat 0,33 mol  $\text{PCl}_5$ , 0,67 mol  $\text{PCl}_3$ , dan 0,67 mol  $\text{Cl}_2$ . Berapakah harga  $K_p$ ?

- A. 16,24 atm  
 B. 12,30 atm  
 C. 8,12 atm  
 D. 8,12 atm  
 E. 0,18 atm
20. Harga  $K_c$  untuk reaksi kesetimbangan adalah 289 pada suhu  $273^\circ\text{C}$  menurut reaksi  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   
 Jika harga  $R = 0,082$ , maka harga  $K_p$  untuk reaksi di atas adalah . . . .
- A. 0,044  
 B. 0,088  
 C. 0,176  
 D. 0,352  
 E. 0,804

**B. Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**

1. Dari kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$  didapatkan data:

Percobaan	$[\text{PCl}_5]$ (M)	$[\text{PCl}_3]$ (M)	$[\text{Cl}_2]$ (M)
1	0,0023	0,23	0,055
2	0,010	0,15	0,37
3	0,085	0,99	0,47
4	1,00	0,66	1,50

- a. Hitung harga  $K_c$  untuk reaksi kesetimbangan ini  
 b. Hitung harga  $K_p$  reaksi ini pada suhu  $980^\circ\text{C}$

2. Diketahui kesetimbangan:  
 $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  mempunyai  $K_c = 4,0$ , jika gas CO dan  $\text{H}_2\text{O}$  semula masing-masing 0,3 mol dicampur dalam ruang 1 liter, berapakah massa  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan?
3. Tuliskan tetapan kesetimbangan  $K_c$  dan  $K_p$  dari reaksi berikut:
- a.  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   
 b.  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$   
 c.  $2 \text{H}_2\text{S}(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(g) + 2 \text{SO}_2(g)$
4. Tunjukkan arah pergeseran kesetimbangan reaksi berikut ini:  
 $4 \text{NH}_3(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{N}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$  bila pada sistem:
- a. ditambahkan  $\text{O}_2$ ,  
 b. ditambahkan  $\text{N}_2$ ,  
 c. ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 d. dikurangi  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 e. volum sistem diperkecil.

5. Jika 10 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M dicampurkan dengan 10 mL larutan  $\text{FeCl}_2$  0,1 M akan terjadi reaksi  $\text{Ag}^+(aq) + \text{Fe}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Ag}(s) + \text{Fe}^{3+}(aq)$ . Ditemukan bahwa dalam keadaan kesetimbangan konsentrasi ion  $\text{Ag}^+(aq)$  adalah 0,02 M. Berapa konsentrasi ion  $\text{Fe}^{3+}(aq)$  dalam kesetimbangan itu?

---

## T u g a s

Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak menggunakan prinsip-prinsip reaksi kesetimbangan.

Asam sulfat diproduksi secara besar-besaran. Carilah informasi produk-produk yang menggunakan asam sulfat sebagai bahan kimia dasar.

---

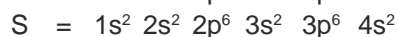
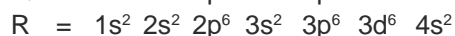
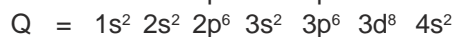
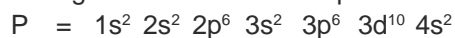
## Soal Evaluasi Semester I

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Jika atom brom mempunyai nomor atom 35 dan massa atom 80, maka jumlah proton, neutron, dan elektron dalam ion bromida berturut-turut adalah . . . .
  - 35, 80, 35
  - 35, 45, 35
  - 35, 45, 86
  - 36, 45, 36
  - 35, 36, 45
- Atom suatu unsur mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 18, 1. Bilangan kuantum elektron terakhir dari atom tersebut adalah . . . .
  - $n = 4; \quad \ell = 0; \quad m = 0; \quad s = +\frac{1}{2}$
  - $n = 4; \quad \ell = 0; \quad m = 0; \quad s = -\frac{1}{2}$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = +2; \quad s = +$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = +2; \quad s = -\frac{1}{2}$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = -2; \quad s = +\frac{1}{2}$
- Suatu atom memiliki bilangan kuantum elektron terluarnya  $n = 3, \ell = 2, m = -1$ , dan  $s = -\frac{1}{2}$ . Unsur di atas mempunyai nomor elektron . . . .
  - 21
  - 25
  - 27
  - 35
  - 54
- Susunan berikut yang menunjukkan susunan elektron dari ion  $C^-$  pada keadaan dasar adalah . . . (nomor atom C = 6).
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ 1 \ \square}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ 1 \ 1}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow \ 1 \ \square}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1} \quad \boxed{1 \ 1 \ 1}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ \square \ \square}$
- Nomor atom belerang adalah 16. Dalam anion sulfida  $S^{2-}$ , konfigurasi elektronnya adalah . . . .
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3s^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 4s^2$



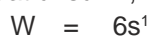
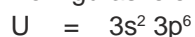
6. Konfigurasi elektron beberapa unsur adalah sebagai berikut



Pernyataan di bawah ini yang tepat adalah . . . .

- A. unsur Q merupakan logam alkali
- B. unsur Q, R, S terletak dalam periode yang sama
- C. unsur P dan Q merupakan logam transisi
- D. unsur P dan S merupakan logam alkali tanah
- E. unsur R merupakan logam alkali tanah

7. Konfigurasi elektron terluar untuk empat unsur A, B, C, dan D adalah:



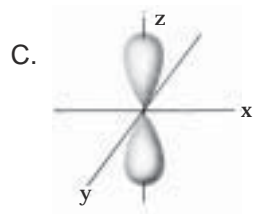
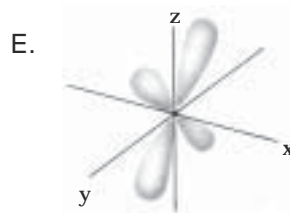
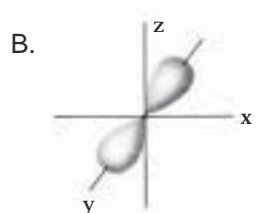
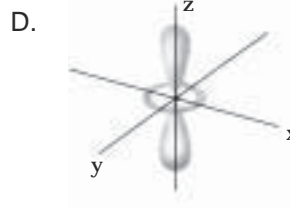
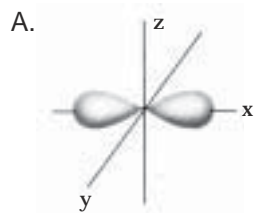
Unsur-unsur ini adalah:

- (1) U unsur gas mulia
- (2) V unsur logam transisi
- (3) W unsur logam alkali
- (4) X adalah unsur gas klor

yang benar adalah . . . .

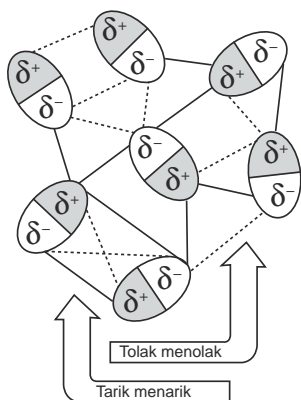
- A. 1, 2, 3
- B. 1, 4
- C. 2, 4
- D. 3, 4
- E. 4

8. Bentuk orbital  $dz^2$  adalah . . . .



9. Unsur X dengan konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$  dalam tabel periodik unsur terletak pada golongan dan periode . . . .
- VA dan 3
  - IA dan 4
  - VIB dan 3
  - VB dan 4
  - VIA dan 4
10. Jika struktur ruang elektron  $XeF_4$  adalah oktahedral, maka jumlah pasangan elektron terikat dan pasangan elektron bebas masing-masing adalah . . . .
- 4 dan 2
  - 4 dan 4
  - 2 dan 4
  - 3 dan 3
  - 5 dan 1
11. Orbital hibrida  $sp^3d$  terjadi pada molekul yang memiliki bentuk . . . .
- linier
  - tetrahedral
  - okta hedral
  - segiempat datar
  - bipiramidal trigonal
12. Nomor atom P adalah 15, sedangkan Br adalah 35. Bentuk molekul  $PBr_5$  adalah . . . .
- tetrahedron
  - segitiga sama sisi
  - trigonal bipiramida
  - trigonal piramida
  - bujur sangkar
13. Bentuk molekul dari  $PCl_5$  adalah . . . .
- trigonal bipiramida
  - tetrahedral
  - bentuk T
  - segiempat planar
  - trigonal piramida
14. Diagram elektron suatu atom adalah sebagai berikut:  $\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\phantom{\uparrow\downarrow}}$
- Jika unsur tersebut bereaksi dengan 4 atom hidrogen maka orbital hibrida pada molekul tersebut adalah . . . .
- sp
  - $sp^2$
  - $sp^3$
  - $dsp^2$
  - $sp^3d^2$

15.



Posisi molekul seperti yang tertera pada gambar diakibatkan terjadinya

- .....
- A. ikatan hidrogen
  - B. gaya London
  - C. ikatan kovalen polar
  - D. gaya dipol-dipol
  - E. ikatan kovalen nonpolar

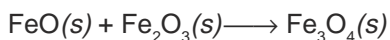
16. Berikut ini adalah data untuk H<sub>2</sub>O dan H<sub>2</sub>S

	$M_r$	Titik Leleh	Titik Didih
H <sub>2</sub> O	18	0°C	100°C
H <sub>2</sub> S	34	-83°C	-80°C

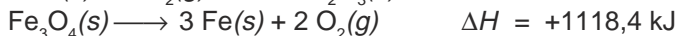
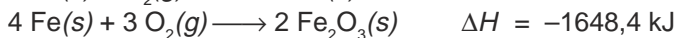
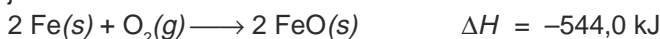
Perbedaan titik leleh dan titik didih ini disebabkan oleh . . . .

- A. H<sub>2</sub>S mempunyai ikatan van der Waals antara molekulnya
- B. H<sub>2</sub>O mempunyai ikatan hidrogen antara molekulnya
- C. sudut ikatan pada H<sub>2</sub>S dan pada H<sub>2</sub>O berbeda 15°
- D. H<sub>2</sub>S lebih besar daripada H<sub>2</sub>O
- E. jari-jari atom O lebih kuat daripada jari-jari atom S

17. Dari reaksi berikut:



jika diketahui



$\Delta H$  reaksi adalah . . . .

- A. -1074,0 kJ
- B. -22,2 kJ
- C. +249,8 kJ
- D. +2214,6 kJ
- E. +22,2 kJ

18. Jika 100 mL larutan NaOH 1 M direaksikan dengan 100 mL HCl 1 M dalam sebuah bejana, ternyata suhu larutan naik dari 29°C menjadi 37,5°C. Jika larutan dianggap sama dengan air, kalor jenis air 4,2 J.g<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>, massa jenis air = 1 gram mL<sup>-1</sup>, maka  $\Delta H$  netralisasi adalah . . . .

- A. +82,3 kJ.mol<sup>-1</sup>
- B. +71,4 kJ.mol<sup>-1</sup>
- C. -71,4 kJ.mol<sup>-1</sup>
- D. -54,6 kJ.mol<sup>-1</sup>
- E. -45,9 kJ.mol<sup>-1</sup>



23. Pembakaran sempurna gas metana ditunjukkan oleh persamaan reaksi:  
 $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -840 \text{ kJ}$   
 Jika seluruh kalor yang dihasilkan digunakan untuk mendidihkan air yang mula-mula bersuhu  $25^\circ\text{C}$  maka volum air yang bisa dididihkan menggunakan 24 gram metana adalah . . . .  
 ( $A_r \text{C} = 12 \text{ H} = 1$ ;  $c = 4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ k}^{-1}$ ).
- A. 2,7 L  
 B. 4,0 L  
 C. 5,0 L  
 D. 8,0 L  
 E. 12,0 L
24. Dalam industri, pembuatan gas  $\text{NH}_3$  berjalan menurut reaksi:  
 $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g), \Delta H = -92 \text{ kJ}$ . Apa yang harus diperhatikan agar hasilnya optimum?
- A. Tekanan harus rendah, suhu tetap rendah  
 B. Tekanan tetap rendah, suhu tinggi  
 C. Tekanan tinggi, suhu tinggi  
 D. Tekanan dinaikkan, suhu dinaikkan  
 E. Tekanan dinaikkan terus, suhu diturunkan
25. Percobaan terhadap reaksi:  $\text{CH}_3\text{Cl}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(g) + \text{HCl}(g)$  menghasilkan data sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi Awal M		Laju Reaksi Awal ( $\text{M s}^{-1}$ )
	$\text{CH}_3\text{Cl}$	$\text{H}_2\text{O}$	
1.	0,100	0,100	0,182
2.	0,200	0,200	1,450
3.	0,200	0,400	5,810

Berdasarkan data di atas, orde kedua pereaksi dalam reaksi ini adalah . . . .

- |    |                        |                      |
|----|------------------------|----------------------|
|    | $\text{CH}_3\text{Cl}$ | $\text{H}_2\text{O}$ |
| A. | 1                      | 1                    |
| B. | 2                      | 1                    |
| C. | 1                      | 2                    |
| D. | 2                      | 2                    |
| E. | 2                      | 3                    |
26. Ketergantungan kecepatan reaksi  $r$  pada konsentrasi  $C$  dapat dituliskan:  $r = kC^n$ . Perhatikan data berikut ini.

$C$ (mol liter)	$r$ (mol liter $^{-1}$ menit $^{-1}$ )
0,836	0,048
0,418	0,012
0,209	0,003



No.	Konsentrasi		Suhu (°C)
	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (M)	HCl (M)	
1	0,1	0,1	35
2	0,1	0,2	35
3	0,2	0,2	35
4	0,2	0,2	40
5	0,2	0,1	40

Dari data di atas reaksi yang paling cepat adalah . . . .

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

31. Ke dalam bejana 1 liter dimasukkan a mol CO dan a mol uap air. Jika tercapai kesetimbangan  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  ternyata ada  $\frac{1}{4}a$  mol CO<sub>2</sub>, maka tetapan kesetimbangan, K<sub>c</sub> bagi reaksi ini adalah . . . .

- A.  $\frac{1}{4}$
- B.  $\frac{1}{8}$
- C.  $\frac{1}{9}$
- D.  $\frac{1}{16}$
- E.  $\frac{1}{32}$

32. Diketahui persamaan reaksi:



Bila volum diperbesar, maka kesetimbangan . . . .

- A. bergeser ke kiri
- B. bergeser ke kanan
- C. tetap tidak berubah
- D. bergeser ke arah eksoterm
- E. bergeser ke arah endoterm

33. Jika tetapan kesetimbangan untuk reaksi  $2\text{X} + 2\text{Y} \rightleftharpoons 4\text{Z}$  adalah 0,04 maka tetapan kesetimbangan untuk reaksi  $2\text{Z} \rightleftharpoons \text{X} + \text{Y}$  adalah . . . .

- A. 0,2
- B. 0,5
- C. 4
- D. 5
- E. 25





- a. Tentukan orde reaksi terhadap [A].
  - b. Tentukan orde reaksi terhadap [B].
  - c. Tentukan rumus laju reaksi.
  - d. Tentukan orde reaksi total.
  - e. Hitunglah harga tetapan laju reaksi.
5. Pada pemanasan 0,2 mol HCl dalam ruangan 1 liter terjadi penguraian berdasarkan reaksi:
- $$2 \text{HCl}(aq) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$$
- Jika derajat disosiasi HCl adalah 25 %, hitunglah tetapan kesetimbangan.

## Bab VI

# Teori Asam-Basa



*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

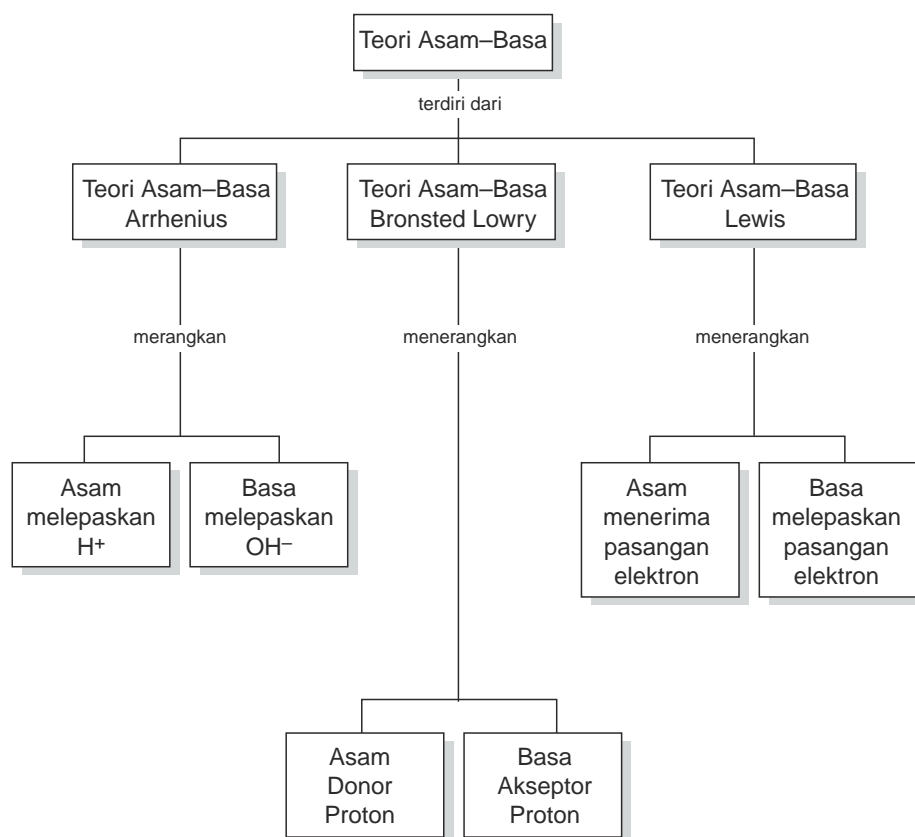
Rasa asam pada lemon atau jeruk lainnya berasal dari senyawa asam yaitu asam sitrat.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan teori asam-basa menurut Arrhenius,
2. menuliskan persamaan reaksi asam-basa menurut Arrhenius,
3. mengelompokkan asam-basa berdasarkan jumlah ion  $H^+$  dan  $OH^-$  nya dan kekuatannya,
4. menjelaskan teori asam-basa menurut Bronsted-Lowry,
5. menuliskan persamaan reaksi asam-basa menurut Bronsted-Lowry,
6. menunjukkan pasangan asam-basa konjugasi,
7. menjelaskan teori asam-basa menurut Lewis,
8. memberikan contoh asam-basa dalam kehidupan sehari-hari.

## PETA KONSEP



Dalam kehidupan sehari-hari dikenal senyawa asam seperti asam cuka untuk memasak, asam sitrat dalam buah jeruk, dan asam sulfat yang digunakan dalam aki. Selain asam ada juga senyawa basa seperti aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida yang terdapat pada obat maag dan kalsium hidroksida atau air kapur. Asam-basa juga dikenal di bidang pertanian dan lingkungan hidup yaitu berkaitan dengan keasaman tanah atau air.

Sifat asam basa suatu larutan dapat ditentukan dengan menggunakan kertas lakmus merah dan lakmus biru.

Ada beberapa teori yang membahas tentang asam-basa yaitu teori asam-basa Arrhenius, Bronsted Lowry, dan Lewis. Untuk mempelajarinya, pada bab ini akan diuraikan tentang teori asam-basa Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis serta keunggulan masing-masing teori tersebut.

## A. Teori Asam dan Basa Arrhenius

Apa saja sifat senyawa asam dan basa yang kamu kenal? Di SMP telah dipelajari bahwa asam merupakan zat yang berasa asam, sedangkan basa berasa pahit dan licin.

Asam dan basa dapat mengubah warna lakmus merah dan lakmus biru. Untuk melihat perubahan warna lakmus oleh asam dan basa lakukan kegiatan berikut ini.

### KEGIATAN 6.1

#### **Pengujian Larutan Asam-Basa dengan Lakmus**

Ujilah larutan HCl,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ , NaOH, dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan kertas lakmus merah dan kertas lakmus biru.

Catat hasil pengamatanmu.

*Pertanyaan:*

1. Bagaimana perubahan warna lakmus merah dan biru pada larutan asam dan basa?
2. Jelaskan sifat asam dan basa berdasarkan perubahan warna lakmus!

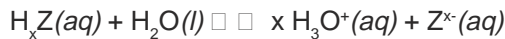
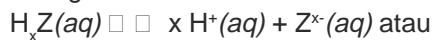
Asam akan mengubah warna lakmus biru menjadi merah, sedangkan basa mengubah warna lakmus merah menjadi biru.

Berdasarkan daya hantar listriknya senyawa asam dan basa termasuk elektrolit karena pada larutannya terurai menjadi ion-ion. Ion apa yang merupakan ciri khas asam dan basa?

Menurut Arrhenius apa yang disebut asam dan basa? Berikut ini akan diuraikan tentang asam dan basa menurut Arrhenius.

## 1. Asam

Menurut Arrhenius, jika asam dilarutkan dalam air akan terjadi reaksi ionisasi sebagai berikut.



Asam melepaskan ion  $H^+$  atau ion  $H_3O^+$ . Ion  $H_3O^+$  terjadi karena ion  $H^+$  diikat oleh air. Reaksi ionisasi asam biasanya ditulis dengan melepaskan ion  $H^+$ . Ion  $H^+$  inilah yang merupakan pembawa sifat asam.

Contoh reaksi ionisasi beberapa asam.

- $HCl(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$
- $H_2SO_4(aq) \rightleftharpoons 2 H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan:

Asam merupakan suatu senyawa yang dapat menghasilkan ion hidrogen ( $H^+$ ) atau ion hidronium ( $H_3O^+$ ) bila dilarutkan dalam air.

Asam dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah ion  $H^+$  yang dilepaskannya, rumusnya, dan kekuatan asamnya.

Berdasarkan jumlah ion  $H^+$  yang dilepaskan asam dikelompokkan menjadi asam *monoprotik*, *diprotik*, dan *triprotik*.

- Asam monoprotik* yaitu asam yang melepaskan satu ion  $H^+$  dalam pelarut air, misalnya:  
 $HCl(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$   
 $HNO_3(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + NO_3^-(aq)$
- Asam diprotik* yaitu asam yang melepaskan dua ion  $H^+$  dalam pelarut air, misalnya:  
 $H_2SO_4(aq) \rightleftharpoons 2 H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- Asam triprotik* yaitu asam yang melepaskan tiga ion  $H^+$  dalam pelarut air, misalnya:  
 $H_3PO_4(aq) \rightleftharpoons 3 H^+(aq) + PO_4^{3-}(aq)$

Berdasarkan rumus kimianya asam dibedakan sebagai asam *nonoksi*, *asam oksi*, dan *asam organik*.

- Asam nonoksi* yaitu asam yang tidak mengandung oksigen.  
Contoh beberapa asam nonoksi dan reaksi ionisasinya dapat dilihat pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1** Contoh beberapa asam nonoksi

Rumus Senyawa	Nama	Reaksi Ionisasi
HF	Asam florida	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$
HCl	Asam klorida	$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
HBr	Asam bromida	$\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Br}^-$
HCN	Asam sianida	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$
$\text{H}_2\text{S}$	Asam sulfida	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

- b. *Asam oksida* yaitu asam yang mengandung oksigen. Contoh beberapa asam oksida dan reaksi ionisasinya dapat dilihat pada Tabel 6.2.

**Tabel 6.2** Contoh beberapa asam oksida

Rumus Senyawa	Nama	Reaksi Ionisasi
HClO	Asam hipoklorit	$\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$
$\text{HClO}_3$	Asam klorit	$\text{HClO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_3^-$
$\text{HNO}_3$	Asam nitrat	$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Asam sulfat	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
$\text{H}_2\text{CO}_3$	Asam karbonat	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
$\text{H}_3\text{PO}_3$	Asam fosfit	$\text{H}_3\text{PO}_3 \rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_3^{3-}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	Asam fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

- c. *Asam organik* yaitu asam oksida yang umumnya terdapat pada senyawa organik. Contoh asam organik dapat dilihat pada Tabel 6.3.

**Tabel 6.3** Contoh beberapa asam organik

Rumus Senyawa	Nama	Reaksi Ionisasi
HCOOH	Asam formiat	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Asam asetat	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	Asam propionat	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	Asam benzoat	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$

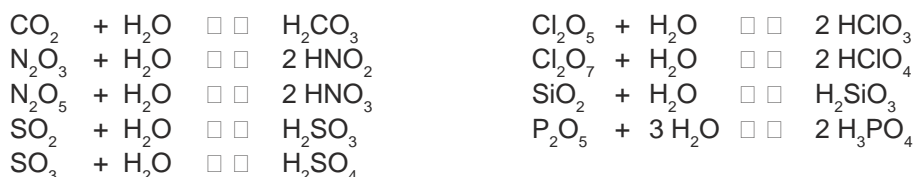
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Berdasarkan kekuatannya asam terdiri dari asam kuat dan asam lemah yang ditentukan oleh besarnya derajat ionisasi asam di dalam larutan air.

- a. *Asam kuat* yaitu asam yang derajat ionisasinya mendekati 1 atau mengalami ionisasi sempurna, misalnya: HCl, HBr, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, HIO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- b. *Asam lemah* yaitu asam yang derajat ionisasinya kecil atau mengalami ionisasi sebagian seperti: HCOOH, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HCN, dan H<sub>2</sub>S.

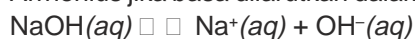
Asam dapat dihasilkan dari reaksi antara senyawa oksida nonlogam dengan air. Perhatikan contoh berikut.

**Contoh:**



## 2. Basa

Basa yang banyak digunakan adalah NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, dan Mg(OH)<sub>2</sub>. Menurut Arrhenius jika basa dilarutkan dalam air akan terjadi reaksi ionisasi sebagai berikut.



Setiap basa menghasilkan ion OH<sup>-</sup>, karena itu ion OH<sup>-</sup> merupakan pembawa sifat basa. Ionisasi basa secara umum dapat ditulis:



Basa dapat digolongkan berdasarkan jumlah ion OH<sup>-</sup> yang dilepaskannya dan kekuatannya. Berdasarkan ion OH<sup>-</sup> yang dilepaskan pada reaksi ionisasi, basa terdiri dari basa *monohidroksi* dan *basa polihidroksi*. Basa monohidroksi yaitu basa yang melepaskan satu ion OH<sup>-</sup>, sedangkan basa polihidroksi yaitu basa yang melepaskan ion OH<sup>-</sup> lebih dari satu. Contoh beberapa senyawa basa dan reaksi ionisasinya tertera pada Tabel 6.4 dan 6.5.

**Tabel 6.4** Contoh beberapa senyawa basa monohidroksi

Rumus Senyawa	Nama	Reaksi Ionisasi
LiOH	Litium hidroksida	$\text{LiOH} \square \text{Li}^+ + \text{OH}^-$
NaOH	Natrium hidroksida	$\text{NaOH} \square \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
KOH	Kalium hidroksida	$\text{KOH} \square \text{K}^+ + \text{OH}^-$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

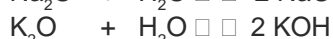
**Tabel 6.5** Contoh beberapa senyawa basa polihidroksi

Rumus Senyawa	Nama	Reaksi Ionisasi
Mg(OH) <sub>2</sub>	Magnesium hidroksida	Mg(OH) <sub>2</sub> ⇌ Mg <sup>2+</sup> + 2 OH <sup>-</sup>
Sr(OH) <sub>2</sub>	Srnsium hidroksida	Sr(OH) <sub>2</sub> ⇌ Sr <sup>2+</sup> + 2 OH <sup>-</sup>
Ba(OH) <sub>2</sub>	Barium hidroksida	Ba(OH) <sub>2</sub> ⇌ Ba <sup>2+</sup> + 2 OH <sup>-</sup>
Zn(OH) <sub>2</sub>	Seng(II) hidroksida	Zn(OH) <sub>2</sub> ⇌ Zn <sup>2+</sup> + 2 OH <sup>-</sup>
Al(OH) <sub>3</sub>	Aluminium(III) hidroksida	Al(OH) <sub>3</sub> ⇌ Al <sup>3+</sup> + 3 OH <sup>-</sup>
Fe(OH) <sub>2</sub>	Besi(II) hidroksida	Fe(OH) <sub>2</sub> ⇌ Fe <sup>2+</sup> + 2 OH <sup>-</sup>
Fe(OH) <sub>3</sub>	Besi(III) hidroksida	Fe(OH) <sub>3</sub> ⇌ Fe <sup>3+</sup> + 3 OH <sup>-</sup>

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Basa dapat dihasilkan dari reaksi antara senyawa oksida logam dengan air.

**Contoh:**



Asam dan basa banyak kegunaannya tetapi ada sifat-sifat yang membahayakan terutama yang larutannya pekat. Asam bersifat *korosif*, jika kena logam dan marmer akan bereaksi. Basa juga ada yang menyebabkan rasa panas dan kulit melepuh. Sifat basa ini disebut sifat kaustik basa.

Beberapa asam dan basa yang ada di sekitar kita serta keberadaannya dapat dilihat pada Tabel 6.6. dan 6.7.

**Tabel 6.6** Beberapa asam yang ada di sekitar kita

Nama	Keberadaan
Asam askorbat	Dalam buah-buahan dikenal sebagai vitamin C
Asam karbonat	Dalam minuman ringan bersoda
Asam sitrat	Dalam jeruk atau buah-buahan
Asam asetat	Dalam cuka
Asam klorida	Dalam asam lambung
Asam laktat	Dalam susu asam
Asam nitrat	Dalam pupuk dan bahan peledak
Asam fosfat	Dalam pupuk
Asam sulfat	Dalam aki mobil dan bahan pupuk

Sumber: Ebbing, General Chemistry



**Tabel 6.7** Beberapa basa yang ada di sekitar kita

Nama	Keberadaan
Amonia atau amonium hidroksida	Dalam pupuk dan bahan pembersih
Kalsium hidroksida	Dalam air kapur
Magnesium hidroksida	Dalam obat antacid
Natrium hidroksida	Dalam sabun dan pembersih

Sumber: Ebbing, General Chemistry

## Latihan 6.1

Selesaikan soal-soal berikut!

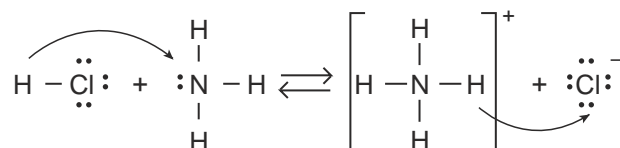
- Tulis reaksi ionisasi zat-zat berikut di dalam pelarut air menurut teori Arrhenius.
  - $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ .
  - $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
- Berikan contoh asam monoprotik, poliprotik serta basa monohidroksi dan polihidroksi. Tulis reaksi ionisasinya.
- Tulis reaksi zat-zat berikut jika direaksikan dengan air dan nama zat yang dihasilkan;  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .

## B. Teori Asam-Basa Bronsted dan Lowry

Reaksi antara gas dari asam klorida dan amonia yang bersifat basa menghasilkan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang berupa kabut putih. Gas tersebut berasal dari larutan  $\text{HCl}$  dan  $\text{NH}_3$  pekat. Reaksi asam-basa ini dapat dijelaskan dengan teori asam basa Bronsted-Lowry. Bagaimana pengertian asam basa menurut Bronsted-Lowry?

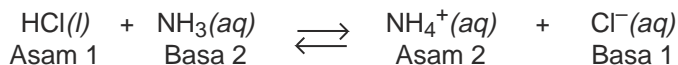
### 1. Pengertian Asam-Basa Menurut Bronsted-Lowry

Pada reaksi antara  $\text{HCl}$  dan  $\text{NH}_3$  terjadi perpindahan ion  $\text{H}^+$  atau proton, perhatikan reaksi berikut.

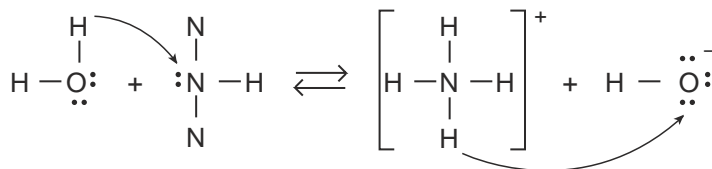


$\text{HCl}$  memberikan  $\text{H}^+$  atau proton ke  $\text{NH}_3$  sehingga terjadi ion  $\text{NH}_4^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$ . Reaksi sebaliknya  $\text{NH}_4^+$  dapat memberikan  $\text{H}^+$  (proton) pada ion  $\text{Cl}^-$  sehingga terjadi lagi  $\text{HCl}$  dan  $\text{NH}_3$ .

Dari penjelasan ini disimpulkan bahwa asam memberikan proton sedangkan basa menerima proton. Reaksinya dapat ditulis:



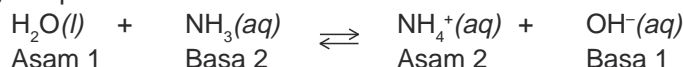
Contoh lainnya yaitu reaksi antara  $\text{NH}_3$  dengan air.



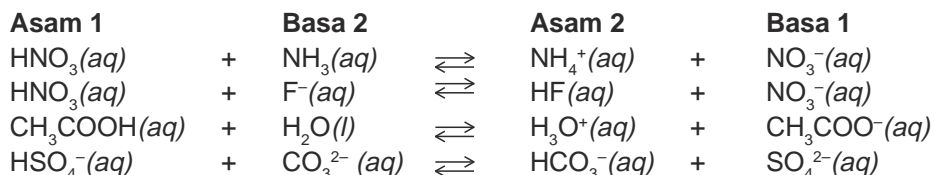
$\text{H}_2\text{O}$  bertindak sebagai asam karena memberikan proton kepada  $\text{NH}_3$  sehingga terbentuk  $\text{NH}_4^+$ . Ion  $\text{OH}^-$  dapat bertindak sebagai basa karena menerima proton dari ion  $\text{NH}_4^+$ .

$\text{NH}_3$  sebagai basa karena menerima proton dari  $\text{H}_2\text{O}$  dan sebaliknya  $\text{NH}_4^+$  dapat bertindak sebagai asam dan menyerahkan protonnya kepada ion  $\text{OH}^-$  membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ .

Reaksinya dapat ditulis:



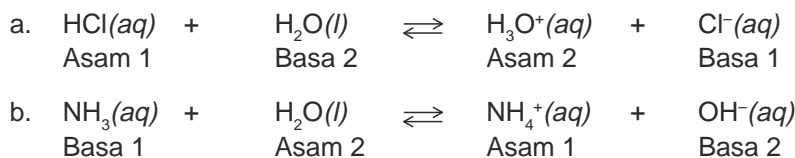
Beberapa reaksi asam basa Bronsted Lowry dapat dilihat berikut ini.



Menurut Bronsted-Lowry asam adalah senyawa yang dapat memberikan ion  $\text{H}^+$  atau proton dan disebut *donor proton*, basa adalah senyawa yang dapat menerima ion  $\text{H}^+$  atau proton, dan disebut *akseptor proton*.

Pemindahan proton dari satu partikel ke partikel lainnya dinamakan proses *protolisis*. Apabila proses protolisis berlangsung antara molekul-molekul air sendiri proses ini dinamakan *autoprotolisis*. Zat yang mempunyai dua sifat yaitu dapat bertindak sebagai asam dan sebagai basa, dinamakan *amfiprotik*.

**Contoh:**



Pada reaksi pertama air bersifat asam, pada reaksi kedua bertindak sebagai basa, maka air bersifat amfiprotik.

## 2. Pasangan Asam-Basa Konjugasi

Pada waktu asam memberikan proton akan terbentuk *basa konjugasi* dari asam tersebut. Disebut basa konjugasi karena bersifat basa yaitu dapat menerima proton untuk membentuk asam lagi.

Contoh basa konjugasi:

Asam		Proton		Basa Konjugasi
$\text{HCl}(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+(aq)$	+	$\text{Cl}^-(aq)$
$\text{H}_2\text{O}(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+(aq)$	+	$\text{OH}^-(aq)$
$\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+(aq)$	+	$\text{SO}_4^{2-}(aq)$
$\text{NH}_4^+(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}^+(aq)$	+	$\text{NH}_3(aq)$

Jika basa menerima proton akan terbentuk *asam konjugasi*. Contohnya sebagai berikut.

Basa		Proton		Asam Konjugasi
$\text{NH}_3(aq)$	+	$\text{H}^+(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{NH}_4^+(aq)$
$\text{H}_2\text{O}(aq)$	+	$\text{H}^+(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_3\text{O}^+(aq)$
$\text{OH}^-(aq)$	+	$\text{H}^+(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_2\text{O}(aq)$
$\text{CO}_3^{2-}(aq)$	+	$\text{H}^+(aq)$	$\rightleftharpoons$	$\text{HCO}_3^-(aq)$

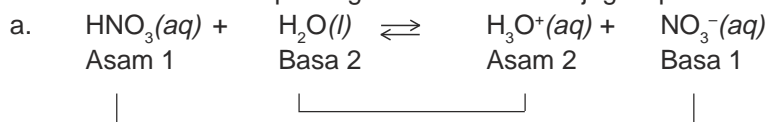
Perhatikan reaksi berikut:

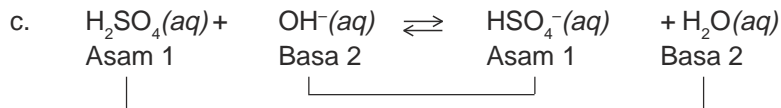
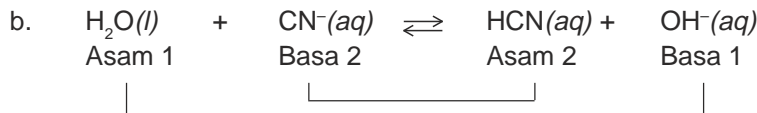


Pasangan asam-basa setelah terjadi serah terima proton dinamakan asam basa konjugasi.

- $\text{HCl}$  dan  $\text{Cl}^-$  merupakan pasangan asam-basa konjugasi.  $\text{HCl}$  adalah asam konjugasi dari  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{Cl}^-$  adalah basa konjugasi dari  $\text{HCl}$ .
- $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  merupakan pasangan asam-basa konjugasi.  $\text{H}_2\text{O}$  adalah basa konjugasi dari  $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$  adalah asam konjugasi dari  $\text{H}_2\text{O}$ .

Berikut ini contoh pasangan asam-basa konjugasi pada beberapa reaksi.





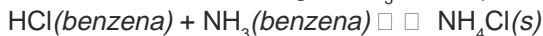
### 3. Keunggulan Teori Bronsted-Lowry

Konsep asam basa dari Bronsted dan Lowry lebih luas daripada konsep asam-basa Arrhenius.

Arrhenius hanya dapat menjelaskan sifat asam dan sifat basa bagi senyawa-senyawa yang memiliki  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dengan rumus kimia HA untuk asam dan LOH untuk basa, sedangkan teori Bronsted dan Lowry mempunyai beberapa keunggulan di antaranya:

- Konsep asam basa Bronsted dan Lowry tidak terbatas dalam pelarut air, tetapi juga dapat menjelaskan reaksi asam-basa dalam pelarut lain atau bahkan reaksi tanpa pelarut.

Contoh: Reaksi HCl dengan  $\text{NH}_3$  dalam pelarut benzena.



- Asam dan basa dari Bronsted-Lowry tidak hanya berupa molekul tetapi dapat juga berupa kation dan anion.

Contoh:  $\text{NH}_4^+$  bersifat asam karena dalam air dapat melepas proton.

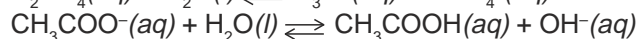
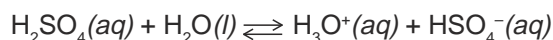
- Dapat menjelaskan senyawa yang bersifat sebagai asam dan basa yang disebut amfiprotik.

## Latihan 6.2

Selesaikan soal-soal berikut.

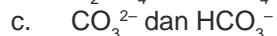
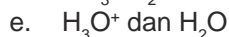
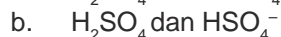
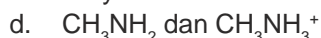
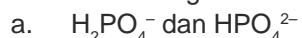
- Jelaskan pengertian asam-basa menurut Arrhenius dan Bronsted-Lowry!
- Dari reaksi-reaksi berikut tentukan asam-basa menurut Bronsted-Lowry dan tuliskan pasangan asam-basa konjugasinya.
  - $\text{HNO}_2(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(l) + \text{NO}_2^-(aq)$
  - $\text{HBr}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{Br}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
  - $\text{NH}_3(aq) + \text{HBO}_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{BO}_3^-(aq) + \text{NH}_2^-(aq)$
  - $\text{HSO}_4^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$
  - $\text{H}_2\text{CO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$

3. Perhatikan reaksi berikut:



Pada kedua reaksi tersebut tentukan senyawa yang bersifat amfiprotik.

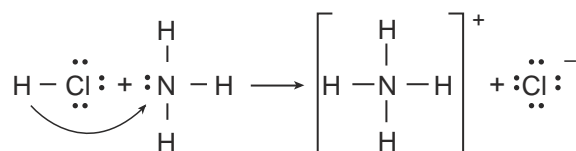
4. Pada setiap pasangan asam-basa konjugasi di bawah ini, manakah yang bertindak sebagai asam menurut Bronsted-Lowry?



## C. Teori Asam-Basa Lewis

Pada tahun 1923 G.N Lewis seorang ahli Kimia dari Amerika Serikat, memperkenalkan teori asam dan basa yang tidak melibatkan transfer proton, tetapi melibatkan penyerahan dan penerimaan pasangan elektron bebas.

**Contoh:**

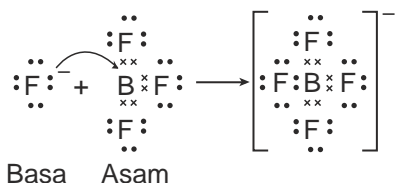


Bagaimana pengertian teori asam-basa Lewis dan apa keunggulan teori ini?

### 1. Pengertian Asam-Basa Lewis

Lewis mengemukakan teori baru tentang asam-basa sehingga partikel ion atau molekul yang tidak mempunyai atom hidrogen atau proton dapat diklasifikasikan ke dalam asam dan basa.

Perhatikan contoh teori asam-basa Lewis pada reaksi berikut.

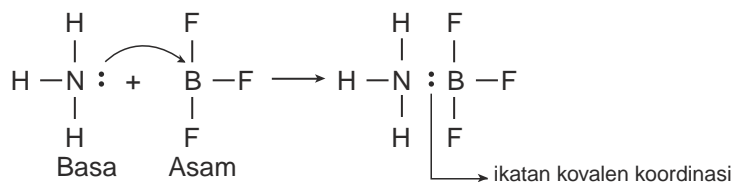


Pada reaksi boron trifluorida dengan ion fluor,  $\text{BF}_3$  bertindak sebagai asam, sebab menerima pasangan elektron dari  $\text{F}^-$ .  $\text{F}^-$  bertindak sebagai basa, sebab memberikan pasangan elektron kepada  $\text{BF}_3$ .

Berdasarkan contoh reaksi asam-basa ini, Lewis menyatakan bahwa asam adalah suatu molekul atau ion yang dapat menerima pasangan elektron, sedangkan basa adalah suatu molekul atau ion yang dapat memberikan pasangan elektronnya.

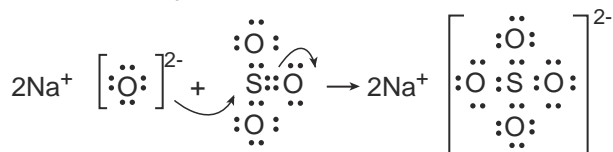
**Contoh:**

- a. Reaksi boron trifluorida dengan amoniak

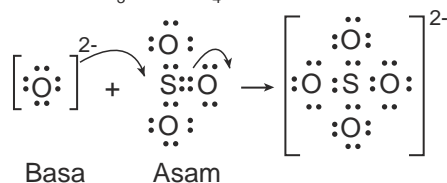


NH<sub>3</sub> menyerahkan pasangan elektron bebasnya kepada molekul BF<sub>3</sub>. Menurut teori ini NH<sub>3</sub> bertindak sebagai basa dan BF<sub>3</sub> bertindak sebagai asam. Pada pembentukan senyawanya terjadi ikatan kovalen koordinasi.

- b. Reaksi antara Na<sub>2</sub>O dan SO<sub>3</sub>. Reaksi ini melibatkan reaksi ion oksida O<sup>2-</sup> dari Na<sub>2</sub>O padat dan gas SO<sub>3</sub>.  
 Na<sub>2</sub>O(s) + SO<sub>3</sub>(g) ⇌ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(s)



atau  
 O<sup>2-</sup> + SO<sub>3</sub> ⇌ [SO<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>



Pada reaksi ini, SO<sub>3</sub> menerima pasangan elektron dari ion O<sup>2-</sup>, jadi O<sup>2-</sup> merupakan basa Lewis dan SO<sub>3</sub> adalah asam Lewis.

## 2. Keunggulan Asam-Basa Lewis

Beberapa keunggulan asam-basa Lewis yaitu sebagai berikut.

- a. Sama dengan teori Bronsted dan Lowry, dapat menjelaskan sifat asam, basa dalam pelarut lain atau pun tidak mempunyai pelarut.
- b. Teori asam-basa Lewis dapat menjelaskan sifat asam-basa molekul atau ion yang mempunyai pasangan elektron bebas atau yang dapat menerima pasangan elektron bebas. Contohnya pada pembentukan senyawa kompleks.
- c. Dapat menerangkan sifat basa dari zat-zat organik seperti DNA dan RNA yang mengandung atom nitrogen yang memiliki pasangan elektron bebas.

## Latihan 6.3

Tunjukkan reaksi-reaksi berikut dengan konsep asam–basa Lewis, tuliskan struktur molekul dengan pasangan elektron yang terlibat.

1.  $\text{AlCl}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Cl}_3\text{AlNH}_3$
2.  $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+$
3.  $\text{SO}_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HSO}_4^-$
4.  $\text{BCl}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Cl}_3\text{BNH}_3$
5.  $\text{O}^{2-} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$

## INFO KIMIA



Sumber: Ramsden, Key Science Chemistry

Buah-buahan yang masam mengandung asam organik, jeruk mengandung asam sitrat, apel mengandung asam malat. Selain itu, mengandung asam askorbat yang dikenal sebagai vitamin C. Vitamin C berfungsi sebagai *antioksidan*.

## Rangkuman

1. Asam dan basa menurut Arrhenius
  - a. Asam merupakan suatu senyawa yang dapat menghasilkan ion ( $\text{H}^+$ ) bila dilarutkan dalam air.
  - b. Basa merupakan suatu senyawa yang dapat menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  bila dilarutkan dalam air.
2. Asam dan basa menurut Bronsted-Lowry  
Asam merupakan senyawa yang dapat memberikan proton ( $\text{H}^+$ ) basa merupakan senyawa yang dapat menerima proton ( $\text{H}^+$ ).
3. Asam dan basa menurut Lewis  
Asam merupakan senyawa yang dapat menerima pasangan elektron bebas. Basa merupakan senyawa yang dapat memberi pasangan elektron bebas.
4. Asam dikelompokkan menjadi asam monoprotik, diprotik, dan triprotik.
5. Basa dikelompokkan menjadi basa monohidroksi dan polihidroksi.
6. Dilihat dari kekuatannya, asam dan basa ada yang bersifat lemah dan kuat.

## Kata Kunci

- Asam
- Basa
- Asam kuat
- Asam lemah
- Basa kuat
- Basa lemah
- Asam Bronsted-Lowry
- Basa Bronsted-Lowry
- Protolisis
- Auto protolisis
- Asam basa konjugasi
- Asam Lewis
- Basa Lewis

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Perhatikan data pengujian larutan dengan lakmus merah dan lakmus biru berikut!

Larutan	Lakmus merah	Lakmus biru
R	Merah	Biru
S	Merah	Merah
T	Biru	Biru
P	Merah	Merah
Q	Biru	Biru

Berdasarkan data tersebut, larutan yang bersifat asam adalah . . . .

- A. P dan S  
B. Q dan T  
C. R dan T  
D. Q dan S  
E. P dan R
2. Reaksi ionisasi yang tepat dari reaksi berikut adalah . . . .
- A.  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{OH}^{-}(\text{aq})$   
B.  $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^{+}(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$   
C.  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CO}^{+}(\text{aq}) + \text{OH}^{-}(\text{aq})$   
D.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons 2 \text{H}^{+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{-}(\text{aq})$   
E.  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^{+}(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^{-}(\text{aq})$
3. Asam silikat mempunyai rumus . . . .
- A.  $\text{H}_2\text{S}$   
B.  $\text{H}_2\text{SO}_3$   
C.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
D.  $\text{H}_2\text{SiO}_3$   
E.  $\text{H}_3\text{SiO}_2$
4. Zat berikut yang termasuk asam triprotik adalah asam . . . .
- A. sulfit  
B. karbonat  
C. fosfat  
D. nitrat  
E. asetat





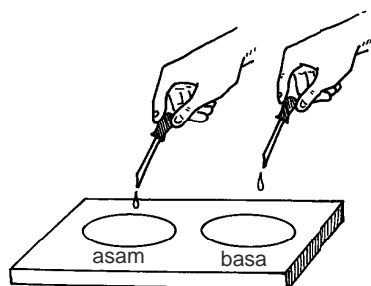


3. Tunjukkan mana yang bertindak sebagai donor proton dan akseptor proton dalam reaksi berikut:
- $\text{HSO}_4^-(aq) + \text{NH}_3(aq) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-}(aq) + \text{NH}_4^+(aq)$
  - $\text{HF}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{F}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
  - $\text{HCl}(aq) + \text{HF}(aq) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{F}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$
4. Tentukan manakah yang bertindak sebagai asam dan basa Lewis pada reaksi berikut dan jelaskan dengan menggunakan konsep ikatan kovalen koordinasi
- $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$
  - $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
  - $\text{SO}_3 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HSO}_4^-$
5. Berikan contoh bahan yang mengandung asam-basa dalam kehidupan sehari-hari!

## Tugas

Buatlah indikator asam-basa pengganti lakmus yaitu dari bunga-bunga atau daun-daunan berwarna.

Langkah kerja:

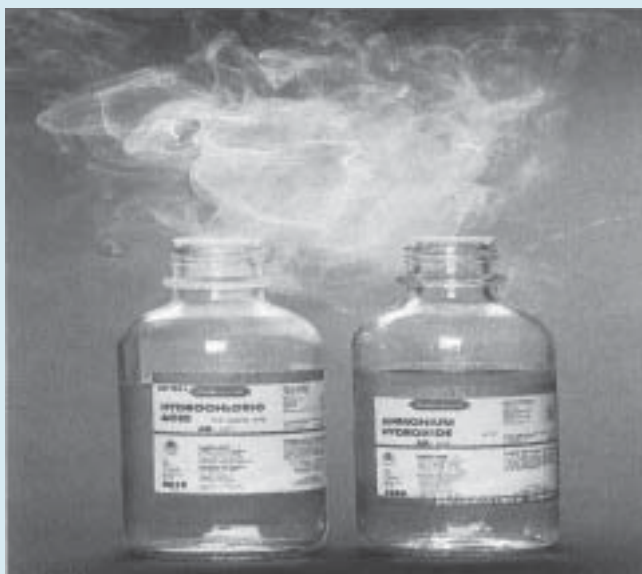


1. Tumbuk kelopak bunga sampai halus!
2. Tambahkan beberapa tetes alkohol 70%!
3. Pisahkan larutan ekstrak bunga! Amati warnanya!
4. Siapkan larutan asam dan basa!
5. Tambahkan ekstrak bunga pada larutan asam dan basa, amati kembali warna yang terjadi!

Ulangi percobaan terhadap bunga-bunga yang lain, kol ungu dan dedaunan. Tentukan bunga atau daun apa yang baik digunakan sebagai indikator asam-basa. Laporkan hasil penelitianmu, usahakan beri warna sesuai dengan warna hasil percobaan.

## Bab VII

# pH Larutan Asam-Basa



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

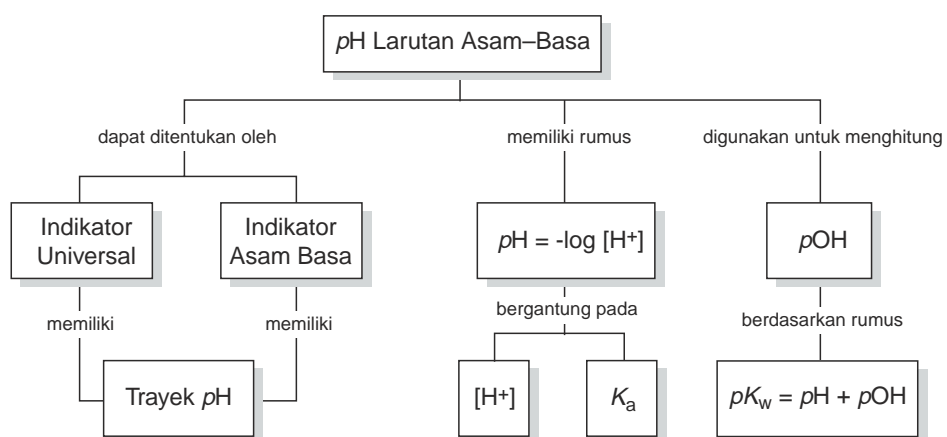
Indikator universal dan kertas lakmus digunakan untuk mengidentifikasi pH larutan asam-basa.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. melakukan pengujian H larutan dengan indikator,
2. menjelaskan konstanta ionisasi asam dan basa ( $K_a$  dan  $K_b$ ),
3. menghitung konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  pada larutan asam-basa,
4. menjelaskan hubungan ion  $H^+$  dengan pH larutan,
5. menghitung H larutan asam-basa,
6. menjelaskan trayek H indikator asam-basa.

## PETA KONSEP



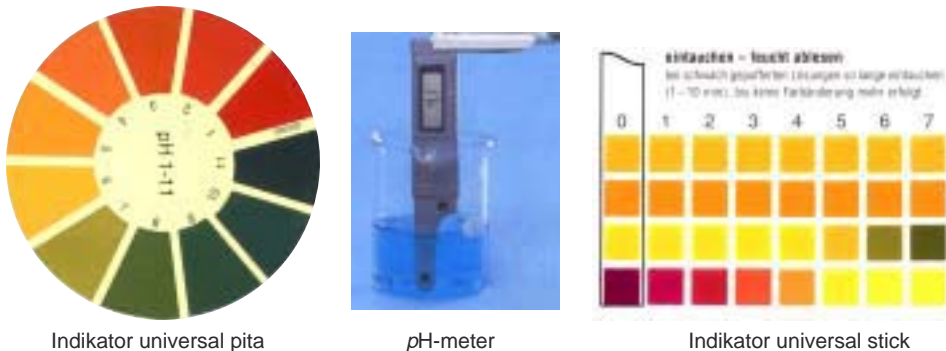
Dalam kehidupan sehari-hari dikenal istilah *pH* misalnya *pH* air, *pH* tanah, *pH* sabun mandi, dan *pH* asam lambung. *pH* menunjukkan derajat keasaman.

Harga *pH* larutan di antara 1–14. Harga *pH* bergantung pada jumlah ion  $H^+$  yang terkandung di dalam larutan. Untuk mengidentifikasi *pH* suatu larutan dapat digunakan alat seperti *pH* meter dan berbagai indikator baik yang berbentuk kertas maupun cair.

Asam dan basa sifatnya berbeda, ada yang kuat dan ada yang lemah. Apakah kekuatan asam basa mempengaruhi harga *pH*? Sebelum membahas penentuan *pH*, pada bab ini akan diuraikan dulu penentuan *pH* asam-basa dengan indikator, konstanta ionisasi asam dan basa untuk menghitung jumlah ion  $H^+$  yang dihasilkan oleh asam dan ion  $OH^-$  dari basa baik yang kuat maupun yang lemah, selanjutnya cara menentukan *pH* larutan, perhitungan *pH* larutan, macam-macam indikator, dan penerapan *pH* dalam kehidupan sehari-hari.

## A. Penentuan *pH* Larutan dengan Indikator

Harga *pH* menunjukkan keasaman suatu larutan. Pengujiannya dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara misalnya dengan *pH*-meter, indikator universal, atau macam-macam indikator asam-basa lainnya. Di laboratorium dan sekolah, alat yang sering digunakan yaitu indikator universal pita. Perhatikan gambar alat pengujian *pH* berikut.



**Gambar 7.1** Berbagai alat pengujian *pH*

Sumber: New Stage Chemistry

Bagaimana cara menguji *pH*? Lakukan kegiatan berikut.

### KEGIATAN 7.1

#### Pengujian *pH* dengan Indikator Universal

Pada percobaan ini akan ditentukan *pH* larutan asam, basa, dan air murni dengan menggunakan indikator universal pita.

Langkah-langkah percobaan:

1. Siapkan potongan-potongan kecil pita indikator universal pada plat tetes.

2. Teteskan air, larutan HCl 0,1 M, CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M, NH<sub>3</sub> 0,1 M, dan NaOH 0,1 M pada indikator.
3. Amati warna yang terjadi pada indikator dan tentukan pH larutan dengan mencocokkan warna indikator tersebut dengan skala pH pada wadah pita indikator universal.

*Pertanyaan:*

1. Berapa harga pH air, larutan asam, dan basa pada percobaan?
2. Apakah pH larutan asam atau basa lemah sama dengan pH asam atau basa kuat?
3. Buatlah kesimpulan tentang pH larutan asam dan basa!

Dari percobaan akan didapat data sebagai berikut!

Larutan	Air	HCl	CH <sub>3</sub> COOH	NH <sub>3</sub> (aq)	NaOH
Konsentrasi	–	0,1 M	0,1 M	0,1 M	0,1 M
pH	7	1	3	9	13
Sifat larutan	Netral	Asam kuat	Asam lemah	Basa lemah	Basa kuat

Air murni bersifat netral, pH air = 7. HCl dan CH<sub>3</sub>COOH bersifat asam, pH asam < 7. NH<sub>3</sub> dan NaOH bersifat basa, pH basa > 7. Pada konsentrasi yang sama makin kuat sifat asam harga pH makin kecil. Untuk basa, makin kuat sifat basa harga pH makin besar.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan:

pH asam < 7, basa > 7, dan larutan netral = 7.

Pada konsentrasi yang sama pH larutan asam kuat lebih kecil dari asam lemah, sedangkan pH basa kuat lebih besar dari basa lemah.

## Latihan 7.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan mana yang memiliki pH lebih besar dari 7 dan yang lebih kecil dari 7 dari larutan-larutan berikut.
  - a. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - b. KOH
  - c. HNO<sub>3</sub>
  - d. Mg(OH)<sub>2</sub>
2. Perkirakan mana yang memiliki pH = 7, lebih besar dari 7, dan yang lebih kecil dari 7 dari bahan-bahan berikut.
  - a. Yoghurt
  - b. Vitamin C
  - c. Detergen
  - d. Soft drink
  - e. Cuka
  - f. Air kapur
  - g. Pasta gigi
  - h. Susu

## B. Konstanta Ionisasi Asam dan Basa

Asam dan basa ada yang bersifat kuat dan lemah. Asam dan basa kuat dalam air seluruh molekulnya terurai menjadi ion-ionnya, sedangkan asam dan basa lemah hanya sebagian kecil molekulnya terurai menjadi ion-ionnya. Berdasarkan banyaknya asam atau basa yang terionisasi didapat harga derajat ionisasi asam atau basa.

Derajat ionisasi ( $\alpha$ ) adalah harga perbandingan antara jumlah molekul zat yang terionisasi dengan jumlah molekul zat mula-mula. Nilai derajat ionisasi ( $\alpha$ ) dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah mol asam terionisasi}}{\text{Jumlah mol asam mula - mula}} \text{ atau } \alpha = \frac{\text{Jumlah mol basa terionisasi}}{\text{Jumlah mol basa mula - mula}}$$

Nilai derajat ionisasi memiliki rentang antara 0% – 100% atau bernilai antara 0 hingga 1. Asam kuat dan basa kuat terionisasi sempurna dalam larutannya sehingga mempunyai derajat ionisasi,  $\alpha = 1$ . Asam lemah dan basa lemah hanya terionisasi sebagian kecil dalam larutannya sehingga mempunyai derajat ionisasi  $0 < \alpha < 1$ .

Penguraian asam lemah atau basa lemah menjadi ion-ionnya membentuk reaksi kesetimbangan dan memiliki suatu konstanta ionisasi asam dan basa atau ditulis  $K_a$  dan  $K_b$ .

### 1. Konstanta Ionisasi Air

Air murni hampir tidak menghantarkan arus listrik, hanya alat pengukuran yang sangat peka yang dapat menunjukkan bahwa air murni memiliki daya hantar listrik yang sangat kecil. Artinya hanya sebagian kecil molekul-molekul air dapat terionisasi menjadi ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$ .

Persamaan ionisasi air dapat ditulis:  $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$

Harga tetapan kesetimbangan air adalah:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K \cdot [H_2O] = [H^+][OH^-]$$

Konsentrasi  $H_2O$  yang terionisasi menjadi  $H^+$  dan  $OH^-$  sangat kecil dibandingkan dengan  $[H_2O]$  mula-mula, sehingga  $[H_2O]$  dapat dianggap tetap, maka harga  $K[H_2O]$  juga tetap, yang disebut *konstanta kesetimbangan ionisasi air* atau ditulis  $K_w$ .

$$K_w = [H^+][OH^-]$$



Pada suhu 25°C,  $K_w$  yang didapat dari percobaan adalah  $1,0 \times 10^{-14}$ . Harga  $K_w$  ini bergantung pada suhu, tetapi untuk percobaan yang suhunya tidak terlalu menyimpang jauh dari 25°C, harga itu dapat dianggap tetap.

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

maka  $[H^+]$  dalam air =  $10^{-7}$  M dan  $[OH^-]$  dalam air =  $10^{-7}$  M

## 2. Ionisasi Asam Kuat dan Basa Kuat

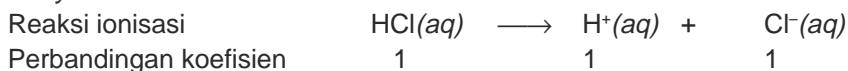
Asam kuat dan basa kuat adalah senyawa yang dalam air mengalami ionisasi sempurna, hampir semua molekulnya terionisasi membentuk ion-ion. Reaksinya merupakan reaksi satu arah bukan reaksi kesetimbangan.

Untuk menghitung  $[H^+]$  atau  $[OH^-]$  dapat digunakan perhitungan kimia dengan melihat reaksi ionisasinya. Perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

1. Berapa konsentrasi  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam 500 mL larutan HCl 0,1 M?

*Penyelesaian:*



$$[H^+] = \frac{1}{1} \times 0,1 \text{ M} = 0,1 \text{ M}$$

Konsentrasi  $OH^-$  dalam HCl 0,1 M adalah

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \text{ M}$$

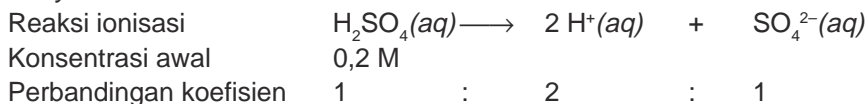
$$0,1 [OH^-] = 10^{-14} \text{ M}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13} \text{ M.}$$

Jadi,  $[H^+] = 0,1 \text{ M}$  dan  $[OH^-] = 10^{-13} \text{ M}$ .

2. Berapa konsentrasi  $H^+$  dan  $SO_4^{2-}$  dalam 500 mL larutan  $H_2SO_4$  0,2 M?

*Penyelesaian:*



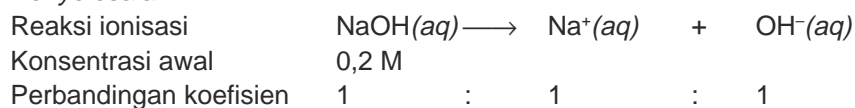
$$\text{maka } [H^+] = \frac{2}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,4 \text{ M}$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{1}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,2 \text{ M}$$

Jadi,  $[H^+] = 0,4 \text{ M}$  dan  $[SO_4^{2-}] = 0,2 \text{ M}$ .

3. Berapa konsentrasi  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}^+$  dalam larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M?

*Penyelesaian:*



a.  $[\text{OH}^-] = \frac{1}{1} \times 0,2 \text{ M} = 0,2 \text{ M}$

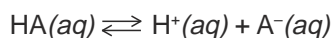
b.  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ M}$   
 $[\text{H}^+] \times 0,2 = 10^{-14} \text{ M}$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-1}} = 5 \cdot 10^{-14} \text{ M}$$

Jadi,  $[\text{H}^+]$  dalam larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M =  $5 \times 10^{-14} \text{ M}$

### 3. Konstanta Ionisasi Asam Lemah

Asam lemah  $[\text{HA}]$  akan terionisasi dengan reaksi kesetimbangan.



$K_a$  adalah konstanta kesetimbangan asam

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-], \text{ maka: } K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{H}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HA}]$$

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

$$[\text{HA}] = C_a = \text{konsentrasi asam}$$

Maka:  $[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$

Dari rumus di atas,  $[\text{H}^+]$  dari asam lemah dapat ditentukan asal harga  $K_a$ -nya diketahui. Jika  $K_a$  besar maka  $[\text{H}^+]$  juga besar atau asam makin kuat.

Jadi, dapat disimpulkan:

Makin besar  $K_a$  suatu asam, sifat asam makin kuat.

Harga konstanta ionisasi asam dari beberapa asam lemah pada suhu  $25^\circ\text{C}$ , dapat dilihat pada Tabel 7.1.

**Tabel 7.1** Harga  $K_a$  asam lemah

Nama Asam	Rumus Kimia	Nilai $K_a$
Asam asetat	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,7 \times 10^{-5}$
Asam karbonat	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$4,3 \times 10^{-7}$
Asam formiat	$\text{HCOOH}$	$1,7 \times 10^{-4}$
Asam sianida	$\text{HCN}$	$4,9 \times 10^{-10}$
Asam fluorida	$\text{HF}$	$6,8 \times 10^{-4}$
Asam nitrit	$\text{HNO}_2$	$4,5 \times 10^{-4}$
Asam oksalat	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \times 10^{-2}$
Asam hipoklorit	$\text{HClO}$	$3,5 \times 10^{-8}$
Asam sulfit	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,3 \times 10^{-2}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

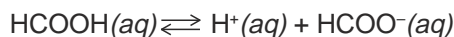
Bagaimana cara menghitung  $[\text{H}^+]$  pada asam lemah? Perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

1. Tentukan  $[\text{H}^+]$  yang terdapat dalam asam formiat 0,01 M. Jika diketahui  $K_a \text{HCOOH} = 1,7 \times 10^{-4}$ .

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi ionisasi HCOOH

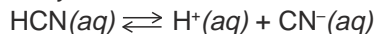


$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{K_a \cdot C_a} \\ &= \sqrt{1,7 \cdot 10^{-4} \times 0,01} \\ &= 1,30 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dalam larutan HCOOH 0,01 M adalah  $1,34 \times 10^{-3}$  M.

2. Tentukan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang terdapat dalam 250 mL larutan HCN 0,15 M jika harga  $K_a \text{HCN} = 4,9 \times 10^{-10}$ .

*Penyelesaian:*



$$0,15 \text{ M} \qquad 0,15 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \sqrt{K_a \cdot C_a} \\ [\text{H}^+] &= \sqrt{4,9 \times 10^{-10} \cdot 0,15} \\ &= 8,6 \times 10^{-6} \text{ M} \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dalam larutan HCN adalah  $8,6 \times 10^{-6}$  M.

### Hubungan derajat ionisasi asam ( $\alpha$ ) dengan harga $K_a$

Suatu asam lemah HA dengan konsentrasi  $a$  molar membentuk ion  $H^+$  dan  $A^-$  dengan derajat ionisasi  $= \alpha$ . Secara matematis hubungan  $K_a$  dengan  $\alpha$  dapat dijelaskan sebagai berikut.

	$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$		
Mula-mula	$a \text{ mol}$	–	–
Bereaksi	$a\alpha$		
Hasil reaksi		$a\alpha$	$a\alpha$
Mol zat pada kesetimbangan	$a(1 - \alpha)$	$a\alpha$	$a\alpha$

Oleh karena  $\alpha$  sangat kecil maka pada asam lemah harga  $(1 - \alpha)$  dianggap = 1 atau sama dengan konsentrasi asam mula-mula.

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{a\alpha \times a\alpha}{a}$$

$$K_a = (a\alpha^2)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{a}}$$

$a = C_a =$  konsentrasi asam mula-mula

$$\text{Jadi } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} \Leftrightarrow K_a = C_a \cdot \alpha^2$$

Substitusikan ke rumus  $[H^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$  maka didapat  $[H^+] = \sqrt{C_a \cdot \alpha^2 \cdot C_a}$

$$[H^+] = C_a \cdot \alpha$$

### Contoh Soal

- Berapa konsentrasi  $H^+$ ,  $HCOO^-$ , dan  $HCOOH$  dalam larutan asam formiat 0,1 M, jika derajat ionisasinya 1,5%.

*Penyelesaian:*

Reaksi ionisasi	$HCOOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCOO^-(aq)$		
Konsentrasi awal	0,1 M	–	–
Terionisasi	$1,5\% \times 0,1$ $1,5 \times 10^{-3}$	–	–
Hasil reaksi		$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Konsentrasi akhir	$(10^{-1} - 1,5 \cdot 10^{-3})$ 0,0985 M	0,0015 M	0,0015 M

Jadi  $[H^+] = 0,0015 \text{ M}$

$[HCOO^-] = 0,0015 \text{ M}$

$[HCOOH] = 0,0985 \text{ M}$

2. Derajat ionisasi asam cuka 0,1 M adalah 1%. Berapa  $[H^+]$  dan  $K_a$  asam cuka tersebut?

*Penyelesaian:*

$$\begin{aligned}[H^+] &= C_a \cdot \alpha \\ &= 0,1 \cdot 0,01 \\ &= 0,001 = 10^{-3} \text{ M}\end{aligned}$$

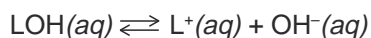
$$\begin{aligned}K_a &= C_a \times \alpha^2 \\ &= 0,1 \times (0,01)^2 = 10^{-5}\end{aligned}$$

Jadi,  $[H^+] = 10^{-3} \text{ M}$  dan  $K_a = 10^{-5}$ .

#### 4. Konstanta Ionisasi Basa Lemah

Harga konstanta ionisasi basa ( $K_b$ ) dapat ditentukan berdasarkan persamaan reaksi ionisasinya. Basa lemah umumnya sukar larut dalam air, satu-satunya basa lemah yang larut baik dalam air adalah larutan  $NH_4OH$ .

Untuk menentukan konsentrasi  $OH^-$  sama dengan cara menentukan konsentrasi  $H^+$ , yaitu menggunakan harga  $K_b$ . Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



$$K_b = \frac{[L^+][OH^-]}{[LOH]}$$

Karena  $[OH^-] = [L^+]$  maka

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[LOH]} \rightarrow [OH^-]^2 = K_b [LOH]$$

$LOH$  yang terurai sangat sedikit, maka  $[LOH]$  sisa =  $[LOH]$  mula-mula =  $C_b$ .

Maka  $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$

Berdasarkan rumus, makin besar  $K_b$  maka  $[OH^-]$  makin besar atau sifat basa makin kuat. Jadi, dapat disimpulkan:

Makin besar  $K_b$ , sifat basa makin kuat.

Harga tetapan ionisasi basa dari beberapa basa lemah pada suhu  $25^\circ C$  dapat dilihat pada Tabel 7.2.

**Tabel 7.2** Harga  $K_b$  basa lemah

Nama Basa	Rumus Kimia	$K_b$
Amonia	$\text{NH}_3$	$1,8 \times 10^{-5}$
Etilamin	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,7 \times 10^{-4}$
Dimetilamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,1 \times 10^{-4}$
Anilin	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,2 \times 10^{-10}$
Hidrazin	$\text{N}_2\text{H}_4$	$1,7 \times 10^{-6}$
Piridin	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,4 \times 10^{-9}$
Urea	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	$1,5 \times 10^{-14}$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

### Hubungan derajat ionisasi basa ( $\alpha$ ) dengan harga $K_b$

Misalkan suatu basa lemah LOH dengan konsentrasi  $b$  molar, LOH akan terionisasi sebagian dengan derajat ionisasi  $\alpha$  membentuk  $\text{L}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .  $[\text{OH}^-]$  untuk basa lemah dapat ditentukan, yaitu dengan penurunan rumus seperti pada asam lemah, sehingga didapat hubungan:

$$[\text{OH}^-] = C_b \cdot \alpha$$

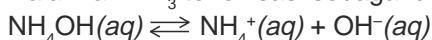
$C_b$  = konsentrasi awal basa

### Contoh Soal

1. Tentukan  $[\text{OH}^-]$  yang terdapat dalam larutan amonia 0,5 M jika diketahui  $K_b \text{ NH}_3 = 1,8 \times 10^{-5}$ .

*Penyelesaian:*

Dalam air  $\text{NH}_3$  terionisasi sebagai berikut.



$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= \sqrt{K_b \cdot C_b} \\ &= \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,5} \\ &= \sqrt{9 \times 10^{-6}} \\ &= 3 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan amonia 0,5 M adalah  $3 \times 10^{-3}$  M.

2. Suatu larutan basa lemah  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1M dalam air terionisasi 1%.  
Tentukan : a. jumlah  $[\text{OH}^-]$  yang terbentuk,  
b. harga  $K_b$ !

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{a. } [\text{OH}^-] &= C_b \cdot \alpha \\ &= 0,1 \cdot 0,01 \\ &= 0,001 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{b. } [\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$$

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_b} = \frac{(0,001)^2}{0,1} = 1 \cdot 10^{-5}$$

Jadi, jumlah  $[\text{OH}^-]$  yang terbentuk = 0,001 M dan harga  $K_b = 1 \cdot 10^{-5}$ .

## Latihan 7.2

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Diketahui lima buah asam sebagai berikut.

$$\text{HA, } K_a = 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{HB, } K_a = 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{HC, } K_a = 3 \times 10^{-2}$$

$$\text{HD, } K_a = 3 \times 10^{-5}$$

$$\text{HE, } K_a = 5 \times 10^{-5}$$

Susunlah kelima asam di atas berdasarkan menurunnya kekuatan asam!

2. Hitung konsentrasi  $\text{H}^+$  atau  $\text{OH}^-$  pada larutan berikut.

a. 100 mL  $\text{HNO}_3$  0,05 M

b. 0,005 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam 250 mL larutan.

c. 0,01 mL  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dalam 500 mL.

d. 2 gram NaOH dalam 100 mL larutan.

3. Hitung  $\alpha$  dari asam lemah HClO 1M yang mempunyai harga  $K_a = 3,5 \times 10^{-8}$ .

4. 3,4 gram  $\text{NH}_3$  ( $M_r = 17$ ) dilarutkan ke dalam air sehingga volum larutan menjadi 2 liter, jika  $K_b \text{NH}_3(aq) = 1,8 \times 10^{-5}$  tentukan :

a. konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{OH}^-$ ,

b.  $\alpha$  (derajat ionisasi).

5. Dari pengukuran hantaran listrik larutan asam cuka  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M diketahui derajat ionisasi molekul-molekul asam cuka 1,32%.

Tentukan harga  $K_a$  dan konsentrasi  $\text{H}^+$ .

## C. Perhitungan pH Larutan

pH larutan ditentukan oleh besarnya konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang terdapat pada larutan. Bagaimana hubungan harga pH dengan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  ini? Coba perhatikan data hasil pengujian pH asam dan basa pada berbagai konsentrasi pada Tabel 7.3.

**Tabel 7.3** pH beberapa asam dan basa dalam berbagai konsentrasi

Larutan	HCl 0,1M	HCl 0,01 M	CH <sub>3</sub> COOH 0,1M	Air murni	NH <sub>3</sub> 0,1M	NaOH 0,01M	NaOH 0,1M
[H <sup>+</sup> ] (M)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-13</sup>
pH	1	2	3	7	11	12	13

Dari data percobaan didapat hubungan sebagai berikut:

$$[H^+] = 0,1 \text{ M} = 10^{-1}, \text{ pHnya} = 1$$

$$[H^+] = 0,01 \text{ M} = 10^{-2}, \text{ pHnya} = 2$$

$$[H^+] = 0,001 \text{ M} = 10^{-3}, \text{ pHnya} = 3$$

Secara matematika hubungan harga pH dengan [H<sup>+</sup>], yaitu:

$$1 = -\log 10^{-1}$$

$$2 = -\log 10^{-2}$$

$$3 = -\log 10^{-3}$$

Maka dapat disimpulkan:  $\text{pH} = -\log [H^+]$

Bagaimana hubungan [OH<sup>-</sup>] dengan pOH? Seperti pada pH hubungan [OH<sup>-</sup>] dengan pOH ditulis:

$$\text{pOH} = -\log [OH^-]$$

Bagaimana hubungan pH dengan pOH larutan?

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

$$-\log K_w = -\log [H^+] + -\log [OH^-]$$

Jadi  $\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$

Pada suhu 25°C,  $\text{p}K_w = 14$ , jadi  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ .

Berdasarkan hubungan pH dan pOH di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Larutan bersifat netral, jika  $[H^+] = [OH^-]$  atau  $\text{pH} = \text{pOH} = 7$
2. Larutan bersifat asam, jika  $[H^+] > [OH^-]$  atau  $\text{pH} < 7$
3. Larutan bersifat basa, jika  $[H^+] < [OH^-]$  atau  $\text{pH} > 7$

Harga pH dari berbagai larutan dan bahan-bahan di sekitar kita dapat dilihat pada Tabel 7.4.



**Tabel 7.4** Harga pH berbagai larutan/bahan

Larutan/Bahan	pH
Cairan lambung manusia	1,0 – 3,0
Cuka	2,5 – 3,4
Orange juice	3,5 – 4
Juice tomat	4,0 – 4,4
Air susu sapi	6,3 – 6,6
Amoniak di rumah (1–5%)	10,0 – 11,5
Soda kue	8,4 – 9,0
Air Kapur	11,0 – 12,6

Untuk memahami perhitungan harga pH larutan, perhatikan contoh berikut.

### Contoh Soal

1. Suatu larutan asam mempunyai konsentrasi  $H^+ = 10^{-2}$  M, tentukan harga pH larutan tersebut.

*Penyelesaian:*

$$[H^+] = 10^{-2} \text{ M}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log 10^{-2} = 2$$

Jadi, pH larutan = 2.

2. Suatu larutan basa mempunyai konsentrasi  $OH^- = 5 \times 10^{-3}$  M, tentukan harga pOH dan pH.

*Penyelesaian:*

$$[OH^-] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$= -\log [5 \cdot 10^{-3}]$$

$$= -[\log 5 + \log 10^{-3}]$$

$$= 3 - \log 5$$

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - pOH$$

$$= 14 - (3 - \log 5)$$

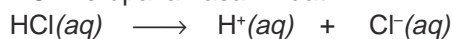
$$= 11 + \log 5$$

Jadi, pOH =  $3 - \log 5$  dan pH =  $11 + \log 5$ .

3. Tentukan pH dari 500 mL larutan HCl 0,2 M.

*Penyelesaian:*

HCl merupakan asam kuat



$$0,2 \text{ M} \qquad \qquad 0,2 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= 0,2 \text{ M} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\
 &= -\log 2 \cdot 10^{-1} = 1 - \log 2
 \end{aligned}$$

Jadi pH larutan HCl 0,2 M = 1 - log 2.

4. 100 mL larutan HBr 0,1 M diencerkan dengan air 100 mL.  
Tentukan: a. pH mula-mula,  
b. pH setelah diencerkan.

*Penyelesaian:*

- a. pH mula-mula:

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= [\text{HBr}] = 0,1 \text{ M} = 10^{-1} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\
 \text{pH} &= -\log 10^{-1} = 1
 \end{aligned}$$

- b. pH setelah diencerkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Mol HBr mula-mula} &= 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ mmol} = 0,010 \text{ mol} \\
 \text{Volum larutan} &= 100 \text{ mL} + 100 \text{ mL} = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L} \\
 \text{Kosentrasi HBr setelah diencerkan:}
 \end{aligned}$$

$$[\text{HBr}] = \frac{0,010 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= [\text{HBr}] = 0,05 = 5 \cdot 10^{-2} \\
 \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] = -\log 5 \cdot 10^{-2} = 2 - \log 5
 \end{aligned}$$

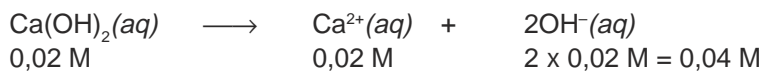
Jadi, pH mula-mula = 1 dan pH setelah diencerkan = 2 - log 5.

5. Tentukan pH larutan jika 0,37 gram kalsium hidroksida dilarutkan dalam air sampai volum 250 mL.

*Penyelesaian:*

$$0,37 \text{ gram Ca(OH)}_2 = \frac{0,37}{74} = 0,005 \text{ mol}$$

$$[\text{Ca(OH)}_2] = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = 0,02 \text{ M}$$



$$[\text{OH}^-] = 0,04 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\
 &= -\log 4 \times 10^{-2} = 2 - \log 4
 \end{aligned}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 14 - (2 - \log 4) \\
 &= 12 + \log 4
 \end{aligned}$$

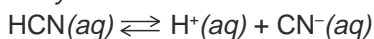
Jadi, pH larutan = 12 + log 4.

Untuk menghitung pH asam lemah atau basa lemah, harus dicari dulu  $[H^+]$  dan  $[OH^-]$  dengan rumus:  $[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$  dan  $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$ .

### Contoh Soal

1. Hitunglah pH larutan HCN 0,01 M ( $K_a$  HCN =  $4,9 \times 10^{-10}$ )

*Penyelesaian:*



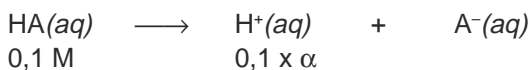
$$\begin{aligned} [H^+] &= \sqrt{K_a \times C_a} \\ &= \sqrt{4,9 \times 10^{-10} \times 10^{-2}} \\ &= 2,2 \times 10^{-6} \text{ M} \\ \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log 2,2 \cdot 10^{-6} = 6 - \log 2,2 \\ &= 6 - 0,3 = 5,66 \end{aligned}$$

Jadi, pH larutan = 5,66.

2. Suatu asam lemah dengan harga  $\alpha = 0,01$  dan konsentrasi asam = 0,1 M. Hitunglah pH larutan asam tersebut.

*Penyelesaian:*

Misalkan asam lemah = HA



$$0,1 \text{ M} \qquad \qquad 0,1 \times \alpha$$

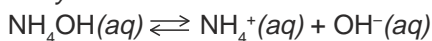
$$[H^+] = 0,1 \times 0,01 = 10^{-3} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H^+] \\ &= -\log 10^{-3} \\ &= 3 \end{aligned}$$

Jadi, pH asam = 3.

3. Hitung pH larutan 0,01 M  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $K_b$   $\text{NH}_4\text{OH} = 1,8 \times 10^{-5}$ ).

*Penyelesaian:*



$$\begin{aligned} [OH^-] &= \sqrt{K_b \times C_b} \\ &= \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,01} \\ &= 4,2 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log 4,2 \times 10^{-4} \\ &= 4 - \log 4,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 - \text{pOH} \\ &= 14 - (4 - \log 4,2) \\ &= 10 + \log 4,2 \\ &= 10,6 \end{aligned}$$

Jadi, pH larutan = 10,6.

## Latihan 7.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Hitung  $pH$  dan  $pOH$  dari zat berikut.
  - a. Larutan asam HA  $1,0 \times 10^{-9}$  M.
  - b. Larutan amonia yang ada di rumah dengan konsentrasi  $OH^-$   $2 \times 10^{-12}$  M.
  - c. *Soft drink* yang mengandung  $[H^+]$   $25 \times 10^{-5}$  M.
2. Hitung  $pH$  dan  $pOH$  larutan berikut.
  - a. 300 mL 0,05 M HCl.
  - b. 2 liter 0,001 M  $H_2SO_4$ .
  - c. 500 mL 0,0001 M  $Ca(OH)_2$ .
3. Hitung konsenrasi  $H^+$  dan  $OH^-$  dari larutan berikut.
  - a. Larutan  $HNO_3$  yang mempunyai  $pH$  2,5.
  - b. Larutan basa  $Ba(OH)_2$  yang mempunyai  $pH$  11,7.
  - c. Air hujan di daerah industri yang mempunyai  $pH$  5,2.
4. Hitung  $pOH$  dan  $pH$  larutan jika 2 gram NaOH terdapat dalam 500 mL larutan!
5. Larutan basa mempunyai  $pH$  12. Berapa gram NaOH harus ditambahkan ke dalam 1 liter larutan tersebut supaya  $pH$  larutan berubah menjadi 13?

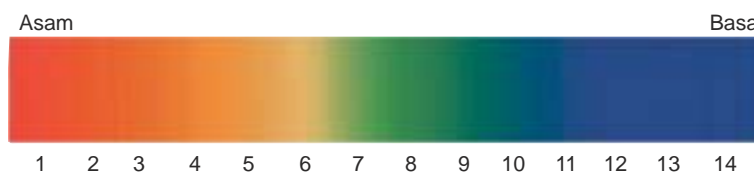
## D. Trayek $pH$ Indikator

Indikator asam-basa adalah zat yang berbeda warna pada suasana asam dan basa. Indikator asam-basa yang berbentuk kertas contohnya lakmus merah dan lakmus biru. Lakmus dapat mengidentifikasi larutan asam atau basa tetapi tidak sampai menentukan harga  $pH$ -nya. Untuk mengidentifikasi harga  $pH$  dikenal indikator universal baik berupa kertas maupun cair.

Setiap indikator dilengkapi dengan pita warna yang menunjukkan skala  $pH$ . Penggunaan pita warna untuk menguji  $pH$  harus satu produk dengan indikatornya, karena setiap merk kadang-kadang ada perbedaan.

Trayek warna  $pH$  indikator asam-basa ada yang dari warna merah ke biru dan dari warna merah ke ungu.

Contoh indikator universal warna adalah seperti Gambar 7.2.



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2005

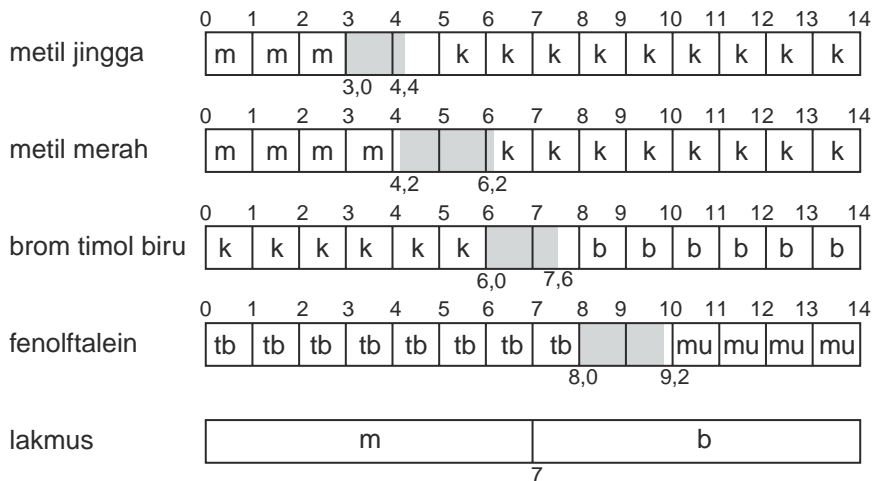
Gambar 7.2 Warna pada indikator universal

Warna indikator pada setiap pH tertera pada Tabel 7.5.

**Tabel 7.5** Warna indikator universal pada berbagai pH

pH	Warna Indikator Universal	pH	Warna Indikator Universal
1	Merah	8	Hijau biru
2	Merah	9	Hijau biru
3	Merah muda	10	Biru
4	Merah jingga	11	Biru
5	Jingga	12	Biru
6	Kuning	13	Biru
7	Hijau	14	Biru

Ada pula indikator yang berubah warna pada pH tertentu. Harga pH tersebut disebut trayek pH indikator. Trayek pH indikator metil jingga, metil merah, brom timol biru, dan fenolftalein dapat dilihat pada Gambar 7.3



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Catatan:

m = merah, k = kuning, b = biru, tb = tidak berwarna, mu = merah ungu

**Gambar 7.3** Trayek pH beberapa indikator

Trayek pH indikator tersebut ditulis sebagai berikut.

Indikator	Trayek pH
Metil jingga	3,0 – 4,4
Metil merah	4,2 – 6,2
Brom timol biru	6,0 – 7,8
Fenolftalein	8,0 – 9,2

pH suatu larutan juga dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa indikator, kemudian diamati warna indikator dengan larutan tersebut, setelah itu baru diperkirakan harga pHnya.

**Contoh:**

Suatu larutan diuji dengan indikator metil jingga, brom timol biru, dan lakmus. Data perubahan warna pada indikator adalah sebagai berikut.

Indikator	Warna
Lakmus merah	Merah
Lakmus biru	Merah
Metil jingga	Kuning
Brom timol biru	Kuning

Perkirakan trayek pH larutan tersebut!

*Penyelesaian:*

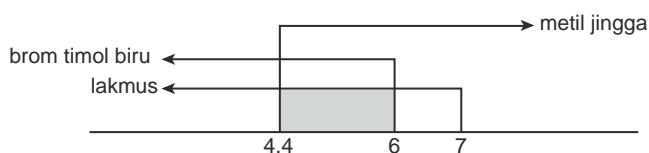
Perhatikan tabel trayek pH indikator:

Lakmus merah warnanya merah maka  $pH < 7$

Lakmus biru warnanya merah maka  $pH < 7$

Metil jingga warnanya kuning trayek  $pH > 4,4$

Brom timol biru warnanya kuning, trayek  $pH < 6$



Trayek pH larutan adalah 4,4 – 6.

### Latihan 7.4

Perhatikan diagram trayek pH indikator apabila suatu larutan X diuji harga pH-nya dengan menggunakan indikator metil jingga, ternyata didapatkan hasil: metil jingga berwarna kuning, metil merah berwarna kuning, dan fenolftalein tidak berwarna.

- Berapa pH larutan X tersebut? Gambarkan dengan diagram!
- Apakah sifat larutan tersebut?
- Perkirakan konsentrasi  $H^+$  dalam 100 mL larutan X!

### INFO KIMIA

Air hujan secara alami bersifat asam dengan pH 5,4. Karbon dioksida dari udara larut dalam air hujan membentuk asam karbonat. Hujan asam mengandung asam kuat seperti asam sulfat dan asam nitrat yang berasal dari asap pabrik dan kendaraan. pH hujan asam dapat mencapai 2,4 sampai 5.

## Rangkuman

1.  $pH$  larutan menunjukkan derajat keasaman, harga  $pH$  larutan antara 1–14.
2.  $pH$  larutan dapat ditentukan dengan menggunakan alat ukur  $pH$  seperti  $pH$ -meter dan indikator asam-basa.
3. Indikator yang sering digunakan yaitu indikator universal baik berupa kertas dalam pita, stick, atau bentuk cair.
4. Perhitungan konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam asam lemah dan basa lemah adalah:  $[H^+] = \sqrt{K_a \times C_a}$ ,  $[OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b}$
5. Hubungan ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dengan  $pH$  atau  $pOH$  dinyatakan:  
 $pH = -\log [H^+]$ ,  $pOH = -\log [OH^-]$ ,  $pH + pOH = 14$ .
6. Indikator asam-basa memiliki harga trayek  $pH$  yang berbeda-beda.
7. Kekuatan asam dan basa
  - a. Pada konsentrasi yang sama, asam kuat mempunyai  $pH$  yang lebih kecil daripada asam lemah.
  - b. Pada konsentrasi yang sama, basa kuat mempunyai  $pH$  yang lebih besar daripada basa lemah.
  - c. Makin kecil harga  $\alpha$  sifat asam atau basa makin lemah.
8. Konstanta ionisasi asam lemah, makin besar  $K_a$  suatu asam, sifat asam makin kuat.
9. Tetapan kesetimbangan ionisasi basa lemah, makin besar  $K_b$ , sifat basa makin kuat.
10.  $pH = -\log [H^+]$ .
11. Indikator asam-basa adalah zat yang berbeda warna pada suasana asam dan basa.

## Kata Kunci

- Derajat keasaman ( $pH$ )
- Indikator asam basa
- Derajat ionisasi ( $\alpha$ )
- Konstanta ionisasi asam ( $K_a$ )
- Konstanta ionisasi basa ( $K_b$ )
- Konstanta kesetimbangan air ( $K_w$ )

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Perhatikan tabel  $K_a$  dari beberapa asam berikut.

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Asam	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HK
$K_a$	$6,2 \times 10^{-8}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-12}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-4}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$9,6 \times 10^{-7}$

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kekuatan asam adalah . . . .

- A.  $HF > HE < HB$   
B.  $HB < HE < HD$   
C.  $HF < HG < HC$
- D.  $HA > HF > HC$   
E.  $HB < HK > HD$
2. Di antara larutan-larutan di bawah ini yang mempunyai harga  $[H^+]$  paling besar adalah . . . .
- A.  $HCl$  1 mol  $L^{-1}$   
B.  $HCl$  0,1 mol  $L^{-1}$   
C.  $CH_3COOH$  1 mol  $L^{-1}$   
D.  $CH_3COOH$  0,1 mol  $L^{-1}$   
E.  $H_2SO_4$  0,25 mol  $L^{-1}$
3. Larutan asam metanoat 0,01 M memiliki  $K_a = 10^{-8}$ . Derajat ionisasi asam adalah . . . .
- A. 0,001  
B. 0,005  
C. 0,01  
D. 0,05  
E. 0,10
4. Suatu larutan basa lemah MOH mempunyai konsentrasi 0,1 M. Jika harga  $K_b$  basa lemah tersebut  $10^{-5}$ , maka pH basa lemah tersebut adalah . . . .
- A. 3  
B.  $7 - \log 5$   
C.  $7 + \log 5$   
D. 11  
E.  $11 + \log 5$
5. Dalam larutan  $Ca(OH)_2$  0,05 M, besarnya konsentrasi  $OH^-$  adalah . . . .
- A. 0,025 M  
B. 0,050 M  
C. 0,1 M  
D. 0,25 M  
E. 0,50 M
6. Jika larutan P memiliki  $pH = 5$  dan larutan Q memiliki  $pH = 6$ , perbandingan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan P dan Q adalah . . . .
- A. 1 : 0,1  
B. 1 : 2  
C. 1 : 10  
D. 5 : 6  
E.  $\log 5 : \log 6$



7. Derajat keasaman ( $pH$ ) larutan asam etanoat ( $CH_3COOH$ )  $0,1\text{ M}$  ( $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$ ) adalah . . . .
- A. 2  
B. 3  
C. 4  
D. 9  
E. 10,5
8. Harga  $pH$  larutan  $NH_3$   $0,1\text{ M}$  ( $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ) adalah . . . .
- A. 3  
B. 5  
C. 8  
D. 11  
E. 12
9. Larutan  $0,74\text{ gram Ca(OH)}_2$  ( $M_r = 74$ ) dalam  $2\text{ liter air}$  adalah . . . .
- A.  $2 - \log 2$   
B. 2  
C. 12  
D.  $12 + \log 2$   
E.  $13 - \log 2$
10.  $100\text{ mL}$  larutan  $HCl$   $0,1\text{ M}$  mempunyai  $pH$  . . . .
- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 8  
E. 13
11. Larutan di bawah ini yang memiliki harga  $pH$  terkecil adalah . . . .
- A.  $HCl$   $0,1\text{ M}$   
B.  $H_2SO_4$   $0,1\text{ M}$   
C.  $H_2SO_4$   $0,05\text{ M}$   
D.  $CH_3COOH$   $0,1\text{ M}$  ( $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$ )  
E.  $CH_3COOH$   $0,05\text{ M}$  ( $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$ )
12. Ke dalam  $25\text{ mL}$  larutan asam lemah  $HA$   $0,1\text{ M}$  dan  $25\text{ mL}$  larutan  $HCl$   $0,001\text{ M}$  masing-masing dimasukkan  $2$  tetes indikator universal, ternyata menghasilkan warna larutan yang sama, maka  $pH$  asam lemah  $HA$  adalah . . . .
- A. 1  
B. 2  
C. 2,5  
D. 3  
E. 3,5
13.  $pH$  suatu larutan basa lemah bervalensi satu adalah  $10$ , maka konsentrasi ion  $OH^-$  dalam larutan tersebut adalah . . . .
- A.  $10^{-14}$   
B.  $10^{-10}$   
C.  $10^{-4}$   
D.  $10^{-2}$   
E.  $10^{-1}$
14. Larutan dengan konsentrasi sama yang mempunyai harga  $pH$  tertinggi adalah . . . . ( $K_a CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$ ;  $K_b NH_3(aq) = 1,8 \times 10^{-5}$ ).
- A.  $HCl$   
B.  $CH_3COOH$   
C.  $NH_3$   
D.  $KOH$   
E.  $Ca(OH)_2$

15. Larutan HCl dalam air dengan  $pH = 2$  akan berubah menjadi  $pH = 3$  bila diencerkan . . . .
- A. 10 kali  
 B. 5 kali  
 C. 3 kali  
 D. 2,5 kali  
 E. 1,5 kali
16. Suatu larutan harga  $pH$ -nya 1. Berapa gram NaOH ( $M_r = 40$ ) yang harus ditambahkan pada satu liter larutan agar  $pH$ -nya naik menjadi 3? (Penambahan volum diabaikan)
- A. 0,04 gram  
 B. 0,40 gram  
 C. 3,96 gram  
 D. 4,00 gram  
 E. 7,96 gram
17. Trayek  $pH$  indikator brom timol biru dan metil jingga adalah sebagai berikut.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
brom timol biru	k	k	k	k	k	k	k			b	b	b	b	b	
metil jingga	m	m	m	m			k	k	k	k	k	k	k	k	

3,1     4,4                7,6

Jika suatu larutan diberi indikator metil jingga maupun brom timol biru menunjukkan warna kuning, maka perkiraan trayek  $pH$  larutan tersebut adalah . . . .

- A. 4,4  
 B. 6  
 C. 6  
 D. 6 – 8  
 E. 4,4 – 6
18. Data trayek  $pH$  dan perubahan warna beberapa indikator adalah sebagai berikut.

Larutan	Trayek $pH$	Warna
Metil jingga	3,2 – 4,4	Merah - kuning
Metil merah	4,8 – 6,0	Merah - kuning
Brom timol biru	6,0 - 7,6	Kuning - biru
Fenolftalein	8,2 – 10	Tidak berwarna

Warna yang terjadi jika larutan indikator ditetaskan pada larutan  $Na_2CO_3$  adalah . . . .

- A. metil jingga kuning, fenolftalein tidak berwarna  
 B. metil merah merah, fenolftalein merah  
 C. brom timol biru biru, metil jingga kuning  
 D. brom timol biru kuning, fenolftalein merah  
 E. metil jingga merah, fenolftalein merah

19. Harga  $pH$  suatu larutan adalah  $X$ . Bila larutan tersebut diencerkan hingga volumenya 1000 kali volum semula, maka  $pH$  larutan menjadi 6. Besarnya  $X$  adalah . . . .
- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4  
E. 5
20. Larutan asam asetat ( $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$ ) mempunyai harga  $pH$  yang sama dengan larutan  $HCl$   $2 \times 10^{-3}$  M. Konsentrasi larutan asam asetat adalah . . . .
- A. 0,10 M  
B. 0,23 M  
C. 0,25 M  
D. 0,40 M  
E. 1,15 M

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

- Tentukan konsentrasi  $H^+$  beberapa larutan berikut.
  - 100 mL larutan  $HBr$  0,03 M.
  - 2 liter larutan  $H_2SO_4$  0,05 M.
  - 100 mL larutan  $Ca(OH)_2$  0,04 M.
  - 3,65 gram  $HCl$  ( $M_r = 36,5$ ) dalam air hingga volum 2 liter.
- Jika larutan  $KOH$   $10^{-2}$  M memiliki  $pH$  yang sama dengan larutan  $LOH$  0,1 M, tentukan tetapan ionisasi basa  $LOH$  tersebut!
- Diketahui 200 mL larutan  $CH_3COOH$  0,1 M dengan harga  $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$ , tentukanlah harga  $pH$  dan  $\alpha$  dari larutan tersebut!
- 3 gram asam cuka  $CH_3COOH$  ( $M_r = 60$ ) dilarutkan dalam air hingga volum larutan 250 mL. Jika  $K_a$   $CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$  tentukanlah harga  $[H^+]$  dan  $\alpha$  dari larutan tersebut dalam persentase!
- Tentukan  $pH$  dari larutan berikut:
  - Larutan  $HF$   $10^{-2}$  M,  $K_a$   $HF = 6,8 \times 10^{-4}$
  - Larutan  $Ba(OH)_2$   $10^{-4}$  M
  - Larutan  $NH_4OH$   $10^{-3}$ ,  $K_b$   $NH_4OH = 1,8 \times 10^{-5}$
  - 2 liter larutan yang mengandung 9,8 gram  $H_2SO_4$  ( $M_r = 98$ )!

## Tugas

Lakukan penelitian  $pH$  dari berbagai bahan yang ada di rumah, misalnya tanah, air hujan, air sungai, air mineral, *soft drink*, sabun mandi, detergen, sabun muka, dan pasta gigi. Gunakan indikator universal secukupnya.

## Bab VIII

# Reaksi Penetralan dan Titrasi Asam-Basa



Sumber: James Mapple, *Chemistry an Enquiry-Based Approach*

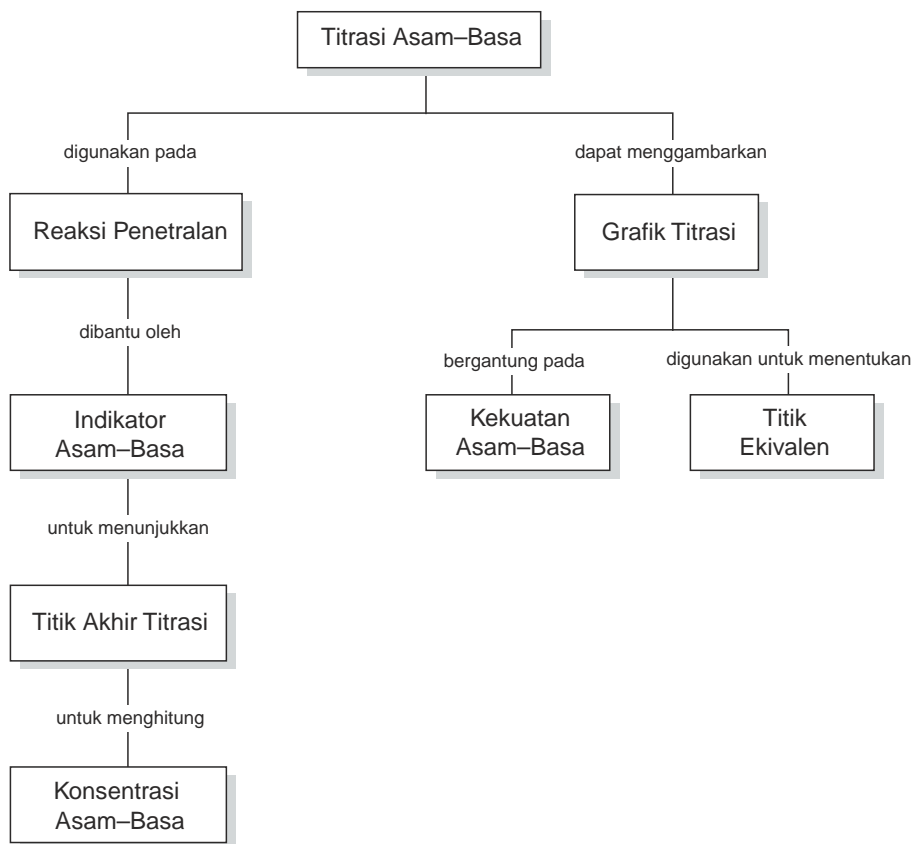
Pengukuran  $pH$  selama titrasi akan lebih akurat dengan menggunakan alat  $pH$ -meter.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan reaksi penetralan,
2. melakukan percobaan titrasi asam-basa dengan teliti,
3. menjelaskan pengertian titrasi asam-basa, titik akhir titrasi, dan titik ekuivalen,
4. menggambarkan grafik titrasi asam-basa,
5. menghitung banyaknya pereaksi dan hasil reaksi dari titrasi asam-basa.

## PETA KONSEP

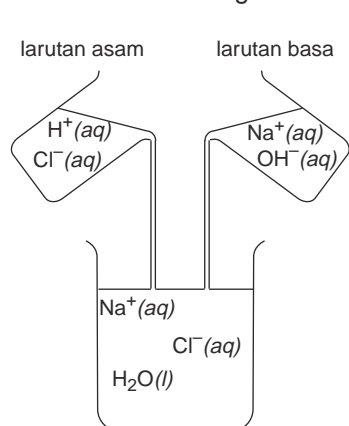


Pernahkah kamu makan obat maag? Obat maag atau antacid dimakan untuk mengurangi keasaman pada lambung karena obat maag mengandung basa. Tanah pertanian yang bersifat asam biasanya diberi kapur agar keasamannya berkurang sehingga pHnya cocok untuk tanaman yang akan ditanam. Proses ini disebut reaksi penetralan. Di laboratorium *reaksi penetralan* dapat dilakukan dengan cara *titrasi asam-basa*. Melalui titrasi juga dapat dihitung banyaknya pereaksi dan hasil reaksi dalam larutan.

Bagaimana cara melakukan titrasi, alat-alat apa yang digunakan, titrasi asam-basa apa saja yang dapat dilakukan? Pada bab ini akan diuraikan tentang reaksi penetralan, titrasi asam-basa, grafik-grafik titrasi asam-basa, dan perhitungan konsentrasi larutan melalui titrasi atau data hasil titrasi.

## A. Reaksi Penetralan

Reaksi penetralan termasuk reaksi pada larutan elektrolit yaitu reaksi antara asam dengan basa sampai terjadi suasana netral. Bagaimana terjadinya penetralan pada larutan asam dan basa? Coba perhatikan gambar pada saat larutan asam klorida direaksikan dengan larutan natrium hidroksida.



Sumber: Michael Lewis, *Thinking Chemistry*

**Gambar 8.1** Reaksi HCl dengan NaOH

Contoh reaksi penetralan yang lain yaitu:



### Latihan 8.1

Tulis persamaan reaksi penetralan pada zat-zat berikut.

- Larutan kalsium hidroksida + asam sulfat
- Kalium hidroksida + asam sulfat
- Larutan natrium karbonat + larutan kalsium klorida

## B. Titrasi Asam Kuat-Basa Kuat

Reaksi penetralan asam atau basa dapat dilakukan dengan tepat melalui cara titrasi. Titrasi asam basa adalah penambahan larutan standar atau larutan yang telah diketahui konsentrasinya. Larutan standar ditambahkan ke dalam larutan asam atau basa sampai suasana netral. Keadaan netral pada titrasi ditunjukkan oleh indikator yang digunakan yaitu indikator yang berubah warna pada suasana netral yaitu  $pH$  7. Misalnya indikator fenolftalein. Sebenarnya indikator ini memiliki trayek  $pH$  8,2–10 tetapi biasa digunakan karena perubahan warnanya mudah diamati yaitu dari tidak berwarna menjadi merah.

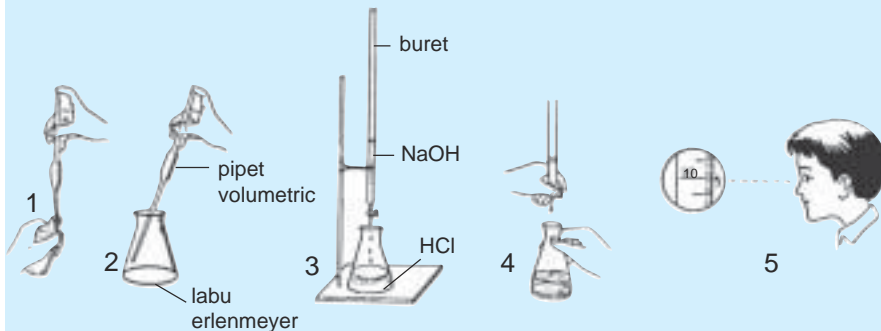
Titrasi asam basa dapat pula dilakukan untuk menentukan konsentrasi larutan asam atau basa yang konsentrasinya belum diketahui, sehingga kita dapat menghitung jumlah zat pereaksi atau hasil reaksi pada suatu reaksi.

Bagaimana cara melakukan titrasi? Lakukan Kegiatan 8.1.

### KEGIATAN 8.1

#### Penentuan Konsentrasi Asam Klorida melalui Titrasi

Langkah-langkah menentukan konsentrasi asam klorida oleh natrium hidroksida melalui titrasi tertera pada gambar berikut.



1. Ambil 20 mL larutan HCl dengan pipet volumetrik ukuran 20 mL dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 125 mL (gambar 1 dan 2).
2. Tambahkan 3 tetes indikator fenolftalein.
3. Siapkan buret yang telah diisi larutan NaOH 0,1 M. Catat volum awal dengan melihat skala pada buret (Gambar 5).
4. Teteskan larutan NaOH dari buret sambil menggoyangkan labu erlenmeyer agar asam dengan basa bereaksi sempurna sampai indikator tepat berubah warna atau *titik akhir titrasi* (Gambar 4).
5. Catat lagi volum NaOH pada skala buret. Hitung volum NaOH yang digunakan (Gambar 5).
6. Ulangi percobaan sehingga diperoleh hasil yang sama atau hampir sama.

Cara menghitung konsentrasi HCl dari data titrasi adalah sebagai berikut. Pada saat titik akhir titrasi atau saat indikator fenolftalein berubah warna yaitu  $pH = 7$ , akan dicapai titik ekuivalen.

Mol  $H^+ = \text{mol } OH^-$ . Oleh karena mol zat = volum larutan x molaritas maka

$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}$$

Catatan:

$V$  = volum

$M_{\text{asam}}$  = molaritas  $H^+$

$M_{\text{basa}}$  = molaritas  $OH^-$

Misalkan pada percobaan di atas didapat data sebagai berikut.

No.	Volum HCl (mL)	Volum NaOH (mL)	
		Mula-Mula	Akhir Titrasi
1.	20	50	38,35
2.	20	38,35	26,75
3.	20	26,75	15,14

Untuk menghitung konsentrasi HCl dilakukan dengan cara:

Volum NaOH:

Pada percobaan 1 :  $50 \text{ mL} - 38,35 \text{ mL} = 11,65 \text{ mL}$

Pada percobaan 2 :  $38,35 \text{ mL} - 26,75 \text{ mL} = 11,60 \text{ mL}$

Pada percobaan 3 :  $26,75 \text{ mL} - 15,14 \text{ mL} = 11,61 \text{ mL}$

$$\text{Volum NaOH rata-rata} = \frac{11,65 \text{ mL} + 11,60 \text{ mL} + 11,61 \text{ mL}}{3} = 11,62 \text{ mL}$$

$$V_A \cdot M_A = V_B \cdot M_B$$

20 mL.  $M_A = 11,62 \text{ mL} \cdot 0,1 \text{ M}$

$$M_A = \frac{11,62 \text{ mL} \cdot 0,1 \text{ M}}{20 \text{ mL}} = 0,0581 \text{ M}$$

Jadi, konsentrasi HCl = 0,058 M

### Contoh Soal

- 10 mL HCl yang tidak diketahui konsentrasinya dititrasi oleh larutan NaOH 0,1 M. Pada titik akhir titrasi ternyata rata-rata volum NaOH 0,1 M yang digunakan adalah 12,52 mL. Hitung konsentrasi HCl yang dititrasi.

*Penyelesaian:*

$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}$$

10 mL  $\times M_{\text{asam}} = 12,52 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}$

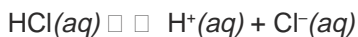
$$M_{\text{asam}} = \frac{12,52 \text{ mL} \cdot 0,1 \text{ M}}{10 \text{ mL}} = 0,1252 \text{ M}$$

Jadi konsentrasi HCl adalah 0,125 M.



2. 10 mL HCl X M dititrasi oleh larutan Ba(OH)<sub>2</sub> 0,1 M diperlukan 15 mL. Hitunglah konsentrasi HCl yang dititrasi.

*Penyelesaian:*



$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}$$

$$10 \text{ mL} \times M_{\text{asam}} = 15 \text{ mL} \times 0,2 \text{ M}$$

$$10 M_{\text{asam}} = 3$$

$$M_{\text{asam}} = \frac{3}{10} = 0,3$$

Molaritas asam = molaritas H<sup>+</sup> = 0,3 M

Jadi, konsentrasi HCl adalah 0,3 M.

## Latihan 8.2

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tentukan molaritas KOH jika 5 mL asam klorida 0,1 M dapat dinetralkan oleh 10 mL larutan KOH.
- Titration dihentikan apabila sudah tercapai titik akhir titrasi.
  - Apa yang dimaksud dengan titik ekuivalen dan titik akhir titrasi?
  - Bagaimana cara menentukan titik akhir titrasi antara 25 mL larutan NaOH 0,1 M dengan larutan HCl 0,1 M?
  - Indikator apa yang paling tepat digunakan untuk titrasi tersebut?
- 25 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dititrasi oleh larutan NaOH 0,1 M. Jika dibutuhkan 10 mL larutan NaOH, tentukanlah kemolaran larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>!
- Data hasil percobaan titrasi CH<sub>3</sub>COOH dengan NaOH 0,05 M, adalah sebagai berikut:

Percobaan	Volum CH <sub>3</sub> COOH (mL)	Vol NaOH (mL)
1	25	20,2
2	25	19,9
3	25	20,1

Tentukan konsentrasi CH<sub>3</sub>COOH!

## C. Grafik Titrasi Asam-Basa

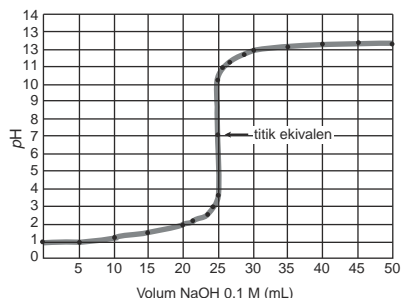
Grafik titrasi menggambarkan alur pH terhadap volum asam atau basa yang ditambahkan pada saat titrasi. Pada grafik ini dapat dilihat titik ekuivalen dari reaksi asam-basa pada titrasi.

Berikut ini contoh pembuatan grafik titrasi asam kuat dengan basa kuat dan asam lemah dengan basa kuat pada percobaan titrasi 25 mL HCl 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M dan 25 mL CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1 M. Setiap perubahan pH dicatat volum NaOH yang ditambahkan. Data yang diperoleh tertera pada Tabel 8.1.

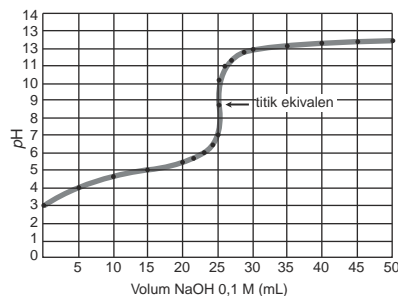
**Tabel 8.1** Harga pH pada titrasi asam kuat dengan basa kuat dan asam lemah dengan basa kuat

Volum NaOH 0,1 M yang ditambahkan (mL)	pH pada titrasi	
	HCl 0,1 M	CH <sub>3</sub> COOH 0,1 M
0,0	1,00	2,87
5,0	1,18	4,14
10,0	1,37	4,57
15,0	1,60	4,92
20,0	1,95	5,35
22,0	2,20	5,61
24,0	2,69	6,13
24,5	3,00	6,44
24,9	3,70	7,14
25,0	7,00	8,72
25,1	10,30	10,30
25,5	11,00	11,00
26,0	11,29	11,29
28,0	11,75	11,75
30,0	11,96	11,96
35,0	12,22	12,22
40,0	12,36	12,36
45,0	12,46	12,46
50,0	12,52	12,52

Data tersebut dibuat grafik sebagai berikut.



**Gambar 8.2**  
Grafik titrasi HCl dan NaOH



**Gambar 8.3**  
Grafik titrasi CH<sub>3</sub>COOH dan NaOH

Pada titrasi HCl dengan NaOH, mula-mula  $pH$  naik sangat lambat kemudian terjadi lonjakan  $pH$  dan selanjutnya kenaikan  $pH$  lambat lagi. Titik tengah bagian vertikal grafik adalah titik ekuivalen titrasi. Pada titrasi asam kuat dan basa kuat titik ekuivalen terjadi pada  $pH$  7. Larutan dengan  $pH$  7 bersifat netral karena jumlah ion  $H^+$  sama dengan ion  $OH^-$ .

Titrasi asam lemah dengan basa kuat prinsipnya sama tetapi ada sedikit perbedaan. Pada titrasi  $CH_3COOH$  dengan NaOH,  $pH$  dimulai dari  $pH$  3 dan titik ekuivalen terjadi pada  $pH$  yang lebih tinggi pula. Hal ini disebabkan  $CH_3COOH$  adalah asam lemah dan menghasilkan ion  $H^+$  dalam jumlah yang sedikit. Titik ekuivalen terjadi pada  $pH$  8,72. Pada campuran terdapat pula natrium asetat yang bersifat basa lemah dan meningkatkan  $pH$ . Setelah titik ekuivalen, kedua grafik sama kembali karena  $pH$  hanya bergantung pada ion hidroksida yang ditambahkan.

Grafik titrasi membantu untuk menentukan indikator apa yang cocok untuk suatu titrasi. Pada titrasi asam kuat dengan basa kuat, dapat digunakan indikator fenolftalein walaupun trayek  $pH$  mulai  $pH$  8,72. Pada  $pH$  8,72 atau titik akhir penambahan NaOH hanya 0,01 mL, jadi dapat diabaikan. Untuk titrasi asam lemah dengan basa kuat indikator fenolftalein sudah tepat digunakan karena titik ekuivalen berada pada awal trayek  $pH$  (8,3).

### Latihan 8.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Perkirakan gambar grafik titrasi jika larutan  $NH_3$  dititrasi oleh HCl dan  $CH_3COOH$  dititrasi oleh  $NH_3(aq)$ .
2. Mengapa pada titrasi asam basa lebih sering digunakan indikator fenolftalein daripada brom timol biru?
3. Jelaskan mengapa titik ekuivalen titrasi HCl dengan NaOH berbeda dengan titik ekuivalen titrasi  $CH_3COOH$  dengan NaOH?

## D. Perhitungan Jumlah Pereaksi atau Hasil Reaksi melalui Reaksi Penetralkan atau Titrasi

Pada reaksi penetralan jumlah mol ion  $H^+$  sama dengan jumlah ion  $OH^-$ . Atas dasar itu jumlah pereaksi atau hasil reaksi dapat diperhitungkan. Perhatikan cara perhitungannya pada contoh soal berikut.

### Contoh Soal

1. 50 mL larutan NaOH dinetralkan melalui titrasi oleh 25 mL larutan HCl 0,2 M. Berapa massa NaOH yang terdapat pada larutan tersebut?

*Penyelesaian:*

$$V_A M_A = V_B M_B$$
$$25 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ M} = 50 \text{ mL} \cdot M_{\text{NaOH}}$$

$$M_{\text{NaOH}} = \frac{25 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ M}}{50 \text{ M}} = 0,1 \text{ M}$$

Jumlah mol NaOH pada larutan tersebut =  $50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 5 \text{ mmol} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

Massa NaOH yang terdapat dalam larutan tersebut =  $5 \cdot 10^{-3} \times 40 = 0,2 \text{ gram}$ .

2. Sebanyak 250 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M dapat dinetralkan melalui titrasi oleh larutan KOH 0,3 M. Berapa mL volum KOH yang diperlukan?

*Penyelesaian:*



$$0,1 \text{ M} \quad \quad 0,2 \text{ M}$$

$$V_A \cdot M_A = V_B \cdot M_B$$

$$250 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ M} = V_B \cdot 0,3 \text{ M}$$

$$V_{\text{KOH}} = \frac{250 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ M}}{0,3 \text{ M}} = 166,7 \text{ mL}$$

3. 40 mL larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,2 M dicampurkan dengan 100 mL larutan HCl 0,02 M. Hitung berapa gram garam yang terbentuk!  
( $A_r$  N = 14, H = 1, Cl = 35,5).

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi:



$$\text{NH}_4\text{OH} \text{ yang ada} = 40 \text{ mL} \times 0,2 \text{ mmol mL}^{-1} = 8 \text{ mmol}$$

$$\text{HCl} \text{ yang ada} = 100 \text{ mL} \times 0,02 \text{ mmol mL}^{-1} = 2 \text{ mmol}$$

Pada persamaan reaksi, mol  $\text{NH}_4\text{OH} \sim$  mol HCl maka HCl yang habis bereaksi = 2 mmol

$$\text{NH}_4\text{Cl} \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{1} \times 2 \text{ mmol} = 2 \text{ mmol}$$

$$\text{NH}_4\text{Cl} \text{ yang terbentuk} = 2 \times 53,5 = 107 \text{ mg}$$

## Latihan 8.4

Selesaikan soal-soal berikut!

- 100 mL larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tepat dinetralkan oleh 100 mL larutan HCl 0,05 M. Tentukan konsentrasi larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ !
- 100 mL larutan cuka 3 M dititrasi dengan 50 mL larutan NaOH. Tentukan massa NaOH yang terdapat dalam larutan tersebut!  
( $A_r$  Na = 23, O = 16, H = 1).

3. Bila  $A_r$  H = 1, O = 16, Mg = 24, dan Cl = 35,5, hitung berapa jumlah HCl yang diperlukan untuk tepat menetralkan 11,6 gram  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ !
4. Sebanyak 5,8 gram basa  $\text{M}(\text{OH})_2$  tepat bereaksi dengan 200 mL HCl 1 M menurut persamaan reaksi:  $\text{M}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{MCl}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Berapa massa atom relatif ( $A_r$ ) logam M?

## E. Penerapan Titrasi Asam-Basa

Cara titrasi asam basa dapat digunakan untuk mengetahui kadar zat, misalnya kadar asam di dalam produk cuka, minuman, atau di dalam buah-buahan. Bagaimana cara menentukan kadar asam asetat dalam cuka dapur? Lakukan titrasi larutan cuka dapur oleh larutan NaOH, encerkan dulu larutan cuka tersebut pada saat titrasi.

### Contoh perhitungan:

Misalkan titrasi 2 mL larutan asam cuka memerlukan 35 mL larutan NaOH 0,1 M. Massa jenis larutan 950 g L<sup>-1</sup>.

- a. Tentukan molaritas asam cuka!
- b. Berapa % kadar asam cuka tersebut?

*Penyelesaian:*

$$\text{a. } M_{\text{asam}} = \frac{V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}}{V_{\text{asam}}} = \frac{35 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}}{2 \text{ mL}} = 1,75 \text{ M}$$

- b. Dalam 1 liter larutan cuka terdapat 1,75 x 60 gram cuka = 105 gram cuka.  
Berat 1 liter larutan = 950 gram

$$\% \text{ larutan cuka} = \frac{105 \text{ gram}}{950 \text{ gram}} \times 100 \% = 11,05 \%$$

## Latihan 8.5

Selesaikan soal-soal berikut!

1. 40 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tepat dinetralkan oleh 60 mL larutan NaOH 0,1 M. Tentukan molaritas larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. Cuplikan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sebanyak 0,6 gram dilarutkan dalam air sampai volum 100 mL. 25 mL larutan tersebut dititrasi dengan larutan HCl 0,1 M dan ternyata diperlukan 10 mL HCl untuk mencapai titik ekuivalen. Tentukan kadar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam cuplikan tersebut  $M_r$   $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74$ .

## INFO KIMIA



Sumber: CD Image

Sengatan lebah sangat menyakitkan sebab lebah menyuntikan asam ke dalam kulit. Sengatan tawon juga menyakitkan, tawon menyuntikan basa ke dalam kulit. Obat penetral bisa yang digunakan pada sengatan lebah dan tawon tentu berbeda. Sekarang dikenal pengobatan tradisional dengan sengatan lebah.

## Rangkuman

1. Reaksi penetralan adalah reaksi antara asam dan basa dengan jumlah mol ion  $H^+$  = mol ion  $OH^-$ .
2. Titrasi asam-basa adalah penambahan larutan standar atau larutan yang telah diketahui konsentrasinya ke dalam larutan asam atau basa sampai suasana netral.
3. Titik akhir titrasi adalah saat indikator berubah warna.
4. Titik ekuivalen terjadi pada saat  $[H^+] = [OH^-]$ .
5. Grafik titrasi asam-basa menggambarkan alur  $pH$  terhadap volum asam atau basa yang ditambahkan pada saat titrasi.
6. Titrasi asam-basa menggunakan rumus

*Catatan:*

$V$  = volum

$$V_{\text{asam}} \times M_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \times M_{\text{basa}}$$

$M_{\text{asam}}$  = molaritas  $H^+$

$M_{\text{basa}}$  = molaritas  $OH^-$

7. Titik ekuivalen pada titrasi asam kuat dengan basa kuat adalah  $pH = 7$ .
8. Titik ekuivalen pada titrasi asam lemah dengan basa kuat  $pH > 7$ .
9. Titik ekuivalen pada titrasi asam kuat dengan basa lemah  $pH < 7$ .

## Kata Kunci

- Reaksi Penetralan
- Titrasi
- Indikator
- Titik ekuivalen
- Titik akhir titrasi
- Molaritas  $H^+$
- Molaritas  $OH^-$

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Istilah penetralan ada kaitannya dengan . . . .
  - A. reaksi antara asam dengan basa
  - B. penggunaan pipet untuk menambahkan asam atau basa ke dalam suatu wadah
  - C. reaksi antara satu ion hidrogen dengan satu ion hidroksida
  - D. reaksi antara ion hidrogen dengan air
  - E. pengambilan zat terlarut dari suatu larutan

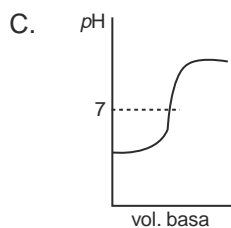
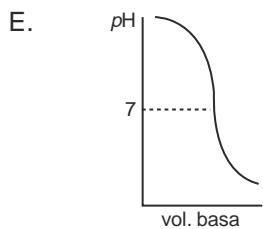
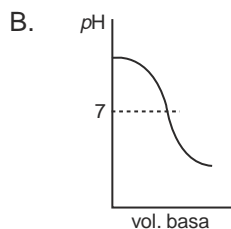
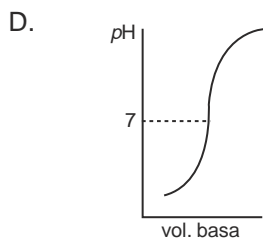
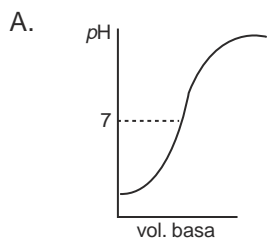
2. Dari hasil titrasi larutan KOH 0,1 M dengan HNO<sub>3</sub> 0,15 M didapat data sebagai berikut.

No.	Volum KOH 0,1 M	Volum HNO <sub>3</sub> 0,15 M
1.	2 mL	20 mL
2.	8 mL	20 mL
3.	15 mL	20 mL
4.	25 mL	20 mL
5.	30 mL	20 mL

Dari data di atas yang menunjukkan terjadinya titik ekuivalen terletak pada percobaan nomor . . . .

- A. 1
  - B. 2
  - C. 3
  - D. 4
  - E. 5
3. 10 mL HCl XM dititrasi pada titik ekuivalen dan membutuhkan 5 mL larutan NaOH 0,1 M. Konsentrasi (X) larutan HCl adalah . . . .
    - A. 2 M
    - B. 1 M
    - C. 0,5 M
    - D. 0,1 M
    - E. 0,05 M
  4. Jika 20 mL larutan NaOH 0,1 M dapat dinetralkan oleh 25 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, maka 1 liter H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengandung H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak . . . .
    - A. 0,04 mol
    - B. 0,05 mol
    - C. 0,08 mol
    - D. 0,25 mol
    - E. 0,10 mol

5. Grafik berikut yang menunjukkan kurva titrasi basa kuat dengan asam lemah adalah . . . .



6. Indikator yang paling tepat digunakan untuk titrasi asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dengan basa kuat  $\text{NaOH}$  0,1 M adalah . . . .

- A. metil merah (rentang  $\text{pH}$  3,5 – 4,8)
- B. brom kresol hijau (rentang  $\text{pH}$  4,6 – 5,8)
- C. brom timol biru (rentang  $\text{pH}$  6,0 – 8,0)
- D. fenolftalein (rentang  $\text{pH}$  8,0 – 10,0)
- E. alazarin kuning (rentang  $\text{pH}$  10,0 – 12,5)

7. Jika 20 mL  $\text{HNO}_3$  0,1 M dititrasi dengan larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M maka volum basa yang dipergunakan untuk mencapai titik ekuivalen adalah . . . .

- A. 10 mL
- B. 20 mL
- C. 25 mL
- D. 30 mL
- E. 40 mL

8. Besarnya  $\text{pH}$  campuran dari larutan 500 mL  $\text{NaOH}$  0,02 M dan 1500 mL  $\text{KOH}$  0,02 M adalah . . . .

- A.  $2 - \log 2$
- B.  $12 - \log 2$
- C.  $12 + \log 2$
- D.  $13 + \log 5$
- E.  $11 + \log 5$



9. Pada penentuan kadar amonia secara titrasi dengan asam klorida, ternyata pH akhir titrasi = 5,12. Indikator yang sesuai untuk titrasi ini adalah . . . .
- metil oranye dengan trayek pH perubahan warna adalah 3,1 – 4,4
  - metil merah dengan trayek pH perubahan warna adalah 4,8 – 6,0
  - fenolftalein dengan trayek pH perubahan warna adalah 8,3 – 10,0
  - brom timol biru dengan trayek pH perubahan warna adalah 8,0 – 10,0
  - indigo karmen dengan trayek pH perubahan warna adalah 11,4 – 13,0
10. 25 mL larutan asam HA ditambah 25 mL larutan NaOH 0,1 M (berlebih), sisanya membutuhkan 10 mL HCl 0,1 M untuk dinetralkan. Konsentrasi HA adalah . . . .
- 0,06
  - 0,6
  - 1,0
  - 6
  - 0,02
11. Suatu cuplikan natrium hidroksida sebanyak 0,3 gram apabila dilarutkan dalam air memerlukan 25 mL larutan 0,1 molar HCl untuk menetralkan. Tentukan kadar NaOH dalam cuplikan tersebut jika  $A_r$  H = 1, O = 16, Na = 23!
- 16,7 %
  - 33,3 %
  - 60,0 %
  - 66,7 %
  - 50,0 %
12. Menurut reaksi:
- $$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \square \square \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- Jika 75 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M direaksikan dengan 50 mL larutan NaOH 0,2 M maka pada reaksi tersebut yang tersisa adalah . . . .
- $2,5 \times 10^{-3}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $5 \times 10^{-3}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $2,5 \times 10^{-3}$  mol NaOH
  - $5 \times 10^{-3}$  mol NaOH
  - $7,5 \times 10^{-3}$  mol NaOH
13. Seorang siswa sedang melakukan percobaan titrasi larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan larutan NaOH dan menggunakan indikator fenolftalein, titik akhir titrasi dicapai bila . . . .
- dalam erlenmeyer terbentuk endapan
  - dalam erlenmeyer terbentuk gas
  - larutan dalam erlenmeyer tidak berwarna
  - warna larutan dalam erlenmeyer menjadi merah tua
  - warna larutan dalam erlenmeyer menjadi merah muda



## Tugas

---

Rancanglah percobaan untuk menguji kadar asam asetat di dalam cuka dapur dengan berbagai merk yang diperdagangkan.

- a. Catat harganya dan hitung harga per literinya!
  - b. Berapa masing-masing konsentrasinya? Apakah kadar yang tertera pada labelnya sesuai dengan konsentrasi hasil penelitian?
  - c. Berikan saran yang tepat untuk membeli cuka dapur di pasaran!
-

## Bab IX

# Larutan Penyangga



Sumber: Ebbing, General Chemistry

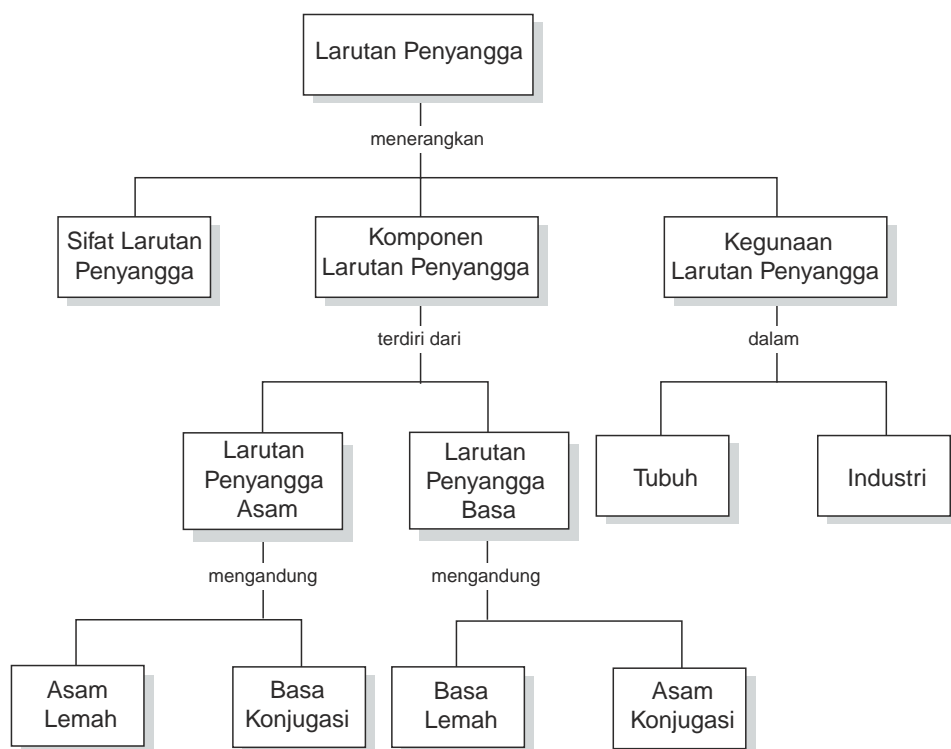
Larutan bufer disebut juga larutan penyangga, bersifat dapat mempertahankan pH larutan.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menyebutkan komponen-komponen larutan penyangga,
2. menjelaskan sifat larutan berdasarkan grafik titrasi asam basa,
3. menjelaskan cara pembuatan larutan penyangga,
4. menentukan  $H$  larutan penyangga,
5. menyebutkan kegunaan larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari.

## PETA KONSEP



**D**arah yang terdapat dalam tubuh memiliki  $pH$  sekitar 7,4. Jika  $pH$  darah berubah, kemampuan mengangkut oksigen ke seluruh tubuh akan berkurang. Oleh karena itu, darah memiliki sifat dapat mempertahankan  $pH$ -nya atau termasuk larutan penyangga. Apakah air termasuk larutan penyangga?

Jika ke dalam air murni ditambahkan asam atau basa, walaupun dalam jumlah yang sedikit, harga  $pH$  dapat berubah cukup besar. Air tidak dapat mempertahankan  $pH$ -nya sehingga air tidak termasuk larutan penyangga. Demikian pula larutan asam dan basa.

Apa saja komponen-komponen larutan penyangga, bagaimana penentuan  $pH$  larutan penyangga, dan mengapa dapat mempertahankan  $pH$ ? Untuk menjawabnya pada bab ini akan dibahas tentang larutan penyangga, sifat-sifat larutan penyangga, dan fungsinya di dalam kehidupan sehari-hari.

## A. Larutan Penyangga dan Pembentuknya

Larutan penyangga adalah larutan yang dapat mempertahankan  $pH$ -nya. Zat apa yang merupakan komponen larutan penyangga dan bagaimana caranya membuat larutan penyangga?

### 1. Komponen Larutan Penyangga

Kalau ke dalam larutan yang mengandung  $CH_3COOH$  dan  $CH_3COONa$ , atau  $NH_3$  dengan  $NH_4Cl$  ditambahkan sedikit asam atau basa, akan didapat harga  $pH$  seperti yang tertera pada Tabel 9.1.

**Tabel 9.1**  $pH$  larutan sebelum dan sesudah ditambah sedikit asam dan basa

No.	Jenis Zat	Volum	$pH$ awal	$pH$ setelah ditambah 1 mL	
				HCl 0,1M	NaOH 0,1 M
1.	Air	10 mL	7	3,0	11,0
2.	$CH_3COOH$ dan $CH_3COONa$	10 mL	4,74	4,73	4,75
3.	$NH_3(aq)$ dan $NH_4Cl$	10 mL	9,27	9,30	9,32

Pada data percobaan tersebut campuran yang terdiri dari larutan  $CH_3COOH$  dan  $CH_3COONa$ , juga larutan  $NH_3(aq)$  dan  $NH_4Cl$   $pH$ -nya hampir tidak berubah setelah ditambah sedikit asam maupun sedikit basa. Kedua jenis campuran tersebut merupakan contoh larutan penyangga.

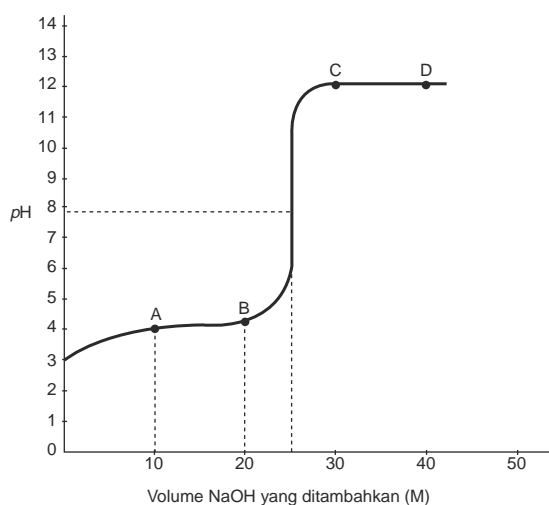
Pada Tabel 9.1 terdapat dua macam larutan penyangga yaitu campuran antara  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan  $\text{NH}_3(\text{aq})$  dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Zat apa dari campuran-campuran tersebut yang membentuk larutan penyangga?

Pada campuran  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang membentuk larutan penyangga adalah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang bersifat *asam lemah* dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang berasal dari  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  adalah *basa konjugasi* dari  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , maka komponen larutan penyangga ini adalah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

Pada campuran  $\text{NH}_3(\text{aq})$  dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang membentuk larutan penyangganya adalah  $\text{NH}_3$  yang bersifat *basa lemah* dengan  $\text{NH}_4^+$  dari  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  $\text{NH}_4^+$  adalah *asam konjugasi* dari  $\text{NH}_3(\text{aq})$ , maka komponen larutan penyangga ini adalah  $\text{NH}_3(\text{aq})$  dengan  $\text{NH}_4^+$ . Berdasarkan ini, dapat disimpulkan:

*Larutan penyangga* adalah larutan yang mengandung asam lemah dengan basa konjugasinya atau basa lemah dengan asam konjugasinya. Larutan penyangga yang mengandung asam lemah bersifat asam. Larutan penyangga yang mengandung basa lemah bersifat basa.

Sifat larutan penyangga dapat mempertahankan *pH*-nya jika ditambah sedikit asam atau basa, dapat dilihat pada tabel data dan grafik titrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{NaOH}$  berikut.



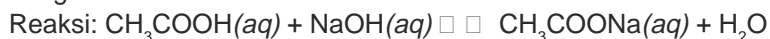
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Volum NaOH yang ditambahkan (M)	pH
0,0	2,87
5,0	4,14
10,0	4,57
15,0	4,92
20,0	5,35
22,0	5,61
24,0	6,12
25,0	8,72
30,0	11,96
40,0	12,26
45,0	12,46
50,0	12,52

**Gambar 9.1** Grafik perubahan pH asam lemah dengan basa kuat pada titrasi 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M ditambahkan  $\text{NaOH}$  0,1 M.

Pada grafik dapat dilihat di antara A dan B, pH hampir tidak berubah walaupun penambahan basa tetap dilakukan. Apa penyebabnya?

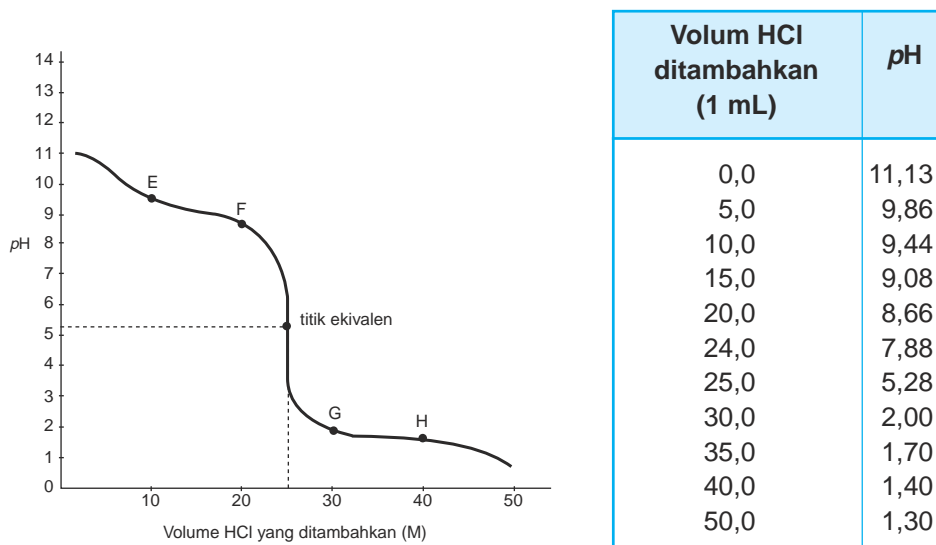
Coba reaksikan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{NaOH}$  dengan volum di antara 10 sampai dengan 20 mL.



Selama penambahan  $\text{NaOH}$  pada campuran akan terbentuk  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan sisa asam  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Campuran  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  menghasilkan larutan penyangga. Setelah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  habis bereaksi dengan  $\text{NaOH}$  tidak terjadi lagi larutan penyangga sehingga pH pada titrasi melonjak naik.

Demikian pula pada tabel dan grafik titrasi  $\text{NH}_3(aq)$  dengan  $\text{HCl}$  pada Gambar 9.2. Di antara titik E dan F perubahan pH relatif kecil, hal ini disebabkan terjadi larutan penyangga yang mengandung komponen  $\text{NH}_3(aq)$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

## 2. Pembentukan Larutan Penyangga



Sumber: Ebbing, General Chemistry

**Gambar 9.2** Grafik perubahan pH basa lemah dengan asam kuat pada titrasi 25 mL  $\text{NH}_3$  0,1 M oleh larutan  $\text{HCl}$  0,1 M

Larutan penyangga dapat dibuat dengan dua cara. Pertama dengan cara mencampurkan langsung komponen-komponennya yaitu suatu asam lemah dengan garamnya atau suatu basa lemah dengan garamnya. Kedua dengan cara mencampurkan asam lemah dan basa kuat dengan jumlah asam lemah yang berlebih atau mencampurkan basa lemah dan asam kuat dengan jumlah basa lemah berlebih.



- a. Mencampurkan asam lemah atau basa lemah dengan garamnya.

**Contoh:**

- 1)  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dicampur dengan  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  membentuk ion  $\text{HCO}_3^-$  sehingga terbentuk larutan penyangga  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ .
- 2)  $\text{NH}_3(\text{aq})$  dicampur dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  $\text{NH}_4\text{Cl}$  membentuk ion  $\text{NH}_4^+$ , sehingga terbentuk larutan penyangga  $\text{NH}_3(\text{aq})/\text{NH}_4^+$ .

- b. Mencampurkan asam lemah dengan basa kuat atau basa lemah dengan asam kuat.

**Contoh:**

- 1) Campuran larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan larutan  $\text{NaOH}$  akan bereaksi dengan persamaan reaksi:  

$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}).$$
 Jika jumlah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang direaksikan lebih banyak daripada  $\text{NaOH}$  maka akan terbentuk  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dan ada sisa  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sehingga terjadi larutan penyangga  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ .
- 2) Campuran  $\text{NH}_3(\text{aq})$  dengan  $\text{HCl}$  akan bereaksi dengan persamaan reaksi  

$$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}).$$
 Jika jumlah  $\text{NH}_3(\text{aq})$  berlebih setelah bereaksi akan terbentuk  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan ada sisa  $\text{NH}_3(\text{aq})$  sehingga terjadi larutan penyangga  $\text{NH}_3(\text{aq})/\text{NH}_4^+$ .

### Contoh Soal

Apakah terjadi larutan penyangga jika 100 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,5 M direaksikan dengan 200 mL  $\text{NaOH}$  0,2 M?

*Penyelesaian:*

	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	+	$\text{NaOH}(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Mol zat mula-mula :	50 mmol		40 mmol		-		-
Mol zat bereaksi :	40 mmol		40 mmol		-		-
Mol zat hasil reaksi :	-		-		40 mmol		40 mmol
Mol zat sisa :	10 mmol						

Setelah bereaksi terdapat campuran antara  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sehingga terjadi larutan penyangga  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

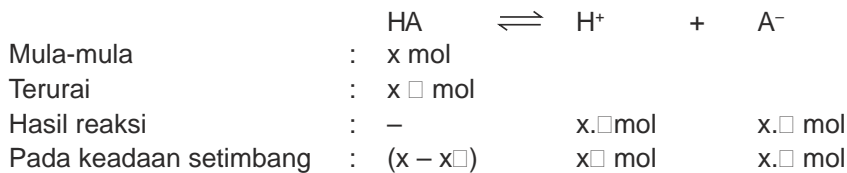
### Latihan 9.1

Apakah terjadi larutan penyangga pada campuran-campuran berikut?

1. 100 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1M dengan 100 mL  $\text{NaOH}$  0,1 M.
2. 100 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dengan 200 mL  $\text{NaOH}$  0,1 M.
3. 100 mL  $\text{NH}_3(\text{aq})$  0,1 M dengan 100 mL  $\text{HCl}$  0,05 M.
4. 100 mL  $\text{NH}_3(\text{aq})$  0,1 M dengan 200 mL  $\text{HCl}$  0,01 M.
5. 100 mL  $\text{H}_2\text{CO}_3$  0,2 M dengan 100 mL  $\text{NaOH}$  0,1 M.

## B. pH Larutan Penyangga

Untuk menentukan pH terlebih dahulu dihitung jumlah  $H^+$  yang ada pada larutan. Misalnya 1 L larutan penyangga mengandung  $x$  mol asam lemah HA ( $x = x$ ) dan  $y$  mol basa konjugasi  $A^-$  dari suatu garam. Persamaan reaksi dan jumlah masing-masing ion yang terjadi adalah:



$A^-$  pada larutan terdapat dari basa konjugasi dan hasil penguraian HA, maka jumlah  $A^- = x + y$  mol.

$A^-$  dari suatu garam akan mendesak reaksi kesetimbangan HA ke arah HA, sehingga konsentrasi HA dianggap tetap maka harga  $K_a$  untuk reaksi kesetimbangan HA adalah:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$H^+$  dan  $A^-$  yang dihasilkan dari HA sangat kecil maka jumlah  $x$  dapat diabaikan sehingga di dalam campuran terdapat  $HA = x$  mol dan  $A^- = y$  mol (tetap seperti semula).

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[HA]}{[A^-]} \text{ atau } [H^+] = K_a \times \frac{[HA]}{[\text{Basa konjugasi}]}$$

$pH = -\log [H^+]$  maka pH larutan penyangga adalah:

$$pH = -\log \left( K_a \times \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Basa konjugasi}]} \right)$$

Dengan cara yang sama untuk larutan penyangga yang terdiri dari basa lemah (LOH) dengan asam konjugasinya ( $L^+$ ) didapat rumus:

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[LOH]}{[L^+]} \text{ atau}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[\text{Basa}]}{[\text{Asam konjugasi}]}$$

$$pOH = -\log \left( K_b \times \frac{[\text{Basa}]}{[\text{Asam konjugasi}]} \right)$$

## Contoh Soal

1. Hitunglah  $pH$  larutan yang terdiri dari campuran 50 mL  $CH_3COOH$  0,1 M dan 50 mL  $CH_3COONa$  0,1 M,  $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ .

*Penyelesaian:*

Dalam 50 mL  $CH_3COOH$  0,1 M terdapat 0,005 mol  $CH_3COOH$

Dalam 50 mL  $CH_3COONa$  0,1 M terdapat = 0,005 mol  $CH_3COO^-$

Volum campuran = 100 mL

$$[CH_3COOH] = 0,005 \times \frac{1000}{100} = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[CH_3COO^-] = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$[H^+] = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,05}{0,05} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} pH &= -\log[H^+] \\ &= -\log 1,7 \cdot 10^{-5} \\ &= 5 - 0,23 = 4,77 \end{aligned}$$

Jadi,  $pH$  larutan adalah 4,77.

2. Tentukan  $pH$  campuran antara 400 mL  $NH_3(aq)$  0,1 M dengan 400 mL larutan  $(NH_4)_2SO_4$  0,05 M. Jika  $K_b NH_3(aq) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

*Penyelesaian:*

Mol  $NH_3$  mula-mula = 400 x 0,1 = 40 mmol

$(NH_4)_2SO_4(aq) \square \square 2 NH_4^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

mol  $NH_4^+$  = 2 x 0,05 x 400 = 40 mmol

$$[NH_3] = \frac{40 \text{ mmol}}{800 \text{ mL}} = 0,05 \text{ mmol mL}^{-1}$$

$$[NH_4^+] = \frac{40 \text{ mmol}}{800 \text{ mL}} = 0,05 \text{ mmol mL}^{-1}$$

$$[OH^-] = K_b \cdot \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$[OH^-] = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0,05)}{(0,05)} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} pOH &= -\log [OH^-] \\ &= -\log 1,8 \cdot 10^{-5} \\ &= 5 - \log 1,8 = 4,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pH &= 14 - pOH \\ &= 14 - 4,74 = 9,26 \end{aligned}$$

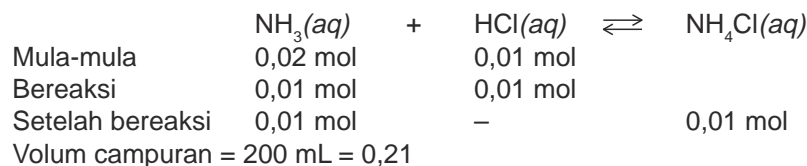
Jadi,  $pH$  campuran adalah 9,26.

3. Hitunglah  $pH$  larutan jika 100 mL  $NH_3(aq)$  0,2 M dicampurkan dengan 100 mL HCl 0,1 M,  $K_b NH_3(aq) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

*Penyelesaian:*

$$NH_3 = \frac{100}{1000} \cdot 0,2 = 0,02 \text{ mol}$$

$$HCl = \frac{100}{1000} \cdot 0,1 = 0,01 \text{ mol}$$



$$[NH_3] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[NH_4^+] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[OH^-] = K_b \cdot \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$[OH^-] = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0,05)}{(0,05)} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\begin{aligned} pOH &= -\log 1,75 \cdot 10^{-5} \\ &= 5 - \log 1,75 \\ &= 4,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pH &= 14 - 4,76 \\ &= 9,24 \end{aligned}$$

Jadi,  $pH$  larutan adalah 9,24.

## Latihan 9.2

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan  $pH$  larutan penyangga dari campuran berikut.
  - a. 100 mL  $CH_3COOK$  0,5 M dengan 200 mL  $CH_3COOH$  0,5 M ( $K_a CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$ ).
  - b. 20 mL  $CH_3COOH$  1 M dengan 10 mL  $NaOH$  0,1 M ( $K_a CH_3COOH = 1,7 \times 10^{-5}$ ).
  - c. 10 mL  $NH_3(aq)$  0,1 M dengan 20 mL  $NH_4Cl$  0,2 M . ( $K_b NH_3(aq) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
2. Berapa mL larutan  $CH_3COOH$  0,1 M harus ditambahkan ke dalam 200 mL larutan  $CH_3COONa$  0,1 M untuk membuat larutan penyangga dengan  $pH = 5$ ? ( $K_a CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).

## C. Pengaruh Pengenceran dan Penambahan Sedikit Asam atau Basa pada Larutan Penyangga

Bagaimana pengaruh pengenceran pada pH larutan penyangga? Pengenceran atau penambahan air akan memperbesar volum komponen-komponen larutan penyangga. Untuk mengetahui pH-nya perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

Ke dalam larutan penyangga yang terdiri dari 200 mL  $\text{NH}_3(\text{aq})$  0,6 M dengan 300 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,3 M ( $K_b \text{NH}_3(\text{aq}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ) ditambahkan air sebanyak 500 mL. Tentukan pH larutan mula-mula dan pH setelah di tambah 500 mL air.

*Penyelesaian:*

#### pH mula-mula

$$\text{Jumlah mol NH}_3(\text{aq}) = 0,6 \text{ M} \times 200 \text{ mL} = 120 \text{ mmol} = 0,12 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah mol NH}_4^+ = 0,3 \text{ M} \times 300 \text{ mL} = 90 \text{ mmol} = 0,09 \text{ mol}$$

$$\text{Volum campuran} = 200 \text{ mL} + 300 \text{ mL} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,12 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,24 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{0,09 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,18 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0,24)}{(0,18)} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$p\text{OH} = -\log 2,4 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 2,4 = 4,62$$

$$p\text{H} = 14 - 4,62 = 9,38$$

Jadi, pH mula-mula adalah 9,38.

#### pH setelah di tambah 500 mL air

Volum campuran menjadi 1.000 mL = 1 L

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,12 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,12 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{0,09 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,09 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0,12)}{(0,09)} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$p\text{OH} = -\log 2,4 \cdot 10^{-5} = 4,62$$

$$p\text{H} = 14 - 4,62 = 9,38$$

Jadi, pH setelah ditambah 500 mL air adalah 9,38.

Bagaimana pengaruh penambahan sedikit asam atau basa pada  $pH$  larutan penyangga? Untuk mengetahuinya perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh Soal

Larutan penyangga yang terdiri dari 50 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dengan 50 mL  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0,1 M ( $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ) mempunyai  $pH = 4,76$ . Berapa  $pH$  larutan setelah ditambah 1 mL  $\text{HCl}$  0,1 M.

*Penyelesaian:*

Pada larutan penyangga terdapat  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Pada penambahan  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}^+$  dari  $\text{HCl}$  akan bereaksi dengan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  membentuk  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sehingga jumlah mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  akan bertambah sedangkan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  akan berkurang.

Perhitungannya:

Jika  $\text{H}^+$  yang ditambahkan = 0,0001 mol maka akan bereaksi dengan 0,0001 mol  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan membentuk 0,0001 mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Jumlah Komponen Sebelum	Jumlah Komponen Sesudah
$\text{CH}_3\text{COOH} = 0,005 \text{ mol}$ $\text{CH}_3\text{COO}^- = 0,005 \text{ mol}$	$\text{CH}_3\text{COOH} = 0,005 + 0,0001 = 0,0051 \text{ mol}$ $\text{CH}_3\text{COO}^- = 0,005 - 0,0001 = 0,0049 \text{ mol}$

Volum campuran = 100 mL + 1 mL = 101 mL = 0,101 L

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{0,0051 \text{ mol}}{0,101 \text{ L}} = 0,051 \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{0,0049 \text{ mol}}{0,101 \text{ L}} = 0,049 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{(0,051)}{(0,049)} = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$pH = 5 - \log 1,77 = 4,75.$$

$pH$  mula-mula = 4,76, sedangkan  $pH$  setelah ditambah sedikit  $\text{HCl}$  = 4,75. Jadi selisih  $pH$  sangat kecil maka dianggap  $pH$  tidak berubah.

Berdasarkan perhitungan pada contoh di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Larutan penyangga dapat mempertahankan  $pH$ nya jika ditambah sedikit asam atau basa
2.  $pH$  larutan penyangga tidak berubah jika larutan diencerkan.

### Latihan 9.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan  $pH$  1 L larutan penyangga yang mengandung 0,1 mol  $\text{NH}_3(aq)$  dan 0,1 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan tentukan pula  $pH$  larutan jika pada larutan ditambahkan 10 mL  $\text{HCl}$  0,1 M.

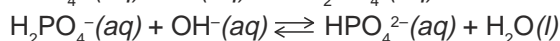
2. Tentukan  $pH$  dari 200 mL larutan  $CH_3COOH$  0,2 M dicampur dengan 300 mL larutan  $CH_3COOK$  0,2 M. Tentukan pula  $pH$  larutan jika ditambahkan 10 mL larutan  $KOH$  0,1 M!
3. Tentukan  $pH$  campuran 100 mL  $CH_3COOH$  1M dengan 100 mL  $KOH$  0,4 M, kemudian tentukan  $pH$  jika pada campuran tersebut ditambahkan air sebanyak 200 mL.

## D. Kegunaan Larutan Penyangga

Pada makhluk hidup terdapat berbagai macam cairan seperti air, sel darah, dan kelenjar. Cairan ini berfungsi sebagai pengangkut zat makanan dan pelarut zat kimia di dalamnya. Berlangsungnya reaksi itu bergantung pada enzim tertentu, dan tiap enzim bekerja efektif pada  $pH$  tertentu ( $pH$  optimum). Oleh sebab itu, cairan dalam makhluk hidup mengandung larutan penyangga untuk mempertahankan  $pH$ -nya.

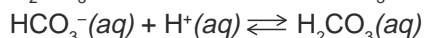
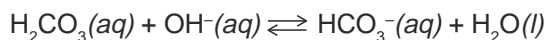
### **Contoh:**

Larutan penyangga dalam sel adalah pasangan asam-basa konjugasi  $H_2PO_4^-$  dan  $HPO_4^{2-}$ . Jika pada sistem ada asam dan basa, larutan akan bereaksi dengan asam dan basa sebagai berikut:



Akibat reaksi tersebut pada sel ini tetap terdapat cairan penyangga  $H_2PO_4^-$  dengan  $HPO_4^{2-}$ .

Larutan penyangga pada darah adalah pasangan asam basa konjugasi  $H_2CO_3$  dan  $HCO_3^-$ . Jika larutan penyangga bereaksi dengan asam dan basa, maka akan terjadi reaksi:



Akibat reaksi tersebut pada darah tetap ada larutan penyangga  $H_2CO_3$  dengan  $HCO_3^-$ . Larutan penyangga di atas membantu menjaga  $pH$  darah agar konstan, yaitu sekitar  $pH = 7,4$ . Jika mekanisme pengaturan  $pH$  dalam tubuh gagal, misalnya saat sakit dan  $pH$  darah turun sampai  $< 7$  atau naik sampai  $pH > 7,8$ , dapat menyebabkan kerusakan permanen pada organ tubuh atau bahkan kematian.

Dengan adanya larutan penyangga  $H_2CO_3/HCO_3^-$  dan  $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$  cairan tubuh kita memiliki  $pH$  yang tetap.

Kegunaan larutan penyangga tidak terbatas pada tubuh makhluk hidup, reaksi-reaksi kimia di bidang industri dan di laboratorium juga menggunakan larutan penyangga.

Buah-buahan dalam kaleng biasanya ditambahkan campuran asam sitrat dan natrium sitrat untuk menjaga pHnya, agar tidak mudah rusak oleh bakteri. Demikian pula untuk keperluan kolam renang sering ditambahkan  $\text{NaHCO}_3$ , agar pH air kolam tetap terjaga konstan.

## Latihan 9.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan kegunaan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup!
2. Jelaskan kegunaan larutan penyangga dalam industri dan laboratorium!

## INFO KIMIA



Sumber: Ebbing, General Chemistry

### Penyangga

Sodium bikarbonat (*baking soda*) ditambahkan ke dalam kolam renang sebab bertindak sebagai buffer, untuk mengontrol pH air di kolam.

## Rangkuman

1. Larutan penyangga merupakan larutan yang dapat mempertahankan pH nya bila ditambah sedikit asam kuat, basa kuat, atau diencerkan.
2. Komponen larutan penyangga yaitu:
  - a. asam lemah dengan basa konjugasinya,
  - b. basa lemah dengan asam konjugasinya.
3. Pembentukan larutan penyangga dengan cara:
  - a. mencampurkan asam lemah atau basa lemah dengan garamnya,
  - b. mencampurkan asam lemah dengan basa kuat atau basa lemah dengan asam kuat.
4. pH larutan penyangga:

a. Penyangga asam:  $[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{HA}]}{[\text{Basa konjugasi}]}$   
 $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

b. Penyangga basa:  $[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{[\text{LOH}]}{[\text{Asam konjugasi}]}$



## Kata Kunci

- Larutan penyangga
- Larutan penyangga asam
- Larutan penyangga basa
- Basa konjugasi
- Asam konjugasi
- Asam lemah
- Basa lemah

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

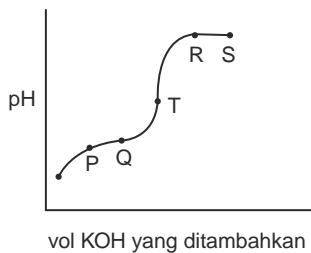
1. Berikut ini yang merupakan larutan penyangga adalah campuran larutan:
- (1) natrium fosfat dengan asam fosfat
  - (2) natrium asetat dengan natrium hidroksida
  - (3) natrium dihidrogen fosfat dengan asam fosfat
  - (4) amonium klorida dengan asam hidroksida
- yang benar adalah . . . .

- A. 1, 2, 3  
B. 1, 2, 4  
C. 1, 3, 4  
D. 1, 2  
E. 1, 3

2. Larutan penyangga dapat dibuat dengan mencampurkan larutan . . . .

- A. 100 mL 0,1 M  $\text{NH}_3$  + 100 mL 0,05 M HCl  
B. 100 mL 0,1 M  $\text{NH}_3$  + 100 mL 0,10 M HCl  
C. 100 mL 0,2 M  $\text{NH}_3$  + 50 mL 0,40 M HCl  
D. 100 mL 0,4 M  $\text{NH}_3$  + 100 mL 0,05 M HCl  
E. 100 mL 0,6 M  $\text{NH}_3$  + 50 mL 0,20 M HCl

- 3.



Perhatikan grafik titrasi larutan asam asetat dengan larutan kalium hidroksida. Selama tritrasi terjadi larutan penyangga. Larutan penyangga pada grafik ditunjukkan oleh huruf . . . .

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

4. Campuran yang terdiri dari 10 mL asam asetat 0,1 M dan 5 mL natrium hidroksida 0,1 M mempunyai pH . . . .

- A. lebih besar dari 7  
B. sama dengan 7  
C. sama dengan  $pK_a$   
D. lebih besar dari  $pK_a$   
E. lebih kecil dari  $pK_a$

5. Pada 1 liter larutan asam lemah HA 0,3 M ( $K_a = 2 \times 10^{-5}$ ) ditambahkan 0,2 mol NaOH padat.  $pH$  campuran menjadi . . . .
- A. 4  
B. 5  
C. 6  
D.  $3 - \log 2$   
E.  $5 - \log 2$
6. Campuran larutan suatu basa lemah  $NH_3(aq)$  1 M dengan larutan garam  $NH_4Cl$  1 M mempunyai  $pH = 10$ , Jika  $K_b NH_3 = 1,7 \cdot 10^{-5}$  maka perbandingan volum kedua larutan yang dicampurkan adalah . . . .

	Volum $NH_3$ (mL)	Volum $NH_4Cl$ (mL)
A.	100	10
B.	50	10
C.	50	10
D.	25	50
E.	25	25

- |    |     |    |
|----|-----|----|
| A. | 100 | 10 |
| B. | 50  | 10 |
| C. | 50  | 10 |
| D. | 25  | 50 |
| E. | 25  | 25 |
7. Larutan 100 mL  $CH_3COOH$  0,15 M dicampurkan dengan 50 mL larutan NaOH 0,2 M. Jika  $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ , maka  $pH$  campuran tersebut adalah . . . .
- A.  $5 - \log 3$   
B.  $6 - \log 3$   
C.  $3 - \log 5$   
D.  $3 - \log 6$   
E.  $6 - \log 5$
8. Ke dalam 100 mL 0,1 M larutan asam asetat ( $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ) ditambahkan sejumlah garam natrium asetat ( $M_r = 82$ ) hingga  $pH$  naik menjadi 5. Massa natrium asetat yang ditambahkan adalah . . . .
- A. 0,10 gram  
B. 0,82 gram  
C. 1,00 gram  
D. 66,00 gram  
E. 8,20 gram
9. Campuran yang membentuk larutan penyangga adalah . . . . .
- A. 100 mL 0,1 M  $CH_3COOH$  + 100 mL 0,1 M  $CH_3COONa$   
B. 50 mL 0,1 M  $NH_3$  + 50 mL 0,1 M HCl  
C. 100 mL 0,1 M  $NH_4Cl$  + 100 mL 0,1 M  $NH_4Cl$   
D. 100 mL 0,1 M  $NH_4Cl$  + 100 mL 0,1 M NaOH  
E. 100 mL 0,1 M  $CH_3COOH$  + 100 mL 0,2 M  $CH_3COOH$
10. Dari pernyataan berikut:
- Salah satu contoh larutan penyangga adalah campuran  $HCOO^-(aq)$  dengan  $CH_3COOH(aq)$
  - Larutan penyangga dalam darah adalah  $H_2CO_3(aq)/HCO_3^-(aq)$  dan  $H_2PO_4^-(aq)/HPO_4^{2-}(aq)$
  - $pH$  larutan penyangga tidak berubah walaupun diencerkan dan ditambah sedikit asam atau basa
  - $pH$  larutan penyangga =  $pK_a$  jika konsentrasi asam sama dengan konsentrasi basa konjugasinya

Pernyataan yang benar adalah . . . . .

- A. i, ii dan iii
- B. ii, iii, dan iv
- C. i, dan iv
- D. i dan iii
- E. i dan ii

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

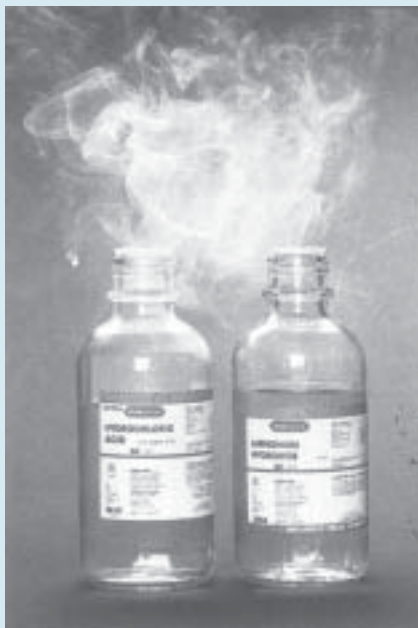
1. Manakah di antara campuran berikut yang merupakan larutan penyangga dan berikan alasannya!
  - a. 50 mL KOH 0,2 M + 50 mL HCN 0,5 M
  - b. 50 mL KOH 0,1 M + 100 mL  $\text{CN}_3\text{COOH}$  0,1 M
  - c. 100 mL KOH 0,05 M + 50 mL  $\text{HCOOH}$  0,1 M
  - d. 100 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M + 100 mL  $\text{NH}_3\text{OH}$  0,1 M
2. Hitunglah *pH* larutan jika dicampurkan larutan asam asetat dan natrium asetat dengan perbandingan 2 : 5 ( $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).
3. Jelaskan dengan grafik terjadinya larutan penyangga pada titrasi 20 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1 M dengan 20 mL  $\text{NaOH}$  1 M.
4. Dalam tubuh campuran  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  merupakan komponen yang dapat mempertahankan *pH* darah.
  - a. Tulislah persamaan yang menunjukkan bagaimana larutan itu berfungsi sebagai larutan penyangga.
  - b. Jelaskan mengapa penyangga ini paling efektif pada *pH* 7,4.
5. Asam formiat [ $\text{HCOOH}$ ] sebanyak 1,84 gram dimasukkan ke dalam air hingga volum 100 mL. Agar *pH* larutan menjadi 3, berapa gram natrium formiat ( $\text{HCOONa}$ ) yang harus ditambahkan? ( $K_a = 1,75 \cdot 10^{-4}$ ,  $A_r \text{ H} = 1$ ,  $\text{C} = 12$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{Na} = 23$ ).

## T u g a s

Carilah informasi dari buku, internet, dan media lain tentang penggunaan larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari.

## Bab X

# Hidrolisis Garam



Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry With Qualitative Analysis*

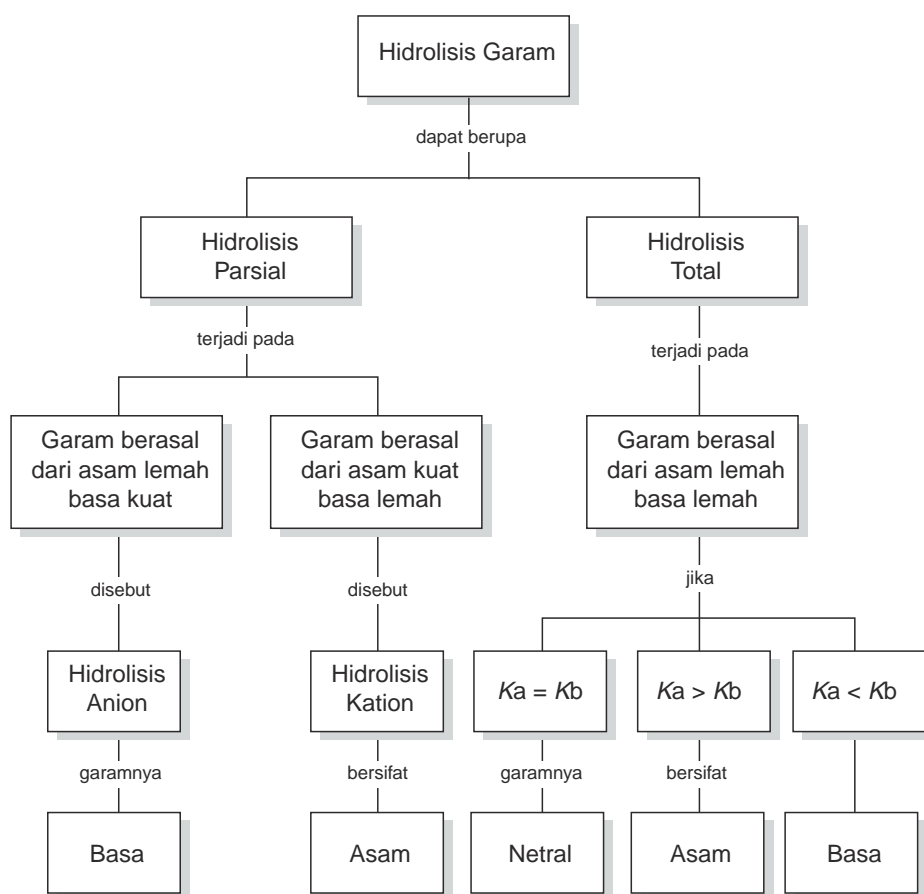
Awan putih yang terlihat adalah  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang dihasilkan dari reaksi HCl dan  $\text{NH}_3$  pekat.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  merupakan garam yang terhidrolisis.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan ciri-ciri garam terhidrolisis,
2. menjelaskan reaksi-reaksi hidrolisis,
3. menjelaskan terjadinya hidrolisis garam berdasarkan grafik titrasi asam-basa,
4. menghitung pH garam yang terhidrolisis.

## PETA KONSEP



Kalau kita makan, karbohidrat akan terhidrolisis dengan bantuan berbagai enzim menjadi glukosa. Bagaimana dengan garam dapur apakah mengalami hidrolisis? Hidrolisis berasal dari kata hidro (air) dan lisis (penguraian), sehingga hidrolisis dapat diartikan sebagai penguraian suatu senyawa oleh air atau reaksi suatu senyawa dengan air.

Banyak jenis garam yang dibentuk dari berbagai asam dan basa ini mengalami hidrolisis. Garam bagaimana yang dapat mengalami hidrolisis? Apa penyebabnya? Bagaimana dengan pH larutan garam yang terhidrolisis? Pada bab ini akan diuraikan tentang garam-garam yang terhidrolisis dan pH larutan garam.

## A. Ciri-Ciri Garam yang Terhidrolisis

Untuk mengenal ciri-ciri garam yang terhidrolisis dapat ditentukan melalui sifat asam dan basa pembentuk garam tersebut. Bagaimana caranya? Lakukan kegiatan berikut.

### KEGIATAN 10.1 Eksperimen

#### Hidrolisis Garam

Untuk menguji garam yang mengalami hidrolisis dan yang tidak terhidrolisis, lakukan kegiatan berikut.

1. Ujilah larutan garam-garam berikut dengan lakmus merah dan lakmus biru, tentukan sifat masing-masing larutan.  
 $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  dan  $\text{KCl}$
2. Tentukan sifat asam dan sifat basa pembentuk garam tersebut.
3. Buatlah laporan dalam bentuk tabel.
4. Carilah hubungan antara sifat asam-basa larutan garam dengan sifat asam basa pembentuknya.

Data pengujian asam-basa larutan garam dengan lakmus dapat dilihat pada Tabel 10.1.

**Tabel 10.1** Data pengujian asam-basa larutan garam dengan lakmus

Jenis Garam	Warna Kertas Lakmus		Sifat Larutan	pH
	Merah	Biru		
$\text{CH}_3\text{COONa}$	Biru	Biru	Basa	> 7
$\text{NH}_4\text{Cl}$	Merah	Merah	Asam	< 7
$\text{CH}_3\text{COONH}_4$	Merah	Biru	Netral	= 7
$\text{NaCl}$	Merah	Biru	Netral	= 7

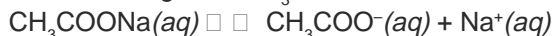
Sumber: Ebbing, General Chemistry

Larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam sedangkan  $\text{NaCl}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  netral. Mengapa sifat larutan-larutan tersebut berbeda?

$\text{CH}_3\text{COONa}$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  mengalami hidrolisis sedangkan  $\text{NaCl}$  tidak terhidrolisis. Bagaimana ini dapat dijelaskan? Perhatikan uraian berikut.

## 1. Larutan Garam $\text{CH}_3\text{COONa}$

Larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  di dalam air akan terionisasi sebagai berikut.



Ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  akan bereaksi dengan air membentuk  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{OH}^-$ .



Di dalam larutan terdapat ion  $\text{OH}^-$  maka larutan bersifat *basa*. Reaksi yang terjadi dapat ditulis:



$\text{CH}_3\text{COONa}$  berasal dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan basa kuat  $\text{NaOH}$ , garam ini mengalami *hidrolisis sebagian*.

## 2. Larutan Garam $\text{NH}_4\text{Cl}$

Larutan garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  di dalam air akan terionisasi sebagai berikut.



Ion  $\text{NH}_4^+$  akan bereaksi dengan air membentuk  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{H}^+$ . Di dalam larutan terdapat ion  $\text{H}^+$  maka larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bersifat asam.

Reaksi yang terjadi dapat ditulis:



$\text{NH}_4\text{Cl}$  berasal dari basa lemah  $\text{NH}_3$  dan asam kuat  $\text{HCl}$ , garam ini mengalami *hidrolisis sebagian*.

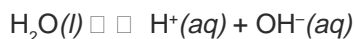
## 3. Larutan Garam $\text{NaCl}$

Larutan garam  $\text{NaCl}$  bersifat netral artinya jumlah ion  $\text{H}^+$  pada larutannya sama dengan jumlah ion  $\text{OH}^-$ .

NaCl dalam air terionisasi sebagai berikut.



Air terionisasi sebagai berikut.



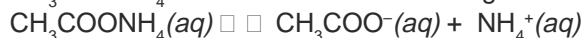
Antara ion-ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  dengan air tidak ada yang bereaksi sehingga jumlah ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam larutan akan sama, dan larutan menjadi netral.

NaCl dibentuk dari basa kuat NaOH dan asam kuat HCl, garam ini tidak mengalami hidrolisis.

#### 4. Larutan Garam $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

Larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  bersifat netral, artinya jumlah ion  $\text{H}^+$  pada larutan sama dengan jumlah ion  $\text{OH}^-$ .

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$  dalam larutan terurai sebagai berikut.



Kedua ion bereaksi dengan air, dengan reaksi sebagai berikut.



$K_a$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  sama dengan  $K_b$   $\text{NH}_3$  maka  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}^+$  yang ada dalam larutan jumlahnya sama. Oleh karena itu larutan bersifat *netral*. Reaksi hidrolisis pada garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah mengalami *hidrolisis total*. Sifat larutan garam ini bergantung pada harga  $K_a$  dan  $K_b$  asam basa pembentuknya.

Dari uraian tersebut ciri-ciri garam yang mengalami hidrolisis adalah sebagai berikut.

1. Garam yang dibentuk dari asam lemah dengan basa kuat.
2. Garam yang dibentuk dari basa lemah dengan asam kuat.
3. Garam yang dibentuk dari asam lemah dengan basa lemah.

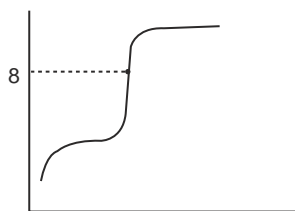
Sifat asam-basa larutan garam bergantung pada kekuatan asam-basa pembentuknya.

1. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat bersifat basa.
2. Garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat bersifat asam.
3. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah sifatnya bergantung dari  $K_a$  dan  $K_b$  asam-basa pembentuknya.

Hidrolisis pada garam-garam dapat buktikan pula melalui data titrasi asam lemah oleh basa kuat atau basa lemah oleh asam kuat. Bagaimana caranya?

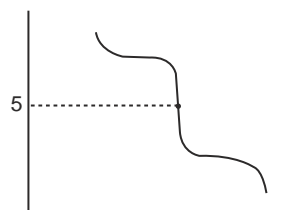
Perhatikan grafik titrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan NaOH pada Gambar 10.1 dan grafik titrasi  $\text{NH}_3$  dengan HCl pada Gambar 10.2.





**Gambar 10.1** Grafik titrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{NaOH}$

Mengapa titik ekuivalen pada titrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{NaOH}$  terjadi pada  $\text{pH}$  8? Pada titik ekuivalen terjadi larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dalam air.  $\text{CH}_3\text{COONa}$  mengalami hidrolisis sehingga terjadi ion  $\text{OH}^-$ . Dengan adanya ion  $\text{OH}^-$  maka  $\text{pH}$  larutan  $> 7$  atau larutan garam bersifat basa.



**Gambar 10.2** Grafik titrasi  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{HCl}$

Pada titras  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{HCl}$ , titik ekuivalen terjadi pada  $\text{pH}$  5. Mengapa demikian? Pada titik ekuivalen terjadi larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam air mengalami hidrolisis sehingga terjadi ion  $\text{H}^+$ , yang menyebabkan  $\text{pH}$  larutan  $< 7$  atau larutan garam bersifat asam.

### Latihan 10.1

Tulis reaksi hidrolisis dan tentukan sifat larutannya untuk garam-garam berikut.

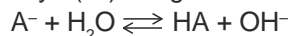
- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| a. $\text{CH}_3\text{COOK}$ | d. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| b. $\text{NaCO}_3$          | e. $\text{AlCl}_3$              |
| c. $\text{NaCN}$            | f. $\text{CH}_3\text{COOCN}$    |

## B. Hubungan $K_h$ , $K_w$ dengan $[\text{OH}^-]$ atau $[\text{H}^+]$ Larutan Garam yang Terhidrolisis

Sifat larutan garam yang terhidrolisis bergantung dari asam dan basa pembentuknya. Demikian pula harga  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}^+$  dari larutan tersebut. Bagaimana hubungan  $K_h$  (tetapan hidrolisis),  $K_w$  (tetapan kesetimbangan air) dengan  $[\text{OH}^-]$  atau  $[\text{H}^+]$ ?

### 1. Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Kuat

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat bersifat basa, contohnya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , dan  $\text{NaCN}$ . Pada garam ini yang mengalami hidrolisis adalah anionnya ( $\text{A}^-$ ) dengan reaksi:



Penentuan  $[\text{OH}^-]$  dari larutan garam tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Untuk asam lemah: } K_a = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]}$$

$K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$  adalah suatu tetapan dan diberi simbol  $K_h$  (tetapan hidrolisis) sehingga persamaan di atas menjadi:

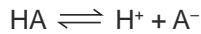
$$K_h = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \quad \text{.....(1)}$$

Kalau persamaan (1) ruas kanan dikalikan dengan  $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$  persamaan menjadi

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \cdot \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]} \\ &= \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} \end{aligned}$$

$$K_h = \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} \cdot [\text{OH}^-][\text{H}^+] \quad \text{.....(2)}$$

HA di dalam air terdisosiasi menurut persamaan



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\frac{[\text{HA}]}{[\text{H}^+][\text{A}^-]} = \frac{1}{K_a} \quad \text{.....(3)}$$

$$[\text{OH}^-][\text{H}^+] = K_w$$

Berdasarkan persamaan 2 dan 3, maka didapat

$$K_h = \frac{1}{K_a} \cdot K_w \quad \text{atau} \quad K_h = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{.....(4)}$$

Oleh karena  $K_h = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]}$  maka persamaan 4 menjadi:

$$\frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{K_w}{K_a}$$

$[HA] = [OH^-]$  maka persamaan menjadi:

$$\frac{[OH^-]^2}{[A^-]} = \frac{K_w}{K_a} \quad \text{atau} \quad OH^- = \sqrt{\frac{K_w \cdot [A^-]}{K_a}}$$

dengan  $K_w$  = tetapan kesetimbangan air

$[A^-]$  = konsentrasi  $A^-$  dari garam

$K_a$  = tetapan kesetimbangan asam

Perhitungan  $pOH$  dapat menggunakan rumus  $pOH = -\log [OH^-]$ , jadi didapat persamaan  $pOH$  sebagai berikut.

$$pOH = \frac{1}{2} (pK_w - pK_a - \log [A^-])$$

### Contoh Soal

Tentukan konsentrasi  $OH^-$  pada larutan  $CH_3COONa$  0,01 M dan hitung harga  $pH$ nya! ( $K_a$   $CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).

*Penyelesaian:*



$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w [CH_3COO^-]}{K_a}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 10^{-2}}{1,7 \cdot 10^{-5}}} = 2,4 \cdot 10^{-6}$$

$$pOH = -\log 2,4 \cdot 10^{-6} = 5,6$$

$$pH = 14 - 5,6 = 8,4$$

### Latihan 10.2

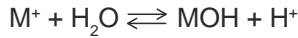
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konsentrasi  $OH^-$  dan  $pH$  100 mL larutan  $CH_3COOK$  0,003 M ( $K_a$   $CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).
2. Tentukan  $pH$  250 mL larutan yang mengandung 0,98 gram  $NaCN$  ( $K_a$   $HCN = 5 \cdot 10^{-10}$ ).
3. Tentukan  $pH$  campuran 10 mL  $NaOH$  0,001 M dengan 10 mL  $CH_3COOH$  0,001 M ( $K_a$   $CH_3COOH = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ).
4. Tentukan  $pH$  campuran 20 mL larutan  $KOH$  0,01 M dengan 10 mL larutan  $HCN$  0,02 M, bila diketahui  $K_a$   $HCN = 1 \cdot 10^{-9}$ .

## 2. Garam yang Berasal dari Basa Lemah dan Asam Kuat

Garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat bersifat asam contohnya  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Penentuan  $[\text{H}^+]$  pada larutan garam ini adalah sebagai berikut.

Pada garam ini yang mengalami hidrolisis adalah kationnya:



Tetapan hidrolisisnya:

$$K = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]}$$

$K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$  adalah tetapan yang dilambangkan dengan  $K_h$  maka persamaan di atas menjadi:

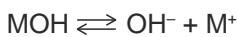
$$K_h = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} \quad \text{.....(1)}$$

Kalau pada persamaan (1) ruas kanan dikalikan  $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$ , persamaan menjadi:

$$K_h = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} \cdot \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$K_h = \frac{[\text{MOH}]}{[\text{M}^+][\text{OH}^-]} \cdot [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad \text{.....(2)}$$

MOH terdisosiasi dengan persamaan:



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{M}^+]}{[\text{MOH}]}$$

$$\frac{[\text{MOH}]}{[\text{M}^+][\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_b} \quad \text{.....(3)}$$

Dari persamaan 2 dan 3 didapat

$$K_h = \frac{1}{K_b} \cdot K_w$$

atau 
$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

Oleh karena  $K_h = \frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]}$  maka persamaan 4 menjadi:

$$\frac{[\text{MOH}][\text{H}^+]}{[\text{M}^+]} = \frac{K_w}{K_b}$$

$[\text{MOH}] = [\text{H}^+]$  sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{M}^+]} = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{atau} \quad \text{H}^+ = \sqrt{\frac{K_w \cdot [\text{M}^+]}{K_b}}$$

dengan  $K_w$  = tetapan kesetimbangan air  
 $[\text{M}^+]$  = konsentrasi  $\text{M}^+$  dari garam  
 $K_b$  = tetapan kesetimbangan basa

Perhitungan pH dapat menggunakan rumus  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , jadi didapat persamaan pH sebagai berikut.

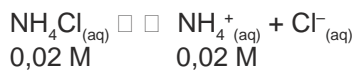
$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_w - \text{p}K_b - \log [\text{M}^+])$$

### Contoh Soal

Tentukan konsentrasi  $\text{H}^+$  dan pH dari 500 mL larutan yang mengandung 0,01 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

*Penyelesaian:*

$$\text{Konsentrasi larutan } \text{NH}_4\text{Cl} = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,02 \text{ M}$$



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \cdot [\text{NH}_4^+]}{K_b}}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{1,8 \cdot 10^{-5}}}$$

$$= \sqrt{1,11 \cdot 10^{-11}}$$

$$= 3,3 \cdot 10^{-6}$$

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

$$= -\log 3,3 \cdot 10^{-6}$$

$$= 5,5$$

### Latihan 10.3

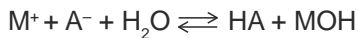
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konsentrasi  $H^+$  dan  $pH$  larutan berikut :
  - a.  $(NH_4)_2 SO_4$  0,05 M ( $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ )
  - b.  $(NH_4) NO_3$  0,10 M ( $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ )
2. Tentukan  $pH$  400 mL larutan yang mengandung 0,0535 g  $NH_4Cl$  ( $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
3. Tentukan  $pH$  campuran 20 mL  $HCl$  0,04 M dengan 80 mL  $NH_4OH$  0,01 M ( $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
4. Tentukan  $pH$  campuran dari 30 mL larutan  $NH_4OH$  0,1 M dengan 15 mL larutan  $H_2SO_4$  0,1 M bila diketahui  $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

### 3. Garam yang Berasal dari Asam Lemah dan Basa Lemah

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah sifatnya bergantung pada harga  $K_a$  dan  $K_b$  asam basa pembentuknya. Contoh:  $NH_4CN$  dan  $CH_3COONH_4$ .

Garam ini mengalami hidrolisis total. Kation dan anion dari garam mengalami hidrolisis dengan reaksi:



Tetapan hidrolisisnya:

$$K = \frac{[HA][MOH]}{[M^+][A^-][H_2O]}$$

$$K \cdot H_2O = \frac{[HA][MOH]}{[M^+][A^-]}$$

Dengan penurunan rumus akan didapat rumus tetapan hidrolisis  $K_h = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$ .

$$pH = \frac{1}{2}(pK_w + pK_a - pK_b)$$

Jika  $K_a = K_b$  larutan garam bersifat netral.

Jika  $K_a > K_b$  larutan garam bersifat asam.

Jika  $K_a < K_b$  larutan garam bersifat basa.

### Latihan 10.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan  $pH$  larutan 0,01 M  $NH_4CN$  bila diketahui:  $K_a HCN = 5 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
2. Tentukan  $pH$  campuran dari 50 mL larutan amonia 0,1 M dengan 50 mL larutan asam asetat 0,1 M bila diketahui  $K_b NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_a CH_3COOH = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

## INFO KIMIA

Tubuh manusia dapat menghidrolisis gula tebu menjadi glukosa dan fruktosa, tetapi tidak dapat menghidrolisis selulosa atau serat. Hewan dapat menghidrolisis selulosa atau serat maka makanan hewan seperti sapi dan kambing adalah rumput.

## Rangkuman

1. Ciri-ciri garam yang terhidrolisis:
  - a. Garam yang terhidrolisis sebagian merupakan garam yang berasal dari asam lemah dengan basa kuat atau basa lemah dengan asam kuat.
  - b. Garam yang terhidrolisis total merupakan garam yang berasal dari asam lemah dengan basa lemah.
2. Perhitungan  $pH$  garam yang terhidrolisis:
  - a. Garam yang terhidrolisis sebagian:

- Garam yang bersifat asam

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [M^+]}$$

- Garam yang bersifat basa

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [A^-]}$$

- b. Garam yang terhidrolisis total

$$pH = \frac{1}{2} (pK_w + pK_a - pK_b)$$

## Kata Kunci

- Hidrolisis
- Hidrolisis sebagian
- Hidrolisis total
- Hidrolisis kation
- Hidrolisis anion

## Evaluasi Akhir Bab

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Air akan berubah harga  $pH$ nya menjadi lebih besar dari 7, jika ke dalam air tersebut dilarutkan . . . .
  - A. natrium sulfat
  - B. natrium karbonat
  - C. natrium klorida
  - D. kalsium klorida
  - E. tembaga nitrat

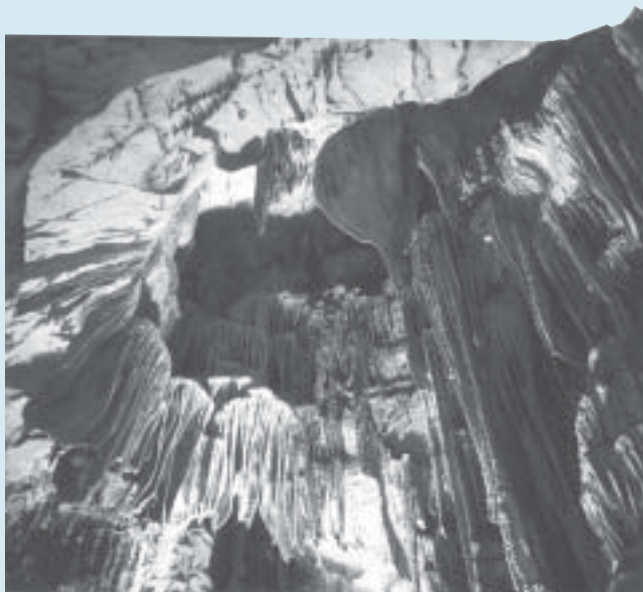
2. Sifat-sifat yang dimiliki oleh larutan amonium sulfat yaitu:  
 (1) bersifat asam (3) harga  $pH < 7$   
 (2) membirukan lakmus merah (4) terhidrolisis sempurna  
 Sifat yang benar adalah . . . .  
 A. 1, 2, 3 D. 1, 4  
 B. 1, 3 E. 3, 4  
 C. 2, 4
3.  $pH$  larutan  $CH_3COONa$  0,1 M jika  $K_a CH_3COONa = 10^{-5}$  adalah . . . .  
 A. 3 D. 10  
 B. 5 E. 13  
 C. 9
4.  $pH$  500 mL larutan yang mengandung 0,2 mol  $NH_4Cl$  ( $K_b NH_3(aq) = 10^{-5}$ ) adalah . . . .  
 A.  $1 - \log 4$  D.  $5 - \log 1,4$   
 B.  $4 - \log 1$  E.  $5 - \log 4$   
 C.  $2 - \log 5$
5. Garam yang tidak terhidrolisis adalah . . . .  
 A. kalium asetat D. amonium asetat  
 B. natrium asetat E. natrium sulfat  
 C. amonium klorida
6. Lakmus biru akan berubah jadi merah dalam larutan . . . .  
 A.  $Na_2O$  D.  $NaBr$   
 B.  $NH_4NO_3$  E.  $H_2O$   
 C.  $Na_2CO_3$
7. Dalam larutan manakah indikator fenolftalein akan berubah warnanya dari tak berwarna menjadi merah?  
 A. Larutan  $K_2CO_3$  D. Larutan  $CH_3COOH$   
 B. Larutan  $H_2SO_4$  E. Larutan  $NaNO_3$   
 C. Larutan  $NH_4Cl$
8. Jika  $K_a CH_3COONa = 10^{-5}$  maka jumlah mol  $CH_3COONa$  yang harus dilarutkan ke dalam 1 liter larutan untuk mendapatkan larutan garam dengan  $pH = 8$  adalah . . . .  
 A. 0,1 mol D. 0,0001 mol  
 B. 0,01 mol E. 0,00001 mol  
 C. 0,001 mol
9. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah adalah . . . .  
 A.  $NH_4NO_3$  D.  $CH_3COONa$   
 B.  $NH_4Cl$  E.  $CH_3COOK$   
 C.  $NH_4CN$





## Bab XI

# Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan



*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

Stalaktit dan stalagnit terbentuk dari batu kapur yang larut sedikit-sedikit dan mengendap lagi pada waktu yang sangat lama.

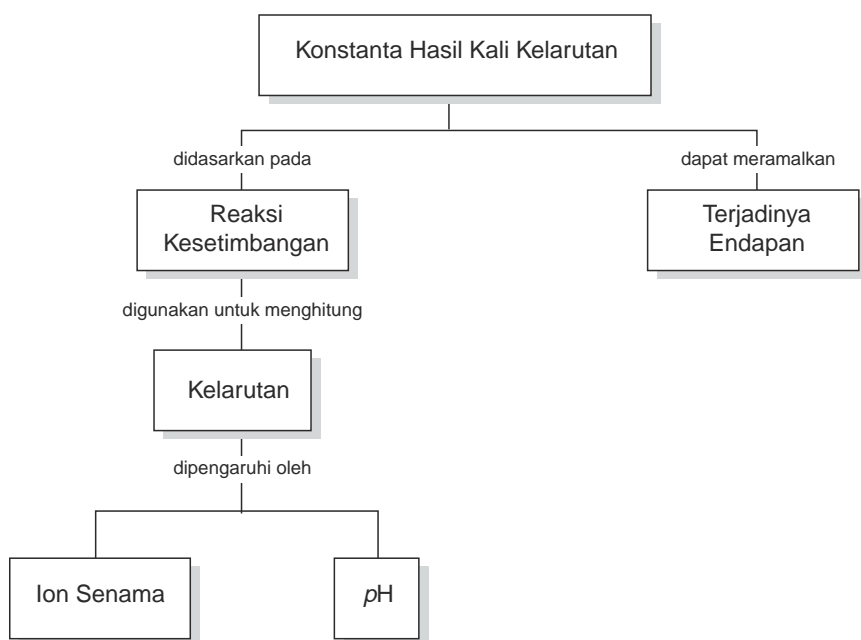
### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menentukan kelarutan beberapa senyawa dalam air,
2. menuliskan rumus  $K_{sp}$  dari beberapa senyawa elektrolit yang sukar larut,
3. menentukan kelarutan  $at$  berdasarkan harga  $K_{sp}$ ,
4. menjelaskan pengaruh ion senama pada kelarutan  $at$ ,
5. memprediksi terbentuknya endapan dari suatu reaksi berdasarkan harga  $K_{sp}$  senyawa.

## PETA KONSEP

---



Banyak proses alam yang disebabkan oleh peristiwa pengendapan. Pengendapan terjadi bila suatu zat sukar larut dalam air atau larutan sudah lewat jenuh.

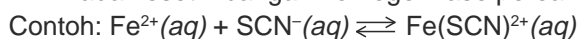
Pengendapan terjadi pada pembentukan stalaktit dan stalagnit dalam gua kapur atau terbentuknya batu ginjal dalam tubuh. Stalaktit dan stalagnit terbentuk pada saat air merembes dari atas bukit gua melalui rongga-rongga dan melarutkan kapur sedikit-sedikit. Di dalam gua ini larutan kapur ada yang jatuh dan menempel di atap gua membentuk endapan kapur sehingga dalam waktu ribuan tahun terbentuk stalaktit dan stalagnit.

Batu ginjal terbentuk bila terjadi pengendapan kalsium oksalat dalam waktu yang lama. Terjadinya pengendapan ini ada hubungannya juga dengan konsentrasi ion-ion dalam reaksi kesetimbangan larutan jenuh dan juga konstanta hasil kali kelarutan. Pada bab ini akan dibahas bagaimanakah hubungan antara konstanta hasil kali kelarutan dengan kelarutan, pH, dan bagaimana memprediksi terjadinya pengendapan dari suatu reaksi.

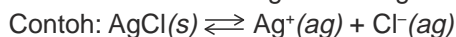
## A. Kesetimbangan Kelarutan

Pada bab sebelumnya telah dipelajari contoh-contoh kesetimbangan homogen dan heterogen.

Pada kesetimbangan homogen fase pereaksi dan hasil reaksinya sama.



Pada kesetimbangan heterogen fase pereaksi dan hasil reaksinya berbeda.



Konstanta kesetimbangan ( $K$ ) untuk beberapa reaksi dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 11.1** Konstanta kesetimbangan untuk beberapa reaksi

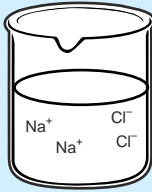
Reaksi	Konstanta Kesetimbangan
1. $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{ag}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{ag})$	$K = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2$
2. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) \rightleftharpoons 3\text{Ca}^{2+}(\text{ag}) + 2 \text{PO}_4^{3-}(\text{ag})$	$K = [\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$
3. $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^{-}(\text{aq}) + \text{H}^{+}(\text{aq})$	$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^{-}][\text{H}^{+}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$

Jika suatu senyawa ion yang berwujud padat dimasukkan ke dalam air, biasanya akan larut membentuk ion-ion.

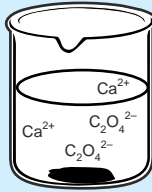
Apakah semua senyawa ion mudah larut dalam air dan bagaimana hubungan konsep kesetimbangan dengan kelarutan zat? Lakukan kegiatan berikut.

## KEGIATAN 11.1 Eksperimen

### Mengetahui Kelarutan Zat



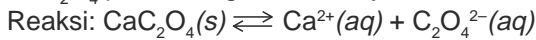
Ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  dalam larutan NaCl



Kesetimbangan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  padat, ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

Larutkan 1 gram NaCl dan 1 gram  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  masing-masing dalam air sampai volum larutan 100 mL, aduk dan apa yang terjadi!

Pada percobaan, NaCl semua larut dalam air sedangkan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  tidak larut semua. Pada pelarutan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , tidak semua  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  larut dalam air, sehingga terdapat endapan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ . Pada larutan jenuhnya terdapat kesetimbangan antara  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  padat dengan ion-ionnya.



Harga kelarutan NaCl =  $6,41 \text{ mol L}^{-1}$

Harga kelarutan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  =  $4,7969 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$

Maka NaCl dan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  yang dapat larut dalam 100 mL larutan adalah:

NaCl sebanyak =  $0,641 \times 58,5 \text{ g} = 37,5 \text{ g}$

$\text{CaC}_2\text{O}_4$  sebanyak =  $0,479 \cdot 10^{-5} \times 128 \text{ g} = 6,14 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 6,14 \text{ mg}$

Dari percobaan tersebut dikatakan NaCl adalah senyawa yang mudah larut dalam air atau kelarutannya tinggi, sedangkan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  adalah senyawa yang sukar larut dalam air atau kelarutannya rendah.

Beberapa harga kelarutan zat dalam air dapat dilihat pada Tabel 11.2.

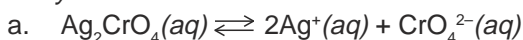
**Tabel 11.2** Beberapa harga kelarutan zat dalam air

Senyawa	Kelarutan ( $\text{mol L}^{-1}$ )
AgCl	$1,3 \cdot 10^{-5}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
$\text{MgCO}_3$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
$\text{BaCrO}_4$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$\text{PbSO}_4$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

### Contoh Soal

- Di dalam 200 mL larutan terlarut 5,3 mg  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $M_r = 332$ ).
  - Tuliskan reaksi kesetimbangan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam air!
  - Berapakah kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam  $\text{mol L}^{-1}$  larutan?

Penyelesaian:

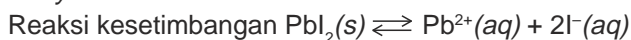


b.  $5,3 \text{ mg Ag}_2\text{CrO}_4 = \frac{5,3 \cdot 10^{-3}}{332} \text{ mol} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

$$\text{Kelarutan Ag}_2\text{CrO}_4 = \frac{1.000}{200} \times 1,6 \cdot 10^{-5} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

2. Kelarutan  $\text{PbI}_2$  adalah  $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ . Berapa mol ion-ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{I}^-$  yang terdapat dalam 50 mL larutan jenuh?

Penyelesaian:



$$\text{Pb}^{2+} = \frac{50}{1.000} \times 3,5 \cdot 10^{-3} = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol ion}$$

$$\text{I}^- = \frac{50}{1.000} \times 2 \times 3,5 \cdot 10^{-3} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol ion}$$

## Latihan 11.1

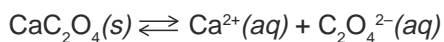
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Di dalam 500 mL larutan dapat larut 0,7175 gram AgCl. Tentukan kelarutan AgCl dalam mol  $\text{L}^{-1}$  larutan ( $A_r \text{ Ag} = 108, \text{ Cl} = 35,5$ ).
2. Kelarutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ . Berapa mol ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  yang terdapat dalam 100 mL larutan jenuhnya?

## B. Hasil Kali Kelarutan

Pada larutan jenuh terjadi kesetimbangan antara ion-ion dengan zat yang tidak larut.

Proses ini terjadi dengan laju reaksi yang sama sehingga terjadi reaksi kesetimbangan. Contohnya reaksi kesetimbangan pada larutan jenuh  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  dalam air adalah:



$$\text{Konstanta kesetimbangan: } K = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{[\text{CaC}_2\text{O}_4]}$$

Oleh karena  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  yang larut dalam air sangat kecil maka konsentrasi  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  dianggap tetap. Sesuai dengan harga  $K$  untuk kesetimbangan heterogen, konstanta reaksi ini dapat ditulis:

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

$K_{sp}$  atau konstanta hasil kali kelarutan adalah hasil kali konsentrasi ion-ion dalam larutan jenuh, dipangkatkan masing-masing koefisien reaksinya.

Rumus dan harga  $K_{sp}$  beberapa senyawa dapat dilihat pada Tabel 11.3.

**Tabel 11.3** Beberapa harga  $K_{sp}$  senyawa

Rumus	Reaksi Keseimbangan	Rumus $K_{sp}$	$K_{sp}$
AgI	$\text{AgI}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{I}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{I}^-]$	$1,5 \cdot 10^{-16}$
AgCl	$\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	$1,8 \cdot 10^{-10}$
$\text{CaF}_2$	$\text{CaF}_2(s) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(aq) + 2 \text{F}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$	$3,9 \cdot 10^{-11}$
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4(s) \rightleftharpoons 2 \text{Ag}^+(aq) + \text{CrO}_4^{2-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$	$9,0 \cdot 10^{-12}$
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(aq) + 2 \text{OH}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2$	$1,5 \cdot 10^{-11}$
$\text{CaCO}_3$	$\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$	$4,8 \cdot 10^{-9}$
$\text{CaC}_2\text{O}_4$	$\text{CaC}_2\text{O}_4(s) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(aq) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$	$2,27 \cdot 10^{-9}$
$\text{PbI}_2$	$\text{PbI}_2(s) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(aq) + 2 \text{I}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$	$8,7 \cdot 10^{-9}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(s) \rightleftharpoons 3 \text{Ca}^{2+}(aq) + 2 \text{PO}_4^{3-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$	$1 \cdot 10^{-25}$
$\text{BaSO}_4$	$\text{BaSO}_4(s) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$	$1,1 \cdot 10^{-10}$
$\text{PbCl}_2$	$\text{PbCl}_2(s) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(aq) + 2 \text{Cl}^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$	$1,7 \cdot 10^{-5}$

Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*

## Latihan 11.2

Selesaikan soal-soal berikut!

- Dari zat-zat berikut, tuliskan kesetimbangan ion dalam larutan jenuhnya dan unsur  $K_{sp}$  nya!
  - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
  - $\text{Ag}_3\text{PO}_4$
  - $\text{BaSO}_4$
  - $\text{Mg}(\text{OH})_2$
  - $\text{CaCO}_3$
- Dari persamaan  $K_{sp}$  berikut ini, tentukan kesetimbangan ion larutan jenuhnya!
  - $K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$
  - $K_{sp} = [\text{Sr}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$
  - $K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]$
  - $K_{sp} = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$

## C. Penentuan Kelarutan Zat Berdasarkan $K_{sp}$ atau Sebaliknya

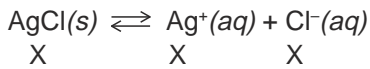
Kelarutan zat-zat yang sukar larut dapat ditentukan berdasarkan harga  $K_{sp}$  zat tersebut. Demikian pula harga  $K_{sp}$  dapat ditentukan jika konsentrasi ion-ion zat terlarut diketahui.

## Contoh Soal

1. Hitung kelarutan garam AgCl dalam air, jika  $K_{sp}$  AgCl =  $1,8 \cdot 10^{-10}$ .

*Penyelesaian:*

Misal kelarutan AgCl =  $X$  mol L<sup>-1</sup>



$$K_{sp} \text{ AgCl} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

$$1,8 \cdot 10^{-10} = (X) \times (X) = X^2$$

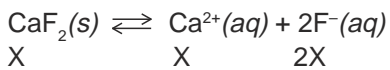
$$X = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

Kelarutan AgCl =  $1,3 \cdot 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup>.

2. Suatu mineral mengandung kalsium fluorida CaF<sub>2</sub>. Hitung kelarutan garam tersebut (g L<sup>-1</sup>) jika  $K_{sp}$  CaF<sub>2</sub> =  $3,9 \cdot 10^{-11}$ .

*Penyelesaian:*

Misalkan [CaF<sub>2</sub>] =  $X$  mol L<sup>-1</sup>



$$K_{sp} \text{ CaF}_2 = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$$

$$= (X) \times (2X)^2$$

$$= 4X^3$$

$$4X^3 = 3,9 \cdot 10^{-11}$$

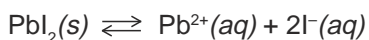
$$X = \sqrt[3]{\frac{3,9 \cdot 10^{-11}}{4}} = 2,1363 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$X = 2,1363 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

Kelarutan CaF<sub>2</sub> =  $(2,1363 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}) \times 78 = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ g L}^{-1}$ .

3. Dalam suatu eksperimen  $1,2 \cdot 10^{-3}$  mol PbI<sub>2</sub> terlarut dalam 1 liter larutan pada suhu 25°C. Berapa harga  $K_{sp}$  nya?

*Penyelesaian:*



$$K_{sp} \text{ PbI}_2 = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$$

$$= (1,2 \cdot 10^{-3}) \times (2,4 \cdot 10^{-3})^2$$

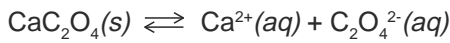
$$= 6,912 \cdot 10^{-9}$$

4. Kelarutan kalsium oksalat adalah 0,0061 g L<sup>-1</sup> larutan. Hitung berapa harga  $K_{sp}$  CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (A<sub>r</sub>Ca = 40, C = 12, O = 16).



Penyelesaian:

$$[\text{CaC}_2\text{O}_4] = \frac{0,0061}{128} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$



$$\begin{aligned} K_{\text{sp}} \text{CaC}_2\text{O}_4 &= [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \\ &= (4,8 \cdot 10^{-5}) \times (4,8 \cdot 10^{-5}) \\ &= 2,304 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

### Latihan 11.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Hitung kelarutan garam kalsium fosfat dalam  $\text{g L}^{-1}$  ( $K_{\text{sp}} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 1 \cdot 10^{-25}$ )!
2. Hitung kelarutan garam  $\text{BaSO}_4$  dalam  $\text{mol L}^{-1}$  ( $K_{\text{sp}} \text{BaSO}_4 = 1,1 \cdot 10^{-10}$ )!
3. Berapakah kelarutan garam  $\text{PbCl}_2$  dalam  $\text{g L}^{-1}$  ( $K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2 = 1,7 \cdot 10^{-5}$ )!

## D. Pengaruh Penambahan Ion Senama terhadap Kelarutan

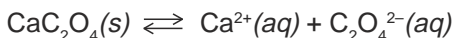
Data suatu percobaan kelarutan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  dalam air dan dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,15 M adalah sebagai berikut.

Kelarutan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  dalam air =  $4,8 \cdot 10^{-5}$

Kelarutan  $\text{CaCl}_2$  dalam air 0,15 =  $1,5 \cdot 10^{-8}$

$\text{CaC}_2\text{O}_4$  lebih kecil kelarutannya dalam  $\text{CaCl}_2$ , sebab di dalam larutan ada ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang berasal dari  $\text{CaCl}_2$ .

Reaksi yang terjadi pada larutan  $\text{CaCl}_2$  adalah:



Berdasarkan azas Le Chatelier, jika konsentrasi zat pada kesetimbangan diubah maka akan terjadi pergeseran kesetimbangan. Dalam hal ini adanya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dari  $\text{CaCl}_2$  akan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke kiri atau ke arah  $\text{CaC}_2\text{O}_4(s)$ , maka kelarutan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  berkurang. Adanya ion  $\text{Cl}^-$  tidak mempengaruhi berarti hanya ion yang sama saja yang mempengaruhi.

Dengan demikian dapat disimpulkan:

Pengaruh penambahan ion senama mengakibatkan kelarutan zat akan berkurang.

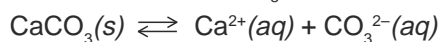
## Contoh Soal

Diketahui  $K_{sp} \text{ CaCO}_3 = 4,8 \cdot 10^{-9}$ .

- Berapakah kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam air?
- Berapa kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam satu liter larutan yang mengandung  $\text{CaCl}_2$  0,15 mol?

*Penyelesaian:*

- Misal kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam air =  $X \text{ mol L}^{-1}$



$$K_{sp} \text{ CaCO}_3 = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

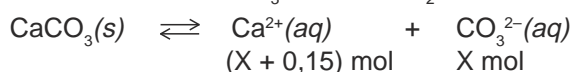
$$4,8 \cdot 10^{-9} = (X) \times (X) = X^2$$

$$X = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}}$$

$$X = 6,9 \cdot 10^{-5}$$

Kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam air adalah  $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$

- Misal kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam  $\text{CaCl}_2 = X \text{ mol L}^{-1}$



$\text{Ca}^{2+}$  dari  $\text{CaCl}_2 = 0,15 \text{ mol}$ . Nilai ini jauh lebih besar dari nilai  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{CaCO}_3$  sehingga  $(X + 0,15) \sim 0,15 \text{ mol}$

$$K_{sp} \text{ CaCO}_3 = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$4,8 \cdot 10^{-9} = (0,15) \times (X)$$

$$X = \frac{4,8 \cdot 10^{-9}}{0,15} = 3,2 \cdot 10^{-8}$$

Jadi, kelarutan  $\text{CaCO}_3$  dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,15 M =  $3,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ , ini lebih kecil 3.000 kali dibandingkan dengan kelarutan dalam air.

## Latihan 11.4

Selesaikan soal-soal berikut!

- $K_{sp} \text{ PbI}_2 = 8,7 \cdot 10^{-9}$

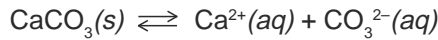
- Hitung:
- kelarutan  $\text{PbI}_2$  dalam air,
  - kelarutan  $\text{PbI}_2$  dalam 0,1 M KI,
  - kelarutan  $\text{PbI}_2$  dalam 0,2 M  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ !

- $K_{sp} \text{ BaF}_2 = 1,7 \times 10^{-6}$

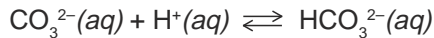
- Hitung:
- kelarutan  $\text{BaF}_2$  dalam air,
  - kelarutan  $\text{BaF}_2$  dalam NaF 0,15 M pada suhu  $25^\circ\text{C}$ ,
  - bandingkan kelarutan  $\text{BaF}_2$  dalam NaF dan dalam air!

## E. Hubungan Harga $K_{sp}$ dan $pH$

Bagaimana kelarutan suatu senyawa bila  $pH$  diperkecil atau diperbesar? Dengan mengatur  $pH$  kita dapat memperbesar atau memperkecil kelarutan senyawa elektrolit. Perhatikan kesetimbangan antara  $CaCO_3$  padat dengan ion-ionnya dalam suatu larutan.



Jika  $pH$  larutan kita perkecil dengan menambahkan asam, maka  $H^+$  dari asam akan mengikat ion karbonat membentuk ion  $HCO_3^{2-}$ .



Berdasarkan azas Le Chatelier, pengurangan  $[CO_3^{2-}]$  mengakibatkan kesetimbangan bergeser ke kanan,  $CaCO_3$  padat lebih banyak larut, maka pada reaksi tersebut penurunan  $pH$  akan menambah kelarutan.

Contoh pengaruh  $pH$  terhadap kelarutan dapat dilihat pada Tabel 11.4.

**Tabel 11.4** Data kelarutan  $Mg(OH)_2$  dalam berbagai  $pH$

$pH$	Kelarutan $Mg(OH)_2$
9	$1,5 \cdot 10^{-1}$ M
10	$1,5 \cdot 10^{-3}$ M
11	$1,5 \cdot 10^{-5}$ M
12	$1,5 \cdot 10^{-7}$ M

Untuk menentukan kelarutan zat pada  $pH$  tertentu dapat digunakan harga  $K_{sp}$  zat tersebut. Beberapa contoh perhitungan berdasarkan hubungan  $K_{sp}$  dengan  $pH$  adalah sebagai berikut.

### Contoh Soal

1. Hitunglah kelarutan  $Mg(OH)_2$  dalam larutan yang memiliki  $pH = 12$ . ( $K_{sp} Mg(OH)_2 = 1,5 \times 10^{-11}$ )

*Penyelesaian:*

$$pOH = 2 \text{ maka } [OH^-] = 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_{sp} Mg(OH)_2 = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

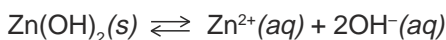
$$1,5 \cdot 10^{-11} = [Mg^{2+}][10^{-2}]^2$$

$$[Mg^{2+}] = 1,5 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{Kelarutan } Mg(OH)_2 \text{ pada } pH = 12 \text{ adalah } = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

2. Larutan jenuh  $Zn(OH)_2$  memiliki  $pH = 9$ , hitunglah  $K_{sp} Zn(OH)_2$ !

*Penyelesaian:*



$pH = 9$  maka  $[H^+] = 10^{-9}$  dan  $[OH^-] = 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$

$$[Zn^{2+}] = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} = 5 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} K_{sp} &= [Zn^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \\ &= [5 \cdot 10^{-6}] \cdot [10^{-5}]^2 \\ &= 5 \times 10^{-16} \end{aligned}$$

3. Pada  $pH$  berapa larutan  $Cr(OH)_3$  0,025 M mulai mengendap?  $K_{sp} Cr(OH)_3 = 1 \cdot 10^{-30}$

*Penyelesaian:*

$$K_{sp} Cr(OH)_3 = [Cr^{3+}][OH^-]^3$$

$$1 \cdot 10^{-30} = (0,025)[OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = 4 \cdot 10^{-29}$$

$$[OH^-] = \sqrt[3]{4 \cdot 10^{-29}} = 3,4 \cdot 10^{-10}$$

$$pOH = -\log [OH^-] = 9,47$$

$$pH = 14 - 9,47 = 4,53$$

4. Jika larutan  $MgCl_2$  0,2 M dinaikan  $pH$ nya dengan cara ditetesi  $NaOH$ , pada  $pH$  berapakah endapan  $Mg(OH)_2$  mulai terbentuk?

*Penyelesaian:*

$$K_{sp} Mg(OH)_2 = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

$$1,5 \cdot 10^{-11} = 2 \cdot 10^{-1} [OH^-]^2$$

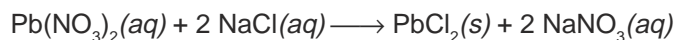
$$[OH^-] = \sqrt{7,5 \cdot 10^{-11}} = 8,7 \cdot 10^{-6}$$

$$pOH = -\log [OH^-] = 5,1$$

Berarti endapan  $Mg(OH)_2$  terbentuk pada  $pH = 14 - 5,1 = 8,9$ .

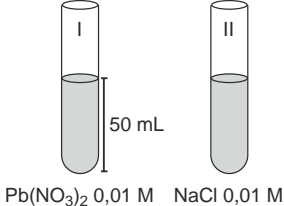
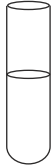
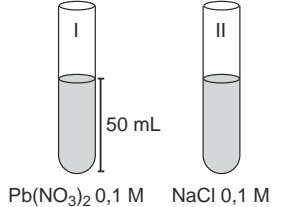

## F. Memperkirakan Terbentuknya Endapan Berdasarkan $K_{sp}$

Ada beberapa senyawa elektrolit yang bila direaksikan akan menghasilkan endapan. Misalnya larutan  $Pb(NO_3)_2$  dan larutan  $NaCl$ . Reaksi yang terjadi:



Data percobaan reaksi larutan  $Pb(NO_3)_2$  dan larutan  $NaCl$  tersebut dapat dilihat pada Tabel 11.5.

**Tabel 11.5** Data percobaan reaksi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{NaCl}$

Percobaan	Pengamatan
<p>A.</p>  <p><math>\text{Pb}(\text{NO}_3)_2</math> 0,01 M    <math>\text{NaCl}</math> 0,01 M</p>	<p>Larutan I dan II direaksikan ternyata <i>tidak terjadi endapan</i>.</p> 
<p>B.</p>  <p><math>\text{Pb}(\text{NO}_3)_2</math> 0,1 M    <math>\text{NaCl}</math> 0,1 M</p>	<p>Larutan I dan II direaksikan ternyata <i>terjadi endapan</i>.</p> 

Jika larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  direaksikan dengan larutan  $\text{NaCl}$  pada konsentrasi tertentu, kemungkinan akan terjadi endapan  $\text{PbCl}_2$  atau tidak terjadi endapan.  $\text{PbCl}_2$  termasuk senyawa yang sukar larut dengan  $K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2 = 1,7 \times 10^{-5}$ . Mengapa pada percobaan A tidak terjadi endapan  $\text{PbCl}_2$ ?

Untuk meramalkan terjadinya endapan atau tidak, dapat digunakan perhitungan sebagai berikut.

**Percobaan A:**

$$50 \text{ mL } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ } 0,01 \text{ M} = \frac{50}{1.000} \times 0,01 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

$$50 \text{ mL } \text{NaCl } 0,01 \text{ M} = \frac{50}{1.000} \times 0,01 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Volum campuran} = 50 \text{ mL} \times 50 \text{ mL} = 100 \text{ mL}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{1.000}{100} \times 5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{1.000}{100} \times 5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = (5 \cdot 10^{-3})(5 \cdot 10^{-3})^2 = 1,25 \cdot 10^{-10}$$

$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = 1,25 \cdot 10^{-10} < K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$  ternyata pada campuran ini tidak terbentuk endapan.

### Percobaan B:

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{1.000}{100} \cdot \left( \frac{50}{1.000} \times 0,1 \right) = 5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{1.000}{100} \cdot \left( \frac{50}{1.000} \times 0,1 \right) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 &= (5 \cdot 10^{-2}) \times (5 \cdot 10^{-2})^2 = 125 \cdot 10^{-6} \\ &= 1,25 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$1,25 \cdot 10^{-4} > K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$  ternyata pada campuran ini terbentuk endapan.

Dengan demikian bila larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dicampur dengan larutan  $\text{NaCl}$  akan terjadi kemungkinan sebagai berikut.

1. Jika  $[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 < K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$  maka belum terbentuk endapan  $\text{PbCl}_2$ , larutannya disebut *belum jenuh*.
2. Jika  $[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$  maka endapan  $\text{PbCl}_2$  mulai akan terbentuk larutannya disebut *tepat jenuh*.
3. Jika  $[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 > K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$  maka endapan  $\text{PbCl}_2$  akan terbentuk, larutannya disebut *lewat jenuh*.

Dapat disimpulkan, terjadi tidaknya endapan berdasarkan hasil kali ion-ion yang dihasilkan dengan  $K_{\text{sp}}$  nya adalah sebagai berikut.

$[\text{A}^+][\text{B}^-] < K_{\text{sp}}$  tidak terjadi endapan (larutan belum jenuh)  
 $[\text{A}^+][\text{B}^-] = K_{\text{sp}}$  tidak terjadi endapan (larutan tepat jenuh)  
 $[\text{A}^+][\text{B}^-] > K_{\text{sp}}$  terjadi endapan (larutan lewat jenuh)  
A dan B adalah reaktan.

### Contoh Soal

1. 5 mL  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,05 M dicampur dengan 5 mL  $\text{BaCl}_2$  0,05 M. Apakah akan terjadi endapan  $\text{BaSO}_4$ ? ( $K_{\text{sp}} \text{BaSO}_4 = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ).

*Penyelesaian:*

$$5 \text{ mL } \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ 0,05 M} = 25 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$5 \text{ mL } \text{BaCl}_2 \text{ 0,05 M} = 25 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{Volum campuran} = 10 \text{ mL}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{1.000}{10} \text{ L}^{-1} \times 25 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{1.000}{10} \text{ L}^{-1} \times 25 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (25 \cdot 10^{-3})^2 = 6,25 \cdot 10^{-4}$$

$$6,25 \cdot 10^{-4} > K_{\text{sp}} \text{BaSO}_4 \text{ 1,1} \cdot 10^{-10} \text{ maka campuran ini membentuk endapan.}$$

2. Suatu larutan yang mengandung  $\text{NaCl}$  0,1 M dan  $\text{KI}$  0,1 M ditetesi dengan larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Perubahan volum larutan karena penambahan larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dapat diabaikan.

- Berapa konsentrasi  $\text{Pb}^{2+}$  pada saat  $\text{PbCl}_2$  mulai mengendap? ( $K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2 = 1,7 \cdot 10^{-5}$ )
- Berapa konsentrasi  $\text{Pb}^{2+}$  pada saat  $\text{PbI}_2$  mulai mengendap? ( $K_{\text{sp}} \text{PbI}_2 = 8,7 \cdot 10^{-9}$ ).
- Mana yang mengendap lebih dulu,  $\text{PbCl}_2$  atau  $\text{PbI}_2$ ?
- Berapa konsentrasi  $\text{Cl}^-$  pada saat  $\text{PbI}_2$  mulai mengendap?
- Berapa konsentrasi  $\text{I}^-$  pada saat  $\text{PbCl}_2$  mulai mengendap?

*Penyelesaian:*

- Akan terbentuk endapan  $\text{PbCl}_2$  jika
 
$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 > K_{\text{sp}} \text{PbCl}_2$$

$$[\text{Pb}^{2+}](0,1)^2 > 1,7 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] > 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$
- Akan terbentuk endapan  $\text{PbI}_2$  jika
 
$$[\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2 > K_{\text{sp}} \text{PbI}_2$$

$$[\text{Pb}^{2+}](0,1)^2 > 8,7 \cdot 10^{-9}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] > 8,7 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$
- Oleh karena  $\text{I}^-$  memerlukan  $\text{Pb}^{2+}$  lebih sedikit daripada  $\text{Cl}^-$  maka  $\text{PbI}_2$  lebih dahulu mengendap.
- Pada saat  $\text{PbI}_2$  mulai mengendap,  $[\text{Cl}^-]$  belum berubah, tetap 0,1 M.
- Pada saat  $\text{PbCl}_2$  mulai mengendap, maka  $[\text{I}^-]$  adalah sebagai berikut.
 
$$[\text{Pb}^{2+}] = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2 = 8,7 \cdot 10^{-9}$$

$$1,7 \cdot 10^{-3} [\text{I}^-]^2 = 8,7 \cdot 10^{-9}$$

$$[\text{I}^-]^2 = 5,1 \cdot 10^{-6}$$

$$[\text{I}^-] = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

Contoh soal di atas dapat digunakan sebagai perhitungan untuk pemisahan ion dengan cara pengendapan.

Prinsip kelarutan dan hasil kelarutan dapat digunakan dalam pemisahan ion-ion dari larutan yaitu dengan cara pengendapan.

Misalnya:

- Menurunkan kesadahan air yaitu mengurangi konsentrasi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$ , karena ion ini menyebabkan sabun kurang berbusa.
- Mengurangi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dalam air minum karena bersifat racun.

Jika dalam sebuah larutan mengandung dua senyawa elektrolit, keduanya dapat dipisahkan dengan menambahkan pereaksi yang dapat mengendapkan salah satu senyawa. Misalnya untuk memisahkan  $\text{NaNO}_3$  dan  $\text{MgCl}_2$  dapat dilakukan dengan menambahkan larutan  $\text{NaOH}$  atau  $\text{KOH}$  sehingga ion  $\text{Mg}^{2+}$  akan membentuk endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Reaksi:  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ . Setelah  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  mengendap baru disaring sehingga filtratnya hanya mengandung  $\text{NaNO}_3$  saja.

Kadang-kadang ada larutan yang mengandung ion sejenis misalnya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Ba}^{2+}$ . Ion ini dapat mengendap oleh suatu pereaksi yang sama. Ion-ion ini masih dapat dipisahkan karena harga  $K_{\text{sp}}$  senyawanya berbeda.

## INFO KIMIA



$\text{PbCrO}_4$  berwarna kuning digunakan sebagai cat untuk lukisan karena sukar larut dalam air.

$$K_{\text{sp}} \text{PbCrO}_4 = 1,8 \cdot 10^{-14}.$$

Sumber: Ebbing, General Chemistry

## Rangkuman

1. Kelarutan adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan jenuh.
2. Hasil kali kelarutan ( $K_{\text{sp}}$ ) adalah konstanta hasil kali kelarutan konsentrasi molar ion-ion dalam larutan jenuh.
3. Penambahan ion senama ke dalam larutan akan menurunkan kelarutan zat dalam larutan.
4. Hubungan  $K_{\text{sp}}$  dan  $\text{pH}$  pada larutan basa.  
Penurunan  $\text{pH}$  akan menaikkan kelarutan zat, sedangkan kenaikan  $\text{pH}$  akan menurunkan kelarutan zat.
5. Memperkirakan terbentuknya endapan:
  - a. Jika hasil kali konsentrasi ion-ion  $< K_{\text{sp}}$ , tidak akan terbentuk endapan.
  - b. Jika hasil kali konsentrasi ion-ion  $= K_{\text{sp}}$ , larutan tepat jenuh, tetapi belum terbentuk endapan.
  - c. Jika hasil kali konsentrasi ion-ion  $> K_{\text{sp}}$ , terbentuk endapan.

## Kata Kunci

- Larutan jenuh
- Larutan tak jenuh
- Larutan lewat jenuh
- Hasil kali kelarutan
- Kelarutan
- Ion senama

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Pada suhu  $50^\circ\text{C}$  kelarutan KCl adalah 40 gram tiap 100 gram air. Bila 10 gram KCl dilarutkan dalam 20 gram air pada suhu  $50^\circ\text{C}$ , maka massa KCl yang tidak larut adalah . . .
  - A. 2 gram
  - B. 4 gram
  - C. 6 gram
  - D. 10 gram
  - E. 20 gram







14. Jika larutan yang mengandung karbonat  $\text{CO}_3^{2-}$   $10^{-4}$  M dicampurkan dengan larutan ion logam  $\text{L}^{2+}$  1 M dengan volum yang sama, maka yang mengendap adalah:

1.  $\text{BaCO}_3$ . ( $K_{\text{sp}} = 5,5 \cdot 10^{-10}$ )
2.  $\text{SnCO}_3$ . ( $K_{\text{sp}} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ )
3.  $\text{BaCO}_3$ . ( $K_{\text{sp}} = 5,0 \cdot 10^{-10}$ )
4.  $\text{MgCO}_3$ . ( $K_{\text{sp}} = 1,1 \cdot 10^{-5}$ )

Jawaban yang benar adalah . . . .

- |               |         |
|---------------|---------|
| A. 1, 2, 3, 4 | D. 2, 4 |
| B. 1, 2, 4    | E. 3, 4 |
| C. 2, 3       |         |

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

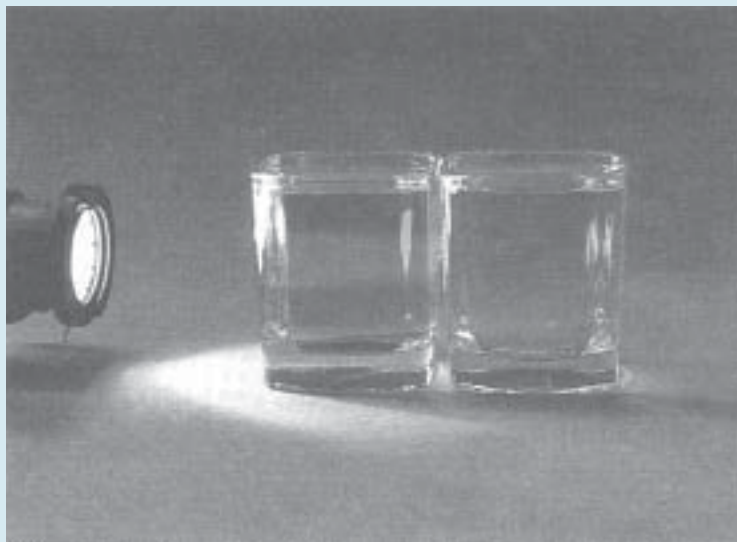
1. Tuliskan persamaan hasil kali kelarutan ( $K_{\text{sp}}$ ) untuk larutan jenuh:
  - a.  $\text{Ag}_2\text{S}$
  - b.  $\text{CaF}_2$
  - c.  $\text{MgC}_2\text{O}_4$
  - d.  $\text{BaCO}_3$
  - e.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$
  - f.  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$
2. Hitunglah kelarutan (molal) dari  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $K_{\text{sp}} = 9 \times 10^{-12}$ ) dalam:
  - a. dalam air,
  - b. larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M,
  - c. larutan  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  0,1 M.
3. Bila 100 mL  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,2 M direaksikan dengan 100 mL  $\text{K}_2\text{CO}_3$  0,1 M, apakah akan terbentuk endapan  $\text{CaCO}_3$ ? ( $K_{\text{sp}} \text{CaCO}_3 = 4,8 \cdot 10^{-9}$ ).
4.  $K_{\text{sp}} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 1,5 \cdot 10^{-11}$ , larutan  $\text{MgCl}_2 = 2 \cdot 10^{-3}$  M direaksikan dengan larutan  $\text{NaOH}$ . Pada pH berapa endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  mulai terbentuk?
5. Satu liter larutan mengandung  $\text{NaCl}$  0,1 M dan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  0,01 M. Ke dalam larutan ini ditambahkan larutan  $\text{AgNO}_3$  setetes demi setetes (volum larutan dianggap tetap). Jika  $K_{\text{sp}} \text{AgCl} = 1,8 \cdot 10^{-10}$  dan  $K_{\text{sp}} \text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 9 \times 10^{-12}$ .
  - a. Hitunglah  $[\text{Ag}^+]$  yang diperlukan untuk mengendapkan masing-masing  $\text{AgCl}$  dan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$
  - b. Manakah yang mengendap lebih dahulu,  $\text{AgCl}$  atau  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ?

## T u g a s

Carilah informasi terjadinya batu ginjal. Senyawa apa pembentuknya? Carilah harga  $K_{\text{sp}}$  senyawa tersebut. Makanan apa yang diduga penyebab terjadinya batu ginjal?

# Bab XII

## Koloid



*Sumber: Ebbing, General Chemistry*

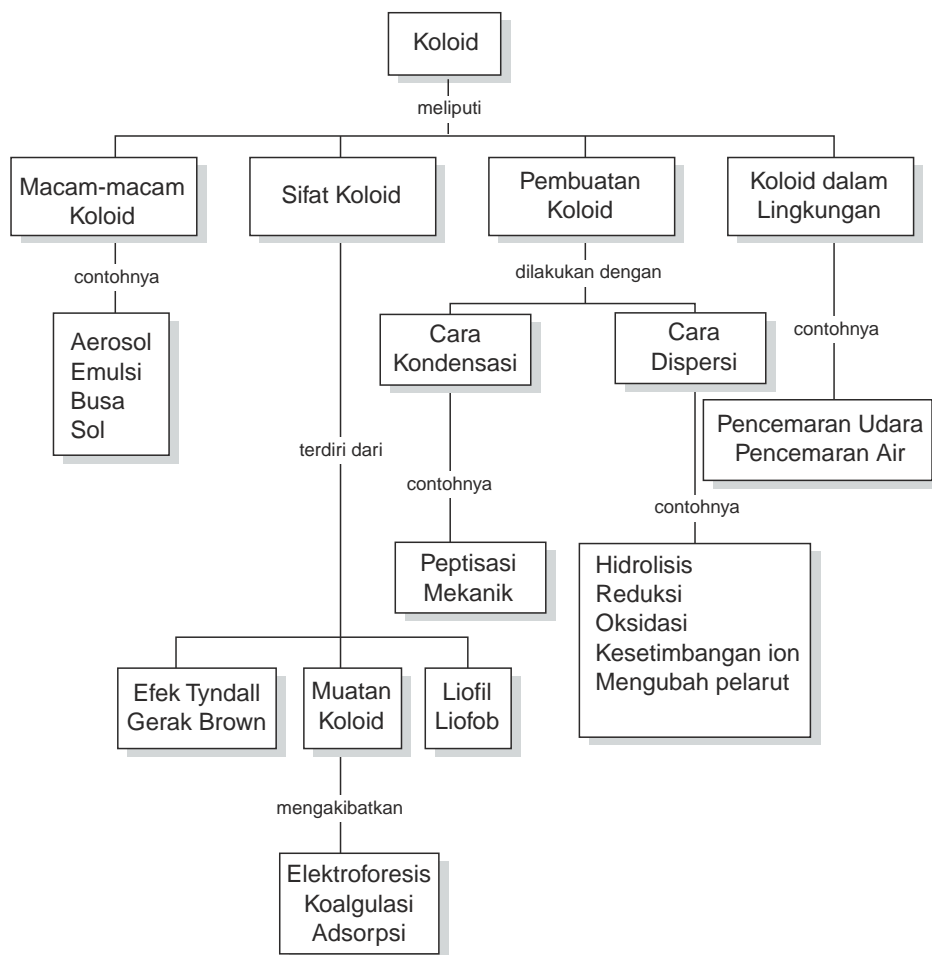
Demonstrasi efek Tyndall oleh koloid. Berkas cahaya yang melewati koloid akan terlihat nyata.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan perbedaan koloid, larutan sejati, dan suspensi,
2. mengelompokkan berbagai jenis koloid,
3. menjelaskan sifat-sifat koloid,
4. menjelaskan proses pembuatan koloid melalui percobaan,
5. memberi contoh macam-macam koloid hasil industri.

## PETA KONSEP



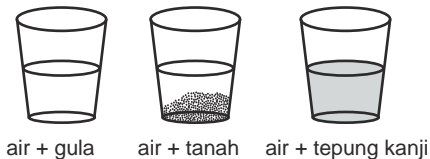
Pernahkah di daerahmu terjadi kabut di pagi hari? Kabut menyebabkan daya pandang di udara terhalang, sebab kabut merupakan titik-titik air yang menyebar merata di udara. Kabut merupakan salah satu contoh sistem koloid.

Dalam kehidupan sehari-hari sistem koloid juga banyak ditemukan sebagai produk-produk industri untuk keperluan rumah tangga, kosmetik, dan farmasi. Apa yang dimaksud dengan koloid, bagaimana sifat-sifatnya, dan bagaimana pembuatannya?

Pada bab ini akan dijelaskan perbedaan koloid dengan larutan atau suspensi, macam-macam koloid berdasarkan fase terdispersi dan medium pendispersinya, sifat-sifat koloid, cara-cara pembuatan koloid, dan kegunaan koloid.

## A. Pengertian Koloid

Apa yang dimaksud dengan koloid?



Untuk membedakan koloid dari suspensi dan larutan sejati coba masukkan masing-masing seujung sendok teh gula, tanah, dan tepung kanji, masing-masing ke dalam 100 mL air. Aduk secara bersamaan. Amati beberapa saat.

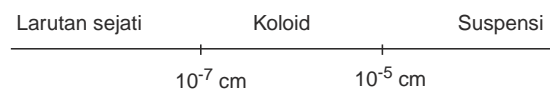
**Gambar 12.1** Koloid, suspensi, dan larutan sejati

Berdasarkan pengamatan didapatkan:

1. Campuran air dan gula membentuk campuran homogen yang jernih. Campuran ini disebut *larutan sejati* atau larutan.
2. Campuran air dan tanah membentuk campuran heterogen dan ada endapan. Campuran ini disebut *suspensi*.
3. Campuran air dan tepung kanji membentuk larutan keruh dan tidak ada endapan. Campuran ini disebut *koloid*.

Pada campuran air dan tepung kanji, air merupakan medium pendispersi (fase pelarut), tepung kanji merupakan fase terdispersi (fase zat terlarut). Jadi koloid dapat dikatakan suspensi dari partikel-partikel kecil yang terdispersi di dalam medium pendispersi. Pada koloid partikel-partikel tersebar di dalam medium pendispersinya.

Ukuran diameter partikel-partikel koloid lebih besar daripada diameter partikel larutan sejati tetapi lebih kecil dari partikel suspensi kasar yaitu sebesar  $10^{-7}$  cm sampai dengan  $10^{-5}$  cm. Perhatikan bagan berikut.



Apakah perbedaan antara koloid dengan larutan dan suspensi? Perbedaan antara koloid dengan larutan dan suspensi, dapat dilihat pada Tabel 12.1.

**Tabel 12.1** Perbedaan antara larutan, koloid, dan suspensi

No.	Larutan (Sistem Homogen)	Koloid	Suspensi (Sistem Heterogen)
1.	Ukuran partikel kurang dari $10^{-7}$ cm	Ukuran partikel antara $10^{-7} - 10^{-5}$ cm	Ukuran partikel lebih dari $10^{-5}$ cm
2.	Terdiri dari satu fase	Dua fase	Dua fase
3.	Penyebarannya permanen	Ada kecenderungan mengendap	Mengendap dengan cepat
4.	Partikel tidak tampak pada ultramikroskop	Partikel tampak pada ultramikroskop	Partikel tampak oleh mata dan dapat dilihat dengan mikroskop
5.	Dapat melewati saringan dan membran semipermeabel	Dapat melewati saringan, tidak dapat melewati membran semipermeabel	Dapat disaring oleh saringan dan tidak dapat melewati membran semipermeabel

## B. Macam-Macam Koloid

Salah satu contoh koloid adalah asap rokok. Asap rokok merupakan partikel-partikel padat yang menyebar di udara. Partikel padat sebagai fase terdispersi dan udara sebagai medium pendispersi. Berbagai koloid dapat dibedakan dari fase terdispersi dan medium pendispersinya. Contoh koloid berdasarkan fase terdispersi dan medium pendispersinya tertera pada Tabel 12.2.

**Tabel 12.2** Beberapa jenis koloid

Fase Terdispersi	Medium Pendispersi	Jenis Koloid	Contoh Koloid
Cair	Gas	Aerosol cair	Kabut, awan
Padat	Gas	Aerosol padat	Asap rokok, debu
Gas	Cair	Busa	Busa sabun, krim
Gas	Padat	Busa padat	Styrofoam, batu apung, marshmallows
Cair	Cair	Emulsi	Susu, mayonaise
Cair	Padat	Emulsi padat	Mentega, keju, jelly, mutiara, opal
Padat	Cair	Sol	Cat, tanah liat, amilum dalam air
Padat	Padat	Sol padat	Kaca berwarna, alloy

Produk-produk industri banyak yang berupa koloid contohnya aerosol, busa, emulsi, dan sol.

### a. Aerosol

Aerosol ada yang berupa aerosol cair dan aerosol padat. Aerosol cair merupakan koloid yang fase terdispersinya zat cair dan medium pendispersinya gas. Contoh aerosol cair hasil industri adalah pembasmi serangga dalam bentuk spray, hair spray, dan parfum. Jika disemprotkan di udara, titik-titik zat cair akan tersebar di udara membentuk koloid aerosol. Aerosol cair yang terjadi secara alami contohnya kabut dan awan. Kabut merupakan titik-titik yang tersebar di udara secara merata.

Aerosol padat merupakan koloid yang fase terdispersinya zat padat dan medium pendispersinya gas. Aerosol padat contohnya asap dan debu. Berbagai



asap sebenarnya berupa partikel-partikel padat sangat halus yang tersebar di udara. Asap berbahaya yang terjadi di rumah atau di ruangan adalah asap obat nyamuk dan asap rokok yang berlebihan. Debu juga merupakan partikel-partikel padat sangat halus, yang tersebar di udara. Debu dapat berada di rumah karena terbawa angin dari luar.

**Gambar 12.2** Asap mobil merupakan contoh aerosol padat

### b. Busa

Busa ada yang berupa buih dan busa padat. Buih atau busa cair merupakan koloid yang fase terdispersinya gas dan medium pendispersinya zat cair. Buih yang paling banyak ditemukan yaitu busa sabun. Contoh lainnya yaitu putih telur yang dikocok. Udara sebagai fase terdispersi dan putih telur sebagai medium pendispersi.

Di bidang industri kosmetik ada bahan untuk pengeras rambut yang berupa busa cair atau *foam*. Sedangkan di industri makanan contoh bahan berupa busa cair yaitu krem untuk kue tart. Krem ini dikemas dalam tube seperti pasta gigi.

Busa padat, fase terdispersinya gas, medium pendispersinya zat padat. Produk busa padat yang banyak digunakan untuk kemasan barang yang mudah pecah atau rusak adalah *styrofoam*. Styrofoam salah satu contoh dari polimer sintesis.

### c. Emulsi

Emulsi merupakan koloid yang fase terdispersinya dan medium pendispersinya zat cair, contohnya campuran minyak dan air. Campuran ini cenderung untuk terpisah sehingga untuk menstabilkan campuran biasanya



ditambahkan *emulgator*. Bahan yang merupakan emulsi misalnya cat, pasta gigi, kosmetik (*cleansing milk, foundation*), dan *salad dressings*.

Pada *salad dressings* untuk menyatukan minyak dan air digunakan emulgator kuning telur. Sabun juga merupakan emulgator untuk menyatukan lemak/minyak pada tubuh dengan air saat membersihkan badan.

Emulsi padat fase terdispersinya zat cair, medium pendispersinya zat padat. Contoh mentega, keju, dan jelli.

#### d. Sol

Sol ada yang merupakan sol cair yang dikenal dengan nama sol saja dan sol padat. Sol merupakan koloid yang fase terdispersinya padat dan medium pendispersinya zat cair. Contohnya tanah lempung, amilum, dan cat dalam air.

Sol padat yang fase terdispersinya padat, medium pendispersinya padat merupakan koloid yang banyak diproduksi. Contohnya kaca berwarna dan alloy. Alloy adalah campuran logam dengan logam seperti perunggu dan kuningan.

Contoh-contoh koloid yang diuraikan adalah koloid-koloid yang ada di lingkungan kita sehari-hari. Contoh-contoh koloid yang ada di laboratorium untuk beberapa percobaan biasanya berupa sol, misalnya sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , sol  $\text{As}_2\text{S}_3$ , dan sol belerang.

### Latihan 12.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan perbedaan koloid, suspensi, dan larutan sejati!
2. Apa yang dimaksud dengan aerosol, sol, dan emulsi? Berikan contohnya.

## C. Sifat-Sifat Koloid

Koloid mempunyai sifat-sifat yang khas, misalnya menunjukkan efek Tyndall, gerak Brown, mempunyai muatan listrik, dan daya tarik menarik antara fase terdispersi dengan medium pendispersinya. Untuk mempelajarinya bacalah uraian berikut dan lakukan percobaannya.

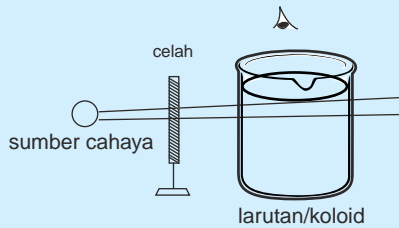
### 1. Efek Tyndall

Dalam kehidupan sehari-hari kamu tentu sering melihat efek Tyndall dari suatu koloid misalnya terlihatnya berkas cahaya lampu mobil pada malam yang berkabut dan berkas sinar dari proyektor film di bioskop. Bagaimana terjadinya efek Tyndall? Untuk memahami efek Tyndall lakukan Kegiatan 12.1.

## KEGIATAN 12.1 Eksperimen

### Mengamati Efek Tyndall

1. Siapkan 6 gelas kimia yang masing-masing berisi 100 mL berbagai larutan dan koloid seperti:
  - Air gula
  - Sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
  - Air sabun
  - Sirup
  - Air susu
  - Larutan garam
2. Sorotkan berkas cahaya kecil dari lampu senter kepada gelas yang berisi bahan di atas.
3. Amati keadaan cahaya yang melewati bahan-bahan tersebut.

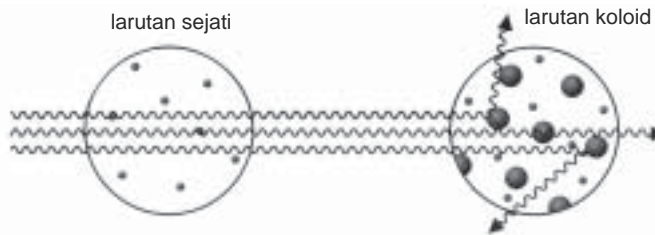


Catatan:  
Sebaiknya percobaan dilakukan di ruang yang gelap.

#### Pertanyaan:

1. Jelaskan perbedaan jalannya cahaya pada koloid dan larutan!
2. Apa yang dimaksud dengan efek Tyndall?

Berdasarkan percobaan, berkas cahaya yang melewati larutan koloid terlihat nyata, sedangkan pada larutan sejati tidak terlihat. Terlihatnya berkas cahaya tersebut disebabkan berkas cahaya yang mengenai partikel koloid dihamburkan oleh partikel tersebut. Perhatikan ilustrasi berikut.



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

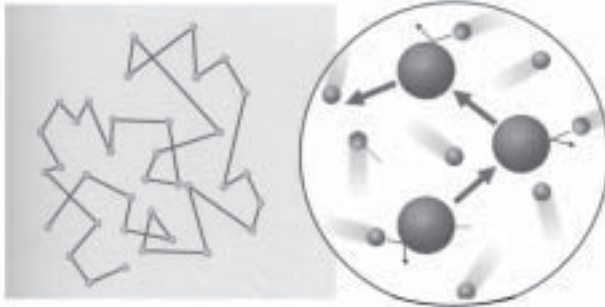
**Gambar 12.3** Penghamburan cahaya oleh partikel koloid

Gejala pemantulan dan penghamburan cahaya oleh partikel koloid disebut *efek Tyndall*. Gejala ini pertama kali ditemukan oleh Micahel Faraday kemudian diselidiki lebih lanjut oleh John Tyndall (1820 - 1893), seorang ahli Fisika bangsa Inggris. Efek Tyndall dapat digunakan untuk membedakan larutan sejati dari koloid.

Dalam kehidupan sehari-hari, efek Tyndall dapat diamati pada saat matahari terbenam. Pada saat itu kita dapat melihat warna langit yang kemerahan. Pada siang hari langit berwarna biru.

## 2. Gerak Brown

Kalau suatu koloid diamati melalui mikroskop maka akan didapat gerakan-gerakan partikel koloid atau Gerak Brown seperti ilustrasi berikut.



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Change

**Gambar 12.4** Gerak Brown oleh partikel sistem koloid

Gerak Brown adalah gerakan partikel-partikel pada koloid yang arahnya lurus tidak menentu yang disebabkan oleh tumbukan antara molekul-molekul medium pendispersi dengan fase terdispersi atau tumbukan antara partikel-partikel terdispesi.

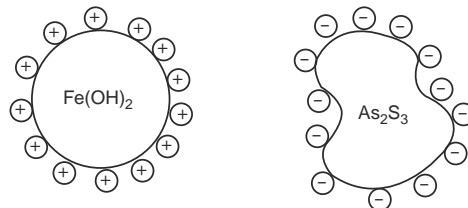
Akibat gerak Brown yang terus-menerus akan menyebabkan berkurangnya efek gaya gravitasi bumi terhadap partikel fase terdispersi sehingga partikel-partikel terdispersi tidak dapat mengendap. Gerak Brown ini pertama kali ditemukan oleh seorang sarjana Biologi bernama Robert Brown (1773 - 1859).

## 3. Muatan Listrik pada Partikel Koloid

Umumnya partikel koloid bermuatan, ada yang positif dan negatif. Koloid akan bermuatan akibat menyerap ion-ion yang ada di permukaan partikel. Akibat muatan pada koloid dapat terjadi peristiwa *adsorpsi*, *elektroforesis*, dan *koagulasi*. Untuk mempelajarinya perhatikan uraian berikut.

### a. Adsorpsi

Adsorpsi pada koloid adalah peristiwa penyerapan ion-ion oleh partikel koloid. Contohnya koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dalam air menyerap ion hidrogen (ion  $\text{H}^+$ ) sehingga partikel bermuatan positif, sedangkan koloid  $\text{As}_2\text{S}_3$  menyerap ion hidroksida (ion  $\text{OH}^-$ ) sehingga partikel bermuatan negatif. Perhatikan Gambar 12.5.



Koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  bermuatan positif

Koloid  $\text{As}_2\text{S}_3$  bermuatan negatif

**Gambar 12.5** Muatan pada koloid

Sifat adsorpsi dari koloid ini banyak dimanfaatkan untuk produk-produk tertentu, misalnya pemutihan garam dapur dan gula pasir.

## b. Elektroforesis

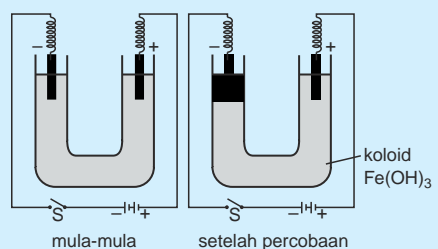
Akibat partikel koloid bermuatan, maka kestabilan koloid dapat terpengaruh jika dialiri arus listrik. Peristiwa ini dapat dijelaskan melalui peristiwa *elektroforesis*.

Apa yang dimaksud dengan elektroforesis? Untuk memahami peristiwa elektroforesis pada koloid, lakukan kegiatan berikut.

### KEGIATAN 12.2

#### Elektroforesis pada Koloid $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Amati gambar percobaan elektroforesis berikut.



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Pertanyaan:

1. Di mana terjadinya penggumpalan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , mengapa terjadi di kutub tersebut?
2. Apa yang dimaksud dengan elektroforesis?

Pada percobaan di atas, dispersi koloid dimasukkan ke dalam tabung U kemudian dicelupkan elektrode pada mulut tabung. Apabila kawat dihubungkan dengan sumber arus listrik searah dan arus listrik mengalir lewat elektrode positif dan negatif maka partikel koloid akan bergerak ke salah satu elektrode.

Partikel koloid yang bermuatan negatif akan bergerak menuju elektrode bermuatan positif, dan sebaliknya jika partikel bermuatan positif akan bergerak menuju elektrode bermuatan negatif.

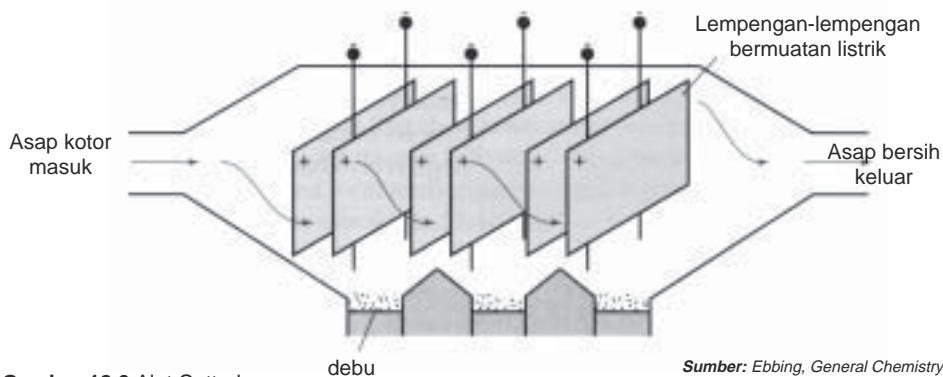
Peristiwa elektroforesis adalah peristiwa Bergeraknya partikel-partikel koloid menuju elektrode. Peristiwa Bergeraknya partikel koloid ke dalam satu elektrode menunjukkan bahwa partikel-partikel koloid bermuatan listrik. Muatan beberapa partikel koloid dalam medium pendispersi air dapat dilihat pada Tabel 12.3.

**Tabel 12.3** Muatan beberapa partikel koloid dalam medium pendispersi air

Partikel Koloid	Muatan
Tepung	Negatif
Tanah liat	Negatif
Sol $\text{As}_2\text{S}_3$	Negatif
Sol $\text{Fe}(\text{OH})_3$	Positif
Hemoglobin	Positif

Sumber: Ebbing, General Chemistry

Aliran listrik juga dapat menarik koloid yang berupa partikel karbon dan debu pada asap yang dihasilkan dari proses pembakaran di tungku-tungku pembakaran. Alat yang digunakan adalah alat Cottrel. Industri besar biasanya dilengkapi dengan alat pengendap Cottrel. Pada alat ini partikel positif dan partikel negatif dari asap akan mengendap pada lempengan-lempengan yang bermuatan listrik, sehingga udara yang di luar akan bebas dari partikel karbon



**Gambar 12.6** Alat Cottrel

Sumber: Ebbing, *General Chemistry*

### c. Koagulasi

Koagulasi adalah penggumpalan koloid yang disebabkan oleh penambahan larutan elektrolit yang mengandung ion positif (+) dan ion negatif (-). Ion yang efektif untuk menggumpalkan koloid ialah ion yang muatannya berlawanan dengan muatan koloid.

#### **Contoh:**

- 1) Koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dicampur dengan koloid  $\text{As}_2\text{S}_3$ .
- 2) Sol emas yang bermuatan negatif dapat dikoagulasikan dengan  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ , atau  $\text{AlCl}_3$ . Sol emas paling cepat terjadi jika dikoagulasikan oleh  $\text{AlCl}_3$ . Mengapa?

Koagulasi koloid yang terjadi di alam adalah terbentuknya delta di muara sungai. Air sungai yang mengandung tanah liat atau lempung merupakan koloid yang bermuatan negatif. Pada saat sampai di muara, air sungai bertemu air laut yang merupakan larutan elektrolit, maka tanah liat akan menggumpal atau terjadi koagulasi. Akibat koagulasi ini lama-lama akan terbentuk delta.

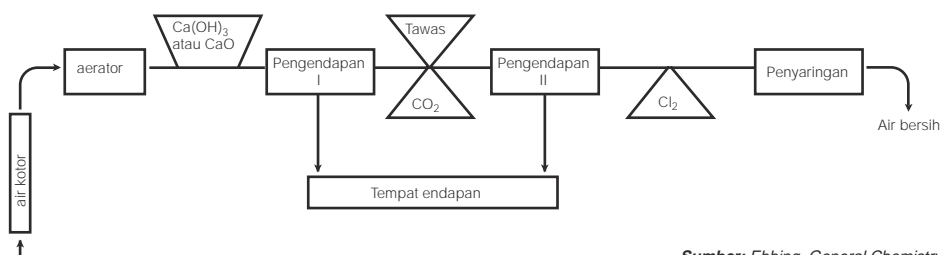
Koagulasi koloid sering dimanfaatkan, dalam kehidupan sehari-hari maupun diindustri misalnya sebagai berikut.

- 1) Penggumpalan karet dalam lateks dengan penambahan asam cuka.
- 2) Penjernihan air.

Air tanah yang biasa digunakan di rumah, kadang-kadang mengandung ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang mudah teroksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ . Ion  $\text{Fe}^{3+}$  berwarna coklat sehingga menyebabkan dinding kamar mandi atau bak air menjadi coklat bahkan pakaian putih pun lama-lama menjadi agak coklat kalau dicuci dengan air ini.

Untuk mengetahui adanya ion  $\text{Fe}^{3+}$  dalam air, biasanya digunakan tawas. Tawas berfungsi sebagai koagulan. Dengan tawas, ion  $\text{Fe}^{3+}$  akan mengendap sebagai  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sehingga jika air tersebut disaring akan didapatkan air jernih.

Air untuk keperluan penduduk di kota-kota berasal dari sungai atau sumber air. Air tersebut biasanya bersifat sadah dan mengandung ion besi. Sebelum diproses, sampah dan kotoran disaring dulu baru diproses sesuai dengan bagan berikut ini.



Sumber: Ebbing, General Chemistry

Gambar 12.7 Skema penjernihan air secara besar-besaran

Aerator adalah alat untuk menyemprot air dengan udara. Tujuannya untuk menghilangkan  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{CH}_4$ . Selain itu, oksigen dan udara akan mengoksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  yang mudah dihilangkan. Air yang tidak ada sampahnya dilewatkan dulu ke aerator.

Penambahan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), gunanya untuk menaikkan pH air menjadi 6,5. Hal ini disebabkan tawas mengalami hidrolisis membentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , yang dapat menaikkan pH air.

Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) di dalam air terhidrolisis membentuk ion hipokloit ( $\text{OCl}^-$ ) yang berfungsi membunuh hama dan mencegah tumbuhnya ganggang dalam pipa. Reaksi yang terjadi:  $\text{Cl}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HOCl}(aq) + \text{H}^+(g) + \text{Cl}^-(ag)$ .

#### 4. Liofil dan Liofob

Agar-agar atau jelly dan air tepung merupakan contoh koloid jenis sol. Apa perbedaan kedua sol tersebut? Sol dibedakan menjadi sol liofil dan sol liofob. Jelly merupakan sol liofil sedangkan air tepung merupakan sol liofob.

Perbedaan ini berdasarkan daya tarik-menarik antara partikel fase terdispersi dengan medium pendispersinya. Sol liofil ialah sol yang fase terdispersinya mempunyai kemampuan menarik medium pendispersi, sehingga koloid bersifat kaku. Contohnya, gelatin dalam air dan putih telur dalam air.

Sol liofob adalah sol yang fase terdispersinya tidak menarik medium pendispersi, contohnya  $\text{As}_2\text{S}_3$  dalam air, garam sulfida dalam air, dan belerang dalam air. Apa perbedaan sol liofil dengan sol liofob? Perhatikan Tabel 12.4.

**Tabel 12.4** Perbedaan sol liofil dan liofob

Sol Liofil	Sol Liofob
<ul style="list-style-type: none"><li>• Stabil</li><li>• Kurang menampakkan gerak Brown</li><li>• Efek Tyndall lemah</li><li>• Sukar diendapkan dengan penambahan elektrolit</li><li>• Kebanyakan dapat dibuat gel</li><li>• Partikel terdispersi dapat menyerap molekul</li><li>• Penyusunnya senyawa organik Contoh: protein, lem, agar-agar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurang stabil</li><li>• Gerak Brown sangat jelas</li><li>• Efek Tyndall kuat</li><li>• Mudah diendapkan dengan penambahan elektrolit</li><li>• Hanya beberapa yang dapat dibuat gel</li><li>• Partikel terdispersi menyerap ion</li><li>• Penyusunnya senyawa anorganik Contoh: <math>As_2O_3</math>, larutan tanah</li></ul>

Jika medium pendispersi koloid ini adalah air, maka istilah yang digunakan adalah koloid hidrofil dan koloid hidrofob.

## Latihan 12.2

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan efek Tyndall dan gerak Brown?
2. Jelaskan terjadinya adsorpsi pada koloid dan berikan contohnya!
3. Apa yang dimaksud dengan peristiwa elektroforesis?
4. Senyawa apa yang digunakan pada penjernihan air yang mengandung ion  $Fe^{2+}$ ?
5. Jelaskan perbedaan sol liofil dan sol liofob!

## D. Pembuatan Koloid

Koloid dapat dibuat dengan dua cara yaitu cara kondensasi dan cara dispersi. Perbedaan keduanya dapat dilihat pada ilustrasi berikut!



Bagaimana cara pembuatan koloid dengan cara-cara tersebut? Untuk mempelajarinya, lakukan Kegiatan 12.3.

## KEGIATAN 12.3

### Pembuatan Koloid

1. Pembuatan Sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$   
Tambahkan beberapa mililiter larutan  $\text{FeCl}_3$  ke dalam air panas. Kemudian aduk sampai larutan berwarna merah coklat. Ujilah melalui sifat efek Tyndall. Apakah sudah terjadi koloid?
2. Pembuatan sol belerang  
Tumbuk seujung sendok kecil belerang bersama gula pasir sampai halus. Masukkan ke dalam gelas kimia yang berisi air. Ujilah melalui sifat efek Tyndall apakah sudah terjadi koloid?

#### Pertanyaan:

1. Cara apa yang digunakan untuk membuat sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan sol belerang?
2. Jelaskan cara pembuatan koloid dengan cara kondensasi dan cara dispersi.

Pembuatan Sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  termasuk cara kondensasi karena koloid berasal dari partikel-partikel di dalam larutan yang ukurannya lebih kecil dari koloid, sedangkan sol belerang dibuat dengan cara dispersi karena belerang yang ukuran partikelnya besar ditumbuk dulu menjadi partikel kecil baru didispersikan ke dalam air.

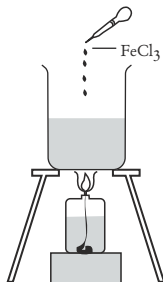
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa cara kondensasi adalah pembuatan koloid dengan mengubah partikel-partikel yang lebih kecil menjadi partikel yang lebih besar dan cara dispersi adalah pembuatan koloid dengan mengubah partikel-partikel yang lebih besar menjadi molekul kecil yang sesuai dengan ukuran partikel koloid.

Pembuatan koloid dengan cara kondensasi dan dispersi dapat dilakukan dengan berbagai reaksi. Perhatikan uraian berikut.

## 1. Cara Kondensasi

Pembuatan koloid dengan cara kondensasi dapat dilakukan dengan reaksi hidrolisis, reaksi oksidasi, reaksi reduksi, kesetimbangan ion, dan mengubah pelarut.

### a. Reaksi Hidrolisis



Pembuatan koloid dengan cara reaksi hidrolisis, contohnya pembuatan sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Reaksi:

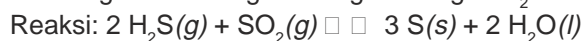


Gambar 12.8 Pembuatan sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$



## b. Reaksi Oksidasi

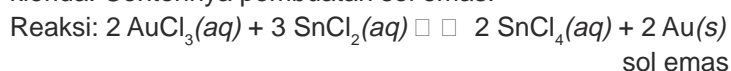
Pembuatan sol dengan cara oksidasi, misalnya pembuatan sol belerang. Sol belerang dibuat dengan mengalirkan gas  $\text{H}_2\text{S}$  ke dalam larutan  $\text{SO}_2$ .



Pada reaksi di atas  $\text{S}^{2-}$  dioksidasi menjadi S.

## c. Reaksi Reduksi

Sol dari logam Pt, Ag, dan Au dapat dibuat dengan cara mereaksikan larutan encer ion logam dengan zat pereduksi misalnya  $\text{FeSO}_4$ , formaldehida, dan timah klorida. Contohnya pembuatan sol emas.



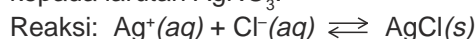
Pada reaksi tersebut ion  $\text{Au}^{3+}$  direduksi menjadi logam emas.

## d. Kestimbangan Ion

Pembuatan sol dengan kesetimbangan ion misalnya pembuatan sol  $\text{AgCl}$  dan sol  $\text{As}_2\text{S}_3$ .

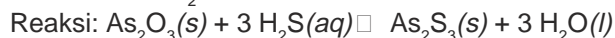
### 1) Pembuatan sol $\text{AgCl}$

Sol  $\text{AgCl}$  dapat dibuat dengan menambahkan larutan  $\text{HCl}$  yang sangat encer kepada larutan  $\text{AgNO}_3$ .



### 2) Pembuatan sol $\text{As}_2\text{S}_3$

Pada larutan  $\text{H}_2\text{S}$  encer ditambahkan oksida arsen ( $\text{As}_2\text{O}_3$ )



Sol  $\text{As}_2\text{O}_3$  berwarna kuning, bermuatan negatif, dan termasuk koloid liofob, yaitu sol yang tidak menarik medium pendispersi.

## e. Mengubah Pelarut

Cara kondensasi ini dilakukan untuk menurunkan kelarutan suatu zat terlarut. Contohnya:

### 1) Belerang larut dalam etanol tetapi tidak larut dalam air.

Bila larutan jenuh belerang dalam etanol dituangkan ke dalam air, maka akan terbentuk sol belerang. Hal ini terjadi akibat menurunnya kelarutan belerang di dalam campuran tersebut.

### 2) Indikator fenolftalein larut dalam etanol tapi tidak larut dalam air.

Bila air ditambahkan ke dalam larutan fenolftalein dalam etanol akan terbentuk cairan seperti susu.

### 3) Kalsium asetat mudah larut dalam air, tetapi sukar larut dalam alkohol. Bila larutan jenuh kalsium asetat ditambahkan alkohol maka akan terbentuk jelly.

## 2. Cara Dispersi

Cara dispersi dapat dilakukan dengan cara mekanik (pemecahan dan penggilingan) serta peptisasi.

### a. Cara Mekanik

Dengan cara mekanik, partikel kasar dipecah sampai halus. Dalam laboratorium kimia pemecahan partikel ini dilakukan dengan menggunakan lumpang dan alu kecil, sedangkan dalam industri digunakan mesin penggiling koloid. Zat yang sudah halus dimasukkan ke dalam cairan sampai terbentuk koloid.

**Contoh:** Pembuatan sol belerang

Mula-mula belerang dihaluskan kemudian didispersikan ke dalam air sehingga terbentuk suatu koloid.

### b. Cara Peptisasi

Cara ini dilakukan dengan menambahkan ion sejenis pada suatu endapan sehingga endapan terpecah menjadi partikel-partikel koloid. Contohnya endapan AgI dapat dipeptisasi dengan menambahkan larutan elektrolit dari ion sejenis, misalnya kalium iodida (KI) atau perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ).

Agar-agar yang biasa kita konsumsi berbentuk padat itu adalah koloid yang dibuat dengan cara peptisasi. Agar-agar tersebut dibuat dengan cara mencampurkan tepung agar-agar dengan air.

Uraian mengenai pembuatan koloid akan mudah dipahami dengan melakukan kegiatan diantaranya sebagai berikut.

### KEGIATAN 12.4 Eksperimen

#### Pembuatan Emulsi, Gel, dan Sol

##### A. Sol

Campurkan satu sendok tepung kanji dengan air dalam gelas, aduk dan amati apakah terjadi koloid. Buatlah campuran lain dari berbagai tepung. Tentukan mana yang membentuk koloid.

##### B. Gel

1. Sediakan 15 mL larutan kalsium asetat jenuh dalam gelas kimia 250 mL. Tuangkan sekaligus 85 mL alkohol 95% ke dalam larutan tadi. Amati koloid yang dihasilkan.
2. Bakar sedikit gel di dalam cawan.

##### C. Emulsi

1. Campurkan 1 mL minyak goreng dan 5 mL air di dalam tabung reaksi, kocok kuat-kuat dan simpan di rak tabung.
2. Tambahkan 25 tetes larutan sabun, kocok kuat-kuat dan simpan di rak tabung.

3. Lakukan seperti (C) yang ditambahkan adalah 25 tetes cairan empedu, kocok kuat-kuat dan simpan.

*Pertanyaan:*

1. Dari ketiga sistem koloid tersebut, tentukan mana yang dibuat dengan cara dispersi dan kondensasi?
2. Bagaimana pengaruh larutan sabun pada campuran minyak dan air?
3. Samakah fungsi sabun dan cairan empedu?
4. Mengapa kalsium asetat dengan alkohol membentuk koloid? Jelaskan!

Cairan empedu berperan dalam metabolisme, karena berfungsi seperti emulgator. Makanan yang mengandung lemak setelah bercampur dengan cairan empedu akan menjadi emulsi sehingga dapat diserap oleh dinding usus.

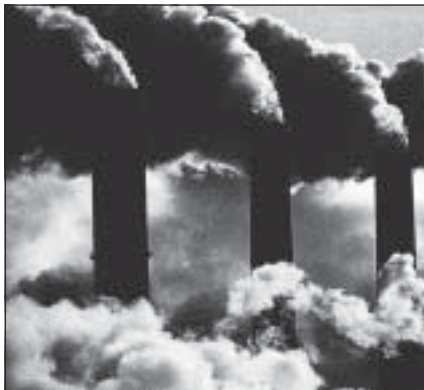
### Latihan 12.3

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan mengapa sabun cuci piring yang digunakan untuk membesihkan noda lemak/minyak pada piring termasuk pengemulsi!
2. Apa fungsi silika gel yang terdapat dalam dus kemasan obat-obatan?

## E. Koloid Pencemar Lingkungan

Ada beberapa jenis koloid yang dapat mencemari lingkungan baik udara maupun air.



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

**Gambar 12.9** Salah satu contoh koloid yang mencemari lingkungan

Akhir-akhir ini kejadian terbakarnya hutan sering terjadi di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Beberapa kota di sekitar hutan mengalami pencemaran udara oleh asap akibat pembakaran. Asap merupakan koloid jenis aerosol padat. Akibatnya daya pandang menjadi dekat sehingga sangat membahayakan lalu lintas dan kalau terhirup terlalu banyak membuat sesak nafas. Selain itu mengakibatkan rasa pedih di mata.

Asap hitam dari knalpot mobil akan tersebar di udara. Asap dari mobil berasal dari hasil pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna. Partikel-partikel halus dari karbon yang hitam ikut keluar dengan gas  $\text{CO}_2$  dan uap air menyebabkan pencemaran udara.

Asap hitam juga dapat dihasilkan dari pabrik-pabrik industri. Asap akan lebih berbahaya jika mengandung gas-gas beracun seperti  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_3$ , dan  $\text{NO}_2$ .

Untuk mencegah pencemaran ini, pengendara bermotor harus merawat mesinnya sehingga tidak mengeluarkan asap. Di pabrik-pabrik hasil pembakaran harus diolah dulu misalnya dengan alat Cottrel, sehingga asap yang keluar tidak berbahaya.

Di London pada tahun 1952 pernah terjadi "smog" yaitu asap yang bersatu dengan kabut, menyebabkan kematian cukup banyak. Smog saat itu mengandung gas  $\text{SO}_2$ .  $\text{SO}_2$  bereaksi dengan air dan oksigen membentuk asam sulfat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang dapat menyebabkan iritasi pada pernafasan.

Koloid lain yang menyebabkan pencemaran yaitu busa atau buih. Busa yang dihasilkan detergen tidak dapat dipecahkan mikroorganisme, akibatnya jika busa masuk ke sungai akan terapung di atas air sungai yang menyebabkan sinar matahari tidak dapat menembus ke dalam air sungai. Busa yang berlimpah menimbulkan pencemaran air, biasanya dihasilkan dari pabrik-pabrik dan rumah tangga. Untuk mengurangi masalah busa, kini diproduksi detergen yang tidak berbusa tetapi daya cucinya baik.

## INFO KIMIA

Koloid yang dibuat pada umumnya tercampur dengan partikel-partikel zat terlarut yang tidak diinginkan. Partikel-partikel ini dapat mengganggu kestabilan koloid sehingga harus dihilangkan/dimurnikan, salah satu cara pemurnian diantaranya *dialisis*.



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2005

Proses dialisis untuk memisahkan partikel-partikel koloid dan zat terlarut merupakan dasar bagi pengembangan dialisator. Penerapan dalam kesehatan adalah sebagai mesin pencuci darah untuk penderita gagal ginjal.

Ion-ion dan molekul kecil dapat melewati selaput semipermeabel dengan demikian pada akhir proses pada kantong hanya tersisa koloid saja.

## Rangkuman

1. Koloid adalah suspensi dari partikel-partikel kecil yang terdispersi di dalam zat lain atau medium pendispersi.
2. Ukuran partikel koloid yaitu di antara partikel terlarut pada larutan sejati dan suspensi kasar yaitu antara  $10^{-7}$  dan  $10^{-5}$  cm.
3. Macam-macam koloid adalah aerosol cair, aerosol padat, busa atau buih, busa padat, emulsi, emulsi padat, sol dan sol padat.
4. Sifat-sifat koloid yaitu memiliki efek Tyndall, gerak Brown, dan muatan. Muatan pada koloid dapat menyebabkan peristiwa adsorpsi, elektroforesis, dan koagulasi.
5. Koloid ada yang berupa koloid liofil dan liofob. Koloid liofil yaitu koloid yang fase terdispersinya mempunyai kemampuan menarik medium pendispersi sedangkan koloid liofob yaitu koloid yang fase terdispersinya tidak menarik medium pendispersinya.
6. Pembuatan koloid dapat dilakukan dengan cara kondensasi dan cara dispersi. Cara kondensasi dapat melalui reaksi hidrolisis, reaksi reduksi, reaksi oksidasi, kesetimbangan ion, dan mengubah pelarut. Cara dispersi dapat melalui cara mekanik dan cara peptisasi.
7. Contoh koloid di lingkungan sehari-hari antara lain dalam produk kosmetika, farmasi, sampo, sabun mandi, dan minuman.  
Contoh koloid di alam adalah asap, kabut, dan debu. Koloid yang terlalu banyak di udara maupun air dapat menimbulkan pencemaran.

## Kata Kunci

- Koloid
- Koloid liofil
- Koloid liofob
- Suspensi
- Koloid
- Dispersi
- Cara kondensasi
- Cara dispersi
- Aerosol
- Emulsi
- Gel
- Sol
- Busa/buih
- Efek Tyndall
- Elektroforesis
- Koagulasi
- Emulgator
- Gerak Brown
- Adsorpsi
- Fase terdispersi
- Medium pendispersi

---

## Evaluasi Akhir Bab

---

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

- Koloid yang fase terdispersinya berupa zat padat adalah . . . .
  - susu
  - mentega
  - buih sabun
  - cat
  - kanji
- Berikut ini yang merupakan dispersi koloid dari gas terdispersi dalam zat padat adalah . . . .
  - buih
  - kabut
  - batu apung
  - asap
  - debu
- Campuran lemak dan air dalam susu tidak memisah, sebab . . . .
  - lemak dan air berwujud cair
  - lemak larut baik dalam air
  - lemak lebih kental dari air
  - lemak dan air distabilkan oleh kasein sebagai pengemulsi
  - lemak dan air tidak bereaksi
- Kabut adalah sistem koloid . . . .
  - gas dalam padatan
  - padatan dalam cairan
  - gas dalam cairan
  - cairan dalam cairan
  - cairan dalam gas
- Partikel koloid mempunyai ukuran diameter partikel . . . .
  - lebih besar dari  $10^{-3}$  cm
  - antara  $10^{-5}$  cm dan  $10^{-3}$  cm
  - antara  $10^{-7}$  cm dan  $10^{-5}$  cm
  - antara  $10^{-9}$  cm dan  $10^{-7}$  cm
  - lebih kecil dari  $10^{-9}$  cm
- Larutan yang menimbulkan efek Tyndall adalah . . . .
  - alkohol
  - air mineral
  - bensin
  - sirup
  - susu
- Gerak Brown disebabkan oleh . . . .
  - ringannya partikel koloid
  - halusnya partikel koloid
  - adanya gaya gravitasi
  - tumbukan antara partikel koloid
  - muatan partikel koloid

8. Menghamburnya berkas sinar di dalam koloid disebut . . . .
- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| A. gerak Brown  | D. elektroforesis |
| B. efek Dopler  | E. dialisis       |
| C. efek Tyndall |                   |
9. Bahan makanan yang tidak merupakan koloid adalah . . . .
- |            |          |
|------------|----------|
| A. protein | D. susu  |
| B. gula    | E. lemak |
| C. nasi    |          |
10. Peristiwa pergerakan butir-butir di medan listrik ke kutub elektrode disebut . . . .
- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| A. dialisis       | D. gerak Brown  |
| B. elektrolisis   | E. efek Tyndall |
| C. elektroforesis |                 |
11. Cara pembuatan koloid dengan jalan mengubah partikel-partikel kasar menjadi partikel-partikel koloid disebut cara . . . .
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| A. dispersi   | D. hidrolisis   |
| B. koagulasi  | E. elektrolisis |
| C. kondensasi |                 |
12. Sistem koloid yang partikel-partikelnya dapat menarik molekul pelarutnya disebut . . . .
- |             |               |
|-------------|---------------|
| A. liofob   | D. kondensasi |
| B. liofil   | E. hidrofil   |
| C. dialisis |               |
13. Aerosol adalah sistem dispersi dari . . . .
- |                      |
|----------------------|
| A. cair dalam padat  |
| B. padat dalam cair  |
| C. cair dalam gas    |
| D. gas dalam cair    |
| E. padat dalam padat |
14. Cara mengubah partikel larutan sejati menjadi partikel-partikel koloid disebut . . . .
- |               |              |
|---------------|--------------|
| A. dispersi   | D. koagulasi |
| B. kondensasi | E. emulsi    |
| C. ionisasi   |              |
15. Sistem dispersi cair dalam medium cair disebut . . . .
- |            |              |
|------------|--------------|
| A. emulsi  | D. suspensi  |
| B. aerosol | E. emulgator |
| C. kabut   |              |

16. Peristiwa pengendapan suatu koloid disebut . . . .
- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| A. kondensasi   | D. liofilik |
| B. koagulasi    | E. liofob   |
| C. elektrofilik |             |
17. Pembuatan koloid di bawah ini yang tidak termasuk cara kondensasi adalah . . . .
- peptisasi
  - kesetimbangan
  - hidrolisis
  - mengubah pelarut
  - reaksi oksidasi
18. Koloid di bawah ini yang dibuat dengan cara dispersi ialah . . . .
- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| A. sol AgCl       | D. sol $As_2S_3$ |
| B. sol $Fe(OH)_3$ | E. sol NiS       |
| C. sol belerang   |                  |
19. Suatu emulsi akan stabil jika ke dalamnya ditambahkan larutan . . . .
- asam
  - basa
  - indikator
  - emulgator
  - elektrolit
20. Pembuatan sol AgCl dapat dilakukan dengan cara reaksi . . . .
- hidrolisis
  - substitusi
  - oksidasi
  - reduksi
  - kesetimbangan ion

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

- Detergen lebih mudah membersihkan kotoran pada pakaian daripada sabun. Jelaskan mengapa demikian?
- Jelaskan perbedaan antara sol dan gel! Berikut contoh dalam kehidupan sehari-hari.
- Koloid dapat dibuat dengan cara dispersi dan kondensasi. Jelaskan perbedaan antara kedua cara tersebut!
- Gambarkan dan jelaskan peristiwa elektroforesis pada koloid!
- Berikan contoh koloid yang mencemari lingkungan dan jelaskan bagaimana koloid tersebut bersifat sebagai pencemar lingkungan!



## T u g a s

---

Carilah contoh koloid yang berada di rumahmu. Kelompokkan koloid-koloid tersebut berdasarkan jenisnya. Tuliskan medium pendispersi dan fase terdispersinya. Laporkan dan presentasikan.

---

## Soal Evaluasi Semester II

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Menurut teori Bronsted dan Lowry asam adalah zat yang . . . .
  - menerima elektron
  - menerima proton
  - memberi elektron
  - memberi proton
  - memberi pasangan elektron
- Dari reaksi  $2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^-$ , pernyataan yang benar adalah . . . .
  - $\text{NH}_3$  menerima proton, bertindak sebagai asam Bronsted-Lowry
  - $\text{NH}_3$  memberikan proton, bertindak sebagai basa Bronsted-Lowry
  - $\text{NH}_3$  merupakan asam Bronsted-Lowry
  - $\text{NH}_3$  merupakan basa Bronsted-Lowry
  - $\text{NH}_3$  dapat bertindak sebagai asam dan sebagai basa Bronsted-Lowry
- Pada reaksi  $\text{CN}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$ , yang bersifat asam menurut Bronsted-Lowry adalah . . . .
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{CN}^-$
  - $\text{CN}^-$  dan HCN
  - $\text{H}_2\text{O}$  dan HCN
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  dan HCN
- Basa konjugasi dari  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  adalah . . . .
  - $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - $\text{P}_2\text{O}_5$
  - $\text{PO}_4^{3-}$
  - $\text{HPO}_4^{2-}$
  - $\text{H}_3\text{O}^+$
- Perhatikan reaksi:  $\text{O}^{2-} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}$   
Pernyataan berikut yang sesuai dengan teori Lewis adalah . . . .
  - $\text{CO}_2$  adalah asam
  - ion  $\text{O}^{2-}$  adalah asam
  - ion  $\text{CO}_3^{2-}$  bersifat netral
  - ion  $\text{O}^{2-}$  bersifat netral
  - $\text{CO}_2$  bersifat basa
- Spesi yang tidak dapat berperan sebagai basa Lewis adalah . . . .
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{CO}_2$
  - $\text{I}^-$
  - $\text{PCl}_3$
- Air akan bersifat asam jika ke dalamnya dilarutkan . . . .
  - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
  - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
  - $\text{CO}_2$
  - CaO
  - NaCl
- Proses protolisis yang berlangsung antara molekul-molekul air sendiri disebut proses . . . .
  - diprotolisis
  - donor proton
  - ionisasi
  - amfiprotik
  - autoprotolisis

9. Reaksi ionisasi yang tepat dari reaksi-reaksi berikut adalah . . . .
- $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{OH}^{2-}(\text{aq})$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CO}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
  - $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons 3 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{2-}(\text{aq})$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons 2 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
  - $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Al}^+(\text{aq}) + 3 \text{OH}^-(\text{aq})$
10. Perhatikan reaksi-reaksi berikut:
- $$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$$
- $$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$$
- $$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$$
- Zat yang bersifat amfiprotik adalah . . . .
- $\text{H}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{H}_2\text{CO}_3$
  - $\text{CO}_3^{2-}$  dan  $\text{H}_3\text{O}^+$
  - $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
11. Suatu zat bertindak sebagai basa menurut Lewis karena dapat . . . .
- menerima proton
  - menyerahkan proton
  - menyerahkan ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$
  - menerima pasangan elektron bebas
  - menyerahkan pasangan elektron bebas
12. Lima jenis asam: HA, HB, HC, HD, dan HE dengan konstanta ionisasi asamnya ( $K_a$ ) berturut-turut:  $1,5 \times 10^{-6}$ ,  $1,2 \times 10^{-6}$ ,  $1,0 \times 10^{-6}$ ,  $1,0 \times 10^{-6}$  dan  $0,2 \times 10^{-6}$ . Di antara asam itu yang paling lemah adalah . . . .
- HA
  - HB
  - HC
  - HD
  - HE
13. Ke dalam 10 mL larutan HCl 0,1 M ditambah air sebanyak 90 mL. pH larutan akan berubah dari . . . .
- 1 menjadi 2
  - 1 menjadi 3
  - 2 menjadi 3
  - 3 menjadi 4
  - 2 menjadi 4
14. Sebanyak 0,37 gram  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dilarutkan dalam air sampai volumenya 250 mL, maka pH larutan adalah ( $A_r\text{Ca} = 40$ ,  $O = 16$ ) . . . .
- $2 - \log 2$
  - $2 - \log 4$
  - $4 - \log 2$
  - $12 - \log 4$
  - $12 + \log 4$
15. Untuk menentukan 30 mL larutan NaOH 0,2 M diperlukan larutan HCl 0,15 M sebanyak . . . .
- 20 mL
  - 30 mL
  - 40 mL
  - 50 mL
  - 60 mL



Pernyataan yang benar adalah . . . .

- A. (1), (2), (3), dan (4)                      D. (2) dan (4)  
B. (1), (2), dan (3)                            E. (3) dan (4)  
C. (1), (3), dan (4)

24. Larutan 100 mL HCN 0,14 M dicampur dengan 70 mL NaOH 0,1 M maka ( $K_a$  HCN =  $10^{-9}$ ):

1. reaksi yang terjadi  $\text{NaOH} + \text{HCN} \rightarrow \text{NaCN} + \text{H}_2\text{O}$
2. larutan NaOH merupakan pereaksi pembatas
3. larutan yang terjadi bersifat larutan penyangga
4.  $\text{pH}$  larutan = 9

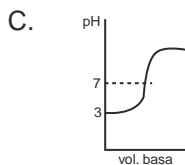
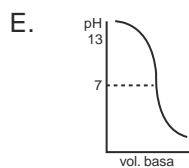
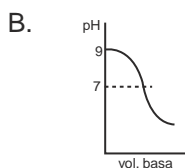
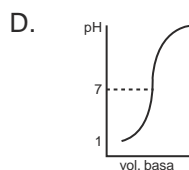
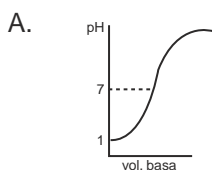
yang benar adalah . . . .

- A. 1, 2, 3, 4                                      D. 3, 4  
B. 1, 3    E. 2, 4  
C. 2, 3

25. Kelarutan  $\text{L}(\text{OH})_2$  dalam air  $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ , maka larutan jenuh  $\text{L}(\text{OH})_2$  dalam air mempunyai  $\text{pH}$  sebesar . . . .

- A. 10,3    D. 3,7  
B. 11,0    E. 12,0  
C. 9,7

26. Perubahan  $\text{pH}$  pada titrasi asam lemah dengan basa kuat digambarkan oleh kurva . . .



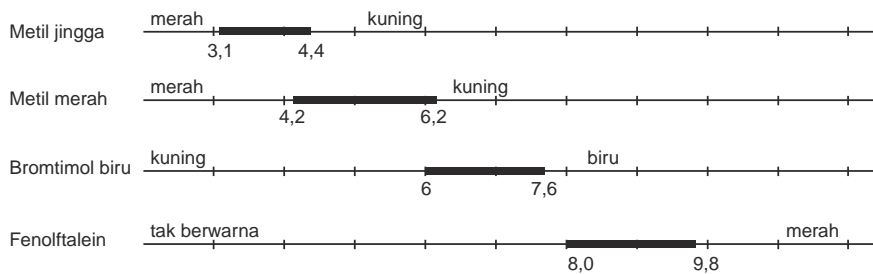
27. Reaksi yang menghasilkan garam terhidrolisis adalah . . . .

- A. 50 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,2 M + 50 mL NaOH 0,1 M  
B. 50 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,2 M + 100 mL NaOH 0,1 M  
C. 100 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M + 50 mL NaOH 0,1 M  
D. 50 mL HCl 0,2 M + 50 mL NaOH 0,1 M  
E. 50 mL HCl 0,2 M + 100 mL NaOH 0,1 M



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

1. Perhatikan diagram trayek pH indikator berikut:



Apabila suatu larutan X diuji harga pH-nya dengan menggunakan indikator di atas, ternyata didapatkan hasil: dengan metil jingga berwarna kuning, dengan metil merah berwarna kuning, dan dengan fenolftalein tidak berwarna.

- Berapa pH larutan X tersebut? Gambarkan dengan diagram!
  - Apakah sifat larutan tersebut? Jelaskan mengapa demikian!
  - Perkirakan konsentrasi  $H^+$  dalam 100 mL larutan X!
2. Berikut ini harga  $K_a$  beberapa asam lemah.

Asam lemah	$K_a$
HA	$8,1 \times 10^{-5}$
HB	$1,0 \times 10^{-10}$
HC	$1,0 \times 10^{-7}$
HD	$1,5 \times 10^{-18}$
HE	$11 \times 10^{-6}$

- Urutkan kenaikan kekuatan asam tersebut!
  - Jelaskan alasannya mengapa demikian?
  - Bagaimana hubungan harga  $K_a$  dengan meningkatnya kekuatan asam?
  - Bagaimana hubungan kekuatan basa dengan harga  $K_b$ ?
3. Pada pemanasan 0,2 mol HCl dalam ruang 1 liter terjadi penguraian berdasarkan reaksi:  
 $2 HCl(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Cl_2(g)$   
 Jika derajat disosiasi HCl adalah 25%, hitunglah tetapan kesetimbangan.
4. Pembentukan delta merupakan salah satu contoh terjadinya koagulasi pada koloid. Jelaskan proses terbentuknya delta tersebut!
5. Jelaskan keunggulan teori asam basa Bronsted-Lowry dibandingkan teori asam basa Arrhenius dan teori asam basa Lewis!

## LAMPIRAN 1

### TABEL UNSUR

Nama Unsur	Lambang Unsur	Nomor Atom	$A_r$	Isotop
Hidrogen	H	1	1,0	2, 3
Helium	He	2	4,0	3, 4
Litium	Li	3	7,0	7, 6
Berilium	Be	4	9,0	
Boron	B	5	10,8	10, 11
Karbon	C	6	12,0	13, 14
Nitrogen	N	7	14,0	15, 16
Oksigen	O	8	16,0	16, 17, 18
Fluor	F	9	19,0	
Neon	Ne	10	20,2	20, 21, 22
Natrium	Na	11	23,0	
Magnesium	Mg	12	24,3	24, 25, 26
Aluminium	Al	13	27,0	
Silikon	Si	14	28,0	28, 29, 30
Fosfor	P	15	31,0	
Belerang	S	16	32,1	32, 33, 34, 36
Klor	Cl	17	35,5	35, 37
Argon	Ar	18	40,0	36, 38
Kalium	K	19	39,1	39, 40, 41
Kalsium	Ca	20	40,0	42, 43, 44, 46, 48
Skandium	Sc	21	45,0	
Titanium	Ti	22	47,9	46, 47, 48, 49
Vanadium	V	23	50,9	50,51
Krom	Cr	24	52,0	50, 52, 53, 54
Mangan	Mn	25	54,9	
Besi	Fe	26	55,8	54, 56, 57, 58
Kobal	Co	27	58,8	
Nikel	Ni	28	58,7	58, 60, 61, 62, 63, 64
Tembaga	Cu	29	63,5	65, 68
Seng	Zn	30	65,4	64, 66, 67, 68, 70
Galium	Ga	31	69,7	69, 71
Germanium	Ge	32	72,6	70, 72, 73, 74, 76
Arsen	As	33	74,9	
Selenium	Se	34	79,0	74, 76, 77, 78, 80, 82
Brom	Br	35	79,9	79, 81
Kripton	Kr	36	83,8	78, 80, 82, 83, 84, 86
Rubidium	Rb	37	85,5	85, 87
Stronsium	Sr	38	87,6	84, 86, 87, 88
Itrium	Y	39	88,9	89
Zirkon	Zr	40	91,2	90, 91, 92, 94, 96
Niobium	Nb	41	92,9	
Molibdenum	Mo	42	95,9	92, 94, 95, 96, 97, 98, 100
Teknesium	Tc	43	98,0	
Rutenium	Ru	44	101,0	96, 98, 99, 100, 101, 102, 104
Rodium	Rh	45	102,9	
Paladium	Pd	46	106,4	102, 104, 105, 106, 108, 110
Perak	Ag	47	107,9	107, 109
Kadmium	Cd	48	112,4	106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116
Indium	In	49	114,8	113, 115
Timah	Sb	50	118,7	112, 114, 115, 116, 117, 118, 119,
Antimon	Sb	51	121,8	120, 121, 122, 123, 124
Telurium	Te	52	127,6	120, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 130
Iodium	I	53	126,9	
Xenon	Xe	54	131,3	124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136
Sesium	Ce	55	132,9	
Barium	Ba	56	137,3	130, 132, 134, 135, 136, 138
Lantanum	La	57	138,9	138, 139



Nama Unsur	Lambang Unsur	Nomor Atom	$A_r$	Isotop
Serium	Ce	58	140,1	136, 138, 140,142
Praseodimium	Pr	59	140,9	
Neodimium	Nd	60	144,2	142, 143, 144, 145, 146,148, 150
Prometium	Pm	61	147,0	
Samarium	Sm	62	150,4	144, 147, 148, 149, 150, 152, 154
Europium	Eu	63	152,0	151, 153
Gadolinium	Gd	64	157,3	152, 154, 155,156, 157, 158, 160
Terbium	Tb	65	158,9	
Disprosium	Dy	66	162,5	156, 158, 160, 161, 162, 163, 164
Holmium	Ho	67	164,9	
Erbium	Er	68	167,3	162, 164, 166, 167, 168, 170
Tulium	Tm	69	168,9	
Iterbium	Yb	70	173,0	168, 170, 171, 172, 173, 174, 176
Lantanium	La	71	175,0	175, 176
Hafnium	Hf	72	178,5	174, 176, 177, 178, 179, 180
Tantalum	Ta	73	180,9	180, 181
Wolfram	W	74	183,9	180, 182, 183, 184, 186
Renium	Re	75	186,2	185, 187
Osmium	Os	76	190,2	188, 189, 190, 192
Iridium	Ir	77	192,2	191, 193
Platina	Pt	78	195,1	190, 192, 194, 195, 196, 198
Emas	Au	79	197,0	
Air raksa	Hg	80	200,6	196, 198, 199, 200, 201, 202, 204
Talium	Tl	81	204,4	203, 205
Timbal	Pb	82	207,2	202, 204, 206, 207, 208
Bismut	Bi	83	209,0	
Polonium	Po	84	210,0	
Astatin	At	85	210,0	217
Radon	Rn	86	222,0	220, 222
Fransium	Fr	87	223,0	221, 223
Radium	Ra	88	226,0	223, 224, 226, 228
Aktinium	Ac	89	227,0	226, 228
Torium	Th	90	232,0	
Protaktinium	Pa	91	231,0	231, 233, 234
Uranium	U	92	238,0	234, 235, 238
Neptunium	Np	93	237,0	237, 239
Plutonium	Pu	94	242,0	238, 239, 242
Amerisium	Am	95	243,0	
Kurium	Cm	96	247,0	
Berkelium	Bk	97	247,0	
Kalifornium	Cf	98	249,0	
Einsteinium	Es	99	254,0	
Fermium	Fm	100	253,0	
Mendelevium	Md	101	256,0	
Nobelium	No	102	254,0	
Lawrensium	Lr	103	257,0	
Rutherfordium	Rf	104	261,1	
Dubrium	Db	105	262,1	
Seaborgium	Sg	106	263,1	
Bohrium	Bh	107	262,1	
Hassium	Hs	108	265,0	
Meitnerium	Mt	109	265,0	

Sumber: Book of Data

## LAMPIRAN 2

### SIFAT FISIK UNSUR

Nama Unsur	Bentuk	Tb	Tf	Nama Unsur	Bentuk	Tb	Tf
Hidrogen	gas	20	14	Barium	padat	1931	998
Helium	gas	4	26	Lantanum	padat	3730	1194
Litium	padat	1615	459	Serium	padat	—	—
Berilium	padat	3243	155	Praseodimium	padat	—	—
Boron	padat	2823	2573	Neodimium	padat	—	—
Karbon	padat	5100	70	Prometium	padat	—	—
Nitrogen	gas	77	63	Samarium	padat	—	—
Oksigen	gas	90	55	Europium	padat	—	—
Fluor	gas	85	53	Gadolinium	padat	—	—
Neon	gas	27	25	Terbium	padat	—	—
Natrium	padat	1156	391	Disprosium	padat	—	—
Magnesium	padat	1300	922	Holmium	padat	—	—
Aluminium	padat	2740	933	Erbium	padat	—	—
Silikon	padat	2628	1683	Tulium	padat	—	—
Fosfor	padat	473	863	Iterbium	padat	—	—
Belerang	padat	718	386	Lantanium	padat	—	—
Klor	gas	238	172	Hafnium	padat	4875	2500
Argon	gas	87	84	Tantalum	padat	5700	3269
Kalium	padat	1033	336	Wolfram	padat	5433	3683
Kalsium	padat	1757	1112	Renium	padat	5900	3453
Skandium	padat	3104	1814	Osmium	padat	5570	2973
Titanium	padat	3560	1933	Iridium	padat	4403	2683
Vanadium	padat	3653	2163	Platina	padat	4100	2045
Krom	padat	2943	2130	Emas	padat	3353	1337
Mangan	padat	2235	1517	Air raksa	cair	630	234
Besi	padat	3023	1808	Talium	padat	1730	577
Kobal	padat	3143	1768	Timbal	padat	2813	601
Nikel	padat	3003	1728	Bismut	padat	1833	544
Tembaga	padat	2840	1356	Polonium	padat	1235	527
Seng	padat	1180	693	Astatin	padat	610	575
Galium	padat	2676	303	Radon	gas	211	207
Germanium	padat	3103	1210	Fransium	padat	950	300
Arsen	padat	881	1090	Radium	padat	1410	973
Selenium	padat	958	490	Aktinium	padat	3473	1323
Brom	cair	332	266	Torium	padat	5060	2023
Kripton	gas	121	116	Protaktinium	padat	4300	1870
Rubidium	padat	595	312	Uranium	padat	4091	1405
Stronsium	padat	1657	1042	Neptunium	padat	—	—
Itrium	padat	3611	1793	Plutonium	padat	3505	914
Zirkon	padat	4650	2125	Amerisium	padat	—	—
Niobium	padat	5015	2740	Kurium	padat	—	—
Molibdenum	padat	5833	2883	Berkelium	padat	—	—
Teknesium	padat	4173	2445	Kalifornium	padat	—	—
Rutenium	padat	4000	2583	Einsteinium	padat	—	—
Rodium	padat	3243	2239	Fermium	padat	—	—
Paladium	padat	3243	1827	Mendelevium	padat	—	—
Perak	padat	2485	1235	Nobelium	padat	—	—
Kadmium	padat	1038	594	Lawrensium	padat	—	—
Indium	padat	2353	429	Rutherfordium	padat	—	—
Timah	padat	2533	505	Dubrium	padat	—	—
Antimon	padat	2023	904	Seaborgium	padat	—	—
Telurium	padat	1263	723	Bohrium	padat	—	—
Iodium	padat	457	387	Hassium	padat	—	—
Xenon	gas	166	161	Meitnerium	padat	—	—
Sesium	padat	942	302				

Sumber: Book of Data

## LAMPIRAN 3

### TETAPAN KIMIA

**Tabel 1.1 Konstanta Ionisasi Asam pada 25°C**

Zat	Rumus Kimia	$K_a$
Asam asetat	$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	$1,7 \times 10^{-5}$
Asam arsenat	$\text{H}_3\text{AsO}_4$	$6,5 \times 10^{-3}$
	$\text{H}_2\text{AsO}_4^-$	$1,2 \times 10^{-7}$
	$\text{HAsO}_4^{2-}$	$3,2 \times 10^{-12}$
Asam askorbat	$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$	$6,8 \times 10^{-5}$
	$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_6^-$	$2,8 \times 10^{-12}$
Asam benzoat	$\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_2$	$6,3 \times 10^{-5}$
Asam borak	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,9 \times 10^{-10}$
Asam karbonat	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$4,3 \times 10^{-7}$
	$\text{HCO}_3^-$	$4,8 \times 10^{-11}$
Asam kromat	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	$1,5 \times 10^{-1}$
	$\text{HCrO}_4^-$	$3,2 \times 10^{-7}$
Asam sianat	$\text{HCNO}$	$3,5 \times 10^{-4}$
Asam tarmiat	$\text{HCHO}_2$	$1,7 \times 10^{-4}$
Asam hidrosianat	$\text{HCN}$	$4,9 \times 10^{-10}$
Asam hidrofluorat	$\text{HF}$	$6,8 \times 10^{-4}$
Hidrogen perokmida	$\text{H}_2\text{O}_2$	$1,8 \times 10^{-12}$
Ion hidrogen sulfat	$\text{HSO}_4^-$	$1,1 \times 10^{-2}$
Hidrogen sulfida	$\text{H}_2\text{S}$	$8,9 \times 10^{-8}$
	$\text{HS}^-$	$1,2 \times 10^{-13}$
Asam hipoklorat	$\text{HClO}$	$3,5 \times 10^{-8}$
Asam laktat	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3$	$1,3 \times 10^{-4}$
Asam nitrat	$\text{HNO}_2$	$4,5 \times 10^{-4}$
Asam oksalat	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \times 10^{-2}$
	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$	$5,1 \times 10^{-5}$
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_6\text{OH}$	$1,1 \times 10^{-10}$
Asam fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$6,9 \times 10^{-3}$
	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$6,2 \times 10^{-8}$
	$\text{HPO}_4^{2-}$	$4,8 \times 10^{-13}$
Asam fosfit	$\text{H}_2\text{PHO}_3$	$1,6 \times 10^{-2}$
	$\text{HPHO}_3^-$	$7,0 \times 10^{-7}$
Asam propionat	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_2$	$1,3 \times 10^{-5}$
Asam piruvat	$\text{HC}_3\text{H}_3\text{O}_3$	$1,4 \times 10^{-4}$
Asam sulfit	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,3 \times 10^{-2}$
	$\text{HSO}_3^-$	$6,3 \times 10^{-8}$

**Tabel 1.2 Konstanta Ionisasi Basa pada 25°C**

Zat	Rumus Kimia	$K_b$
Amonia	$\text{NH}_3$	$18 \times 10^{-5}$
Anilin	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,3 \times 10^{-10}$
Dimetil amin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,1 \times 10^{-4}$
Etilamin	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,7 \times 10^{-4}$
Etilen dramin	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	$5,2 \times 10^{-4}$
Hidrazin	$\text{N}_2\text{H}_4$	$1,7 \times 10^{-6}$
Hidroksilamin	$\text{NH}_2\text{OH}$	$1,1 \times 10^{-8}$
Metilamin	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	$14,4 \times 10^{-4}$
Piridin	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,4 \times 10^{-6}$
Trimetilamin	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,5 \times 10^{-5}$
Urea	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	$1,5 \times 10^{-14}$

Sumber: Book of Data

**Tabel 1.3 Konstanta Kesetimbangan pada 25°C**

Zat	Rumus Kimia	$K_{sp}$	Zat	Rumus Kimia	$K_{sp}$
Aluminium hidroksida	$Al(OH)_3$	$1,9 \times 10^{-33}$	Timbal(II) sulfat	$PbSO_4$	$1,8 \times 10^{-8}$
Barium kromat	$BaCrO_4$	$2,0 \times 10^{-10}$	Timbal(II) sulfida	$PbS$	$6,5 \times 10^{-3}$
Barium fluorida	$BaF_2$	$1,7 \times 10^{-6}$	Magnesium karbonat	$MgCO_3$	$1,0 \times 10^{-5}$
Barium sulfat	$BaSO_4$	$1,1 \times 10^{-10}$	Magnesium hidroksida	$Mg(OH)_2$	$1,5 \times 10^{-11}$
Kadmium sulfida	$CdS$	$2,8 \times 10^{-35}$	Magnesium oksalat	$MgC_2O_4$	$8,6 \times 10^{-5}$
Kadmium karbonat	$CdCO_3$	$2,5 \times 10^{-14}$	Mangan sulfida	$MnS$	$4,3 \times 10^{-22}$
Kalsium karbonat	$CaCO_3$	$4,8 \times 10^{-9}$	Mercuri(I) klorida	$Hg_2Cl_2$	$1,1 \times 10^{-18}$
Kalsium fluorida	$CaF_2$	$3,9 \times 10^{-11}$	Mercuri(II) sulfida	$HgS$	$8,0 \times 10^{-52}$
Kalsium oksalat	$CaC_2O_4$	$2,3 \times 10^{-9}$	Nikel(II) hidroksida	$Ni(OH)_2$	$1,6 \times 10^{-14}$
Kalsium fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	$1,0 \times 10^{-25}$	Nikel(II) sulfida	$NiS$	$2,0 \times 10^{-27}$
Kalsium sulfat	$CaSO_4$	$2,4 \times 10^{-5}$	Perak bromida	$AgBr$	$3,3 \times 10^{-13}$
Kobal(II) sulfida	$CoS$	$4,5 \times 10^{-27}$	Perak klorida	$AgCl$	$1,8 \times 10^{-10}$
Tembaga(II) hidroksida	$Cu(OH)_2$	$5,6 \times 10^{-20}$	Perak kromat	$Ag_2CrO_4$	$9,0 \times 10^{-12}$
Tembaga(II) sulfida	$CuS$	$1,2 \times 10^{-54}$	Perak iodida	$AgI$	$1,5 \times 10^{-16}$
Besi(III) hidroksida	$Fe(OH)_3$	$1,1 \times 10^{-36}$	Perak sulfida	$Ag_2S$	$8,0 \times 10^{-58}$
Besi(II) hidroksida	$Fe(OH)_2$	$7,9 \times 10^{-15}$	Strosium karbonat	$SrCO_3$	$9,4 \times 10^{-10}$
Besi(II) sulfida	$FeS$	$8 \times 10^{-26}$	Strosium kromat	$SrCrO_4$	$3,6 \times 10^{-5}$
Timbal(II) klorida	$PbCl_2$	$1,7 \times 10^{-5}$	Strosium sulfat	$SrSO_4$	$2,8 \times 10^{-7}$
Timbal(II) kromat	$PbCrO_4$	$1,8 \times 10^{-14}$	Seng hidroksida	$Zn(OH)_2$	$4,5 \times 10^{-17}$
Timbal(II) iodida	$PbI_2$	$8,7 \times 10^{-9}$	Seng sulfida	$ZnS$	$1,0 \times 10^{-27}$

Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*

## LAMPIRAN 4

### KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI AKHIR BAB

#### Bab I

##### A. Pilihan Ganda

1. A 6. D 11. D 16. B 21. D
2. A 7. E 12. D 17. C 22. A
3. C 8. D 13. A 18. C 23. E
4. D 9. E 14. D 19. D 24. A
5. E 10. A 15. C 20. C 25. E

##### B. Uraian

1. a. lihat teks  
b. lihat teks
2.  $^{24}\text{Cr}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$   
 $^{29}\text{Cu}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$
3. lihat teks
4. lihat teks
5. lihat teks

#### Bab II

##### A. Pilihan Ganda

1. B 6. B 11. C 16. C
2. C 7. E 12. C 17. D
3. D 8. B 13. D 18. D
4. E 9. C 14. E 19. E
5. D 10. D 15. E 20. B

##### B. Uraian

1. lihat teks
2. lihat tabel
3. gaya tolak dari PEB – PEB > PEI – PEB > PEI – PEI untuk struktur elektron tetra hedral
4. lihat teks
5. lihat teks

#### Bab III

##### A. Pilihan Ganda

1. E 6. E 11. A
2. C 7. E 12. B
3. C 8. C 13. D
4. C 9. C 14. C
5. A 10. C 15. A

##### B. Uraian

1. a.  $\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) + \text{S}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}(l) + \text{OH}_2$   
= 95 kJ  
b.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}, \Delta H_c$   
= -1364 kJ
2. a. 75,6 kJ  
b. 75,6 kJ
3. 10121 kJ
4. 4,70
5. lihat teks

#### Bab IV

##### A. Pilihan Ganda

1. E 6. D 11. C
2. B 7. A 12. C
3. D 8. D 13. C
4. C 9. E 14. D
5. A 10. D 15. C

##### B. Uraian

1. a. 3  
b. 9 kali lebih cepat  
c. 2 kali lebih cepat  
d.  $K = \frac{v}{[\text{A}][\text{B}]^2}$
2. a. Grafik  
b.  $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$   
c.  $v = k[5,00 \cdot 10^{-3}] (0,124)$
3. a.  $m = 1$   
b.  $n = 1$   
c.  $v = k[\text{H}_2][\text{SO}_2]$
4. a. lihat teks  
b. Grafik
5.  $m = 1, n = 2, v = k[\text{H}_2][\text{NO}]^2$

#### Bab V

##### A. Pilihan Ganda

1. C 6. D 11. C 16. D
2. A 7. D 12. B 17. D
3. B 8. E 13. C 18. A
4. A 9. B 14. D 19. D
5. B 10. E 15. D 20. E

##### B. Uraian

1.  $K_c = 0,55$   
 $K_p = 56,4 \text{ atm}$
2. 0,6 mol
3. a.  $K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}, K_p = \frac{(\text{pCH}_3\text{OH})}{(\text{pCO}) \cdot (\text{pH}_2)^2}$   
b.  $K_c = [\text{CO}_2], K_p = (\text{pCO}_2)$   
c.  $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2[\text{SO}_3]^2}{[\text{H}_2\text{S}]^2[\text{O}_3]^3}, K_p = \frac{(\text{pH}_2\text{O})^2 \cdot (\text{pSO}_3)^2}{(\text{pH}_2\text{S})^2 \cdot (\text{pO}_2)^3}$
4. lihat teks
5. 0,03 M  $[\text{Fe}^{3+}]$



### Bab X

#### A. Pilihan Ganda

1. B    6. B
2. B    7. A
3. C    8. A
4. D    9. C
5. E    10. A

#### B. Uraian

1. tabel
2. lihat teks
3. a.  $5 - \log 1,3$   
b.  $9 + \log 5$
4. a.  $9 + \log 1,1$   
b.  $\text{pH} = 7$   
c.  $6 - \log 2,1$
5. lihat teks

### Bab XI

#### A. Pilihan Ganda

1. A    6. C    11. C
2. B    7. E    12. E
3. E    8. D    13. B
4. D    9. E    14. A
5. C    10. A

#### B. Uraian

1. lihat teks
2. a.  $1,31 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$   
b.  $9 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$   
c.  $9,48 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$
3. terbentuk endapan  $\text{CaCO}_3$
4.  $9 + \log 9,5$
5. a.  $1,8 \times 10^{-9} \text{ M}$   
 $3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$   
b.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$

### Bab XII

#### A. Pilihan Ganda

1. D    6. D/E    11. A    16. B
2. C    7. D    12. B    17. A
3. C    8. C    13. C    18. C
4. E    9. B    14. B    19. D
5. C    10. C    15. A    20. E

#### B. Uraian

1. detergen berfungsi sebagai emulgator
2. lihat teks
3. lihat teks
4. lihat teks
5. lihat teks

### Soal Evaluasi Semester II

#### A. Pilihan Ganda

1. D    8. D    15. C    22. C    29. B
2. E    9. A    16. B    23. A    30. A
3. E    10. E    17. B    24. A    31. C
4. D    11. E    18. C    25. B    32. B
5. A    12. E    19. D    26. C    33. E
6. C    13. A    20. B    27. B    34. C
7. C    14. E    21. C    28. B    35. C

#### B. Uraian

1. a.  $6,2 - 8$   
b.  $6,2 - 8$   
c.  $10^{-6,2} - 10^{-8}$
2. a.  $\text{HA} > \text{HE} > \text{HC} > \text{HB} > \text{HD}$   
b. lihat teks  
c. lihat teks  
d. lihat teks
3.  $2,8 \cdot 10^{-2}$
4. lihat teks
5. lihat teks

## GLOSARIUM

---

### A

Adsorpsi 258  
Arrhenius 147

Asam-basa konjugasi 206

Asam kuat 167  
Asam lemah 167

Asam oksidasi 149  
Asam nonoksidasi 148

serapan partikel pada permukaan zat lain.  
teori asam basa yang menyatakan asam adalah senyawa yang menghasilkan  $H^+$  dan basa yang menghasilkan  $OH^-$  dalam air.  
dua zat yang berhubungan satu sama lain dengan memberi atau melepaskan sebuah proton  
asam yang terionisasi 100% dalam air.  
asam yang terionisasi lebih kecil dari 100% dalam air.  
asam yang mengandung oksigen.  
asam yang tidak mengandung oksigen.

### B

Basa kuat 167  
Basa lemah 167

Bilangan kuantum 4

Bohr, teori atom 3

Bronsted-Lowry,  
teori asam basa 153

Brown, gerakan 258

Buih 255  
Busa 255

basa yang terionisasi 100% dalam air.  
basa yang terionisasi lebih kecil dari 100% dalam air.  
bilangan yang menunjukkan tingkat energi, bentuk, dan orientasi orbital serta spin elektron dalam orbital.  
semua elektron atom berada dalam tingkat energi tertentu.  
asam adalah senyawa atau partikel yang dapat memberikan proton, sedangkan basa yang dapat menerima proton.  
gerakan acak partikel koloid dalam medium cair.  
koloid gas dalam cairan.  
koloid gas dalam padatan.

### D

de Broglie, hukum 3

Derajat ionisasi 167

setiap materi yang bergerak membentuk gelombang.  
perbandingan mol elektron lemah yang terion dengan mol mula-mula.



Dispersi koloid 263 pembuatan koloid dengan mengubah partikel-partikel besar menjadi molekul kecil sesuai ukuran partikel koloid.

## E

Eksitasi 33 perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Eksoterm 50 suatu proses yang melepaskan kalor ke lingkungannya.

Elektroforesis 259 proses pemisahan partikel koloid bermuatan dengan medan listrik.

Emulsi 255 koloid cair dalam cairan.

Endoterm 51 suatu proses yang memerlukan kalor dari lingkungannya.

Energi aktivasi 95 energi yang diperlukan untuk membentuk kompleks teraktivasi.

Energi ikatan 61 energi yang diperlukan untuk memisahkan dua atom yang berikatan kimia menjadi partikel yang netral atau radikal bebas.

Entalpi pembakaran 53 kalor yang diperlukan atau dilepaskan dalam pembakaran 1 mol zat dari unsur-unsurnya pada suhu 25° C dan tekanan 1 atm.

Entalpi pembentukan standar 52 kalor yang diperlukan atau dilepaskan dalam pembentukan 1 mol zat dari unsur-unsurnya pada suhu 25° C dan tekanan 1 atm.

Entalpi penguraian standar 53 kalor yang diperlukan atau dilepaskan dalam penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya pada suhu 25° C dan tekanan 1 atm.

## G

Gel 262 koloid cair dalam padat.

Grafik titrasi 192 grafik antara pH atau pOH larutan selama titrasi dengan volum zat penetrasii (titran).

## H

Hibridisasi 32 pencampuran beberapa orbital atom yang hampir sama tingkat energinya dan kemudian

Hidrolisis 221	membentuk orbital baru yang sama bentuk dan tingkat energinya.
Hasil kali kelarutan 237	reaksi suatu zat dengan air. konstanta yang menyatakan hasil kali konsentrasi ion senyawa elektrolit dalam larutan yang dipangkatkan dengan koefisiennya masing-masing.
Hess, hukum 58	kalor yang menyertai suatu reaksi tidak bergantung pada jalan yang ditempuh, tetapi hanya pada keadaan awal dan akhir. Bila beberapa reaksi dapat dijumlahkan menjadi satu reaksi tunggal, maka kalor reaksinya juga dapat dijumlahkan.
Hund, aturan 11	tingkat energi atom semakin rendah jika semakin banyak elektron tidak berpasangan yang berspin sejajar.
<b>I</b>	
Ikatan hidrogen 38	ikatan tambahan berupa daya tarik listrik yang terjadi antara molekul yang mempunyai hidrogen yang berikatan kovalen dengan unsur yang sangat elektronegatif.
Indikator 165, 179	zat yang mempunyai warna tertentu dalam suatu daerah pH.
Indikator universal 165	campuran beberapa indikator yang berwarna spesifik pada setiap pH larutan.
<b>K</b>	
Kalor 49	energi gerakan partikel materi yang dapat pindah dari suatu sistem materi ke yang lain.
Kalorimeter 54	alat yang dipakai untuk mengukur kalor reaksi.
Katalis 92	suatu zat yang mengubah laju reaksi tetapi tidak bereaksi secara permanen.
Keadaan kesetimbangan 111	keadaan suatu sistem yang semua gaya atau proses yang berlawanan sama besarnya.
Kelarutan 233	jumlah maksimum zat yang dapat larut dalam sejumlah pelarut (satuan $\text{gL}^{-1}$ atau $\text{mol}^{-1}$ )
Kemolaran 75	jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan.

Keseimbangan dinamis 108	keadaan sistem yang seimbang tetapi di dalamnya terjadi perubahan yang terus-menerus.
Keseimbangan heterogen 110	suatu keseimbangan kimia yang fasa zat-zat yang terlibat di dalamnya tidak sama.
Keseimbangan homogen 110	suatu keseimbangan yang semua zat pereaksi dan hasil reaksinya berfasa sama.
Koagulasi 260	penggumpalan partikel koloid sehingga jatuh ke dasar bejana.
Koloid 253	sistem dispersi yang partikel terdispersinya berdiameter $10^{-7} - 10^{-5}$ cm dan memberikan efek Tyndall.
Koloid liofil 261	koloid yang suka pada mediumnya.
Koloid liofob 261	koloid yang tidak suka pada mediumnya.
Kompleks teraktivasi	penggabungan molekul pereaksi pada saat tabrakan dan terbentuk sesaat, sehingga terdapat sekaligus ikatan yang akan putus dan yang akan terbentuk.
Konfigurasi elektron 9	penyebaran elektron dalam orbital atom.
Konstanta laju reaksi 84	perbandingan laju reaksi dengan konsentrasi dalam persamaan laju reaksi.
Konstanta keseimbangan 119	hasil perkalian konsentrasi zat hasil reaksi dibagi perkalian zat pereaksi dan masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya.
<b>L</b>	
Laju reaksi 82	pengurangan pereaksi atau penambahan hasil reaksi per satuan waktu ( $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$ ).
Larutan penyangga 206	suatu larutan yang mengandung asam lemah dengan garam dari asam itu, atau larutan basa lemah dengan garam dari basa itu, yang pH nya tetap bila ditambah sedikit asam kuat, basa kuat, atau air.
Le Chatelier 112	apabila suatu sistem keseimbangan dinamis diberi aksi dari luar maka sistem akan bergeser sedemikian rupa sehingga pengaruh aksi itu sekecil mungkin, dan jika mungkin sistem keseimbangan kembali.

Lewis, teori asam basa	157	asam adalah partikel yang dapat menerima pasangan elektron bebas, sehingga membentuk ikatan koordinasi, sedangkan basa adalah partikel yang dapat memberikan pasangan elektron bebas.
London, gaya	37	gaya tarik menarik listrik yang sangat lemah antara molekul polar terinduksi.
<b>O</b>		
Orde reaksi	83	jumlah pangkat konsentrasi pereaksi dalam persamaan laju reaksi.
Orbital	3	daerah kebolehterdapat menemukan elektron di sekitar inti. Suatu fungsi gelombang sebuah elektron dalam atom.
<b>P</b>		
Pauli, prinsip larangan	10	tidak boleh dua elektron dalam satu atom mempunyai empat bilangan kuantum yang sama.
Pengaruh ion senama	240	kelarutan suatu senyawa akan berkurang jika larutan mengandung ion sejenis.
Persamaan laju reaksi	82	suatu persamaan yang menunjukkan hubungan laju reaksi dengan konsentrasi pereaksi.
pH larutan	175	negatif dari logaritma konsentrasi $H^+$ dalam larutan.
pOH	175	negatif dari logaritma konsentrasi $OH^-$ dalam larutan.
Prinsip Aufbau	9	elektron suatu atom sedapat mungkin memiliki energi terendah.
Proses irreversibel	107	peristiwa yang terjadi dengan cepat karena perbedaan gaya sistem dengan lingkungan cukup besar.
Proses reversibel	107	proses yang berlangsung sedemikian lambat karena perbedaan gaya dikedua arah amat kecil, sehingga sistem dalam waktu pendek dapat dianggap seimbang dengan lingkungannya.

## R

Reaksi dapat balik 107

suatu reaksi yang hasil reaksinya dapat bereaksi kembali menghasilkan zat pereaksi.

## S

Sistem 49

bagian tertentu dari alam yang menjadi pusat perhatian.

Sol 256

koloid padatan dalam cair.

Sol padat 254

koloid padat dalam padat.

Suspensi 253

Partikel-partikel zat yang berukuran lebih besar dari koloid yang tersebar dalam zat lain.

## T

Teori tolak pasangan 25

teori untuk meramalkan struktur molekul yang didasarkan pada asumsi elektron bebas bahwa elektron valensi berjarak sejauh mungkin karena saling tolak-menolak.

Termokimia 47

pengukuran dan penentuan perubahan kalor yang menyertai reaksi kimia.

Titik akhir 190

titik pada saat terjadinya perubahan warna indikator dalam titrasi.

Titik ekuivalen 191

titik saat jumlah zat yang bereaksi dalam titrasi setara secara stoikiometri.

Titrasi 190

prosedur analitis kuantitatif dengan mengukur jumlah larutan yang diperlukan untuk bereaksi tepat sama dengan larutan lain.

Tyndall, efek 256

penghamburan cahaya secara acak oleh partikel-partikel koloid.

## V

van der Waals, gaya 36

gaya tarik-menarik listrik yang relatif lemah akibat kepolaran molekul yang permanen atau tereduksi.

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Brady, James E. 1990. *General Chemistry, Principles & Structure, fifth edition*. New York: John Wiley & Son.
- Boyd, Morrison. 1992. *Organic Chemistry*. New York: Prentice Hall International, Inc.
- Ebbing. 1990. *General Chemistry*. USA: Houghton Mifflin Co.
- Fesenden, Ralph J. 1982. *Organic Chemistry*, second edition. USA: Willard Grant Press/PWS Publisher Massachusetts.
- Hart, Richard. 1989. *Beginning Science Chemistry*. New York: Oxford University Press.
- Hill, Graham and John Holman. 1988. *GCSE Chemistry*. Quick Check Study Guides. Bell & Hyman.
- Hunter. 1983. *Chemical Science*. Science Press .
- Holtzclaw, Robinson, Odom. 1991. *General Chemistry With Qualitative Analysis*. Lexington: D.C Heath and Company.
- Kerrod, Robin . 1997. *Encyclopedia of Science: Industry*. New York: Macmillan Publishing.
- Lafferty, Peter . 1997. *Encyclopedia of Science: Matter and Energy*. New York: Macmillan Publishing.
- Lee Eet Fong. 1996. *Science Chemistry*. Singapore: EPB Publishers Pte. Ltd.
- Lewis, Michael and Guy Waller. 1997. *Thinking Chemistry*. London: Great Britain Oxford University Press.
- Mapple, James . 1996. *Chemistry, an enquiry-based approach*. London: Jonh Murray Ltd.
- McDuell, Bob. 1995. *A Level Chemistry*. London: Letts Educational.
- Morris, Jane. 1986 *GCSE Chemistry*. Bell & Hyman.
- Pertamina. 1994. *Pertamina Menyongsong Tantangan Masa Depan*. Dinas Hupmas Pertamina.
- Petrucci, Ralph H. 1982. *General Chemistry, Principles and Modern Application*. Third edition. London: Macmillan Publishing Co.

- Pustaka Ilmu Life. 1980. *Molekul Raksasa*. Time Life Books Inc.
- Ramsden, Eileen. 2001. *Key Science: Chemistry*. Third edition. London: Nelson Thornes Ltd.
- Ryan, Lawrie. 2001. *Chemistry For You*. London: Nelson Thornes.
- Silberberg. 2003 *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*. New York: Mc Graw Hill Companies. Inc.
- T.n. 1999. *New Stage Chemistry*. Tokyo.
- .2005. Encarta Encyclopedia.
- .1990. *Book of Data*. Longman Group (FE) Ltd.

## INDEKS

---

### A

- Adsorpsi 258, 259
- Aerosol 254, 255, 266
- Amfiprotik 153
- Asam basa konjugasi 154, 206
- Asam
  - Arrhenius 147 - 151
  - Bronsted-Lowry 152 - 155
    - kuat 149, 150, 149, 159
    - lemah 149, 150, 206 - 209
  - Lewis 157 - 158
    - nonoksi 148
    - oksi 149
- Aufbau, prinsip 9
- Auto protolisis 159

### B

- Basa
  - Arrhenius 147 - 151
  - Bronsted-Lowry 152 - 155
    - konjugasi 206, 209
    - monohidroksi 150
    - polihidroksi 150
    - lemah 206 - 209
  - Lewis 157 - 158
- Bentuk molekul 23 - 39
- Bilangan kuantum 4 - 7
  - utama 4
  - azimut 4
  - magnetik 5
  - spin 5
- Biokatalis 96
- Bohr 3
- Brown, gerak 258
- Buih 255
- Busa 254, 255

### C

- Cottrel 260

### D

- de Brodlië 3
- Derajat ionisasi 167
- Derajat keasaman 165
- Dispersi 265

### E

- Efek rumah kaca 66
- Efek Tyndall 256, 257, 262
- Elektroforesis 259, 260
- Emulgator 256, 266
- Emulsi 255, 256, 266
- Energi
  - aktivasi 95
  - ikatan 61- 63
  - potensial 95
- Entalpi 49 - 59

### F

- Fase terdispersi 253- 258, 261
- Fase pendispersi 253 - 258, 261

### G

- Gaya dipol-dipol 36, 37
  - London 37, 38
  - van der Waals 36
- Gel 262, 265

### H

- Haber, proses 117
- Hasil kali kelarutan 237, 238
- Hess, hukum 58
- Hibridisasi 32 - 35
- Hidrolisis 221 - 230
  - anion 230
  - kation 230
  - sebagian 222, 230
  - total 223, 229, 230
- Hund, aturan 11



## I

Ikatan hidrogen 38  
Indikator 165, 179, 180  
Ion senama 240

## K

Kalor pembakaran 64, 65  
Katalis  
    homogen 92  
    heterogen 92  
Kelarutan 233 - 246  
Keseimbangan dinamis 108, 109, 111  
Koagulasi 260  
Kondensasi 263  
Konfigurasi elektron 9 - 16  
Konstanta  
    ionisasi air 167  
    ionisasi asam lemah 169  
    ionisasi basa lemah 172  
    keseimbangan 119 - 126

## L

Laju reaksi 73 - 96  
Laplace, hukum 53  
Larutan jenuh 235 - 238  
    lewat jenuh 245  
    penyangga 203 - 215  
Le Chatelier 112, 114  
Liofil 261, 262  
Liofob 261, 262

## M

Mikroskopis 108  
Molaritas 75

## O

Orbital 3 - 17  
Orde reaksi 83 - 87

## P

Pauli, prinsip larangan 10  
PEB 25, 28 - 32  
PEI 25, 28 - 32  
pH 175  
pOH 175  
Perubahan entalpi 50 - 66  
    entalpi netralisasi 52, 53  
    entalpi pembakaran 52, 53  
    entalpi penguraian standar 53  
Protolisis 153

## R

Reaksi  
    eksoterm 50, 112  
    endoterm 51, 112  
    keseimbangan heterogen 110  
    keseimbangan homogen 110  
    penetralkan 189 - 196

## S

Sistem keseimbangan 107 - 116  
Sol 256  
Suspensi 253, 254, 256

## T

Teori  
    mekanika kuantum 3  
    tumbukan 93  
    tolakan 25  
Tereksitasi 3  
Titik akhir titrasi 190 - 192  
Titik ekivalen 191, 192, 194, 196  
Tyndall, efek 256

## V

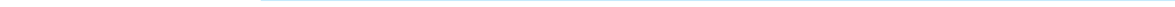
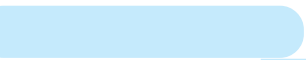
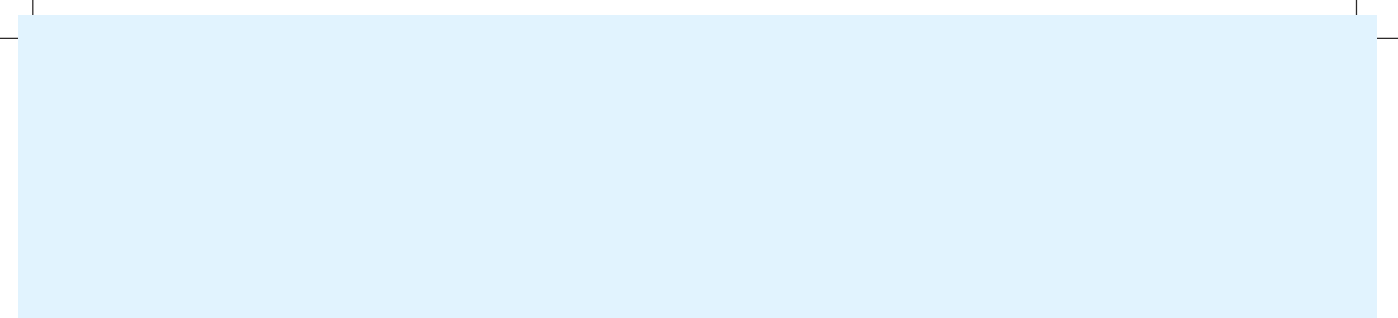
Variabel  
    kontrol 88, 89, 98  
    manipulasi 88, 89, 98  
    respon 88, 89, 98  
VSEPR 25 - 31

# TABEL PERIODIK UNSUR-UNSUR

LOGAM	IA		IIA		Golongan										VIIIA																																																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																			
SEMLOGAM	1 1,00794 H Hydrogen	2 6,939 Li Litium	3 7,946 Be Berilium	4 9,0122 B Boron	5 10,811 C Karbon	6 12,011 N Nitrogen	7 14,006 O Oksigen	8 15,999 F Fluor	9 18,998 Ne Neon	10 20,183 Na Natrium	11 22,989 Mg Magnesium	12 24,312 Al Aluminium	13 26,981 Si Silikon	14 28,086 P Fosfor	15 30,974 S Belerang	16 32,064 Cl Klor	17 35,453 Ar Argon	18 39,948 K Kalium	19 39,098 Ca Kalsium	20 40,078 Sc Skandium	21 44,956 Ti Titanium	22 47,88 V Vanadium	23 50,942 Cr Krom	24 51,996 Mn Mangan	25 54,938 Fe Besi	26 55,847 Co Kobal	27 58,933 Ni Nikel	28 58,71 Cu Tembaga	29 63,546 Zn Seng	30 65,38 Ga Gallium	31 69,723 Ge Germanium	32 72,63 As Arsen	33 74,922 Se Selenium	34 78,96 Br Brom	35 79,904 Kr Kripton	36 83,80 Rb Rubidium	37 85,47 Sr Stronsium	38 87,62 Y Itium	39 88,905 Zr Zirkon	40 91,224 Nb Nihobium	41 92,906 Mo Molibdenum	42 95,94 Tc Teknesium	43 101,07 Ru Rutenium	44 101,07 Rh Rodium	45 106,42 Pd Paladium	46 107,87 Ag Perak	47 112,40 Cd Kadmium	48 118,69 In Indium	49 121,75 Sn Timah	50 127,60 Sb Antimon	51 127,60 Te Telurium	52 131,30 I Yodium	53 132,90 Xe Xenon	54 137,27 Cs Sesium	55 137,27 Ba Barium	56 138,90 La Lantanum	57 140,90 Ce Selandium	58 140,90 Pr Praseodimium	59 140,90 Nd Nedimium	60 140,90 Pm Prometium	61 140,90 Sm Samarium	62 140,90 Eu Europium	63 140,90 Gd Gadolium	64 140,90 Tb Terbium	65 140,90 Dy Dysprosium	66 140,90 Ho Holmium	67 140,90 Er Erbium	68 140,90 Tm Thulium	69 140,90 Yb Ytterbium	70 140,90 Lu Lutetium	71 174,97 Ac Aktinium	72 174,97 Th Torium	73 174,97 Pa Protaktinium	74 174,97 U Uranium	75 174,97 Np Neptunium	76 174,97 Pu Plutonium	77 174,97 Am Amerisium	78 174,97 Cm Kuriium	79 174,97 Bk Berkelium	80 174,97 Cf Kalifornium	81 174,97 Es Einsteinium	82 174,97 Fm Fermium	83 174,97 Md Mendelevium	84 174,97 No Nobelium	85 174,97 Lr Lawrensium

Nomor atom  
 80 200,59 — Massa atom  
 2,1 — Tingkat oksidasi  
 Hg — LAMBANG  
 Air Raksa — NAMA

Sumber: Wikipedia, The Free Encyclopedia htm.







# KIMIA 2



Ilmu kimia merupakan mata pelajaran untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan “apa” dan “mengapa” tentang materi yang ada di alam, sifat materi, perubahan-perubahan materi, serta energi yang menyertainya. Tujuan belajar kimia yaitu untuk mengembangkan keterampilan intelektual dan psikomotor yang dilandasi sikap ilmiah. Keterampilan intelektual dapat dikembangkan melalui aktivitas membaca. Untuk menunjang aktivitas membaca diperlukan sarana yaitu buku. Buku yang baik harus memuat materi yang sesuai dengan standar kompetensi, sesuai dengan tingkat kecerdasan siswa, menarik, dan mudah dipahami.

Buku Kimia SMA dan MA ini memuat semua yang diharapkan oleh pembaca yang disusun oleh guru kimia yang sudah berpengalaman dalam mengajar dan dalam penulisan buku Sains.

Buku ini memiliki kelebihan di antaranya sebagai berikut.

- Disajikan secara sistematis sesuai dengan struktur ilmu.
- Membantu mengkonstruksi ilmu pengetahuan untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.
- Disajikan dengan gaya bahasa yang sederhana dan jelas.
- Penyajian materi menarik dilengkapi info kimia.
- Ilustrasi gambar yang inovatif.
- Dilengkapi bagan konsep untuk membantu siswa mengetahui materi yang akan dibahas.
- Dilengkapi contoh-contoh soal, latihan soal evaluasi akhir bab serta evaluasi akhir semester 1 dan 2.
- Dilengkapi rangkuman, kunci jawaban, glosarium, dan indeks.
- Menggunakan referensi yang terkini.

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

ISBN 978-979-068-728-8

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp16.374,-

