

Memahami

KIMIA

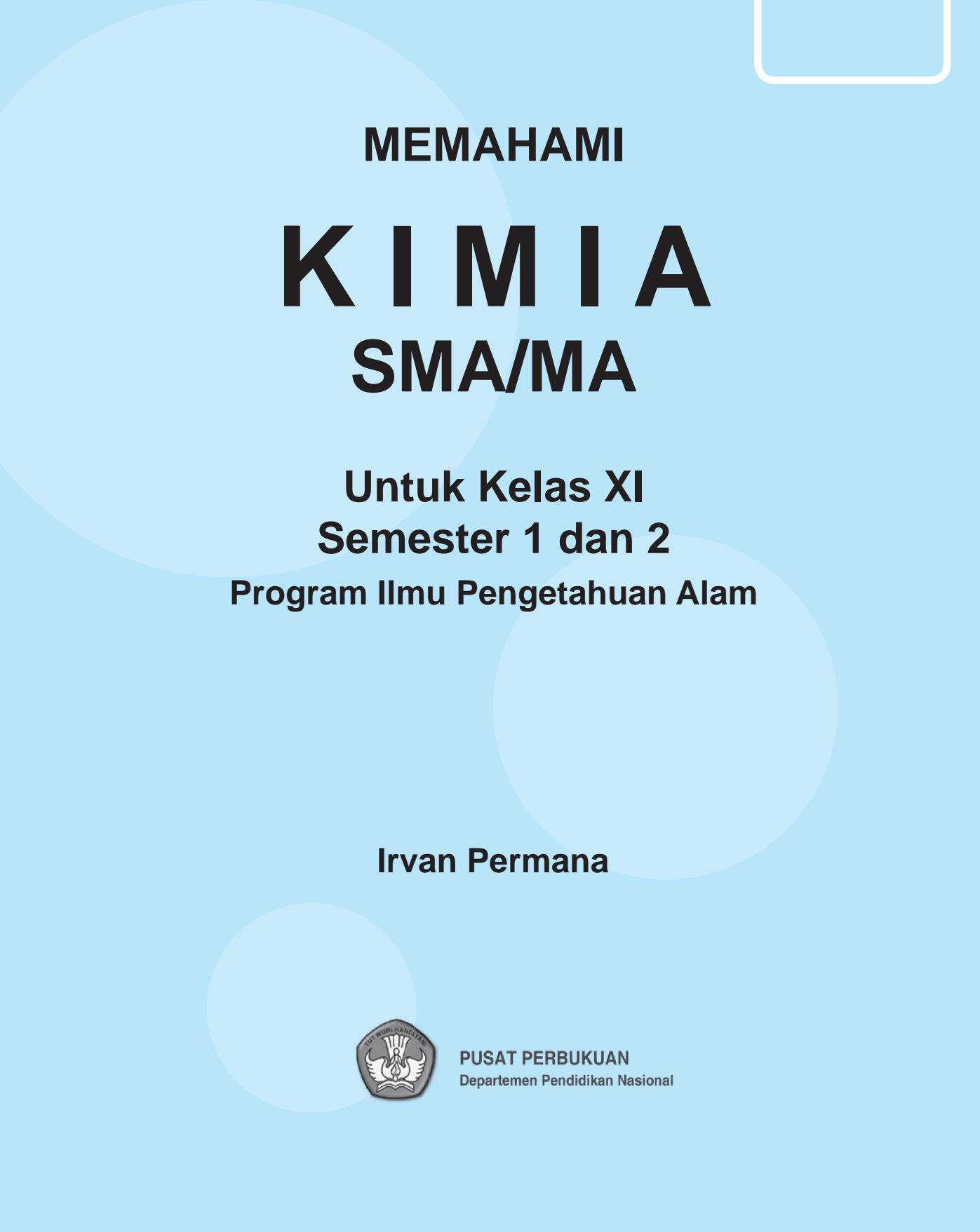
SMA/MA

2

Untuk Kelas XI, Semester 1 dan 2
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Irvan Permana





MEMAHAMI

K I M I A

SMA/MA

**Untuk Kelas XI
Semester 1 dan 2**

Program Ilmu Pengetahuan Alam

Irvan Permana



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

MEMAHAMI KIMIA SMA/MA Kelas XI Semester 1 dan 2, Program Ilmu Pengetahuan Alam

Penulis	: Irvan Permana
Editor Ahli	: Hadyan Sugalayudhana, M.Pd.
Ilustrator	: Tim Redaksi
Desain Cover	: Iwan Dharmawan

540.7
IRV m IRVAN Permana
Memahami Kimia 2 : SMA/MA Untuk Kelas XI, Semester 1 dan 2
Program Ilmu Pengetahuan Alam / Penulis Irvan Permana ;
Editor Hadyan Sugalayudhana ; Ilustrator Tim Redaksi. — Jakarta :
Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 194 hlm. : ilus ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 181
Indeks
ISBN 978-979-068-176-7 (No.Jil.lengkap)
ISBN 978-979-068-178-1

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. HadyanSugalayudhana
III. Tim Redaksi

Hak Cipta buku ini di beli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit Armico Bandung

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 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

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

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

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

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapan 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, Februari 2009

Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku pelajaran yang berjudul *Memahami Kimia SMA / MA*. Buku ini disusun sebagai penunjang proses belajar kimia di SMA / MA, khususnya untuk meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir dan keterampilan proses sains.

Isi buku ini memuat materi kimia untuk dua semester, dilengkapi dengan praktikum, tugas, rangkuman dalam bentuk uraian dan peta konsep, glosarium, serta dilengkapi pula dengan gambar-gambar yang relevan sehingga memudahkan siswa memahami materi.

Buku yang disusun berdasarkan kurikulum yang berlaku ini berusaha untuk memvariasikan pengalaman belajar siswa melalui penggunaan pendekatan pembelajaran yang bervariasi dan berpusat pada siswa, yang ditampilkan dalam bentuk praktikum, tugas, bahan diskusi dan latihan yang bervariasi.

Dalam penulisan buku ini penyusun menyadari masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis menerima saran dan masukan dengan lapang dada.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan nilai tambah dan bermanfaat bagi siswa dan pembaca pada umumnya.

Bandung, Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v

SEMESTER KESATU

BAB 1 STRUKTUR ATOM, SISTEM PERIODIK, DAN IKATAN KIMIA ...	1
A. Struktur Atom dan Sifat Periodik Unsur	2
B. Sistem Periodik Unsur	9
C. Bentuk Molekul dan Gaya AntarMolekul	10
D. Penurunan Titik Beku Larutan	8
Ringkasan	15
Glosarium	15
Soal-soal Latihan Bab 1	16
BAB 2 TERMOKIMIA	21
A. Entalpi dan Perubahan Entalpi	22
B. Penentuan Perubahan Entalpi	28
C. Energi Ikatan	33
D. Bahan Bakar dan Perubahan Entalpi	35
Ringkasan	37
Glosarium	37
Soal-soal Latihan Bab 2	38
BAB 3 LAJU REAKSI	45
A. Konsep Laju Reaksi	46
B. Persamaan Laju Reaksi	48
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi	52
D. Peranan Katalis dalam Makhluk Hidup dan Industri	57
Ringkasan	58
Glosarium	59
Soal-soal Latihan Bab 3	59
BAB 4 KESETIMBANGAN KIMIA	65
A. Konsep Kesetimbangan Dinamis	66
B. Pergeseran Kesetimbangan	67
C. Tetapan Keseimbangan	69
D. Perhitungan Reaksi Kesetimbangan Dengan Tetapan Kesetimbangan K_c	74

E. Perhitungan Reaksi Kesetimbangan Dengan Tetapan Kesetimbangan Parsial Gas K _p	76
F. Hubungan K _p dengan K _c	77
G. Prinsip Kesetimbangan dalam Industri	78
Ringkasan	81
Glosarium	82
Soal-soal Latihan Bab 4	82
LATIHAN ULANGAN AKHIR SEMESTER 1	87
 SEMESTER KEDUA	
BAB 5 LARUTAN ASAM BASA	95
A. Konsep Asam Basa	96
B. Kesetimbangan Ion dalam Larutan	99
C. Reaksi Asam dengan Basa	108
D. Titrasi Asam Basa	111
E. Stoikiometri Larutan	112
F. Teori Asam Basa Bronsted-Lowry.....	113
G. Teori Asam Basa Lewis.....	115
Ringkasan	116
Glosarium	116
Soal-soal Latihan Bab 5	117
BAB 6 KESETIMBANGAN DALAM LARUTAN	123
A. Larutan Penyangga.....	124
B. Hidrolisis Garam	132
C. Hasil Kali Kelarutan.....	141
Ringkasan	146
Glosarium.....	147
Soal-soal Latihan Bab 6	147
BAB 7 KOLOID	155
A. Sistem Dispersi	156
B. Sifat-sifat Koloid	158
C. Pembuatan Koloid.....	164
Ringkasan	167
Glosarium.....	168
Soal-soal Latihan Bab 7	168
LATIHAN ULANGAN AKHIR SEMESTER 2	173
DAFTAR PUSTAKA	181
INDEKS	183
KUNCI JAWABAN	188

BAB

1

STRUKTUR ATOM, SISTEM PERIODIK, DAN IKATAN KIMIA

Setelah mempelajari bab ini kamu diharapkan mampu:

- Menjelaskan teori atom mekanika kuantum.
- Menentukan bilangan kuantum (kemungkinan elektron berada)
- Menggambarkan bentuk-bentuk orbital.
- Menjelaskan kulit dan sub kulit serta hubungannya dengan bilangan kuantum
- Menggunakan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan azas larangan Pauli untuk menuliskan konfigurasi elektron dan diagram orbital.
- Menghubungkan konfigurasi elektron suatu unsur dengan letaknya dalam sistem periodik
- Menentukan bentuk molekul berdasarkan teori pasangan elektron.
- Menentukan bentuk molekul berdasarkan teori hibridisasi.
- Menjelaskan perbedaan sifat fisik (titik didih, titik beku) berdasarkan perbedaan gaya antar molekul (gaya Van Der Waals, gaya London, dan ikatan hidrogen).



A. STRUKTUR ATOM DAN SIFAT PERIODIK UNSUR

Bagaimana partikel-partikel penyusun atom (proton, netron, dan elektron) berada di dalam atom digambarkan dengan struktur atom. Kedudukan elektron di sekitar inti atom atau konfigurasi elektron di sekitar inti atom berpengaruh terhadap sifat fisis dan kimia atom yang bersangkutan.

Kata Kunci

atom, elektron, periodik, kuantum, orbital, konfigurasi

Model atom **Ernest Rutherford** (1871-1937) tahun 1911 yang menyatakan bahwa atom terdiri dari inti kecil yang bermuatan positif (tempat konsentrasi seluruh massa atom) dan dikelilingi oleh elektron pada permukaannya. Namun teori ini *tidak dapat menerangkan kestabilan atom*. Sewaktu mengelilingi proton, elektron mengalami percepatan sentripetal akibat pengaruh gaya sentripetal (Gaya Coulomb). Menurut teori mekanika klasik dari **Maxwell**, yang menyatakan bahwa partikel bermuatan bergerak maka akan memancarkan energi. Maka menurut Maxwell bila elektron bergerak mengelilingi inti juga akan memancarkan energi. Pemancaran energi ini menyebabkan elektron kehilangan energinya, sehingga lintasannya berbentuk spiral dengan jari-jari yang mengecil, laju elektron semakin lambat dan akhirnya dapat tertarik ke inti atom. Jika hal ini terjadi maka atom akan musnah, akan tetapi pada kenyataannya atom stabil.

Maka pada tahun 1913, **Niels Bohr** menggunakan teori kuantum untuk menjelaskan spektrum unsur. Berdasarkan pengamatan, unsur-unsur dapat memancarkan spektrum garis dan tiap unsur mempunyai spektrum yang khas. *Menurut Bohr,*

- Spektrum garis menunjukkan elektron dalam atom hanya dapat beredar pada lintasan-lintasan dengan tingkat energi tertentu. Pada lintasannya elektron dapat beredar tanpa pemancaran atau penyerapan energi. Oleh karena itu, energi elektron tidak berubah sehingga lintasannya tetap.
- Elektron dapat berpindah dari satu lintasan ke lintasan lain disertai pemancaran atau penyerapan sejumlah energi yang harganya sama dengan selisih kedua tingkat energi tersebut.

$$\Delta E = E_f - E_i$$

Keterangan:

ΔE = energi yang menyertai perpindahan elektron

E_f = tingkat energi akhir

E_i = tingkat energi awal

Namun teori Bohr ini memiliki kelemahan, yaitu:

- Bohr hanya dapat menjelaskan spektrum gas hidrogen, tidak dapat menjelaskan spektrum dari unsur yang jumlah elektronnya lebih dari satu.
- Tidak dapat menjelaskan adanya garis-garis halus pada spektrum gas hidrogen.

Kelemahan dari model atom Bohr dapat dijelaskan oleh **Louis Victor de Broglie**

pada tahun 1924 dengan teori dualisme partikel gelombang. Menurut de Broglie, pada kondisi tertentu, materi yang bergerak memiliki ciri-ciri gelombang.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

dengan:

λ = panjang gelombang

m = massa partikel

v = kecepatan

h = tetapan Planck

Hipotesis tersebut terbukti benar dengan ditemukannya sifat gelombang dari elektron. Elektron mempunyai sifat difraksi, maka lintasan elektron yang dikemukakan Bohr tidak dibenarkan. Gelombang tidak bergerak melalui suatu garis, melainkan menyebar pada daerah tertentu.

Pada tahun 1927, **Werner Heisenberg** mengemukakan bahwa posisi atau lokasi suatu elektron dalam atom tidak dapat ditentukan dengan pasti. Yang dapat ditentukan adalah hanya kemungkinan (kebolehjadian) menemukan elektron pada suatu titik pada jarak tertentu dari intinya.

1. Model atom mekanika gelombang

Hipotesis Louis de Broglie dan azas ketidakpastian dari Heisenberg merupakan dasar dari model Mekanika Kuantum (Gelombang) yang dikemukakan oleh **Erwin Schrodinger** pada tahun 1927, mengajukan konsep orbital untuk menyatakan kedudukan elektron dalam atom. Orbital menyatakan suatu daerah dimana elektron paling mungkin (peluang terbesar) untuk ditemukan.

Persamaan gelombang ($\Psi = \psi$) dari Erwin Schrodinger menghasilkan tiga bilangan gelombang (bilangan kuantum) untuk menyatakan kedudukan (tingkat energi, bentuk, serta orientasi) suatu orbital, yaitu:

a. Bilangan kuantum utama (n)

Menentukan besarnya tingkat energi suatu elektron yang mencirikan ukuran orbital (menyatakan tingkat energi utama atau kulit atom). Bilangan kuantum utama memiliki harga mulai dari 1, 2, 3, 4, ..., dst (bilangan bulat positif). Biasanya dinyatakan dengan lambang, misalnya $K(n=1)$, $L(n=2)$, dst.

Orbital-orbital dengan bilangan kuantum utama berbeda, mempunyai tingkat energi yang berbeda. Makin besar bilangan kuantum utama, kulit makin jauh dari inti, dan makin besar pula energinya.

b. Bilangan kuantum azimut (l)

Menyatakan subkulit tempat elektron berada. Nilai bilangan kuantum ini menentukan bentuk ruang orbital dan besarnya momentum sudut elektron. Nilai

untuk bilangan kuantum azimuth dikaitkan dengan bilangan kuantum utama. Bilangan kuantum azimuth mempunyai harga dari nol sampai ($n - 1$) untuk setiap n .

Setiap subkulit diberi lambang berdasarkan harga bilangan kuantum l .

- $l = 0$, lambang s (sharp)
- $l = 1$, lambang p (principal)
- $l = 2$, lambang d (diffuse)
- $l = 3$, lambang f (fundamental)

(Lambang s, p, d, dan f diambil dari nama spektrum yang dihasilkan oleh logam alkali dari Li sampai dengan Cs).

Kulit	Nilai n	Nilai l yang diijinkan	Subkulit
K	1	0	1s
L	2	0, 1	2s, 2p
M	3	0, 1, 2	3s, 3p, 3d
N	4	0, 1, 2, 3	4s, 4p, 4d, 4f

c. Bilangan kuantum magnetik (m_l)

Menyatakan orbital khusus mana yang ditempati elektron pada suatu subkulit. Selain itu juga dapat menyatakan orientasi khusus dari orbital itu dalam ruang relatif terhadap inti. Nilai bilangan kuantum magnetik bergantung pada bilangan kuantum azimuth, yaitu bilangan bulat dari $-l$ sampai $+l$.

Contoh:

$l = 0$, maka nilai $m_l = 0$ berarti hanya terdapat 1 orbital

$l = 1$, maka nilai $m_l = -1, 0, +1$, berarti terdapat 3 orbital

d. Bilangan kuantum spin (m_s atau s)

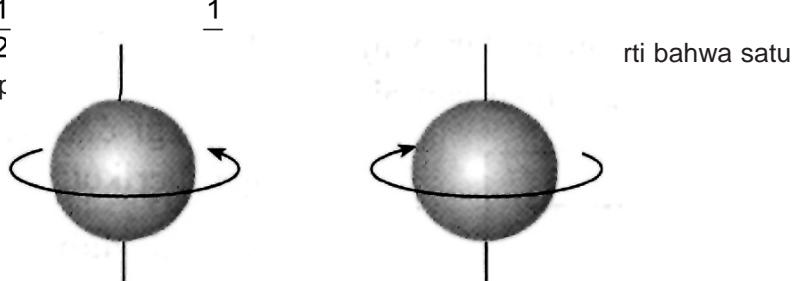
Bilangan kuantum spin terlepas dari pengaruh momentum sudut. Hal ini berarti bilangan kuantum spin tidak berhubungan secara langsung dengan tiga bilangan kuantum yang lain. Bilangan kuantum spin bukan merupakan penyelesaian dari persamaan gelombang, tetapi didasarkan pada pengamatan Otto Stern dan Walter Gerlach terhadap spektrum yang dilewatkan pada medan magnet, ternyata terdapat dua spektrum yang terpisah dengan kerapatan yang sama. Terjadinya pemisahan garis spektrum oleh medan magnet dimungkinkan karena elektron-elektron tersebut selama mengelilingi inti berputar pada sumbunya dengan arah yang berbeda. Berdasarkan hal ini diusulkan adanya bilangan kuantum spin untuk menandai arah putaran (spin) elektron pada sumbunya.

Hanya ada dua kemungkinan arah rotasi elektron, yaitu searah jarum jam dan

berlawanan jarum jam, maka probabilitas elektron berputar searah jarum jam adalah

$$\frac{1}{2}$$
 dan berlawanan jarum jam $\frac{1}{2}$. Untuk membedakan arah putarnya maka diberi

tanda positif (+ $\frac{1}{2}$) orbital hanya da



$$s = +\frac{1}{2}$$

$$s = -\frac{1}{2}$$

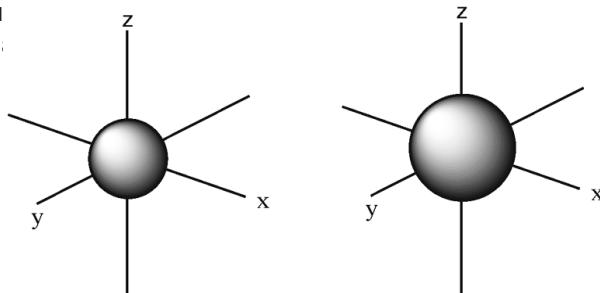
Gambar 1.1
Arah rotasi elektron

2. Bentuk dan orientasi orbital

Setiap orbital mempunyai ukuran, bentuk, dan arah orientasi ruang yang ditentukan oleh bilangan kuantum n, l, m_l . Orbital-orbital bergabung membentuk suatu subkulit, kemudian subkulit bergabung membentuk kulit dan tingkat energi.

a. Orbital s

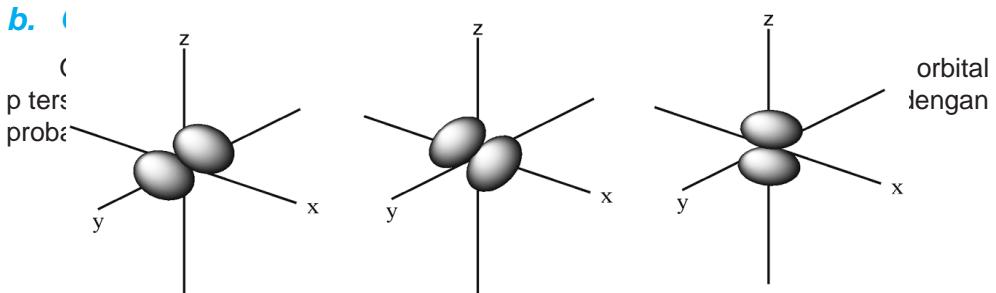
Orbital yang paling sederhana. Subkulit s tersusun dari sebuah orbital dengan bilangan kuantum $l = 0$ dan mempunyai ukuran yang berbeda tergantung harga bilangan ku orbital s ad bola.



Orbital 1s

Orbital 2s

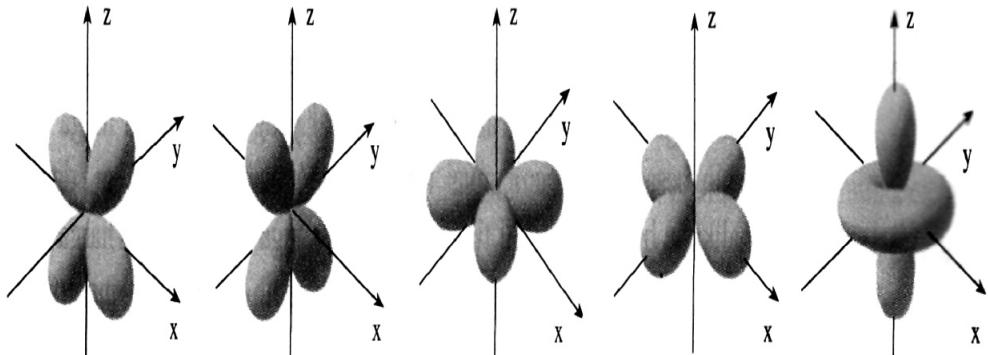
Gambar 1.2
Bentuk orbital s



Gambar 1.3
Bentuk orbital p

c. Orbital d

Subkulit d tersusun dari lima orbital yang mempunyai bilangan kuantum $l = 2$. Arah orientasi dari orbital d dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:



Gambar 1.4
Bentuk orbital d

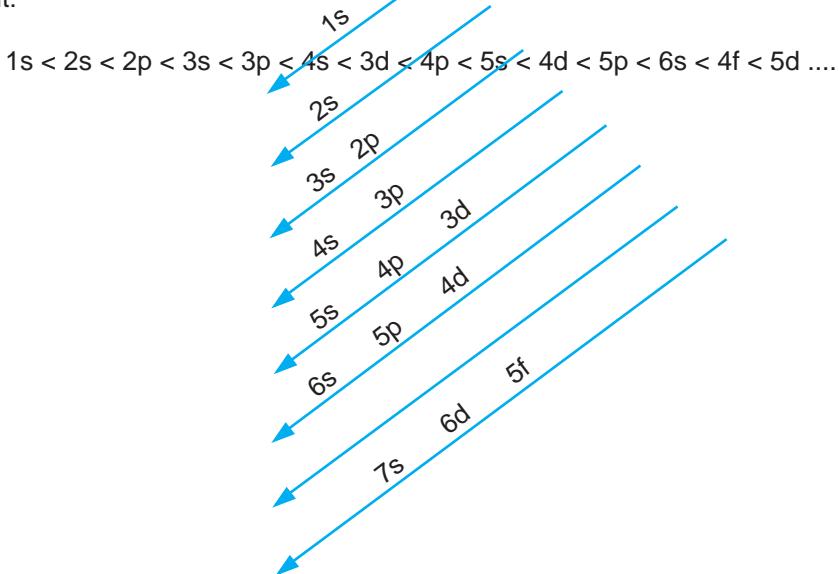
3. Konfigurasi elektron

Konfigurasi elektron menggambarkan penataan/susunan elektron dalam atom.

a. Aturan Aufbau (membangun)

Pengisian orbital dimulai dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang tinggi. Elektron mempunyai kecenderungan akan menempati dulu subkulit yang energinya rendah. Besarnya tingkat energi dari suatu subkulit dapat diketahui dari bilangan kuantum utama (n) dan bilangan kuantum azimuth (l) dari orbital tersebut. Orbital dengan harga $(n + l)$ lebih besar mempunyai tingkat energi yang lebih besar. Jika harga $(n + l)$ sama, maka orbital yang harga n -nya lebih besar mempunyai tingkat energi yang lebih besar.

Urutan energi dari yang paling rendah ke yang paling tinggi adalah sebagai berikut:



Gambar 1.5
Diagram urutan pengisian subkulit atom

b. Larangan Pauli (Eksklusi Pauli)

Tidak boleh terdapat dua elektron dalam satu atom dengan empat bilangan kuantum yang sama. Orbital yang sama akan mempunyai bilangan kuantum n , l , m_l yang sama. Yang dapat membedakan hanya bilangan kuantum spin (s). Dengan demikian, setiap orbital hanya dapat berisi 2 elektron dengan spin (arah putar) yang berlawanan.

Jadi, orbital dapat ditempati maksimum oleh dua elektron, karena jika elektron masukkan maka akan memiliki spin yang sama dengan salah satu elektron sebelumnya.

Maka jumlah elektron pada setiap subkulit sama dengan dua kali jumlah orbitalnya.

Contoh:

Subkulit s (1 orbital) maksimum 2 elektron

Subkulit p (3 orbital) maksimum 6 elektron

Jumlah maksimum elektron pada kulit ke-n = $2n^2$

Contoh:

Jumlah maksimum elektron pada kulit L ($n = 2$) = $2(2^2) = 8$

c. Aturan Hund

Pada pengisian orbital-orbital dengan energi yang sama, mula-mula elektron menempati orbital sendiri-sendiri dengan spin yang paralel, baru kemudian berpasangan.



lebih stabil

Contoh:

$2s^2$

$2p_x^1$

$2p_y^1$

$2p_z^1$

7N : [He] 2s² 2p³

Diagram orbitalnya

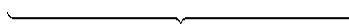
$2s^2$

$2p_x^1$

$2p_y^1$

$2p_z^1$

kurang stabil



Konfigurasi elektron dari gas mulia dapat dipergunakan untuk menyingkat konfigurasi elektron dari atom-atom yang mempunyai jumlah elektron (bernomor atom) besar. Berikut contoh peyingkatan konfigurasi elektron :

$_{19}K : 1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 4s^1$ disingkat menjadi:

[Ar] 4 s¹

1) Penyimpangan dari aturan umum

Terdapat beberapa atom yang konfigurasi elektronnya menyimpang dari aturan-aturan umum di atas, seperti:

- $^{24}_{\text{Cr}}$: [Ar] 4s² 3d⁴ kurang stabil, maka berubah menjadi [Ar] 4s¹ 3d⁵
 $^{29}_{\text{Cu}}$: [Ar] 4s² 3d⁹ kurang stabil, maka berubah menjadi [Ar] 4s² 3d¹⁰
 $^{46}_{\text{Pd}}$: [Ar] 5s² 4d⁸ kurang stabil, maka berubah menjadi [Ar] 4d¹⁰

Penyimpangan ini terjadi karena adanya perbedaan tingkat energi yang sangat kecil antara subkulit 3d dan 4s serta antara 4d dan 5s pada masing-masing atom tersebut. Pengisian orbital penuh atau setengah penuh relatif lebih stabil.

2) Cara penulisan urutan subkulit :

Contoh:

Ada dua cara menuliskan konfigurasi elektron Magnesium

- 1) $^{25}_{\text{Mg}}$: 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s² 3d⁵
- 2) $^{25}_{\text{Mg}}$: 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 3d⁵ 4s²

Menurut cara 1). Subkulit-subkulit ditulisi sesuai dengan urutan tingkat energinya; sedangkan pada cara 2). Subkulit-subkulit dari kulit yang sama dikumpulkan. Pada dasarnya kedua cara di atas sesuai dengan aturan Aufbau (*dalam prioritas pengisian orbital, yaitu dimulai dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi*), hanya berbeda dalam hal penulisannya saja.

Kata Kunci

periodik, konfigurasi

B. SISTEM PERIODIK UNSUR

Sistem periodik modern disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat kimia unsur-unsur yang berada pada posisi yang sama.

Golongan utama	Elektron valensi	Golongan tambahan	Elektron valensi
IA	ns ¹	IIIB	(n-1) d ¹ ns ²
IIA	ns ²	IVB	(n-1) d ² ns ²
IIIA	ns ² np ¹	VB	(n-1) d ³ ns ²
IVA	ns ² np ²	VIB	(n-1) d ⁵ ns ¹
VA	ns ² np ³	VIIIB	(n-1) d ⁵ ns ²
VIA	ns ² np ⁴	VIIIB	(n-1) d ^{6,7,8} ns ²
VIIA	ns ² np ⁵	IB	(n-1) d ¹⁰ ns ¹
VIIIA	ns ² np ⁶	IIB	(n-1) d ¹⁰ ns ²

Contoh:

Tentukan letak unsur ${}_{15}P$, dan ${}_{26}Fe$ dalam sistem periodik unsur!

Jawab:

${}_{15}P$: [Ne] 3s² 3p³ (blok p : antara IIIA sampai VIIIA), berakhir pada kulit ke-4 yang berarti terletak pada valensinya lima ($2+3 \Rightarrow V$ A).

${}_{25}Mn$: [Ar] 3d⁵ 4s² (blok d : antara IB sampai VIIIB)

Kata Kunci

bentuk molekul, elektron, gaya antarmolekul

berakhir pada kulit keempat berarti terletak pada periode keempat. Elektron valensi-nya lima, yaitu pada 3d⁵ 4s², berarti terletak pada golongan ($5+2 \Rightarrow VIIB$).

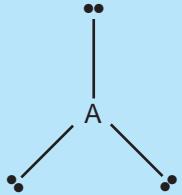
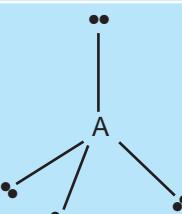
C. BENTUK MOLEKUL DAN GAYA ANTARMOLEKUL

a. Bentuk molekul

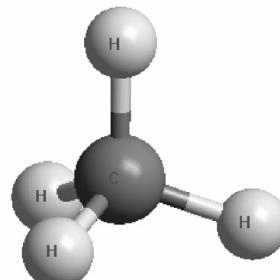
Bentuk molekul menggambarkan kedudukan atom-atom di dalam suatu molekul, yaitu dalam ruang tiga dimensi dan besarnya sudut-sudut yang dibentuk dalam suatu molekul.

Bentuk molekul dapat dijelaskan dengan menggunakan berbagai pendekatan, yaitu teori hibridisasi orbital, teori medan kristal, dan teori tolakan pasangan elektron (*Valence Shell Electron Pair Repulsion* atau VSEPR).

Dalam buku ini hanya akan dijelaskan teori VSEPR. Menurut teori ini, terdapat pola dasar kedudukan pasangan-pasangan elektron akibat adanya gaya tolak-menolak yang terjadi antara pasangan elektron-elektron tersebut. Teori ini tidak menggunakan sama sekali orbital atom.

Jumlah pasangan elektron	Susunan ruang (geometri)	Bentuk molekul	Sudut ikatan
2	:—— A ——:	Linier	180°
3		Segitiga sama sisi	120°
4		Tetrahedron	109,5°

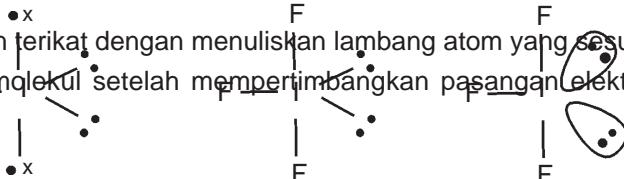
5		B i p i r a m i d a trigonal	Ekuatorial = 120° Aksial = 90°
6			90°



Langkah-langkah meramalkan geometri molekul berdasarkan teori VSEPR:

1. Membuat rumus Lewis, untuk mengetahui jumlah pasangan elektron pada kulit terluar atom pusat.
2. Menyusun pasangan elektron disekitar atom pusat yang memberi tolakan minimum.
3. Menetapkan pasangan terikat dengan menuliskan lambang atom yang sesuai.
4. Menentukan bentuk molekul setelah mempertimbangkan pasangan elektron bebas.

Contoh:



Ramalkan bentuk molekul dari IF_3 !

Jawab:

Jumlah PEI	Jumlah PEB	Rumus	Bentuk molekul	Contoh
4	0	AX_4	Tetrahedron	CH_4
3	1	AX_3E	Piramida trigonal	NH_3
2	2	AX_2E_2	Panar bentuk V	H_2O
5	0	AX_5	Bipiramida trigonal	PCl_5
4	1	AX_4E	Bidang empat	SF_4
3	2	AX_3E_2	Planar bentuk T	IF_3
2	3	AX_2E_3	Linear	XeF_2
6	0	AX_6	Oktahedron	SF_6
5	1	AX_5E	Piramida sisi empat	IF_5
4	2	AX_4E_2	Segiempat planar	XeF_4

b. Gaya Antarmolekul

Dalam molekul kovalen, atom-atom terikat satu sama lain karena penggunaan bersama pasangan elektron. Bagaimana interaksi antar molekul dalam senyawa molekul? Adakah ikatan antar molekul zat itu?

1) Gaya Van der Waals

Gaya yang relatif lemah yang bekerja (tarik-menarik) antarmolekul. Gaya ini sangat lemah dibandingkan gaya antar atom (ikatan ion dan ikatan kovalen). Untuk memutuskan gaya tersebut diperlukan energi sekitar $0,4 - 40 \text{ kJ mol}^{-1}$, sedangkan untuk ikatan kovalen diperlukan 400 kJ mol^{-1} . Gaya *Van der Waals* bekerja jika jarak antar molekul sudah sangat dekat, tetapi tidak melibatkan terjadinya pembentukan ikatan antar atc

Ada tiga gaya $\delta^+ H \delta^- Cl \delta^-$ $\delta^+ H \delta^- Cl \delta^-$ gaya Van der Waals, yaitu:

a) Gaya Orientasi

Terjadi pada molekul-molekul yang mempunyai dipol permanen atau molekul polar. Antaraksi antara kutub positif dengan kutub negatif yang lain akan menimbulkan gaya tarik-menarik yang relatif lemah. Gaya ini memberi sumbangan yang sangat lemah kepada gaya van der Waals secara keseluruhan.

Gambar 1.6
Gaya Orientasi

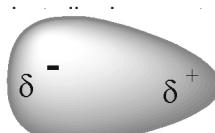
b) Gaya imbas

Terjadi bila terdapat molekul dengan dipol permanen berantaraksi dengan molekul dengan dipol sesaat. Adanya molekul-molekul polar dengan dipol permanen akan menyebabkan imbasan dari molekul polar kepada molekul nonpolar, sehingga elektron-elektron dari molekul nonpolar tersebut mengumpul pada salah satu sisi molekul (ter dorong atau tertarik), yang menyebabkan terjadinya dipol sesaat pada molekul nonpolar.

Terjadinya dipol sesaat mengakibatkan adanya tarik-menarik antar dipol yang menghasilkan gaya imbas. Gaya ini juga memberikan sumbangan yang kecil terhadap keseluruhan gaya van der Waals.

c) Gaya dispersi (gaya London)

Pertama kali dikemukakan oleh **Fritz London** (1928). Pada molekul nonpolar gaya London ini terjadi akibat adanya elektron-elektron mengelilingi inti secara acak, sehingga pada suatu saat elektron akan mengumpul pada salah satu sisi molekul. Dipol yang terbentuk karena dipol itu dapat berpindah milyaran kali dalam sekejadian. Maka molekul untuk membentuk dipol sesaat disebut /

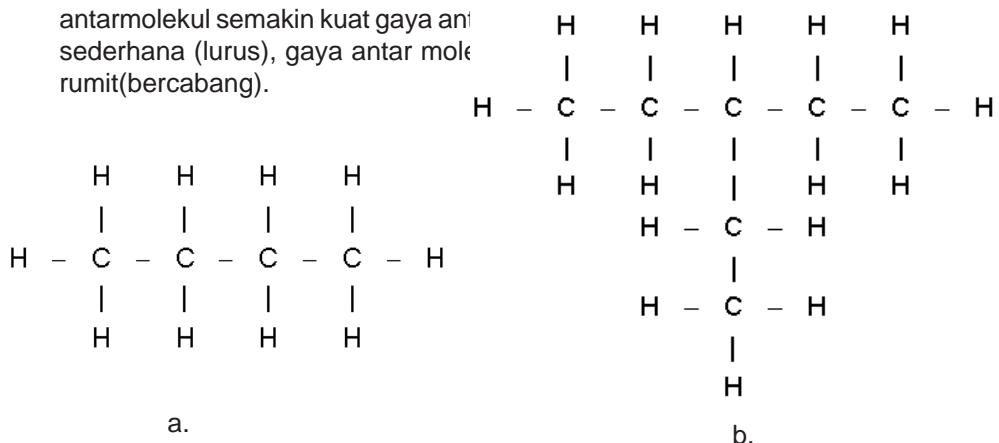


Makin banyak jumlah molekul yang berpolarisasi, maka makin besar M_r , makin kuat gaya Londonnya, karena jumlah elektron berkaitan dengan massa molekul relatif. Zat yang molekulnya bertarik hanya dengan gaya London mempunyai titik leleh dan titik didih yang rendah dibandingkan zat lain yang mempunyai M_r hampir sama.

Gaya dispersi merupakan penyumbang terbesar pada gaya Van der Waals.

- Normal
- Jadi, gaya Van der
1. Kerumitan Molekul
- Gaya antar molekul bekerja pada jarak yang sangat dekat. Semakin dekat jarak
- Keadaan sesaat
- Gaya antar molekul yang berpengaruh pada jarak yang sangat dekat. Semakin dekat jarak
- Gambar 1.7
Dipol.

antarmolekul semakin kuat gaya antar molekul sederhana (lurus), gaya antar molekul rumit (bercabang).



Gambar 1.8 Struktur molekul mempengaruhi titik didih n-butana (a) lebih tinggi daripada 3-etyl-pentana (b)

2. Ukuran Molekul

Molekul yang berukuran besar lebih mudah membentuk dipol sesaat, karena elektronnya terletak jauh dari inti sehingga pergerakkan elektronnya lebih leluasa daripada molekul yang berukuran kecil.

Gaya van der waals tidak memiliki arah yang jelas, terlihat pada bentuk kristal kovalen yang bisa berubah pada suhu tertentu.

2) Ikatan hidrogen

Hikatan hidrogen terjadi antara atom hidrogen dari suatu molekul dengan atom elektronenegatif (N , O , F) pada atom lain.

Ikatan hidrogen ini lebih kuat daripada ikatan Van der Waals, dan memiliki arah yang jelas. Energi untuk memutuskan ikatan hidrogen adalah 15 – 40 kJ/mol, sedangkan untuk memutuskan gaya Van der Waals adalah sekitar 2 – 20 kJ/mol. Inilah sebabnya zat yang memiliki ikatan hidrogen memiliki titik cair dan titik didih yang relatif tinggi. Ikatan hidrogen yang kuat hanya terjadi antara molekul yang mempunyai ikatan F – H, O – H, atau N – H. Contoh fenomena ini dapat kita lihat pada senyawa NH₃, H₂O, dan HF.

Ringkasan

Ikatan hidrogen pada air

Ikatan antar molekul HF

Gambar 1.9

Ikatan antar Molekul Hidrogen (kiri); Ikatan antar Molekul HF (kanan)

Model atom *Rutherford* menyatakan bahwa atom terdiri dari inti kecil yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron pada permukaannya. Namun teori ini *tidak dapat menerangkan kestabilan atom*. **Niels Bohr** menggunakan teori kuantum untuk menjelaskan spektrum unsur. Berdasarkan pengamatan, unsur-unsur dapat memancarkan spektrum garis dan tiap unsur mempunyai spektrum yang khas. Kelemahan dari model atom Bohr dapat dijelaskan oleh **de Broglie** dengan teori dualisme partikel gelombang. Menurut de Broglie, pada kondisi tertentu, materi yang bergerak memiliki ciri-ciri gelombang. Elektron mempunyai sifat difraksi, maka lintasan elektron yang dikemukakan Bohr tidak dibenarkan. Gelombang tidak bergerak melalui suatu garis, melainkan menyebar pada daerah tertentu.

Heisenberg mengemukakan bahwa posisi atau lokasi suatu elektron dalam atom tidak dapat ditentukan dengan pasti. Yang dapat ditentukan adalah hanya kemungkinan (kebolehjadian) menemukan elektron pada suatu titik pada jarak tertentu dari intinya. Hipotesis Louis de Broglie dan azas ketidakpastian dari Heisenberg merupakan dasar dari model Mekanika Kuantum (Gelombang) yang dikemukakan oleh **Erwin Schrodinger**, mengajukan konsep orbital untuk menyatakan kedudukan elektron dalam atom. Orbital menyatakan suatu daerah dimana elektron paling mungkin (peluang terbesar) untuk ditemukan.

Persamaan gelombang Erwin Schrodinger menghasilkan tiga bilangan gelombang (bilangan kuantum), yaitu bilangan kuantum utama (n) yang menyatakan kulit utama, bilangan kuantum azimuth (l) yang menyatakan subkulitnya, bilangan kuantum magnetik (m) yang menyatakan orbitalnya, dan bilangan kuantum spin (s) yang menyatakan spin atau arah rotasi. (bukan dari persamaan gelombang Erwin Schrodinger).

GLOSARIUM

Bentuk molekul menggambarkan kedudukan atom-atom di dalam suatu molekul. Bentuk molekul dapat dijelaskan dengan menggunakan berbagai pendekatan, salah satunya adalah teori tolakan pasangan elektron (*Valence Shell Electron Pair Repulsion* atau VSEPR)."Pasangan elektron-elektron pada kulit luar atom pusat akan menyusun diri, sehingga tolak-menolak diantaranya menjadi minimum". Gaya antar molekul terdiri dari Gaya Van der Waals yang dipengaruhi oleh kerumitan molekul serta ukuran molekul, dan ikatan Hidrogen.

Gaya Dispersi (Gaya London) : terjadi akibat adanya elektron-elektron mengelilingi inti secara acak, sehingga pada suatu saat elektron akan mengumpul pada salah satu sisi molekul

Gaya Imbas : Terjadi bila terdapat molekul dengan dipol permanen berantaraksi dengan molekul dengan

SOAL-SOAL LATIHAN BAB 1

dipol permanen atau molekul polar

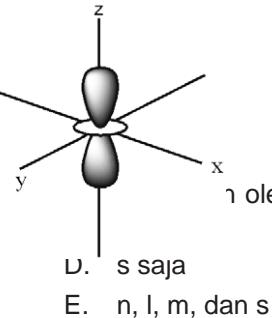
Gaya Van der Waals : Terjadi jika jarak antar molekul sudah sangat dekat, tetapi tidak melibatkan terjadinya pembentukan ikatan antar atom

Ikatan hidrogen : Ikatan yang terjadi antara atom hidrogen dari suatu molekul dengan atom elektronegatif (N, O, F) pada atom lain

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Teori yang menjadi dasar model atom mekanika gelombang adalah
 - A. Thomson, Dalton, dan Rutherford
 - B. Rutherford, Niels Bohr, dan S
 - C. Max Planck, de Broglie, dan F
 - D. de Broglie, dan Heisenberg
 - E. Aufbau, Hund, dan Pauli
2. Kedudukan suatu orbital dalam su
 - A. n, l , dan m
 - B. n, dan m
 - C. l, dan s
3. Gambar orbital berikut adalah
 - A. d_{xy}
 - B. d_{yz}
 - C. d_{xz}
 - D. $d_x^2 - y^2$
 - E. d_z^2
4. Jumlah elektron yang tidak berpasangan dalam atom Mn dengan nomor atom



25 adalah...

- A. 7 D. 4
B. 6 E. 3
C. 5

5. Diketahui unsur X dengan nomor atom 27, jumlah elektron maksimum pada orbital d adalah....
A. 2 D. 6
B. 4 E. 7
C. 5

6. Harga keempat bilangan kuantum elektron terakhir pada unsur dengan nomor atom 35 adalah
A. $n = 4, l = 1, m = -1, s = -\frac{1}{2}$ D. $n = 4, l = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$
B. $n = 4, l = 0, m = -1, s = +\frac{1}{2}$ E. $n = 4, l = 1, m = +1, s = +\frac{1}{2}$
C. $n = 4, l = 1, m = 0, s = +\frac{1}{2}$

7. Unsur dengan nomor atom 25 mempunyai konfigurasi
A. $1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 4s^2 \ 4p^5$
B. $1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 3d^7$
C. $1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 3d^5 \ 4s^2$
D. $1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 3d^4 \ 4s^2 \ 4p^1$
E. $1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 3d^6 \ 4s^1$

8. Jumlah elektron maksimum yang dapat menempati tingkat energi ketiga adalah
A. 2 D. 18
B. 6 E. 32
C. 8

9. Jika bilangan kuantum azimuth berharga 2, maka builangan kuantum magnetiknya adalah
A. 0, 1, dan 2 D. -2 dan 2
B. -1, 0, dan +1 E. 0, +1, dan +2
C. -2, -1, 0, +1, dan +2

10. Elektron dengan bilangan kuantum $m = -2$ dapat menempati tingkat energi
A. 2p D. 3d
B. 3s E. 4s
C. 3p

11. Cara pengisian elektron dalam orbital pada suatu sub tingkat energi adalah bahwa elektron tidak membentuk pasangan lebih dahulu sebelum masing-masing orbital terisi dengan sebuah elektron. Pernyataan ini adalah bunyi dari aturan

- D. Massa jenis alkohol lebih besar daripada eter
 - E. Alkohol mudah bereaksi dengan logam-logam alkali
19. Gaya dispersi pada molekul-molekul nonpolar terjadi akibat adanya
- A. dipol-dipol permanen
 - B. dipol-dipol sesaat
 - C. imbasan dari dipol permanen
 - D. ikatan hidrogen
 - E. gaya elektrostatis molekul polar
20. Dibawah ini adalah pasangan senyawa yang memiliki ikatan hidrogen adalah
- A. H_2O dan HCl
 - B. H_2O dan HF
 - C. H_2S dan HF
 - D. HCl dan HI
 - E. HF dan HI

II. Uraian

1. Bagaimanakah hubungan antara konfigurasi elektron dengan kedudukan unsur-

BAB

2

TERMOKIMIA

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menjelaskan hukum/azas kekekalan energi
- Membedakan sistem dan lingkungan
- Membedakan reaksi yang melepaskan kalor (eksoterm) dengan reaksi yang menerima kalor (endoterm) melalui percobaan
- Menghitung harga ΔH reaksi melalui percobaan.
- Menghitung harga H reaksi dengan menggunakan:
 - data entalpi pembentukan standar (H_f°)
 - diagram siklus
 - energi ikatan



Termokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari tentang kalor reaksi, yaitu pengukuran kalor yang menyertai reaksi kimia. Karena dalam sebagian besar reaksi kimia selalu disertai dengan perubahan energi yang berwujud perubahan kalor, baik kalor yang dilepaskan maupun diserap. Kalor merupakan salah satu bentuk dari energi. **James Prescott Joule** (1818-1889) merumuskan **Asas Kekekalan Energi**:

“Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain”.

Jadi, energi yang menyertai suatu reaksi kimia, ataupun proses fisika, hanya merupakan perpindahan atau perubahan bentuk energi.

Untuk mempelajari perubahan kalor dari suatu proses perlu dikaji beberapa hal yang berhubungan dengan:

- energi yang dimiliki oleh suatu zat
- bagaimana energi tersebut berubah
- bagaimana mengukur perubahan energi tersebut
- bagaimana hubungan energi dengan struktur zat.

A. ENTALPI DAN PERUBAHAN ENTALPI

1. Sistem dan lingkungan

Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian yang kita pelajari perubahan energinya. Sedangkan yang disebut *lingkungan* adalah segala sesuatu di luar sistem.

Kata Kunci

entalpi, perubahan, sistem, lingkungan, eksoterm, endoterm

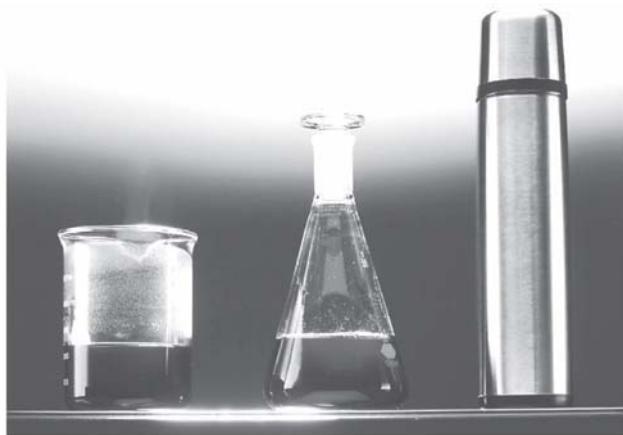
Contoh:

Reaksi antara logam seng dengan larutan asam klorida (HCl) dalam suatu tabung reaksi disertai dengan munculnya gelembung-gelembung gas.

Pada contoh di atas yang menjadi pusat perhatian adalah logam seng dan larutan HCl. Jadi, logam seng dan larutan HCl disebut sistem, sedangkan tabung reaksi, suhu udara, tekanan udara merupakan lingkungan.

Berdasarkan interaksinya dengan lingkungan, sistem dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Sitem Terbuka, suatu sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan zat (materi) antara lingkungan dan sistem.
- b. Sistem Tertutup, suatu sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor antara sistem dan lingkungannya, tetapi tidak terjadi pertukaran materi.
- c. Sistem Terisolasi (tersekat), suatu sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan materi antara sistem dan lingkungan.



Gambar 2.1

Contoh sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem isolasi

Sumber: http://cwx.prenhall.com/petrucci/media_portfolio/text_images/FG07_012.JPG

Tabel 2.1
Sifat-sifat sistem dan perbedaannya

No.	Nama sistem	Pertukaran	
		Energi	Materi
1.	Sistem Terbuka	Ya	Ya
2.	Sistem Tertutup	Ya	Tidak
3.	Sistem Tersekat	Tidak	Tidak

2. Energi dan entalpi

Dalam setiap reaksi kimia selalu terjadi perubahan energi.

Satuan-satuan energi:

1 kalori	= 4,184 Joule
1 kJ	= 1000 Joule
1 kkal	= 1000 kalori
1kkal	= 4,184 k J

Keseluruhan energi yang dimiliki oleh suatu sistem dalam keadaan tertentu disebut energi dalam (U). Energi dalam merupakan suatu fungsi keadaan, hanya bergantung pada keadaan sistem (suhu, volume, tekanan, dan jumlah mol), tidak bergantung pada jalur yang dilalui sistem. Energi dalam tidak dapat diukur tetapi perubahannya dapat diukur. Jika perubahan itu dilakukan pada tekanan tetap (sistem terbuka), perubahan energi dalam yang terjadi dinamakan perubahan entalpi.

Reaksi kimia pada umumnya dilakukan dalam sistem terbuka (tekanan tetap). Oleh karena itu, pada setiap proses yang melibatkan perubahan volum akibat tekanan tetap, ada kerja yang menyertai proses tersebut meskipun kecil tetapi cukup berarti. Menurut Hukum Termodinamika I (*Hukum Kekekalan Energi*),

$$H = U + PV$$

dengan H = entalpi
 U = energi dalam
 P = tekanan
 V = volume

Perubahan entalpi dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta H = \Delta U + \Delta PV$$

dengan ΔH = perubahan entalpi
 ΔU = perubahan energi dalam

Dari persamaan dapat disimpulkan bahwa jika reaksi dilakukan pada tekanan tetap maka perubahan kalor yang terjadi akan sama dengan perubahan entalpi sebab perubahan tekanannya 0 (nol). Jadi, entalpi sama dengan besarnya energi dalam yang disimpan dalam suatu sistem. Sehingga *entalpi (H) merupakan energi dalam bentuk kalor yang tersimpan di dalam suatu sistem.*

3. Perubahan entalpi

Perubahan entalpi suatu sistem dapat diukur jika sistem mengalami perubahan.

Perubahan entalpi (ΔH):

Jika suatu reaksi berlangsung pada tekanan tetap, maka perubahan entalpinya sama dengan kalor yang harus dipindahkan dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya agar suhu sistem kembali ke keadaan semula.

$$\Delta H = q_p$$

(q_p = kalor reaksi pada tekanan tetap)

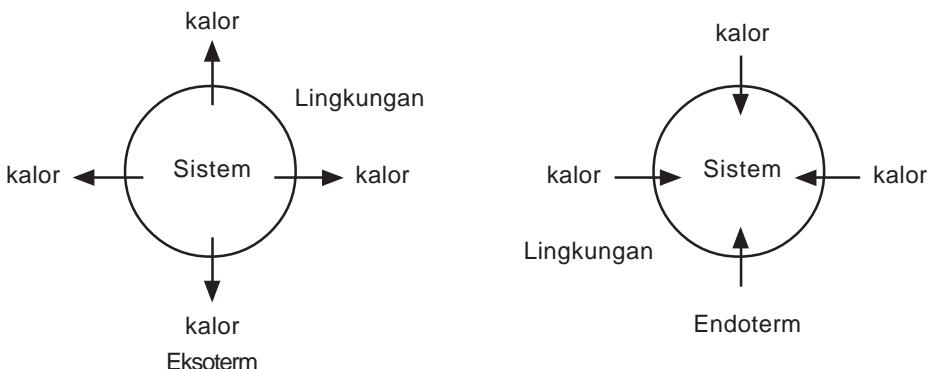
Besarnya perubahan entalpi adalah selisih besarnya entalpi sistem setelah mengalami perubahan dengan besarnya entalpi sistem sebelum perubahan pada tekanan tetap.

$$\Delta H = H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}}$$

Perubahan entalpi yang menyertai suatu reaksi dipengaruhi oleh:

- Jumlah zat
- Keadaan fisis zat
- Suhu (T)
- Tekanan (P)

4. Reaksi eksoterm dan reaksi endoterm



Gambar 2.2
Proses eksoterm dan endoterm

1. **Reaksi Eksoterm** adalah reaksi yang melepaskan kalor atau menghasilkan energi. Entalpi sistem berkurang (hasil reaksi memiliki entalpi yang lebih rendah dari zat semula).

$$H_{\text{akhir}} < H_{\text{awal}}$$

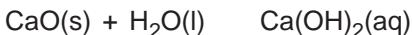
$$H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}} < 0$$

H berharga negatif

Contoh:

Reaksi antara kalsium oksida (kapur tohor) dengan air

Kapur tohor dimasukkan ke dalam air dalam tabung reaksi. Reaksi ini berlangsung ditandai dengan kenaikan suhu campuran (sistem). Karena suhu sistem lebih tinggi dari lingkungan, maka kalor akan keluar dari sistem ke lingkungan sampai suhu keduanya menjadi sama.



2. **Reaksi Endoterm** adalah reaksi yang menyerap kalor atau memerlukan energi. Entalpi sistem bertambah (hasil reaksi memiliki entalpi yang lebih tinggi dari zat semula).

$$H_{\text{akhir}} > H_{\text{awal}}$$

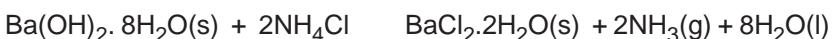
$$H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}} > 0$$

H berharga positif

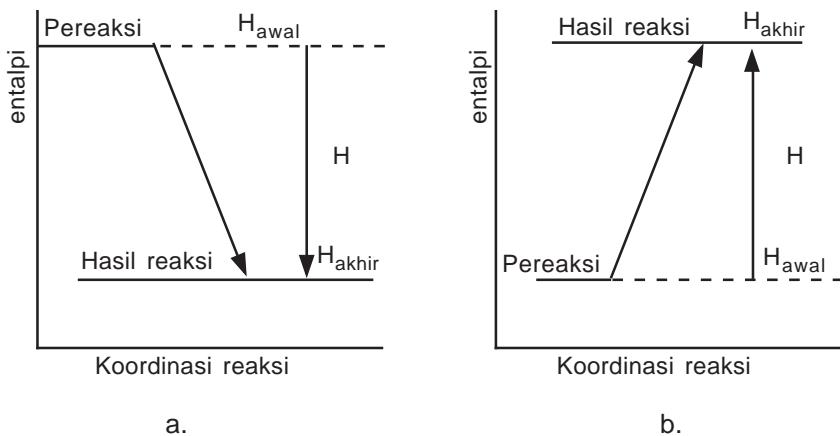
Contoh:

Reaksi antara kristal barium hidroksida oktahidrat dengan kristal amonium klorida.

Ketika kristal barium hidroksida oktahidrat, $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dicampur dengan kristal amonium klorida (NH_4Cl), reaksi segera berlangsung yang ditandai dengan penurunan suhu campuran dan pembentukan gas amonia. Oleh karena suhu campuran (sistem) menjadi lebih rendah daripada lingkungan, maka kalor akan mengalir dari lingkungan ke dalam sistem sampai suhu keduanya menjadi sama.



Di bawah ini adalah menunjukkan diagram tingkat energi



Gambar 2.2 Diagram tingkat energi
a. reaksi eksoterm b. reaksi endoterm

5. Persamaan termokimia

Persamaan yang menggambarkan suatu reaksi yang disertai informasi tentang perubahan entalpi (kalor). Oleh karena entalpi merupakan sifat ekstensif (nilainya bergantung pada besar dan ukuran sistem) maka pada persamaan termokimia juga tercantum jumlah mol zat yang dinyatakan dengan koefisien reaksi, dan keadaan fasa zat yang terlibat.

Contoh:

- a. Pada pembentukan 1 mol air dari gas hidrogen dengan gas oksigen pada 25°C (298 K), 1 atm, dilepaskan kalor sebesar 286 kJ.

Persamaan termokimia dari pernyataan di atas adalah

Kata "dilepaskan" menyatakan bahwa reaksi tergolong eksoterm. Oleh karena itu, $H = -286$ kJ untuk setiap mol air yang terbentuk.



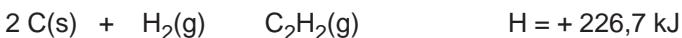
atau,



- b. Reaksi karbon dan gas hidrogen membentuk 1 mol C_2H_2 pada temperatur 25°C dan tekanan 1 atm memerlukan kalor 226,7 kJ.

Persamaan termokimianya :

Kata "memerlukan" menyatakan bahwa reaksi tergolong endoterm.



6. Perubahan entalpi standar (ΔH°)

Perubahan entalpi reaksi yang diukur pada temperatur 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm disepakati sebagai perubahan entalpi standar, dinyatakan dengan simbol ΔH°

Keadaan standar ini diperlukan karena pengukuran pada suhu dan tekanan yang berbeda akan menghasilkan harga perubahan entalpi yang berbeda pula. Satuan yang digunakan untuk menyatakan perubahan entalpi adalah kJ. Perubahan entalpi dalam molar adalah kJ/mol.

Jenis perubahan entalpi berdasarkan kondisi perubahan kimia yang terjadi:

1. Perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) (ΔH_f° = standard enthalpy of formation)

Adalah perubahan entalpi pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya yang paling stabil, pada keadaan standar.

Satuan perubahan entalpi pembentukan standar menurut Sistem Internasional (SI) adalah kJ/mol.

Contoh:

Perubahan entalpi pembentukan standar dari gas karbondioksida (CO_2) adalah $-393,5$ kJ/mol.

Persamaan termokimianya:



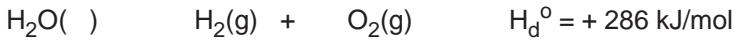
2. Perubahan entalpi penguraian standar (ΔH_d°) (ΔH_d° = standard enthalpy of decomposition)

Adalah perubahan entalpi pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya, pada keadaan standar.

Contoh:

Perubahan entalpi penguraian H_2O adalah $+286$ kJ/mol.

Persamaan termokimianya:



3. Perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c°) (ΔH_c° = standard enthalpy of combustion)

Adalah perubahan entalpi pada pembakaran sempurna 1 mol unsur atau senyawa pada keadaan standar. Pembakaran adalah reaksi suatu zat dengan oksigen.

Contoh:

Perubahan entalpi pembakaran gas CH_4 adalah -802 kJ/mol .

Persamaan termokimianya:

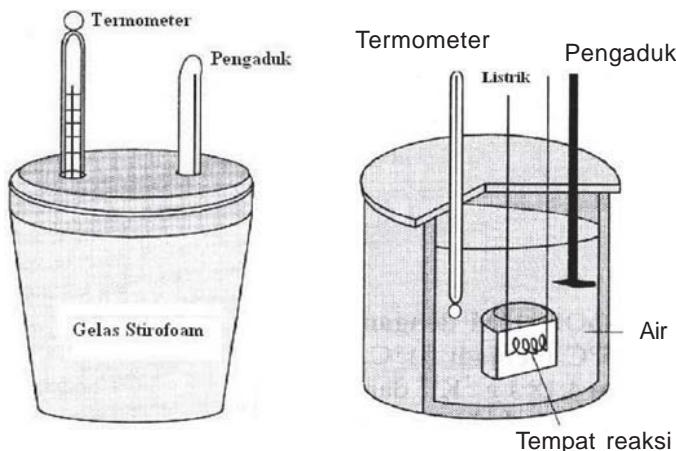


B. PENENTUAN PERUBAHAN ENTALPI

1. Kalorimetri

Kata Kunci

kalorimeter, hukum Hess



Gambar 2.3
Kalorimeter sederhana (kiri) dan kalorimeter bom (kanan)

Kalorimeter adalah suatu alat untuk mengukur jumlah kalor yang diserap atau dibebaskan sistem. Data H reaksi yang terdapat pada tabel-tabel pada umumnya ditentukan secara *kalorimetri*.

Kalorimeter sederhana dapat dibuat dari wadah yang bersifat isolator (tidak menyerap kalor). Sehingga wadah dianggap tidak menyerap kalor pada saat reaksi berlangsung.

Kalorimeter Bom merupakan suatu kalorimeter yang dirancang khusus sehingga benar-benar terisolasi. Pada umumnya sering digunakan untuk menentukan perubahan entalpi dari reaksi-reaksi pembakaran yang melibatkan gas.

Meskipun sistem diusahakan terisolasi, tetapi ada kemungkinan sistem masih dapat menyerap atau melepaskan kalor ke lingkungan, dalam hal ini lingkungannya adalah kalorimeter sendiri. Jika kalorimeter juga terlibat dalam pertukaran kalor, maka besarnya kalor yang diserap atau dilepas oleh kalorimeter (kapasitas kalorimeter, C) harus diperhitungkan.

Jumlah kalor yang dilepas atau diserap sebanding dengan massa, kalor jenis zat, dan perubahan suhu. Hubungannya adalah sebagai berikut:

$$q = m \times c \times T$$

dengan, q = perubahan kalor (J)

m = massa zat (g)

c = kalor jenis zat (J/g.K)

T = perubahan suhu (K)

Contoh Soal:

Pada suatu percobaan direaksikan 50 cm^3 larutan HCl 1 M dengan 50 cm^3 larutan NaOH 1 M dalam gelas plastik yang kedap panas, ternyata suhunya naik dari 29°C menjadi $35,5^\circ\text{C}$. Kalor jenis larutan dianggap sama dengan kalor jenis air yaitu $4,18 \text{ J g}^{-1}\text{K}^{-1}$ dan massa jenis larutan dianggap 1 g/cm^3 . Tentukan perubahan entalpi dari reaksi:



Jawab :

$$q_{\text{sistem}} = q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}}$$

karena q_{kal} diabaikan, maka

$$q_{\text{sistem}} = q_{\text{larutan}}$$

$$\begin{aligned} \text{massa larutan} &= \text{volume larutan} \times \text{massa jenis air} \\ &= 100 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\frac{2,72 \text{ kJ}}{0,05 \text{ mol}}$$

$$\begin{aligned} T &= (35,5 - 29)^\circ\text{C} \\ &= 6,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{atau } T = (35,5 + 273)\text{K} - (29 + 273)\text{K} = 6,5 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{larutan}} &= m_{\text{larutan}} \times c_{\text{larutan}} \times T \\ &= 100 \text{ g} \times 4,18 \text{ J g}^{-1}\text{K}^{-1} \times 6,5 \text{ K} \\ &= 2717 \text{ Joule} \\ &= 2,72 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\text{mol NaOH} = \text{mol HCl}$$

$$0,05 \text{ L} \times 1 \text{ mol L}^{-1} = 0,05 \text{ mol}$$

Jadi, pada reaksi antara 0,05 mol NaOH dan 0,05 mol HCl terjadi perubahan kalor sebesar 2,72 kJ

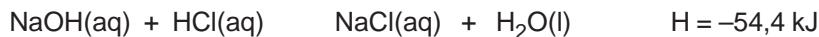
Maka untuk setiap 1 mol NaOH bereaksi dengan 1 mol HCl akan terjadi perubahan kalor:

=

$$= 54,4 \text{ kJ/mol}$$

Oleh karena pada saat reaksi suhu sistem naik berarti reaksi berlangsung eksoterm, perubahan entalpinya berharga negatif.

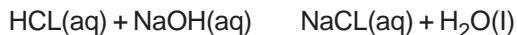
Persamaan termokimianya:



KEGIATAN 2.1

Percobaan entalpi netralisasi HCL – NaOH

Pada percobaan ini ditentukan perubahan entalpi pada reaksi antara larutan asam klorida dengan larutan natrium hidroksida.

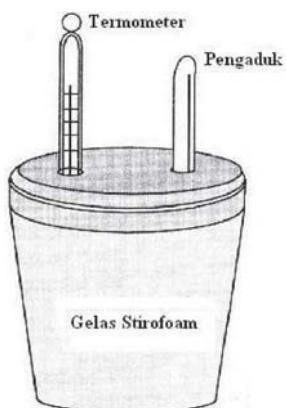


Alat dan bahan

1. Alat-alat
 - bejana stirofoam 200 mL (1)
 - gelas kimia 100 mL (2)
 - termometer 100 °C (2)
 - batang pengaduk (1)
2. Bahan-bahan
 - NaOH 1 M 50 mL
 - HCl 1 M 50 mL

Rangkaian alat

Susunlah alat untuk percobaan berikut ini.



Langkah kerja

1. Masukkan 50 mL HCl 1 M ke dalam gelas kimia dan 50 mL NaOH 1 M ke dalam gelas kimia yang lain
2. Simpan kedua gelas kimia tersebut dalam bak yang berisi air selama lebih kurang 5 menit kemudian ukur suhu salah satu pereaksi. Dengan cara merendam kedua gelas kimia yang berisi pereaksi diharapkan suhu kedua pereaksi itu sama.
3. Catatlah suhu kedua larutan tersebut sebagai suhu awal
4. Campurkan kedua larutan tersebut dalam kalorimeter, kemudian kocok

5. Catat suhu campuran setiap 30 detik sampai suhu konstan,
6. Catatlah suhu tertinggi yang terbaca pada termometer sebagai suhu akhir

Pengamatan

Suhu larutan HCl 1 M	
Suhu larutan NaOH 1 M	
Suhu awal (rata-rata)	
Suhu tertinggi (akhir)	
Perubahan suhu (ΔT)	

Pertanyaan

1. Hitunglah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 100 mL larutan (dapat dianggap 100 g air) dari suhu awal menjadi suhu akhir
 2. Tentukanlah berapa harga perubahan entalpi reaksi (dalam satuan kJ mol^{-1}) NaOH dan HCl yang bereaksi
(Kalor jenis larutan dianggap $4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
-

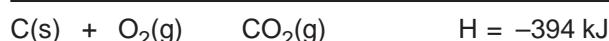
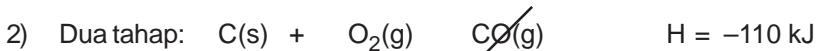
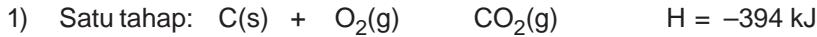
2. Hukum Hess

Perubahan entalpi kadang sukar diukur atau ditentukan langsung dengan percobaan. Pada tahun 1840 **Henry Hess** dari Jerman menyatakan, *perubahan entalpi reaksi hanya tergantung pada keadaan awal dan akhir sistem, tidak bergantung pada jalannya reaksi.*

Banyak reaksi dapat berlangsung menurut dua atau lebih tahapan.

Contoh:

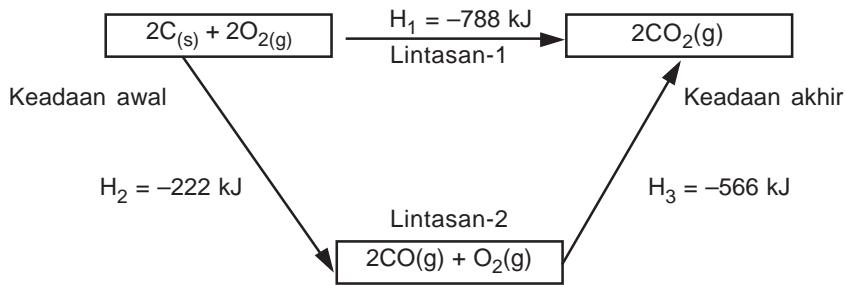
Reaksi karbon dan oksigen untuk membentuk CO_2 dapat berlangsung dalam satu tahap (cara langsung) dan dapat juga dua tahap(cara tidak langsung).



H dari beberapa reaksi dapat dijumlahkan sesuai dengan penjumlahan reaksi-reaksinya.

Jadi, jika suatu reaksi berlangsung menurut dua tahap atau lebih, maka kalor reaksi totalnya sama dengan jumlah kalor tahap reaksinya. Hukum Hess kita gunakan untuk menghitung H suatu reaksi, berdasarkan beberapa harga H dari reaksi lain yang sudah diketahui.

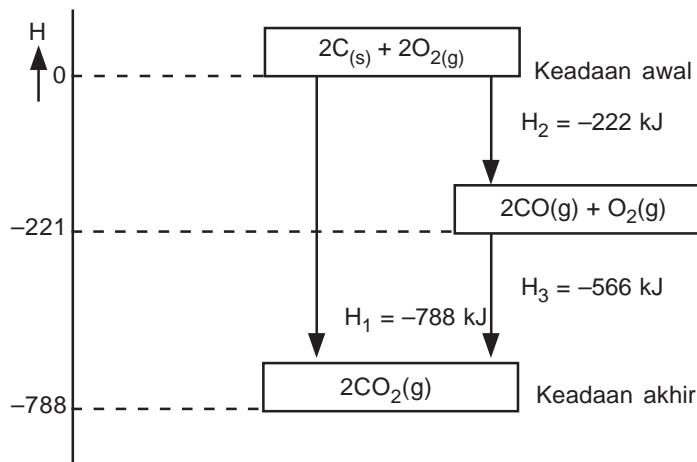
Hukum Hess dapat dinyatakan dalam bentuk diagram siklus atau diagram tingkat energi. Diagram siklus untuk reaksi pembakaran karbon pada contoh di atas adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4
Diagram siklus reaksi pembakaran karbon.

Dari siklus reaksi di atas, pembakaran karbon dapat melalui dua lintasan, yaitu lintasan-1 yang langsung membentuk CO_2 , sedangkan lintasan-2, mula-mula membentuk CO , kemudian CO_2 . Jadi $H_1 = H_2 + H_3$

Diagram tingkat energi:



Gambar 2.5 Diagram tingkat energi reaksi karbon dengan oksigen membentuk CO_2 menurut dua lintasan.

3. Menggunakan entalpi pembentukan

Kalor suatu reaksi dapat juga ditentukan dari data pembentukan zat pereaksi dan produknya.

Secara umum untuk reaksi:



reaktan produk

maka,

$$\text{H reaksi} = [c \cdot H_f^0 \text{PS} + d \cdot H_f^0 \text{QR}] - [a \cdot H_f^0 \text{PQ} + b \cdot H_f^0 \text{RS}]$$

$$H_{\text{reaksi}} = H_f^{\circ}(\text{produk}) - H_f^{\circ}(\text{reaktan})$$

Contoh soal:

Tentukan entalpi reaksi pembakaran etanol, jika diketahui :

$$H_f^{\circ} C_2H_5OH = -266 \text{ kJ}$$

$$H_f^{\circ} \text{CO}_2 = -394 \text{ kJ}$$

$$H_f^{\circ} H_2O = -286 \text{ kJ}$$

Jawab:

Reaksi pembakaran etanol :



$$\begin{aligned}
 \text{H reaksi} &= [2 \ H_f^0 \text{CO}_2 + 3 \ H_f^0 \text{H}_2\text{O}] - [1 \ H_f^0 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 1 \ H_f^0 \text{O}_2] \\
 &= [2(-394) + 3(-286)] \text{ kJ} - [1(-266) + 1(0)] \text{ kJ} \\
 &= [-1646 + 266] \text{ kJ} \\
 &= -1380 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

C. ENERGI IKATAN

Pada dasarnya reaksi kimia terdiri dari dua proses, yaitu pemutusan ikatan antar atom-atom dari senyawa yang bereaksi (proses yang memerlukan energi) dan penggabungan ikatan kembali dari atom-atom yang terlibat reaksi sehingga membentuk susunan baru (proses yang membebaskan energi).

Kata Kunci

Perubahan entalpi reaksi dapat dihitung dengan menggunakan data energi ikatan. *Energi ikatan adalah energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan oleh satu molekul gas menjadi atom-atom dalam keadaan gas.* Harga energi ikatan selalu positif, dengan satuan kJ atau kkal, serta diukur pada kondisi zat-zat berwujud gas.

Tabel 2.2
Energi ikatan rata-rata dari beberapa ikatan (kJ/mol)

Ikatan	Energi ikatan rata-rata (kJ/mol)	Ikatan	Energi ikatan rata-rata (kJ/mol)
C – H	+413	I – I	+151
C – C	+348	C – I	+240
C – O	+358	N – O	+201
C – F	+485	N – H	+391
C – Cl	+431	N – N	+163
C – Br	+276	C = C	+614
H – Br	+366	C = O	+799
H – H	+436	O = O	+495
H – O	+463	Na N	+491
F – F	+155	Ca N	+891
Cl – Cl	+242	Ca C	+839
Br – Br	+193		

Menghitung ΔH reaksi berdasarkan energi ikatan:

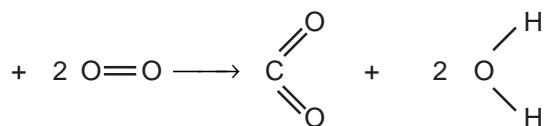
$$\Delta H = \text{Energi ikatan yang diputuskan} - \text{Energi ikatan yang terbentuk}$$

Contoh Soal:

Dengan menggunakan tabel energi ikatan, tentukan (ramalkan) energi yang dibebaskan pada pembakaran gas metana.

Jawab:

Reaksi pembakaran gas metana :



$$\begin{array}{rcl}
 \text{Pemutusan ikatan:} & & \\
 4 \text{ mol C - H} & = 1652 \text{ kJ} & \\
 2 \text{ mol O = O} & = 990 \text{ kJ} & \\
 \hline
 & + & \\
 & = 2642 \text{ kJ} &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Pembentukan ikatan:} & & \\
 2 \text{ mol C = O} & = 1598 \text{ kJ} & \\
 4 \text{ mol O - H} & = 1852 \text{ kJ} & \\
 \hline
 & + & \\
 & = 3450 \text{ kJ} &
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \text{Energi ikatan yang diputuskan} - \text{Energi ikatan yang terbentuk} \\
 &= (2642 - 3450) \text{ kJ} \\
 &= -808 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

H reaksi bertanda negatif, artinya ikatan dalam produk lebih kuat daripada ikatan dalam pereaksi.

Entalpi reaksi yang dihitung berdasarkan harga energi ikatan rata-rata sering berbeda dari entalpi reaksi yang dihitung berdasarkan harga entalpi pembentukan standar. Perbedaan ini terjadi karena energi ikatan yang terdapat dalam suatu tabel adalah energi ikatan rata-rata. Energi ikatan C – H dalam contoh di atas bukan ikatan C – H dalam CH₄, melainkan energi ikatan rata-rata C – H.

CH ₄ (g)	CH ₃ (g) + H(g)	H = +424 kJ/mol
CH ₃ (g)	CH ₂ (g) + H(g)	H = +480 kJ/mol
CH ₂ (g)	CH(g) + H(g)	H = +425 kJ/mol
CH(g)	C(g) + H(g)	H = +335 kJ/mol

Jadi, energi ikatan rata-rata dari ikatan C – H adalah 416 kJ/mol. Sedangkan energi ikatan C – H yang dipakai di atas adalah +413 kJ/mol.

D. BAHAN BAKAR DAN PERUBAHAN ENALPI

Reaksi pembakaran adalah reaksi suatu zat dengan oksigen. Biasanya reaksi semacam ini digunakan untuk menghasilkan energi. Bahan bakar adalah merupakan suatu senyawa yang bila dilakukan pembakaran terhadapnya dihasilkan kalor yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

Kata Kunci

bahan bakar

Jenis bahan bakar yang banyak kita kenal adalah bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil berasal dari pelapukan sisa organisme, baik tumbuhan maupun hewan yang memerlukan waktu ribuan sampai jutaan tahun, contohnya minyak bumi dan batu bara. Namun selain bahan bakar fosil dewasa ini telah dikembangkan pula bahan bakar jenis lain, misalnya alkohol dan hidrogen. Hidrogen cair dengan oksigen cair bersama-sama telah digunakan pada pesawat ulang-alik sebagai bahan bakar roket pendorongnya. Pembakaran hidrogen tidak memberi dampak negatif pada lingkungan karena hasil pembakarannya adalah air.

Matahari adalah sumber energi terbesar di bumi, tetapi penggunaan energi surya belum komersial. Dewasa ini penggunaan energi surya yang komersial adalah untuk pemanas air rumah tangga (*solar water heater*). Di bawah ini adalah nilai kalor dari berbagai jenis bahan bakar yang umum dikenal:

Tabel 2.3
Nilai kalor bakar beberapa bahan bakar

Jenis bahan bakar	Komposisi (%)			Nilai kalor (kJ/g)
	C	H	O	
Gas Alam (LNG)	70	23	0	49
Batu bara (Antrasit)	82	1	2	31
BatuBara (Bituminos)	77	5	7	32
Minyak Mentah	85	12	0	45
Bensin	85	15	0	48
Arang	100	0	0	34
Kayu	50	6	44	18
Hidrogen	0	100	0	142

Nilai kalor dari bahan bakar umumnya dinyatakan dalam satuan kJ/gram, yang menyatakan berapa kJ kalor yang dapat dihasilkan dari pembakaran 1 gram bahan bakar tersebut. Contoh : nilai kalor bahan bakar bensin adalah 48 kJ/g, artinya setiap pembakaran sempurna 1 gram bensin akan dihasilkan kalor sebesar 48 kJ.

Pembakaran bahan bakar dalam mesin kendaraan atau dalam industri umumnya tidak terbakar sempurna. Pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon (bahan bakar fosil) membentuk karbon dioksida dan uap air. Sedangkan pembakaran tidak sempurnanya menghasilkan karbon monoksida dan uap air.

Pembakaran tak sempurna mengurangi efisiensi bahan bakar, kalor yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan apabila zat itu terbakar sempurna. Kerugian lainnya adalah dihasilkannya gas karbon monoksida (CO) yang bersifat racun.

Nilai kalor bakar dapat digunakan untuk memperkirakan harga energi suatu bahan bakar.

Contoh soal:

Misalkan harga arang adalah Rp.500/kg, dan harga LPG Rp900/kg. Nilai kalor bakar arang 34 kJ/gram. Dari informasi tersebut dapat diketahui yang mana harga kalor yang lebih murah, yang berasal dari arang atau LPG.

Nilai kalor bakar arang = 34 kJ/gram, sehingga dengan uang Rp500,00 dapat diperoleh 1000 gram arang dan diperoleh kalor sebanyak

$$= 34 \times 100 \text{ kJ}$$

$$= 34.000 \text{ kJ}$$

Jadi, dari tiap rupiahnya mendapat kalor sebanyak :

$$=$$

$$= 68 \text{ kJ/rupiah.}$$

Nilai kalor bakar LPG = 40 kJ/gram, sehingga dengan uang Rp 900, diperoleh 1000 gram LPG dan kalor sebanyak

$$= 40 \times 1000 \text{ kJ}$$

$$= 40.000 \text{ kJ}$$

Jadi, tiap rupiahnya mendapat kalor sebanyak:

$$= 44 \text{ kJ/rupiah.}$$

Ringkasan

Termokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari tentang kalor reaksi, yaitu pengukuran kalor yang menyertai reaksi kimia. Untuk mempelajari perubahan kalor dari suatu proses perlu dikaji beberapa hal yang berhubungan dengan energi yang dimiliki oleh suatu zat, bagaimana energi tersebut berubah, bagaimana mengukur perubahan energi tersebut, dan bagaimana hubungan energi dengan struktur zat. Dalam termokimia dikenal adanya sistem dan lingkungan. Berdasarkan arah perpindahan kalornya, reaksi yang terjadi pada termokimia terbagi menjadi dua yaitu reaksi eksoterm dan reaksi endoterm.

Persamaan Termokimia adalah persamaan yang menggambarkan suatu reaksi yang disertai informasi tentang perubahan entalpi (kalor). Perubahan entalpi reaksi yang diukur pada temperatur 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm disepakati sebagai perubahan entalpi standar, dinyatakan dengan simbol H° . Jenis perubahan entalpi berdasarkan kondisi perubahan kimia yang terjadi yaitu Perubahan Entalpi Pembentukan Standar (H_f° = standard enthalpy of formation), Perubahan Entalpi Penguraian Standar (H_d° = standard enthalpy of decomposition), dan Perubahan Entalpi Pembakaran Standar (H_c° = standard enthalpy of combustion).

Henry Hess dari Jerman menyatakan, *perubahan entalpi reaksi hanya tergantung pada keadaan awal dan akhir sistem, tidak bergantung pada jalannya reaksi*. Banyak reaksi dapat berlangsung menurut dua atau lebih tahapan. Kalor suatu reaksi dapat juga ditentukan dari data pembentukan zat pereaksi dan produknya. Perubahan entalpi reaksi juga dapat dihitung dengan menggunakan data energi ikatan.

GLOSARIUM

Sistem	: segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian yang kita pelajari perubahan energinya
Lingkungan	: segala sesuatu di luar sistem
Reaksi Eksoterm	: reaksi yang melepaskan kalor atau menghasilkan energi. Entalpi sistem berkurang (hasil reaksi memiliki entalpi yang lebih rendah dari zat semula)
Reaksi Endoterm	: reaksi yang menyerap kalor atau memerlukan energi. Entalpi sistem bertambah (hasil reaksi memiliki entalpi yang lebih tinggi dari zat semula)

Perubahan Entalpi Pembentukan

Standar (H_f^0)

: perubahan entalpi pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya yang paling stabil, pada keadaan standar

Perubahan Entalpi Penguraian

Standar (H_d^0)

: yaitu perubahan entalpi pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya, pada keadaan standar

Perubahan Entalpi Pembakaran

Standar (H_c^0)

: perubahan entalpi pada pembakaran sempurna 1 mol unsur atau senyawa pada keadaan standar. Pembakaran adalah reaksi suatu zat dengan oksigen

Kalorimeter

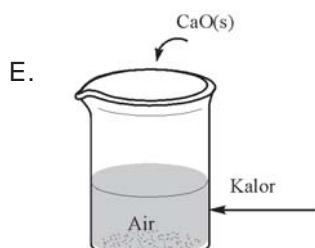
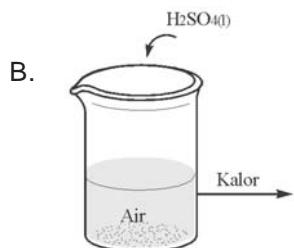
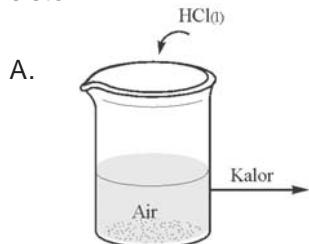
: suatu alat untuk mengukur jumlah kalor yang diserap atau dibebaskan sistem

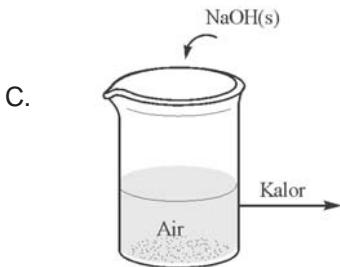
SOAL-SOAL LATIHAN BAB 2

I. Pilihan Ganda

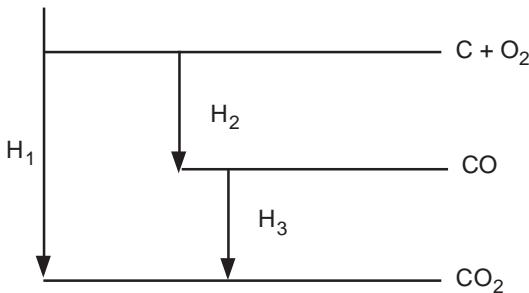
Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Pernyataan yang benar tentang reaksi eksoterm adalah
 - A. entalpi awal lebih besar dari entalpi akhir dan $H > 0$
 - B. entalpi awal lebih kecil dari entalpi akhir dan $H > 0$
 - C. entalpi awal lebih besar dari entalpi akhir dan $H < 0$
 - D. entalpi awal lebih kecil dari entalpi akhir dan $H < 0$
 - E. entalpi awal sama dengan entalpi akhir dan $H = 0$
2. Di bawah ini manakah yang menunjukkan perpindahan energi dari lingkungan ke sistem....

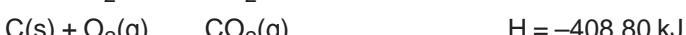




3. Diagram tingkat energi pembentukan gas CO_2
Diagram data di bawah, maka harga H_2 adalah

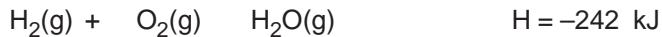
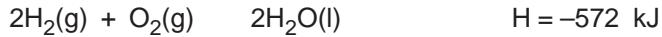
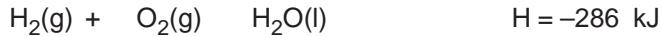


- A. $H_2 = H_3 + H_1$ D. $H_2 = (H_1 - H_3)$
 B. $H_2 = (H_1 + H_3)$ E. $H_2 = H_3 - H_1$
 C. $H_2 = H_1 - H_3$
4. Pernyataan yang tepat tentang kalor pembentukan standar adalah
- A. kalor yang dilepaskan atau diserap apabila 1 mol senyawa terurai menjadi unsur-unsurnya pada kondisi standar
 - B. kalor yang dilepaskan atau diserap pada pembakaran 1 mol senyawa dalam kondisi standar
 - C. kalor yang dilepaskan atau diserap apabila 1 mol senyawa dalam bentuknya yang paling stabil terurai menjadi unsur-unsurnya.
 - D. Kalor yang dilepaskan atau diserap apabila 1 mol senyawa dibentuk dari unsur-unsurnya pada kondisi standar
 - E. Kalor yang dilepaskan apabila 1 mol senyawa terurai menjadi unsur-unsurnya.
5. Jika diketahui:



Maka perubahan entalpi pembakaran gas karbon disulfida menurut reaksi





Maka dapat disimpulkan bahwa perubahan entalpi tergantung pada

- A. suhu dan volum
B. tekanan dan suhu
C. jumlah zat dan kalor yang dibebaskan
D. jumlah dan wujud zat
E. kalor yang dibebeskan

8. Diketahui data entalpi pembentukan standar berikut.

$$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) = -104 \text{ kJ/mol}$$
$$\text{CO}_2(\text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$$
$$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

Harga H reaksi:

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

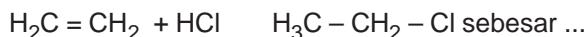
adalah

A. -1034 kJ D. -2222 kJ
B. -1121 kJ E. -2232 kJ
C. -1134 kJ

9. Jika energi ikatan rata-rata dari

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

Maka perubahan entalpi pada reaksi adisi etena dengan asam klorida menurut persamaan reaksi:



10. Entalpi pembentukan gas etana dinyatakan dengan persamaan reaksi:

- A. $2\text{C(s)} + 6\text{H(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$ $H = -84 \text{ kJ}$

B. $2\text{C(s)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$ $H = -84 \text{ kJ}$

C. $\text{C}_2\text{(s)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$ $H = +84 \text{ kJ}$

D. $\text{C}_2\text{(s)} + 6\text{H(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$ $H = -84 \text{ kJ}$

E. $\text{C}_2\text{H}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$ $H = -84 \text{ kJ}$

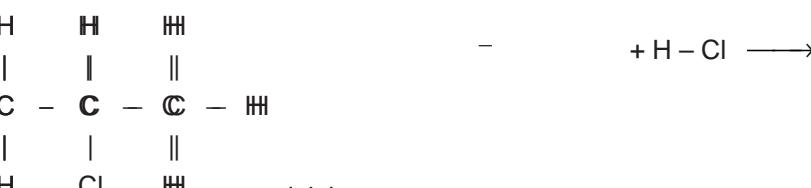
11. Diketahui energi ikatan:

C = C : 612 kJ/mol C – Cl : 338 kJ/mol

C – H : 412 kJ/mol H – Cl : 432 kJ/mol

C – C : 348 kJ/mol

Harga perubahan entalpi untuk reaksi:



adalah

12. Reaksi $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$H = X$ kkal, maka X dapat disebut sebagai

- a. kalor pembentukan CO_2
 - b. pembentukan H_2O
 - c. Kalor pembrntukan CO_2 dan H_2O
 - d. Kalor pembakaran C_3H_8
 - e. Kalor penetralan C_3H_8

13. Diketahui:



Kalor yang diperlukan untuk menguapkan 4,5 gram air ($\text{ArO} = 16$)

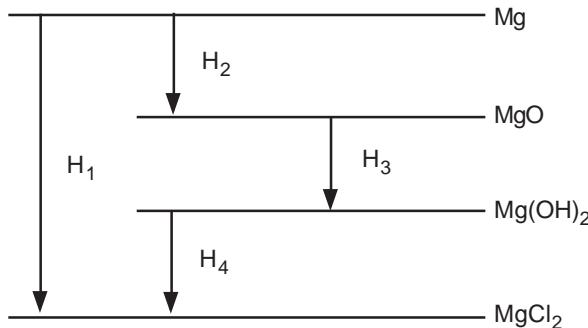
- A. 88 kJ D. 11 kJ
B. 44kJ E. 8,8 kJ
C. 22

14. Jika diketahui $H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$ $\Delta H = -72 \text{ kJ}$, maka untuk dapat menguraikan $11,2 \text{ dm}^3$ (pada STP) gas HBr menjadi H_2 dan Br_2 , diperlukan kalor sebanyak
A. 9 kJ D. -72 kJ
B. 18 kJ E. -82,3 kJ
C. 36 kJ

15. Dalam suatu reaksi kimia dibebaskan $8,4 \text{ kJ}$ energi. Jika kalor ini digunakan untuk memanaskan 100 cm^3 air, maka kenaikan suhunya ialah ($\text{kalor jenis air} = 4,2 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)
A. $4,2^\circ\text{C}$ D. 20°C
B. $8,4^\circ\text{C}$ E. 0°C
C. $16,8^\circ\text{C}$

16. Diketahui kurva reaksi sebagai berikut:

16. Diketahui kurva reaksi sebagai berikut:



Berdasarkan kurva tersebut, harga H_3 adalah

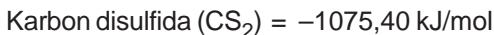
- A. $H_1 + H_2 - H_4$ D. $H_1 - H_2 - H_4$
B. $H_2 + H_4 - H_1$ E. $H_1 + H_4 - H_2$
C. $H_1 - H_2 + H_4$

17. Gas asetilen dapat dibuat menurut reaksi,
 $\text{CaC}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) + \text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$

Entalpi pembakaran gas ini adalah -320 kkal/mol. Jika dalam suatu proses digunakan 160 gram kalsium karbida dan dengan asumsi bahwa hanya 60% CaC_2 yang bereaksi, maka pada pembakaran asetilena yang terbentuk, akan dihasilkan kalor sebanyak ($C = 12$; $\text{Ca} = 40$)

A. 960 kkal D. 480 kkal
B. 800 kkal E. 320 kkal
C. 640 kkal

20. Diketahui H pembakaran dari berbagai bahan baker:



Untuk setiap 2 gram bahan bakar di atas , yang menghasilkan kalor paling besar

II. Uraian

1. Diketahui data sebagai berikut :



Tentukan DH dari reaksi pembentukan $\text{Ca}(\text{OH})_2$!

- 2 Berapakah kalor reduksi reaksi reduksi dari:



(Jika diketahui kalor pembentukan $\text{Fe}_2\text{O}_4 = +266 \text{ kkal}$, $\text{H}_2\text{O}(g) = +58 \text{ kkal}$)

- 3 Diketahui reaksi sebagai berikut:



Tentukan energi disosiasi C – H pada reaksi tersebut!

Jika diketahui: C – Cl = 78,0 kkal

Cl – Cl = 58,0 kkal

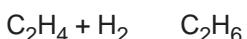
H – Cl = 103,2 kkal

4. Diketahui entalpi pembentukan:



Tentukan entalpi pembakaran propana membentuk gas $\text{CO}_{2(\text{g})}$ dan air!

5. Jika diketahui energi ikatan rata-rata C = C, H – H, C – C, C – H berturut-turut 145 Kkal/mol, 104 Kkal/mol, 83 Kkal/mol, 99 Kkal/mol. Tentukan perubahan entalpi dari reaksi berikut:



BAB

3

LAJU REAKSI

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menghitung konsentrasi larutan (molaritas larutan).
- Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (konsentrasi, luas permukaan , suhu, dan katalis) melalui percobaan.
- Menafsirkan grafik dari data percobaan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
- Menjelaskan pengaruh konsentrasi, luas permukaan bidang sentuh, dan suhu terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.
- Membedakan diagram energi potensial dari reaksi kimia yang menggunakan katalisator dan yang tidak menggunakan katalisator.
- Menjelaskan pengertian, peranan katalisator dan energi pengaktifan dengan menggunakan diagram.
- Menentukan orde dan waktu reaksi.
- Menjelaskan peranan katalis dalam makhluk hidup dan industri.

A. KONSEP LAJU REAKSI

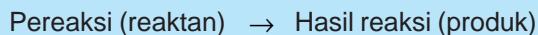
1. Pengertian laju reaksi

Kata Kunci

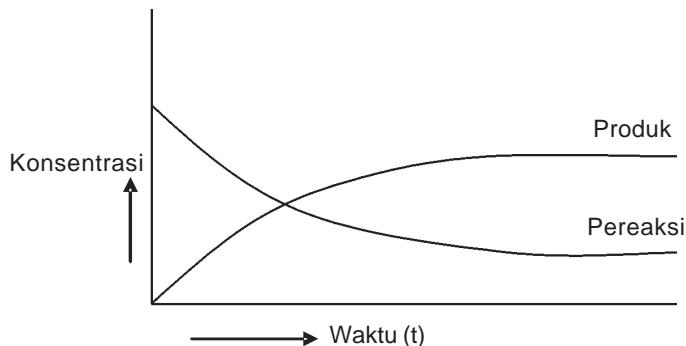
konsep, laju reaksi,

Reaksi kimia berlangsung dengan kecepatan yang berbeda-beda. Meledaknya petasan, adalah contoh reaksi yang berlangsung dalam waktu singkat. Proses perkaratan besi, pemotongan buah di pohon, dan fosilisasi sisa organisme merupakan peristiwa-peristiwa kimia yang berlangsung sangat lambat.

Reaksi kimia selalu berkaitan dengan perubahan dari suatu pereaksi (reaktan) menjadi hasil reaksi (produk).



Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai *berkurangnya jumlah (konsentrasi) pereaksi per satuan waktu* atau *bertambahnya jumlah (konsentrasi) hasil reaksi per satuan waktu*.



Gambar 3.1
Grafik hubungan perubahan konsentrasi terhadap waktu

Berdasarkan grafik diatas, maka:

$$\begin{aligned}\text{Laju reaksi} &= -\frac{\Delta [\text{Produk}]}{\Delta t} \\ &= v \text{ pereaksi} \quad = v \text{ produk}\end{aligned}$$

Di mana:

- [Pereaksi] = konsentrasi pereaksi (mol/Liter)
- [Produk] = konsentrasi produk (mol/Liter)
- Δt = perubahan waktu (detik)
- v = laju reaksi (M/detik)

(Tanda negatif menunjukkan bahwa konsentrasi pereaksi berkurang, sedangkan tanda positif menunjukkan bahwa konsentrasi produk bertambah)

2. Molaritas larutan (M) dan penggunaannya

Reaksi zat dalam bentuk larutan sering dipengaruhi oleh perbandingan komponen penyusun larutan. Larutan biasanya disebut encer, bila mengandung sedikit zat terlarut. Encer pekatnya larutan disebut konsentrasi.

Satuan laju reaksi umumnya dinyatakan dengan mol/liter.detik. Molaritas (mol/liter) adalah ukuran yang menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam satu liter larutannya.

Molaritas (M) =

Atau:

Molaritas (M) = \times

Contoh soal:

Berapa molaritas larutan yang dibuat dengan cara melarutkan 49 gram H_2SO_4 ($Mr = 98$) dalam air sampai volume 200 mL?

Jawab:

$$\text{Molaritas (M)} = \times \frac{1000}{\text{vol}}$$

$$= \times = 2,5 \text{ mol/ Liter (M)}$$

H_2SO_4
larutan
 200 mL

Adakalanya, larutan yang tersedia di laboratorium adalah larutan-larutan yang konsentrasi sangat tinggi (larutan pekat), sehingga bila kita memerlukan larutan dengan konsentrasi rendah maka kita perlu mengencerkannya terlebih dahulu.

Pengenceran adalah penambahan zat pelarut ke dalam suatu larutan yang pekat untuk mendapatkan larutan baru yang konsentrasi lebih rendah. Jumlah mol sebelum pengenceran harus sama dengan jumlah mol setelah pengenceran, sehingga:

$$\begin{aligned} n_1 &= n_2 \\ M_1 V_1 &= M_2 V_2 \end{aligned}$$

Dimana:

M_1 = konsentrasi molar awal

V_1 = volume larutan awal

M_2 = konsentrasi molar setelah pengenceran

V_2 = volume larutan setelah pengenceran

n_2 = konsentrasi molar setelah pengenceran

n_2 = volume larutan setelah pengenceran

B. PERSAMAAN LAJU REAKSI

Hubungan kuantitatif antara perubahan konsentrasi dengan laju reaksi dinyatakan dengan *Persamaan Laju Reaksi* atau *Hukum Laju Reaksi*.

Untuk reaksi:



maka bentuk umum persamaan lajunya adalah:

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

dimana:

v = laju reaksi (mol/ Liter. s)

k = tetapan laju reaksi

m = orde/tingkat reaksi terhadap A

n = orde/tingkat reaksi terhadap B

[A] = konsentrasi awal A (mol/ Liter)

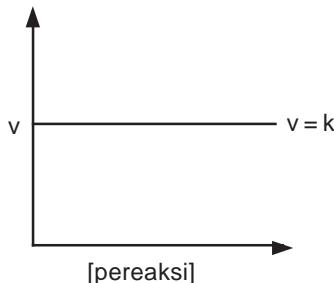
[B] = konsentrasi awal B (mol/ Liter)

Tingkat reaksi (orde reaksi) tidak sama dengan koefisien reaksi. Orde reaksi hanya dapat ditentukan melalui percobaan. Tingkat reaksi total adalah jumlah tingkat reaksi untuk setiap pereaksi.

$$\text{Orde reaksi total} = m + n$$

Orde reaksi menunjukkan hubungan antara perubahan konsentrasi pereaksi dengan perubahan laju reaksi. Hubungan antara kedua besaran ini dapat dinyatakan dengan **grafik orde reaksi**.

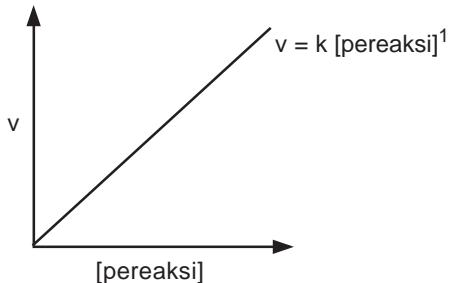
- Pada reaksi orde nol, laju reaksi tidak bergantung pada konsentrasi pereaksi.



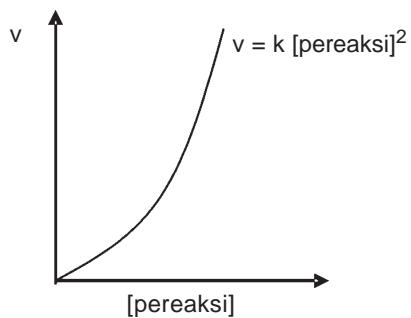
- Pada reaksi orde satu, laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi. Jika konsentrasi dinaikkan dua kali, maka laju reaksinya pun akan dua kali lebih cepat dari semula, dst.

Kata Kunci

persamaan, laju
reaksi, orde



- Pada reaksi orde dua, kenaikan laju reaksi akan sebanding dengan kenaikan konsentrasi pereaksi pangkat dua. Bila konsentrasi pereaksi dinaikkan dua kali, maka laju reaksinya akan naik menjadi empat kali lipat dari semula.



Dengan demikian, jika konsentrasi suatu zat dinaikkan a kali, maka laju reaksinya menjadi b kali; sehingga orde reaksi terhadap zat tersebut adalah :

$$a^x = b \quad \text{dimana } x = \text{orde reaksi}$$

Persamaan laju reaksi dapat ditentukan melalui eksperimen, yaitu dengan mengukur konsentrasi salah satu produk pada selang waktu tertentu selama reaksi berlangsung. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil percobaan penentuan laju reaksi antara gas hidrogen dengan nitrogen monoksida yang dilakukan pada suhu 800°C , menurut persamaan reaksi:



Percobaan ke-	[NO] awal (mol/dm ³)	[H ₂] awal (mol/dm ³)	Laju awal pembentukan N ₂ (mol/dm ³)
1	0,006	0,001	0,0030
2	0,006	0,002	0,0060
3	0,006	0,003	0,0090
4	0,001	0,006	0,0005
5	0,002	0,006	0,0020
6	0,003	0,006	0,0045

Dengan membandingkan percobaan (4) dan (5), nampak bahwa jika konsentrasi NO dinaikkan dua kali maka laju reaksi menjadi 4 kali lebih cepat; sedangkan dari percobaan (4) dan (6), jika konsentrasi NO dinaikkan 3 kali, maka laju reaksinya menjadi 9 kali lebih cepat.

$$v = k [NO]^2$$

=

=

=

$$m = 2$$

Dari percobaan (1) dan (2) terlihat bahwa jika konsentrasi gas H₂ dinaikkan 2 kali maka laju reaksinya menjadi 2 kali lebih cepat, dan jika konsentrasi H₂ dinaikkan 3 kali maka laju reaksinya menjadi 3 kali semula.

$$v = k [H_2]$$

=

=

=

$$n = 1$$

Dengan demikian, persamaan laju reaksinya menjadi:

$$v = k [NO]^2[H_2]$$

Untuk menentukan harga k, misalnya diambil data dari percobaan (2) :

$$v = k [NO]^2[H_2]$$

$$0,0060 \text{ mol/dm}^3 \cdot \text{s} = k (0,006 \text{ mol/dm}^3)^2 (0,002 \text{ mol/dm}^3)$$

$$k =$$

$$= 8,33 \cdot 10^4 \text{ mol}^{-2} \text{ dm}^6 \text{ s}^{-1}$$

Contoh soal:

Pada suhu 273°C , gas brom dapat bereaksi dengan gas nitrogen monoksida menurut persamaan reaksi:



Dari reaksi tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Perc. No	[NO ₂]	[Br ₂]	Kecepatan reaksi
1	0,1	0,05	6
2	0,1	0,1	12
3	0,1	0,2	24
4	0,2	0,05	24
5	0,3	0,05	54

Tentukan tingkat reaksi (orde) dari reaksi tersebut!

Pembahasan:

Persamaan laju reaksi untuk reaksi di atas:

$$v = k [\text{NO}_2]^m [\text{Br}_2]^n$$

Untuk menentukan orde reaksi terhadap NO₂, kita ambil yang konsentrasi Br₂ nya sama (tetap)

=

=

=

$$m = 2$$

Untuk menentukan orde reaksi terhadap Br₂, kita ambil yang konsentrasi NO₂ nya sama (tetap)

=

=

=

$$n = 1$$

Jadi persamaan laju reaksinya dapat diketahui:

$$v = k [NO_2]^2 [Br_2]$$

$$\begin{aligned} \text{Orde reaksi} &= m + n \\ &= 2 + 1 = 3 \end{aligned}$$

C. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI LAJU REAKSI

1. Konsentrasi

Larutan dengan konsentrasi yang besar (pekat) mengandung partikel yang lebih rapat, jika dibandingkan dengan larutan encer. Semakin tinggi konsentrasi berarti semakin banyak molekul-molekul dalam setiap satuan luas ruangan, akibatnya tumbukan antar molekul makin sering terjadi dan reaksi berlangsung semakin cepat.

Kata Kunci

faktor, konsentrasi, luas permukaan sentuh, temperatur, katalisator

Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan, makin besar laju reaksinya

2. Luas permukaan sentuh

Suatu zat akan bereaksi apabila bercampur dan bertumbukan. Pada pencampuran reaktan yang terdiri dari dua fasa atau lebih, tumbukan berlangsung pada bagian permukaan zat. Padatan berbentuk serbuk halus memiliki luas permukaan bidang sentuh yang lebih besar daripada padatan berbentuk lempeng atau butiran. Semakin luas permukaan partikel, maka frekuensi tumbukan kemungkinan akan semakin tinggi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

Laju reaksi berbanding lurus dengan luas permukaan reaktan

3. Temperatur

Setiap partikel selalu bergerak. Dengan naiknya suhu, energi gerak (kinetik) partikel ikut meningkat sehingga makin banyak partikel yang memiliki energi kinetik di atas harga energi aktivasi (E_a).

Kenaikan suhu akan memperbesar laju reaksi

Harga tetapan laju reaksi (k) akan berubah jika suhunya berubah. Berdasarkan hasil percobaan, laju reaksi akan menjadi 2 kali lebih besar untuk setiap kenaikan suhu 10°C .

=

- o = laju reaksi awal
- = laju reaksi setelah suhu dinaikkan
- t = kenaikan suhu ($t_2 - t_1$)

Contoh soal:

Setiap kenaikan suhu 20°C , laju reaksi menjadi 3 kali lebih cepat dari semula. Jika pada suhu 20°C laju reaksi berlangsung 9 menit, maka tentukan laju reaksi pada suhu 80°C !

Pembahasan:

$$T_1 = 20^{\circ}$$

$$T_2 = 80^{\circ}$$

$$T = 9 \text{ menit}$$

$$= \dots \cdot v_{t_2}$$

$$= \dots \cdot v_{t_2}$$

$$= 3^3 \cdot$$

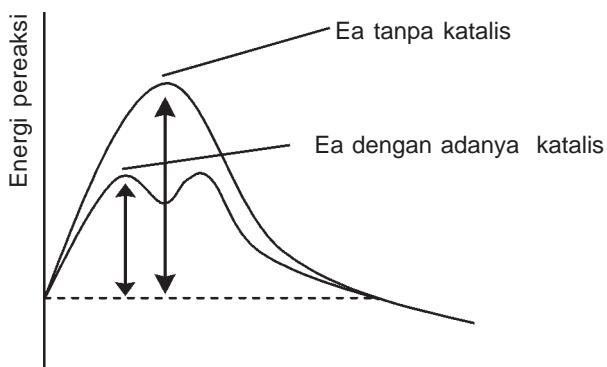
$$= 27 \cdot$$

$$= 27 \cdot$$

$$= t_2 = \dots = \text{menit}$$

4. Katalisator

Katalis adalah zat yang dapat memperbesar laju reaksi, tetapi tidak mengalami perubahan kimia secara permanen, sehingga pada akhir reaksi zat tersebut dapat diperoleh kembali. Katalis mempercepat reaksi dengan cara *menurunkan harga energi aktivasi (Ea)*. **Katalisis** adalah peristiwa peningkatan laju reaksi sebagai akibat penambahan suatu katalis. Meskipun katalis menurunkan energi aktivasi reaksi, tetapi ia tidak mempengaruhi perbedaan energi antara produk dan pereaksi. Dengan kata lain, *penggunaan katalis tidak akan mengubah entalpi reaksi*.



Gambar 3.2

Grafik energi pengaktifan berkurang dengan adanya katalis

Berdasarkan wujudnya, katalis dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen.

a. Katalis homogen

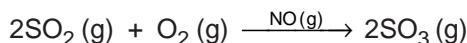
Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fasa yang sama dengan molekul pereaksi. Banyak contoh dari katalis jenis ini baik dalam fasa gas maupun dalam fasa cair atau larutan.

Contoh:

- Katalis dan pereaksi berwujud cair



- Katalis dan pereaksi berwujud gas



b. Katalis heterogen

Katalis heterogen berada dalam fasa yang berbeda dengan pereaksi; biasanya ada dalam bentuk padatan. Katalis heterogen biasanya melibatkan pereaksi fasa gas yang terserap pada permukaan katalis padat.

Terdapat dua jenis proses penyerapan gas pada permukaan padat, yaitu **adsorpsi** (penyerapan zat pada permukaan benda) dan **absorpsi** (penyerapan zat ke seluruh bagian benda).

Contoh:

Katalis berwujud padat, sedangkan pereaksi berwujud gas.

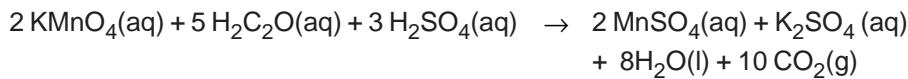
- $2\text{SO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5\text{(s)}} 2\text{SO}_3 \text{ (g)}$
- $\text{C}_2\text{H}_4 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)} \xrightarrow{\text{Ni(s)}} \text{C}_2\text{H}_6 \text{ (g)}$

c. Autokatalis

Autokatalis adalah zat hasil reaksi yang dapat berperan sebagai katalis.

Contoh:

MnSO_4 yang dihasilkan dari reaksi kalium permanganat dengan asam oksalat dalam suasana asam merupakan autokatalis reaksi tersebut.



Disamping itu, ada beberapa zat yang dapat memperlambat suatu reaksi. Zat tersebut dinamakan **antikatalis**, karena sifatnya berlawanan dengan katalis.

- **Inhibitor**

Inhibitor adalah zat yang memperlambat atau menghentikan jalannya reaksi.

Contoh:

SnCl_2 bersifat inhibitor pada reaksi :

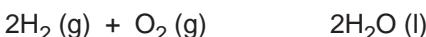


- **Racun katalis**

Racun katalis adalah zat yang dalam jumlah sedikit dapat menghambat kerja katalis.

Contoh:

CO_2 , CS_2 , atau H_2S merupakan racun katalis pada reaksi :



KEGIATAN 3.1

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Tujuan

Menyelidiki pengaruh luas permukaan, suhu, konsentrasi, dan katalisator terhadap laju reaksi.

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Ukuran/satuan	Jumlah
Tabung reaksi	-	5
Gelas kimia	250 mL	5
Sumbat tabung	-	5
Alat pengukur waktu	-	1
Termometer	100 °C	1
Pipet tetes	-	5
Lampu spiritus	-	1
Kaki tiga	-	1
Pualam	Keping dan serbuk	5 gram
Larutan asam klorida	1 M, 2 M, dan 3 M	10 mL
Larutan asam oksalat	0,1 M	10 mL
Larutan asam sulfat	1 M	10 mL
Larutan kalium permanganat	0,1 M	10 mL

a. *Pengaruh luas permukaan*

1. Masukkan 10 mL larutan HCL 3 M ke dalam gelas kimia.
2. Tambahkan keping-keping pualam dan catat waktu sejak penambahan tersebut sampai pualam habis bereaksi.
3. Ulangi kegiatan di atas dengan menggunakan 10 mL HCL 3 M dan pualam yang telah digerus halus. Catat waktunya.
4. Bandingkan kedua percobaan tersebut dan buatlah kesimpulannya.

b. *Pengaruh suhu*

1. Masukkan 10 mL asam oksalat 0,1 M ke dalam gelas kimia. Tambahkan 2 mL asam sulfat 1 M. Ukur suhunya dan letakkan di atas kertas putih. Masukkan 4 mL kalium permanganat 0,1 M ke dalam campuran di atas sambil memijit stopwatch. Aduk campuran tersebut dan amati hilangnya warna kalium permanganat. Matikan stopwatch pada saat warna kalium permanganat tepat hilang. Catat waktu yang digunakan.
2. Masukkan 10 mL asam oksalat 0,1 M ke dalam gelas kimia. Tambahkan 2 mL asam sulfat 1 M. Panaskan campuran tersebut sampai suhunya 20°C dari suhu yang diamati pada kegiatan 1, atau sampai suhunya 40°C . Letakkan di atas kertas putih. Segera masukkan 4 mL kalium permanganat 0,1 mL ke dalam campuran di atas sambil memijit stopwatch. Aduk campuran tersebut dan amati hilangnya warna kalium permanganat. Matikan stopwatch pada saat warna kalium permanganat tepat hilang. Catat waktu yang digunakan.
3. Lakukan kegiatan 1 dan 2 di atas di mana suhunya setiap kali naik 20°C dari percobaan sebelumnya. Pemanasan dilakukan sampai suhu larutan mendidih.
4. Tuliskan seluruh hasil pengamatan pada lembar data pengamatan dan diskusikan hasilnya.

c. *Pengaruh katalis*

1. Masukkan 10 mL asam oksalat 0,1 M dalam gelas kimia.
 2. Tambahkan 2 mL asam sulfat 1 M. Kemudian tambahkan 0,5 mL mangan sulfat 0,1 M. Letakkan di atas kertas putih. Masukkan 4 mL kalium permanganat 0,1 M ke dalam campuran di atas sambil memijit stopwatch.
 3. Aduk campuran tersebut dan amati hilangnya warna kalium permanganat. Matikan stopwatch pada saat warna kalium permanganat tepat hilang.
 4. Catat waktu yang digunakan.
 5. Bandingkan hasil pengamatan ini dengan hasil pengamatan pada kegiatan A1, dan tuliskan hasil pengamatan pada lembar data pengamatan, kemudian diskusikan hasilnya.
-

D. PERANAN KATALIS DALAM MAHLUK HIDUP DAN INDUSTRI

1. Peranan katalis dalam mahluk hidup

Telah diketahui bahwa laju reaksi akan meningkat secara tajam dengan naiknya suhu. Jika reaksi tertentu tidak cukup cepat pada suhu normal, kita dapat mempercepat lajunya dengan meningkatkan suhu reaksi. Namun demikian, terkadang upaya ini tidak layak dilakukan. Misalnya, sel mahluk hidup dirancang untuk beroperasi pada suhu sekitar 37°C. Akan tetapi, banyak reaksi biokimia dalam tubuh yang akan berlangsung terlalu lambat pada suhu ini bila tidak ada campur tangan zat lain.

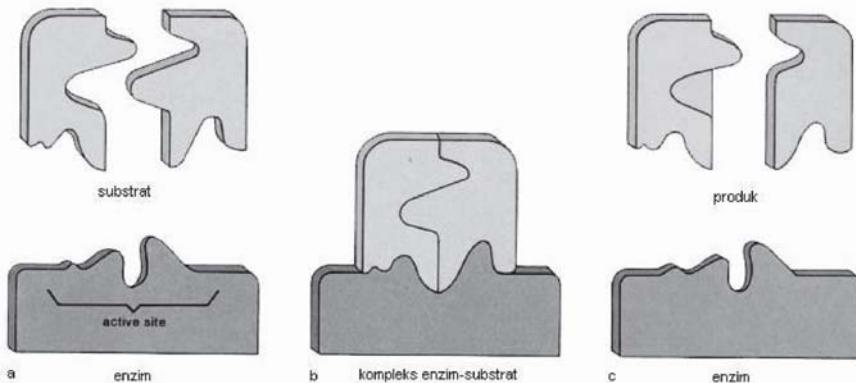
Kata Kunci

katalis, makhluk hidup, industri

Dalam tubuh kita, berbagai proses biokimia dipercepat oleh katalis yang disebut **enzim** (biokatalis). Enzim-enzim ini selalu bekerja secara spesifik; suatu reaksi hanya dapat dipercepat oleh enzim tertentu, ibarat lubang kunci dengan anak kuncinya. Enzim membentuk kompleks dengan substrat (zat yang akan dipercepat reaksinya), lalu kompleks itu terurai menghasilkan zat yang diinginkan, sedangkan enzim dikembalikan lagi ke bentuknya semula.

Contoh:

- *Enzim oksidase* mempercepat reaksi oksidasi
- *Enzim hidrolase* mempercepat pemecahan bahan makanan melalui reaksi hidrolisis.



Gambar 3.3

Pembentukan suatu zat dengan menggunakan katalis enzim

Sumber: <http://universe-review.ca/>

2. Peranan katalis dalam industri

Dalam proses industri, penggunaan suhu yang lebih tinggi untuk mempercepat reaksi seperti proses Haber untuk sintesis ammonia bisa saja dilakukan, akan tetapi biaya operasionalnya akan menjadi sangat mahal. Di dalam industri kimia, meningkatkan suhu berarti menambah biaya untuk pasokan energi. Oleh karena itu, diperlukan suatu zat yang mampu mempercepat reaksi tanpa harus meningkatkan suhu atau tekanan sehingga biaya produksi menjadi lebih murah. Zat tersebut adalah katalis.

a. Proses kontak (pembuatan asam sulfat)

Reaksi pembuatan asam sulfat dilakukan melalui beberapa tahap:

- 1) $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- 2) $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$
- 3) $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

Reaksi tahap (2) berlangsung sangat lambat, sehingga perlu ditambahkan katalis vanadium (V) oksida, V_2O_5

b. Proses Haber-Bosch (pembuatan amonia)

Amonia adalah salah satu senyawa yang sangat dibutuhkan dalam industri pupuk. Senyawa ini dibuat melalui reaksi antara gas nitrogen dan gas hidrogen.



Reaksi tersebut berjalan sangat lambat pada suhu rendah, sedangkan pada suhu tinggi gas NH_3 yang dihasilkan cenderung terurai kembali menjadi gas nitrogen dan gas hidrogen. Atas dasar itulah, diperlukan suatu kondisi yang memungkinkan agar reaksi dapat berlangsung cepat pada suhu rendah.

Setelah melakukan penelitian yang cukup lama, pada tahun 1905 **Fritz Haber** berhasil menemukan cara membuat gas NH_3 yang efisien, yaitu dengan menambahkan katalis berupa serbuk besi (besi plus). Katalisator ini dibuat dari besi yang dicampur dengan sedikit kalium oksida dan alumunium. Penambahan katalisator Fe tersebut menyebabkan produksi gas amonia dapat berlangsung efektif pada suhu $500^\circ C$. Proses ini selanjutnya dikenal dengan *Proses Haber*.

Ringkasan

Reaksi kimia berlangsung dengan kecepatan yang berbeda-beda. Reaksi kimia selalu berkaitan dengan perubahan dari suatu pereaksi (reaktan) menjadi hasil reaksi (produk). Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai berkurangnya jumlah (konsentrasi) pereaksi per satuan waktu atau bertambahnya jumlah (konsentrasi) hasil reaksi per satuan waktu.

Hubungan kuantitatif antara perubahan konsentrasi dengan laju reaksi dinyatakan dengan **Persamaan Laju Reaksi**. Persamaan laju reaksi dapat ditentukan melalui eksperimen, yaitu dengan mengukur konsentrasi salah satu produk pada selang waktu tertentu selama reaksi berlangsung.

Cepat lambatnya laju reaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : Konsentrasi, dimana semakin tinggi konsentrasi suatu larutan, makin besar laju reaksinya; Luas permukaan sentuh, dimana laju reaksi berbanding lurus dengan luas permukaan reaktan; Temperatur, dimana kenaikan suhu akan memperbesar laju reaksi; dan Katalis. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan harga energi aktivasi (E_a). Berbagai proses biokimia yang terjadi dalam tubuh kita dipercepat oleh katalis yang disebut **enzim** (biokatalis).

GLOSARIUM

- Absorpsi : penyerapan zat pada permukaan benda
Adsorpsi : penyerapan zat pada ke seluruh bagian benda
Inhibitor : zat yang memperlambat atau menghentikan jalannya reaksi
Katalis : zat yang dapat memperbesar laju reaksi, tetapi tidak mengalami perubahan kimia secara permanen, sehingga pada akhir reaksi zat tersebut dapat diperoleh kembali
Katalisis : peristiwa peningkatan laju reaksi sebagai akibat penambahan suatu katalis
Racun katalis: zat yang dalam jumlah sedikit dapat menghambat kerja katalis

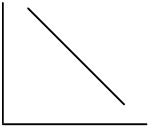
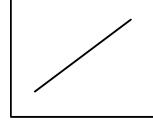
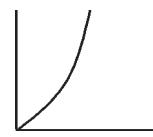
SOAL-SOAL LATIHAN BAB 3

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Larutan NaCl ($M_r = 58,5$) mempunyai konsentrasi 0,2 M; artinya dalam
 - A. 1 liter larutannya terdapat 2 gram NaCl
 - B. 1 liter pelarutnya terdapat 0,2 mol NaCl
 - C. 2 liter pelarutnya terdapat 0,4 mol NaCl
 - D. 500 mL pelarutnya terdapat 4 gram NaCl
 - E. 500 mL larutannya terdapat 0,2 mol NaCl
2. Ke dalam 250 mL larutan 0,1 M NaOH, dilakukan pengenceran dengan menambahkan 500 mL air. Kemolaran larutan sekarang adalah
 - A. 0,02 M
 - B. 0,3 M
 - C. 0,025 M
 - D. 0,04 M
 - E. 0,033 M
3. Molaritas larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dibuat dengan melarutkan 0,10 mol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ke dalam air sampai volumenya 2 liter adalah
 - A. 2,50 M
 - B. 2,00 M
 - C. 0,50 M
 - D. 0,20 M
 - E. 0,05 M
4. Jika perubahan konsentrasi salah satu pereaksi tidak mempengaruhi laju reaksi, maka orde reaksi terhadap pereaksi tersebut adalah
 - A. 4
 - B. 3
 - C. 2
 - D. 1
 - E. 0

5. Laju reaksi untuk persamaan: $P + Q \rightarrow PQ$
 Pada setiap saat dapat dinyatakan bahwa
 A. penambahan konsentrasi P tiap satuan waktu
 B. penambahan konsentrasi P dan Q tiap satuan waktu
 C. penambahan konsentrasi P, Q dan PQ tiap satuan waktu
 D. penambahan konsentrasi PQ tiap satuan waktu
 E. penambahan konsentrasi P dan PQ tiap satuan waktu
6. Pada reaksi:

$$3A(g) + B(g) + 2C(g) \rightarrow D(g) + 2E(g)$$
 Jika kecepatan pembentukan D adalah $= k [A][B]^2$
 Maka kecepatan reaksinya tidak dipengaruhi oleh perubahan
 A. temperatur D. konsentrasi B
 B. suhu E. konsentrasi C
 C. konsentrasi A
7. Laju reaksi dari $A(g) + B(g) \rightarrow C(g)$ adalah $v = k[A][B]^2$. Jika volume yang ditempati gas-gas tersebut diubah menjadi kali volume semula, maka laju reaksinya dibandingkan semula akan menjadi
 A. kali D. kali
 B. 16 kali E. 64 kali
 C. 32 kali
8. Grafik yang menyatakan reaksi orde satu adalah
 A.
 B. 
 C. 
 D. 
 E. 
9. Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi karena
 A. kenaikan suhu akan menyebabkan konsentrasi pereaksi meningkat
 B. frekuensi tumbukan semakin tinggi
 C. dalam reaksi kimia suhu berperan sebagai katalisator

Dengan demikian, reaksi tersebut termasuk reaksi orde ke

- A. 0 D. 3
B. 1 E. 4
C. 2
16. Faktor-faktor berikut mempengaruhi laju reaksi, kecuali
A. jumlah zat pereaksi D. suhu
B. katalisator E. konsentrasi awal zat pereaksi
C. luas permukaan sentuhan
17. Reaksi akan berlangsung 3 kali lebih cepat dari semula setiap kenaikan 20°C . Jika pada suhu 30°C suatu reaksi berlangsung 3 menit, maka pada suhu 70°C reaksi akan berlangsung selama
A. $\frac{1}{3}$ menit D. 4 menit
B. $\frac{2}{3}$ menit E. 12 menit
C. 1 menit
18. Data percobaan laju reaksi untuk:



Percobaan	Konsentrasi		Laju reaksi
	[NO]	[H ₂]	
1	4×10^{-3}	$1,5 \times 10^{-3}$	32×10^{-7}
2	4×10^{-3}	$3,0 \times 10^{-3}$	64×10^{-7}
3	4×10^{-3}	$6,0 \times 10^{-3}$	130×10^{-7}
4	2×10^{-3}	$6,0 \times 10^{-3}$	32×10^{-7}
5	1×10^{-3}	$6,0 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-7}$

Berdasarkan data di atas, maka rumus laju reaksi yang benar adalah

- A. $v = k(\text{NO})(\text{H}_2)$ D. $v = k(\text{NO})^2$
B. $v = k(\text{NO})(\text{H}_2)^2$ E. $v = k(\text{H}_2)^2$
C. $v = k(\text{NO})^2(\text{H}_2)$
19. Pada reaksi $2\text{A} + \text{B} + 2\text{C} \rightarrow \text{D} + 2\text{E}$, kecepatan reaksinya adalah $V = k(\text{A}).(\text{B})^2$. Kecepatan reaksi ini tidak dipengaruhi oleh
A. konsentrasi A D. suhu
B. konsentrasi B E. tekanan
C. konsentrasi C
20. Suatu reaksi berlangsung pada suhu 20°C . Bila pada setiap kenaikan 10°C tetapan laju reaksinya meningkat 2 kali, maka laju reaksi pada 60°C dibandingkan dengan 20°C akan meningkat
A. 2 kali D. 32 kali
B. 8 kali E. 64 kali
C. 16 kali

II. Uraian

1. Diketahui reaksi: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$

Jika konsentrasi I_2 bertambah dari 0 menjadi 10^{-5} mol/L dalam 10 sekon, berapa laju reaksi untuk persamaan tersebut?

2. Dari persamaan reaksi: A + B → C

Diperoleh data sebagai berikut:

[A] molar	[A] molar	Laju reaksi molar/jam
0,1	0,05	23
0,1	0,20	21
0,2	0,20	28

Tentukan persamaan laju dari data diatas!

3. Untuk reaksi P (g) + Q (g) → PQ (g) diperoleh data sebagai berikut:

No	[P] M	[Q] M	v (M/s)
1	0,05	0,40	2
2	0,20	0,40	8
3	0,40	0,80	32

Tentukan:

- persamaan lajunya
 - orde reaksi total
 - harga k
4. Suatu reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap kenaikan temperatur sebesar 10°C . Tentukan waktu reaksi pada temperatur 75°C jika diketahui waktu reaksi pada suhu 45°C adalah 48 detik!
5. Persamaan laju reaksi untuk $\text{P} + 2\text{Q} \rightarrow \text{R}$ adalah $v = k [\text{P}][\text{Q}]^2$. Jika konsentrasi P dan Q masing-masing 1 molar, maka pada saat konsentrasi P tinggal $\frac{1}{2}$ molar, tentukan laju reaksinya!

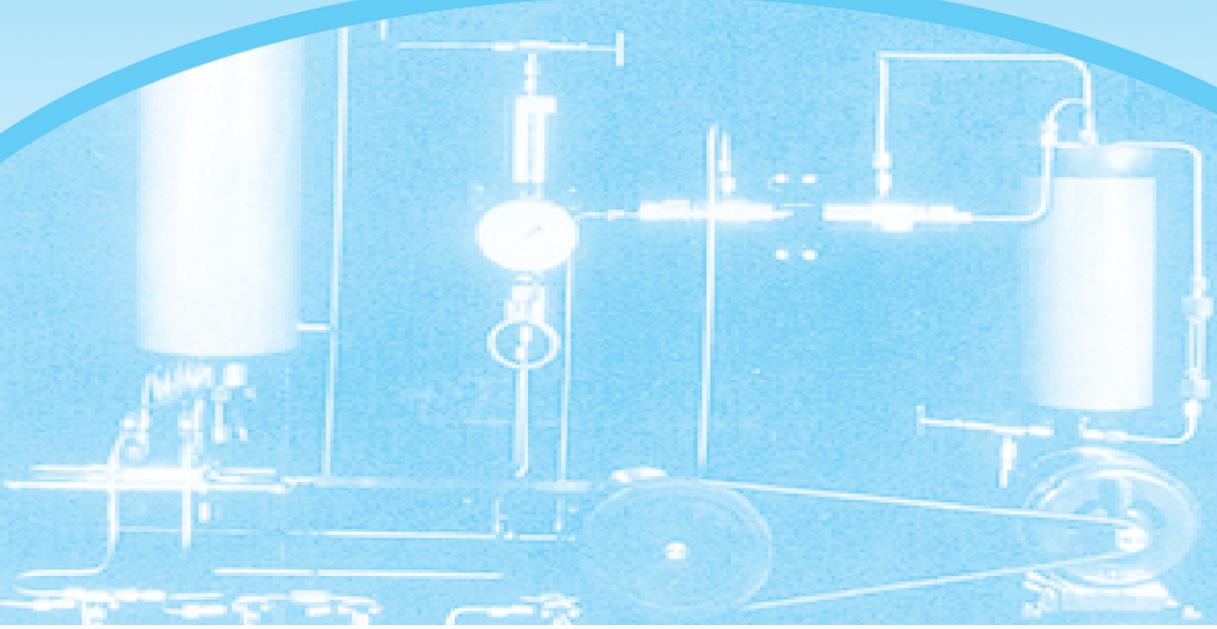
BAB

4

KESETIMBANGAN KIMIA

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menjelaskan kesetimbangan dinamis.
- Menjelaskan kesetimbangan homogen dan heterogen.
- Menjelaskan tetapan kesetimbangan.
- Meramalkan arah pergeseran kesetimbangan dengan menggunakan azas Le Chatelier
- Menganalisis pengaruh perubahan suhu, konsentrasi, tekanan, dan volum pada pergeseran kesetimbangan melalui percobaan
- Menafsirkan data percobaan mengenai konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi pada keadaan setimbang untuk menentukan derajat disosiasi dan tetapan kesetimbangan
- Menghitung harga K_c berdasarkan konsentrasi zat dalam kesetimbangan
- Menghitung harga K_p berdasarkan tekanan parsial gas pereaksi dan hasil reaksi pada keadaan setimbang
- Menghitung harga K_c berdasarkan K_p atau sebaliknya.
- Menjelaskan kondisi optimum untuk memproduksi bahan-bahan kimia di industri



A. KONSEP KESETIMBANGAN DINAMIS

1. Reaksi berkesudahan dan dapat balik

Berdasarkan arahnya, reaksi dapat dibedakan menjadi reaksi berkesudahan (*irreversible*/ satu arah) dan reaksi dapat balik (*reversible*/ dua arah). Pada reaksi berkesudahan, hasil reaksi tidak dapat diubah lagi menjadi zat pereaksi. Misalnya, pada reaksi pembakaran kayu atau proses pengkaratan besi. Abu atau arang hasil pembakaran tidak dapat diubah kembali menjadi kayu seperti semula. Di lain pihak, ada reaksi dapat balik, yaitu reaksi yang berlangsung dalam dua arah. Artinya, zat-zat hasil reaksi dapat bereaksi kembali membentuk zat pereaksi. Sebagai contoh, reaksi antara timbal (II) sulfat dengan natrium iodida.

- Jika serbuk timbal (II) sulfat direaksikan dengan larutan natrium iodida, terbentuk endapan kuning dari timbal (II) iodida:
 $PbSO_4(s) + 2 NaI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + Na_2SO_4(aq)$
- Sebaliknya, bila endapan timbal (II) iodida direaksikan dengan larutan natrium sulfat , maka akan terbentuk kembali endapan timbal (II) sulfat yang berwarna putih:
 $PbI_2(s) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2 NaI(aq)$
- Kedua reaksi tersebut dapat digabungkan sebagai berikut :
 $PbSO_4(s) + 2NaI(aq) \rightleftharpoons PbI_2(s) + Na_2SO_4(aq)$

Penulisan reaksi bolak balik ditandai dengan dua panah yang arahnya berlawanan. Dengan demikian, pada reaksi tersebut terjadi proses **kesetimbangan dinamis**, yaitu proses bolak balik yang lajunya sama untuk kedua arah.

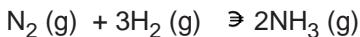
2. Keadaan setimbang

Meskipun sebagian besar reaksi bersifat reversibel, akan tetapi tidak semua reaksi dapat balik bisa menjadi reaksi setimbang. Agar suatu reaksi dapat mencapai kondisi setimbang, diperlukan beberapa syarat, antara lain:

a. Berupa reaksi bolak-balik

Suatu reaksi dapat menjadi reaksi kesetimbangan jika reaksi baliknya dapat dengan mudah terjadi secara bersamaan. Terkadang kita memerlukan adanya pengaruh dari luar agar suatu reaksi menjadi dapat balik. Pada umumnya, reaksi-reaksi homogen (reaksi yang fasa-fasa pereaksi dan hasil reaksinya sama) akan lebih mudah berlangsung bolak balik dibandingkan dengan reaksi yang heterogen.

Contoh:



Biasanya, reaksi heterogen hanya dapat berlangsung bolak balik pada suhu tinggi.

Contoh:



Kata Kunci

reversibel, ireversibel,
setimbang, dinamis

b. Bersifat dinamis

Suatu reaksi kesetimbangan tidaklah statis, melainkan bersifat dinamis. Artinya, secara makroskopis reaksi berlangsung terus menerus dalam dua arah dengan laju yang sama. Karena laju pembentukan zat ke ruas kanan sama dengan laju pembentukan zat ke ruas kiri, maka pada keadaan setimbang jumlah masing-masing zat tidak lagi berubah, sehingga reaksi tersebut dianggap telah selesai. Berlangsungnya suatu reaksi secara makroskopis dapat dilihat dari perubahan suhu, tekanan, konsentrasi, atau warnanya; sementara perubahan dalam skala mikroskopis atau molekul tidak dapat teramat.

c. Dilakukan dalam sistem tertutup

Kesetimbangan kimia hanya dapat berlangsung dalam sistem tertutup. Sistem tertutup adalah suatu sistem reaksi dimana baik zat-zat yang bereaksi maupun zat-zat hasil reaksi tidak ada yang meninggalkan sistem. Reaksi antara timbal (II) sulfat dengan larutan natrium iodida tidak mungkin berlangsung bolak-balik jika timbal (II) iodida yang terbentuk pada reaksi tersebut dibuang atau dihilangkan dari sistem.

B. PERGESERAN KESETIMBANGAN

1. Asas Le Chatelier

Pada dasarnya, suatu reaksi kesetimbangan dapat digeser ke arah yang kita kehendaki dengan cara mengubah konsentrasi salah satu zat, dengan mengubah suhu, dan dengan mengubah tekanan atau volume gas. Seberapa besar pengaruh dari faktor-faktor luar tersebut terhadap kesetimbangan, dapat diramalkan berdasarkan pemahaman terhadap azas *Le Chatelier* yang dikemukakan oleh **Henry Louis Le Chatelier** (1850-1936) berikut:

Jika terhadap suatu kesetimbangan dilakukan aksi (tindakan) tertentu, maka sistem itu akan berubah sedemikian rupa sehingga pengaruh aksi tersebut akan menjadi sekecil mungkin

Kata Kunci

pergeseran, faktor, kesetimbangan



Gambar 4.1

Henry Louis Le Chatelier
Sumber: <http://content.answers.com/main/content/wp/>

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan

- Perubahan konsentrasi
 - Jika salah satu *konsentrasi zat diperbesar*, reaksi akan bergeser *dari arah zat tersebut*
 - Jika salah satu *konsentrasi zat diperkecil*, reaksi akan bergeser *ke arah zat tersebut*

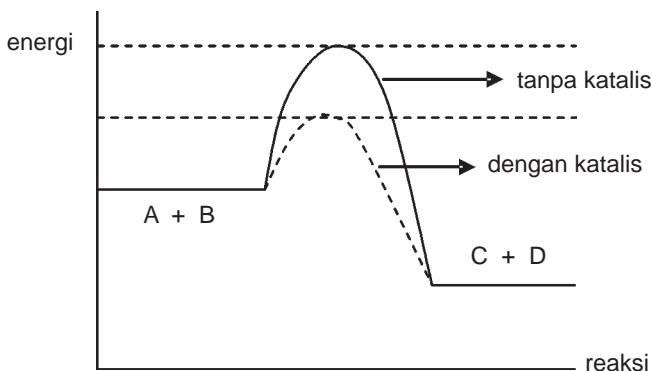
- Perubahan suhu
 - Jika *suhu dinaikkan*, reaksi akan bergeser ke arah reaksi *endoterm*
 - Jika *suhu diturunkan*, reaksi akan bergeser ke arah reaksi *eksoterm*
- Perubahan tekanan atau volume
 - Jika *tekanan diperbesar (volume diperkecil)*, reaksi akan bergeser ke arah jumlah *mol gas yang lebih kecil*
 - Jika *tekanan diperkecil (volume diperbesar)*, reaksi akan bergeser ke arah jumlah *mol gas yang lebih besar*

Penambahan katalisator

Suatu katalis akan mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Kehadiran katalis akan menurunkan energi pengaktifan baik untuk reaksi maju maupun untuk reaksi balik, sehingga keduanya mempunyai laju yang lebih besar.

Perhatikan diagram yang melukiskan reaksi kesetimbangan

$A + B \rightarrow C + D$ berikut ini!



Gambar 4.2

Diagram yang menunjukkan katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan

Perlu diperhatikan bahwa dalam reaksi kesetimbangan, adanya katalisator tidak mengakibatkan terjadinya pergeseran kesetimbangan, tetapi hanya mempercepat tercapainya keadaan setimbang. Dengan demikian, penambahan katalis dilakukan pada awal reaksi (sebelum kesetimbangan tercapai) karena penambahan katalis setelah tercapai kesetimbangan tidak akan ada gunanya.

Contoh soal:

Pada reaksi kesetimbangan



Ke arah manakah reaksi akan bergeser apabila:

- Gas Cl_2 ditambahkan ke dalam campuran
- Gas PCl_5 ditambahkan ke dalam campuran
- Suhu dinaikkan
- Tekanan diperbesar

Jawab:

- Penambahan gas Cl_2 akan menggeser reaksi ke kanan
- Penambahan gas PCl_5 akan menggeser reaksi ke kiri
- Peningkatan suhu akan menggeser reaksi ke arah endoterm, yaitu ke arah kanan
- Tekanan diperbesar akan menggeser kearah yang jumlah molnya lebih kecil yaitu ke arah kanan

C. TETAPAN KESETIMBANGAN

1. Hukum kesetimbangan

Pada tahun 1864 **Cato Maximillian Gulberg** dan **Peter Wage** menemukan adanya suatu hubungan yang tetap antara konsentrasi komponen dalam kesetimbangan. Hubungan yang tetap ini disebut dengan *hukum kesetimbangan* atau *hukum aksi massa*.

Kata Kunci

tetapan, persamaan, konsentrasi, tekanan, gas

Tabel berikut ini menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi dari zat-zat yang ada pada kondisi setimbang untuk reaksi:

Perc. ke-	[N ₂]	[H ₂]	[NH ₃]	[]	[]	[]	[N ₂][H ₂][NH ₃]
1	$0,11 \times 10^{-3}$	$0,11 \times 10^{-3}$	$2,73 \times 10^{-7}$	0,225	0,0509	$3,30 \times 10^{-13}$	
2	$0,25 \times 10^{-3}$	$0,55 \times 10^{-3}$	$4,58 \times 10^{-6}$	0,333	0,0504	$6,29 \times 10^{-11}$	
3	$5,50 \times 10^{-1}$	$6,50 \times 10^{-1}$	$8,86 \times 10^{-2}$	0,247	0,0519	$3,10 \times 10^{-2}$	
4	$2,50 \times 10^{-1}$	$7,50 \times 10^{-1}$	$7,40 \times 10^{-2}$	1,973	0,0519	$1,38 \times 10^{-3}$	

Percobaan dilakukan pada suhu tetap, yaitu 673 K dengan konsentrasi awal pereaksi yang bervariasi. Kita dapat melihat bahwa konsentrasi kesetimbangan selalu berubah bergantung pada konsentrasi awal zat yang direaksikan. Namun, hasil kali konsentrasi setimbang zat di ruas kanan dibagi dengan hasil kali konsentrasi setimbang zat di ruas kiri, masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya, menghasilkan harga yang tetap, yaitu sekitar 0,0509. Besaran ini disebut tetapan kesetimbangan yang dinyatakan dengan lambang K_c .

Hukum kesetimbangan:

“Hasil kali konsentrasi setimbang zat di ruas kanan dibagi dengan hasil kali konsentrasi setimbang zat di ruas kiri, masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya, mempunyai harga tetap pada suhu tetap.”

2. Persamaan tetapan kesetimbangan

Secara umum, persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi:



$$K_c = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$$

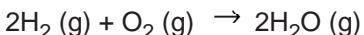
Karena konsentrasi zat dinyatakan dalam satuan molar (M), maka satuan K_c adalah:

$$K_c = M^{(p+q)-(m+n)}$$

3. Menentukan K_c untuk reaksi kesetimbangan homogen

Reaksi kesetimbangan homogen merupakan reaksi kesetimbangan yang terdiri dari zat-zat yang wujudnya sama, yaitu berupa gas.

Perhatikanlah reaksi kesetimbangan berikut:



Maka harga K_c :

$$K_c = \frac{[H_2O]^2}{[H_2]^2 [O_2]}$$

Contoh soal:

Tentukan tetapan kesetimbangan untuk reaksi berikut:

- $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$
- $N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

Jawab:

$$a. K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$b. K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

4. Menentukan K_c untuk reaksi kesetimbangan heterogen

Reaksi kesetimbangan heterogen merupakan reaksi kesetimbangan yang terdiri dari zat-zat yang berbeda wujudnya. Wujud zat tersebut bias berupa padat (s), gas (g), cair (l), dan larutan (aq).

Perhatikan beberapa contoh reaksi kesetimbangan berikut:

- $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$, maka harga $K_c = [H_2]^2 [O_2]$
- $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$, maka harga $K_c = [CO_2]$

- c. $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, maka harga $K_c = \frac{1}{[\text{NH}_3][\text{HCl}]}$
- d. $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$, maka harga $K_c = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$

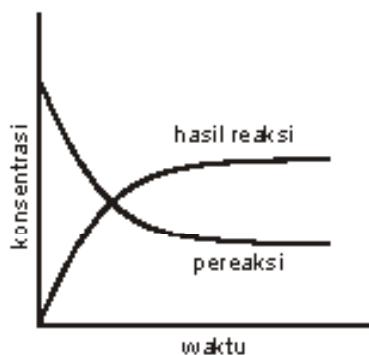
Dari contoh-contoh diatas, yang dapat dimasukkan dalam rumus K_c hanyalah *gas (g)* dan *larutan (aq)* saja. Sedangkan *padat (s)* dan *cairan (l)* tidak diikutsertakan dalam K_c , karena nilainya 1.

5. Hubungan K_c dengan persamaan kimia yang setara

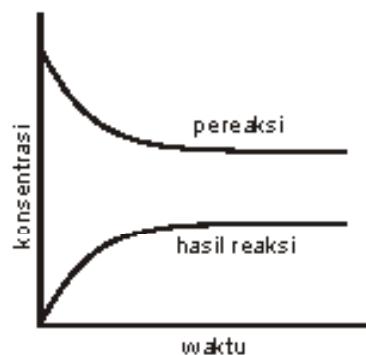
Persamaan reaksi setara yang dimaksud adalah beberapa persamaan reaksi kesetimbangan yang berasal dari satu persamaan reaksi kesetimbangan. Beberapa persamaan reaksi kesetimbangan tersebut diperoleh dengan mengalikan atau membalikan persamaan reaksi kesetimbangan tertentu dengan suatu bilangan.

Berikut ini adalah beberapa hal penting mengenai tetapan kesetimbangan (K) :

- Harga K dipengaruhi oleh suhu
Apabila suhu tetap, maka harga K tetap. Jika suhu berubah, maka harga K juga akan berubah.
 - Pada reaksi *endoterm*, K berbanding *lurus* dengan suhu
 - Pada reaksi *eksoterm*, K berbanding *terbalik* dengan suhu
- Harga K merupakan ukuran seberapa banyak produk yang terbentuk pada kondisi setimbang
 - Jika $K > 1$, maka hasil reaksi pada kesetimbangan lebih banyak daripada pereaksi.
 - Jika $K < 1$, maka hasil reaksi pada kesetimbangan lebih sedikit daripada pereaksi



kurva dengan $K > 1$



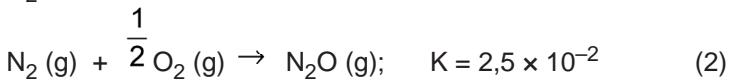
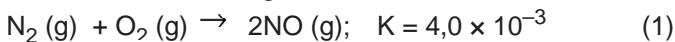
kurva dengan $K < 1$

Gambar 4.3
Konsentrasi zat pada reaksi kesetimbangan

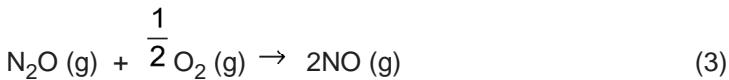
- Setiap reaksi kesetimbangan mempunyai harga tertentu, yang dapat dibandingkan antara satu dengan yang lainnya.
 - Jika reaksi dibalik $\rightarrow K$ menjadi $1/K$
 - Jika reaksi dibagi $x \rightarrow K$ menjadi $\sqrt[x]{K}$
 - Jika reaksi dikali $x \rightarrow K$ menjadi K^x
 - Jika beberapa reaksi dijumlahkan, semua harga K harus dikalikan

Contoh soal:

Diketahui reaksi sebagai berikut :



Hitunglah harga K dari reaksi:



Jawab:

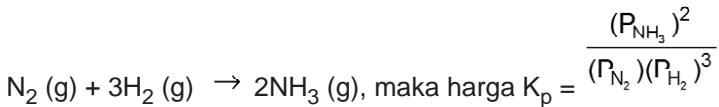
Supaya dapat *dijumlahkan* menjadi reaksi (3), maka reaksi (1) tetap dan reaksi (2) dibalik. Jika reaksi dijumlahkan, maka kedua harga K harus dikalikan.

$$\begin{aligned} K_3 &= K_1 \times \frac{1}{K_2} \\ &= 4,0 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2,5 \times 10^{-2}} = 1,6 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

6. Tetapan kesetimbangan tekanan parsial (K_p)

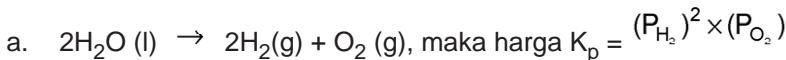
Tetapan kesetimbangan untuk sistem kesetimbangan gas selain dapat dinyatakan berdasarkan konsentrasi, juga dapat dinyatakan berdasarkan tekanan parsial gas. Tetapan kesetimbangan yang berdasarkan tekanan parsial gas disebut tetapan kesetimbangan tekanan parsial gas atau dinyatakan dengan K_p .

Contoh:



7. Tetapan kesetimbangan parsial gas (K_p) untuk reaksi kesetimbangan heterogen

Sama halnya dengan reaksi kesetimbangan (K_c) heterogen, reaksi kesetimbangan heterogen parsial gas (K_p) juga merupakan reaksi kesetimbangan yang terdiri dari zat-zat yang berbeda wujudnya. Ketentuan perhitungan tetapan kesetimbangannya (K_p) sama dengan K_c , yaitu hanya gas (g), dan larutan (aq) yang dimasukkan sedangkan padat (s) dan cairan (l) tidak dimasukkan. Untuk lebih jelasnya perhatikan beberapa contoh berikut:



- b. $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$, maka harga $K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}}{1}$
- c. $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, maka harga $K_p = \frac{1}{(P_{\text{NH}_3})(P_{\text{HCl}})}$
- d. $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$, maka harga $K_p = (P_{\text{Ag}^+})^2(P_{\text{CrO}_4^{2-}})$

8. Arti tetapan kesetimbangan

a. Memberi petunjuk tentang posisi kesetimbangan

Pada tetapan kesetimbangan, K_c dan K_p merupakan perbandingan konsentrasi atau tekanan parsial dari zat hasil reaksi (ruas kanan) dengan zat pereaksi (ruas kiri) dalam keadaan setimbang.

- 1) Jika nilai K_c dan K_p sangat besar, menunjukkan bahwa reaksi ke kanan berlangsung sempurna atau hampir sempurna.
- 2) Jika nilai K_c dan K_p sangat kecil, menunjukkan bahwa reaksi ke kanan tidak berlangsung sempurna atau reaksinya hanya sedikit.

Contoh:

- $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad K_c = 3 \times 10^{81} \text{ pada } 298 \text{ K}$
Nilai K_c untuk reaksi di atas sangat besar sehingga reaksi tersebut dapat dikatakan berlangsung sempurna ke kanan
- $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) \quad K_c = 5,3 \times 10^{-31} \text{ pada } 298 \text{ K}$
Nilai K_c untuk reaksi di atas sangat kecil sehingga reaksi tersebut hanya dapat membentuk NO sedikit sekali atau dapat dikatakan tidak berlangsung sempurna.

b. Meramalkan arah reaksi

Apabila ke dalam persamaan tetapan kesetimbangan, zat-zat hasil reaksi dan zat-zat pereaksi yang dimasukkan bukan merupakan keadaan setimbang, maka harga yang diperoleh disebut *kuotion reaksi* (Q_c). Kuotion reaksi merupakan perbandingan konsentrasi-konsentrasi yang bentuknya sama dengan persamaan K_c .

Ketentuannya:

- 1) Jika $Q_c < K_c$, berarti reaksi akan berlangsung dari kiri ke kanan sampai dengan tercapai keadaan setimbang
- 2) Jika $Q_c > K_c$, berarti reaksi akan berlangsung dari kanan ke kiri sampai dengan tercapai keadaan setimbang
- 3) Jika $Q_c = K_c$, berarti reaksi dalam keadaan setimbang

Contoh soal:

Harga K_c untuk reaksi $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$, pada suhu $500^\circ C$ adalah 50. Pada suatu percobaan 2 mol H_2 dicampurkan dengan 2 mol I_2 dan 4 mol HI dalam suatu ruangan 10 liter pada suhu $500^\circ C$. Ke arah manakah reaksi tersebut mencapai keadaan setimbang?

Jawab:



$$Q_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{4}{10}\right)^2}{\left(\frac{2}{10}\right)\left(\frac{2}{10}\right)} = 4 K_c$$

Jadi $Q_c = 4 K_c$, berarti reaksi berlangsung dari kanan ke kiri sampai tercapai keadaan setimbang

D. PERHITUNGAN REAKSI KESETIMBANGAN DENGAN TETAPAN KESETIMBANGAN K_c

1. Menentukan tetapan kesetimbangan

Harga tetapan kesetimbangan dapat ditentukan melalui percobaan reaksi kesetimbangan. Salah satu caranya yaitu dengan menurunkan suhu secara tiba-tiba sehingga reaksi terhenti dan kesetimbangan tidak akan bergeser. Dengan demikian komposisi kesetimbangan dapat dianalisis. Untuk lebih jelasnya perhatikanlah contoh soal berikut:

Contoh soal:

HBr sejumlah 0,1 mol dimasukkan ke dalam labu 1 liter dan terurai menurut reaksi:



Jika Br_2 yang terbentuk 0,015 mol, tentukan tetapan kesetimbangannya (K_c)?

Jawab:

	2HBr(g)	\rightarrow	$H_2(g)$	+	$Br_2(g)$
Awal :	0,1		-	-	
Reaksi :	0,03		0,015	0,015	
Setimbang :	0,07		0,015	0,015	
K_c :	$\frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$ $= \frac{0,015 \times 0,015}{(0,07)^2}$ $= 4,6 \times 10^{-2}$				

Contoh soal:

Pada pemanasan 1 mol gas SO_3 dalam ruangan yang volumenya 5 liter diperoleh

gas O₂ sebanyak 0,25 mol. Tentukan tetapan kesetimbangan (K_c) pada reaksi kesetimbangan:



Jawab:

$2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$			
Awal	:	1	- -
Reaksi	:	0,5	0,5 0,25
Setimbang	:	0,5	0,5 0,25

Pada kesetimbangan:

$$\begin{aligned} [\text{SO}_3] &= \frac{0,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M} \\ [\text{SO}_2] &= \frac{0,5 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M} \\ [\text{O}_2] &= \frac{0,25 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,05 \text{ M} \\ K_c &= \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \\ &= \frac{(0,1)^2 \times 0,05}{(0,1)^2} = 0,05 \end{aligned}$$

2. Kesetimbangan disosiasi

Disosiasi adalah penguraian suatu zat menjadi zat lain yang lebih sederhana. Kesetimbangan disosiasi adalah reaksi kesetimbangan dari reaksi penguraian gas. Dalam suatu reaksi kesetimbangan, pereaksi yang berada di ruas kiri tidak pernah habis. Perhatikan beberapa contoh kesetimbangan disosiasi gas:

- $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
- $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$
- $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$

Besarnya bagian zat yang terdisosiasi dinyatakan oleh derajat disosiasi (α), yaitu perbandingan antara jumlah zat yang terdisosiasi dengan jumlah zat mula-mula.

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah mol zat yang terurai}}{\text{Jumlah mol zat mula-mula}}$$

Jika jumlah mol zat mula-mula dinyatakan dengan a , maka:

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah mol zat yang terurai}}{a}$$

Jadi, mol zat yang terurai = $a \times \alpha$ mol

Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh berikut:

Contoh soal:

Suatu reaksi kesetimbangan: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$. Jika N_2O_4 dibiarkan mencapai kesetimbangan pada suhu tertentu, dan ternyata dalam keadaan ini jumlah mol N_2O_4 sama dengan jumlah mol NO_2 . Tentukan derajat disosiasi N_2O_4 tersebut!

Jawab:

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$		
Awal	:	3a
Reaksi	:	a
		2a
Setimbang	:	2a
		2a
α	=	$\frac{\text{mol terurai}}{\text{mol awal}} = \frac{a}{3a} = \frac{1}{3}$

Contoh soal:

Diketahui reaksi kesetimbangan: $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$. Jika 0,1 mol gas HI dimasukkan ke dalam wadah sebesar 1 liter dan dipanaskan pada suhu 100°C terbentuk 0,02 mol gas I_2 . Tentukan derajat disosiasi pada saat keadaan setimbang!

Jawab:

$2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$				
Awal	:	0,1	–	–
Reaksi	:	0,04	0,02	0,02
Setimbang	:	0,06	0,02	0,02
α	=	$\frac{\text{mol terurai}}{\text{mol awal}} = \frac{0,04}{0,1} = 0,4$		

E. PERHITUNGAN REAKSI KESETIMBANGAN DENGAN TETAPAN KESETIMBANGAN PARSIAL GAS K_p

Untuk lebih memahami aplikasi dari tetapan kesetimbangan parsial gas (K_p), perhatikan contoh soal berikut:

Contoh soal:

Dalam suatu wadah gas N_2O_4 terdisosiasi 50% menjadi gas NO_2 , sehingga campuran gas menimbulkan tekanan 6 atm. Tentukan harga K_p !
Jawab:

Kata Kunci

tetapan, tekanan, K_p

Misal N_2O_4 awal = a ; maka N_2O_4 yang bereaksi = $0,5 \times a$

	N_2O_4	\rightarrow	2NO_2
Awal	:	a	-
Reaksi	:	$0,5a$	a
Setimbang	:	$0,5a$	a

Pada saat setimbang:

$$\text{Jumlah mol sistem} = 0,5a + a = 1,5a$$

Tekanan total sistem = 6 atm

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,5a}{1,5a} \times 6 \text{ atm} = 2 \text{ atm}$$

$$P_{\text{NO}_2} = \frac{a}{1,5a} \times 6 \text{ atm} = 4 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{(P_{\text{N}_2\text{O}_4})} = \frac{4^2}{2} = 8$$

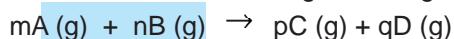
F. HUBUNGAN K_p DENGAN K_c

Tekanan parsial gas bergantung pada konsentrasi gas dalam ruangan. Dari persamaan gas ideal, yaitu $PV = nRT$, maka tekanan gas:

$$P = \frac{n}{V} RT$$

Besaran V = konsentrasi gas

Untuk reaksi kesetimbangan homogen



maka persamaan K_p

$$K_p = \frac{[P_C]^p [P_D]^q}{[P_A]^m [P_B]^n}$$

Kata Kunci

K_p, K_c

dengan menggunakan perhitungan matematis dari contoh persamaan reaksi kesetimbangan homogen di atas, maka diperoleh hubungan antara K_p dengan K_c , yaitu:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

dimana $\Delta n = (p+q) - (m+n)$

Contoh soal:

Berapakah harga K_p pada reaksi kesetimbangan:



Jika harga K_c pada 190°C adalah 0,1 M. Tentukanlah harga K_p pada suhu tersebut!

Jawab:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

$$K_c = 0,1 \text{ M}$$

$$R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K}$$

$$T = (190 + 273)\text{K} = 463 \text{ K}$$

$$\Delta n = (1 + 1) - 1 = 1$$

$$\text{Jadi } K_p = 0,1 \cdot (0,082 \times 463) = 3,797 \text{ atm}$$

G. PRINSIP KESETIMBANGAN DALAM INDUSTRI

Reaksi kesetimbangan dalam dunia industri sangat diperlukan. Untuk menghasilkan produk yang cukup banyak, maka suatu reaksi kesetimbangan harus bergeser ke arah kanan (produk). Supaya reaksi kesetimbangan bergeser ke arah kanan, maka faktor konsentrasi, suhu, tekanan gas, dan katalisator sangat diperhitungkan untuk memperoleh hasil yang optimal, cepat dan ekonomis.

1. Pembuatan amonia dengan proses Haber-Bosch

Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang sangat penting bagi kehidupan, terutama sebagai bahan pembuatan pupuk dan sebagai pelarut yang baik untuk berbagai senyawa ionik dan senyawa polar.

Amonia dibuat berdasarkan reaksi antara gas nitrogen dengan hidrogen. Reaksi pembuatan amonia ini dikemukakan oleh *Fritz Haber* dan disempurnakan oleh rekannya yakni *Karl Bosch*. Proses pembuatan

amonia ini disebut proses Haber-Bosch.

Kata Kunci

amonia, asam sulfat, Haber-Bosch, kontak, proses



Gambar 4.4

Fritz Haber

Sumber: <http://131.104.156.23/Lectures/231/231%20pictures/>

Dalam industri, amonia diproduksi dengan menggunakan proses Haber-Bosch yang mereaksikan gas nitrogen dan hidrogen dengan menggunakan katalis permukaan platina.

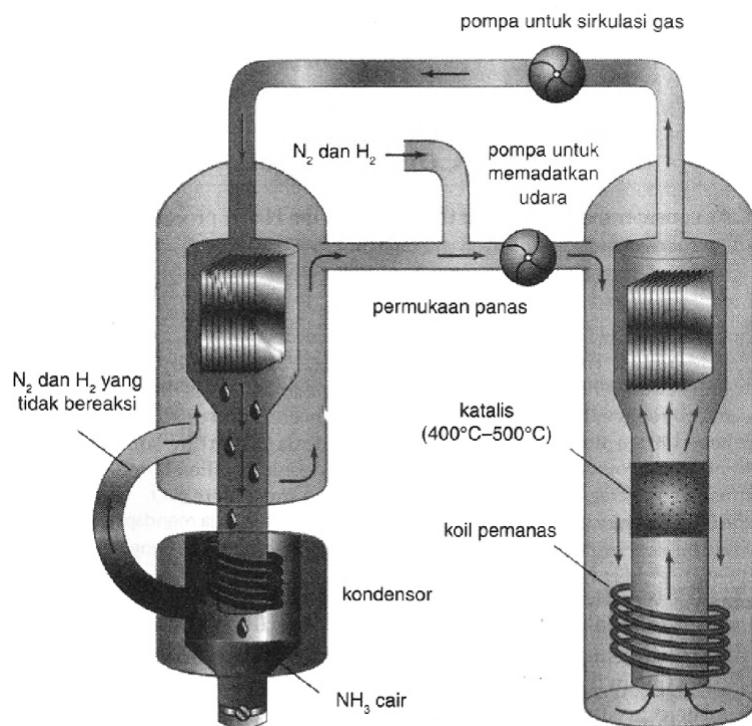


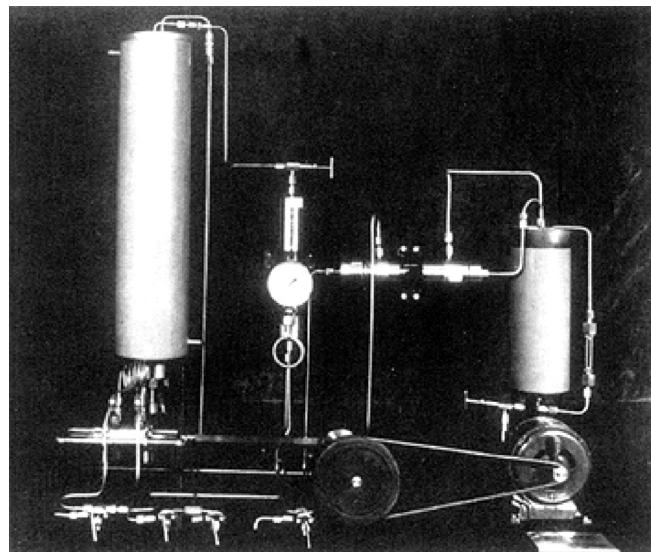
Pada suhu biasa proses reaksi berjalan lambat

sekali. Tetapi jika suhu dinaikkan, reaksi berlangsung jauh lebih cepat. Kenaikan suhu tersebut menyebabkan reaksi bergeser ke arah kiri (pereaksi) sehingga mengurangi produksi amonia. Dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan, Haber menemukan bahwa suhu 550°C dan tekanan 250 atm akan meningkatkan hasil ammonia sebesar 10% bila katalis Pt yang digunakan.

Dengan menggunakan katalis yang lebih baik, yaitu katalis besi oksida yang mengandung sedikit kalium dan aluminium oksida, seperti Al_2O_3 , MgO , CaO , dan K_2O . Untuk menghasilkan NH_3 yang banyak, maka reaksi harus bergeser ke arah kanan (hasil reaksi). Dan hal tersebut bisa dilakukan jika tekanan yang digunakan tinggi. Tekanan 200 atm akan menghasilkan NH_3 sekitar 15%, tekanan 350 atm menghasilkan NH_3 sekitar 30%, dan tekanan 1000 atm akan menghasilkan NH_3 sebanyak 40%.

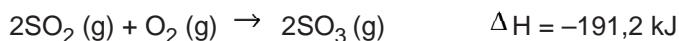
Berikut ini skema sintesis amonia berdasarkan proses Haber-Bosch.





2. Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak

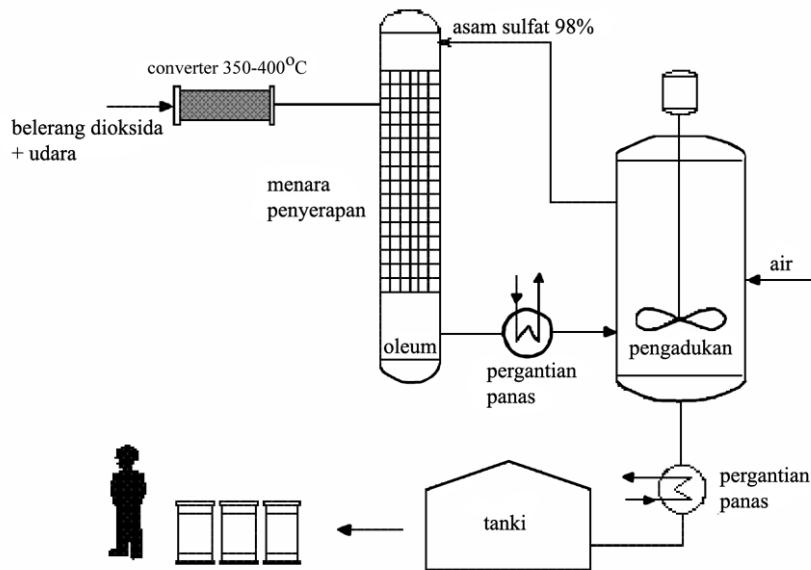
Bahan utama dalam pembuatan asam sulfat adalah gas SO₃. Gas SO₃ dibuat dengan cara *proses kontak* berdasarkan reaksi eksoterm.



Reaksi bergeser ke arah kanan tidak terjadi jika pada suhu kamar. Tetapi kondisi optimal dicapai pada suhu 400°C dengan menggunakan katalis vanadium oksida (V₂O₅) reaksi berjalan dengan baik, yaitu 98% sempurna.

Reaksi selengkapnya pada pembuatan asam sulfat adalah sebagai berikut:

- Pembuatan SO₂
 - S (s) + O₂ (g) → SO₂ (g)
 - 4FeS (s) + 7O₂ (g) → 4SO₂ (g) + 2Fe₂O₃ (s)
- Oksidasi SO₂ menjadi SO₃
$$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -191,2 \text{ kJ}$$
- Belerang trioksida dilarutkan dalam asam sulfat pekat membentuk asam pirosulfat
$$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7(\text{l})$$
- Asam pirosulfat direaksikan dengan air membentuk asam sulfat pekat
$$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$$



Kingkasan

Reaksi kesetimbangan kimia merupakan suatu reaksi reversibel (dapat balik). Kesetimbangan kimia merupakan suatu sistem kesetimbangan dinamis yang secara mikroskopis, partikel-partikel bereaksi balik ke arah kiri maupun kanan dengan laju yang sama. Akibatnya secara makroskopis proses perubahan kimia seolah-olah terhenti sehingga tidak menunjukkan lagi perubahan-perubahan komposisi zat.

Suatu reaksi kesetimbangan dapat digeser ke arah yang kitakehendaki dengan cara mengubah konsentrasi salah satu zat, mengubah suhu, dan mengubah tekanan atau volume gas. Pengaruh dari faktor-faktor luar tersebut terhadap kesetimbangan, dapat diramalkan berdasarkan pemahaman terhadap *azas Le Chatelier*.

Hukum kesetimbangan yang menyatakan bahwa hasil kali konsentrasi produk dibagi hasil kali konsentrasi reaktan dan masing-masing dipangkatkan koefisien reaksinya pada suhu tetap adalah konstan. Harga yang diperoleh dari persamaan tersebut dinamakan tetapan kesetimbangan (K). Tetapan kesetimbangan untuk sistem kesetimbangan gas selain dapat dinyatakan berdasarkan konsentrasi, juga dapat dinyatakan berdasarkan tekanan parsial gas. Tetapan kesetimbangan yang berdasarkan tekanan parsial gas disebut tetapan kesetimbangan tekanan parsial gas atau dinyatakan dengan K_p .

Dalam dunia industri, sistem kesetimbangan sangat diperlukan untuk memperoleh hasil yang optimal dengan waktu dan biaya tidak terlalu besar. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, kesetimbangan harus bergeser ke arah produk (kanan), maka faktor konsentrasi, suhu, tekanan dan volume harus diperhitungkan, dan juga penambahan katalis untuk mempercepat reaksi.

GLOSARIUM

- Kesetimbangan dinamis : keadaan sistem yang setimbang tetapi di dalamnya terjadi perubahan yang terus menerus
- Kesetimbangan homogen : kesetimbangan yang semua zat pereaksi dan hasil reaksi berfasa sama
- Kesetimbangan heterogen : kesetimbangan kimia yang fasa zat-zat yang terlibat di dalamnya tidak sama
- Tekanan parsial : tekanan yang diberikan oleh suatu gas dalam campurannya dengan gas-gas lain

Dilihui Ganda

SOAL-SOAL LATIHAN BAB 4

Pilih salah satu jawaban yang paling benar!

1. Suatu reaksi bolak balik mencapai kesetimbangan apabila
 - A. massa zat pereaksi = massa zat hasil reaksi
 - B. salah satu pereaksi telah habis
 - C. reaksi telah berhenti
 - D. laju reaksi pada kedua arah sama besar
 - E. jumlah mol di sebelah kiri dan di sebelah kanan reaksi sama
2. Suatu kesetimbangan dikatakan dinamis, apabila dalam keadaan setimbang...
 - A. reaksi berjalan kedua arah dan bersifat mikroskopis
 - B. ada perubahan dari kiri ke kanan tetapi jumlahnya setimbang
 - C. reaksi dari kiri selalu sama dengan reaksi dari kanan
 - D. perubahan kesetimbangan dari kiri dan kanan yang berlangsung terus menerus
 - E. reaksi berlangsung terus menerus dan bersifat makroskopis
3. Untuk reaksi setimbang :
$$2\text{SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{SO}_{3(\text{g})} \quad \Delta H = -189 \text{ kJ}$$
Pada keadaan setimbang konsentrasi SO_3 akan bertambah jika
 - A. SO_2 dikurangi
 - B. Menambah katalis
 - C. Temperatur dinaikkan
 - D. volume diperkecil
 - E. tekanan diperkecil

4. Diketahui reaksi setimbang



Kesetimbangan bergeser ke arah pereaksi bila

- A. suhu diperbesar
- D. suhu diturunkan

- B. tekanan diperbesar
C. volume diturunkan

5. Setelah disetarkan rumus tetapan kesetimbangan untuk reaksi:
 $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{CO}_{(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{CO}_{2(g)}$ adalah

A. $\frac{[\text{Fe}][\text{CO}_2]}{[\text{Fe}_2\text{O}_3][\text{CO}]}$ D. $\frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$
B. $\frac{[\text{CO}_2]^3}{[\text{CO}]^3}$ E. $\frac{[\text{Fe}]^2}{[\text{Fe}_2\text{O}_3]}$
C. $[\text{Fe}_2\text{O}_3][\text{CO}]^3$

6. Dalam suatu bejana yang bervolume 1 liter, 4 mol gas $\text{NO}_{2(g)}$ membentuk kesetimbangan sebagai berikut:
 $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$
Dalam keadaan setimbang pada suhu tetap terbentuk 1 mol O_2 . Tetapan kesetimbangan (K_c) adalah

A. 0,5 D. 2,0
B. 1,0 E. 4,0
C. 1,5

7. Pada kesetimbangan:
 $2\text{SO}_{3(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ $\Delta H = +380 \text{ kJ}$
jika suhu diturunkan, maka konsentrasi

A. SO_3 tetap D. SO_2 tetap
B. SO_3 bertambah E. O_2 bertambah
C. SO_2 dan O_2 tetap

8. $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$
Bila 1 mol CO dan 1 mol H_2O direaksikan sampai terjadi kesetimbangan, dan pada saat tersebut masih tersisa 0,2 mol CO, maka harga tetapan kesetimbangan K_c adalah

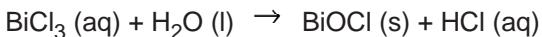
A. 4 D. 20
B. 9 E. 25
C. 16

9. Pembuatan asam sulfat menurut proses kontak, agar diperoleh hasil yang optimal dapat dilakukan dengan cara

A. menambah jumlah konsentrasi SO_2 dan O_2
B. memperkecil jumlah konsentrasi SO_2 dan O_2
C. memperbesar volume dan memperbesar suhu

II. Uraian

1. Diketahui reaksi kesetimbangan:



Ke arah manakah kesetimbangan bergeser jika pada suhu tetap:

- a. ditambahkan BiCl
 - b. ditambahkan air
 - c. ditambahkan BiOCl
 - d. ditambahkan HCl
2. Tetapan kesetimbangan untuk reaksi: $\text{PCl}_5 \text{ (g)} \rightarrow \text{PCl}_3 \text{ (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)}$ pada suhu 760 K adalah 0,05. Jika konsentrasi awal PCl_5 0,1 mol/L, tentukanlah PCl_5 yang terurai pada keadaan setimbang!
3. Dalam ruang 1 liter terdapat kesetimbangan berikut:
- $$2\text{SO}_3 \text{ (g)} \rightarrow 2\text{SO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$$
- Pada kondisi awal, terdapat 0,5 mol SO_3 . setelah tercapai kesetimbangan, perbandingan mol SO_3 dan O_2 adalah 4 : 3. Hitunglah tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!
4. Diketahui reaksi $\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2\text{HCl (g)}$ $K_c = 9,0$
Jika H_2 , Cl_2 dan HCl yang dicampurkan masing-masing sejumlah 0,2 mol, berapakah jumlah mol HCl yang dijumpai pada kesetimbangan?
5. Pada suhu 27°C dalam ruangan dengan volum tertentu yang bertekanan 1 atm terdapat gas N_2O_4 yang terurai menjadi gas NO_2 menurut reaksi:
- $$\text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g)} \rightarrow 2\text{NO}_2 \text{ (g)}$$
- Pada saat kesetimbangan tercapai, di dalam ruangan terdapat NO_2 sebanyak 19.8 %. Hitunglah harga K_p dan K_c pada suhu tersebut!

LATIHAN ULANGAN AKHIR SEMESTER 1

Waktu: 90 Menit

I. Pilihan Ganda

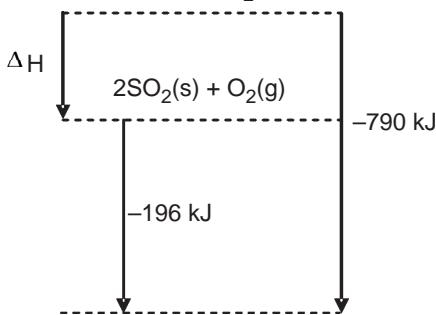
Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Konfigurasi unsur X yang mempunyai nomor atom 29 adalah
A. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5 4s^2 3d^9$ D. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$
B. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ E. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$
C. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5 4s^1 3d^{10}$
2. Konfigurasi elektron Cl^- (nomor atom 17) adalah
A. $[\text{He}] 2s^2 2p^5$ D. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$
B. $[\text{He}] 2s^2 2p^6$ E. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$
C. $[\text{Ne}] 2s^2 2p^5$
3. Konfigurasi elektron manakah yang menunjukkan adanya elektron tereksitasi dalam suatu atom
A. $1s^2 2s^2 2p^5$ D. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^1$
B. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ E. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$
C. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
4. Konfigurasi elektron ion L^{3+} adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4$. Dalam sistem periodik, atom L terletak pada
A. Periode 3, golongan VI A D. Periode 4, golongan VI B
B. Periode 3, golongan VII A E. Periode 4, golongan VII B
C. Periode 3, golongan VI B
5. Unsur M dengan nomor atom 52 tidak dapat membentuk senyawa atau ion
A. ZnX D. X^{2-}
B. H_2X E. XO_4^{2-}
C. XH_3
6. Berdasarkan sifat periodik unsur-unsur halogen, HF diharapkan mempunyai titik didih lebih rendah dibandingkan dengan HCl, HBr, dan HI. Hal ini disebabkan HF mempunyai ikatan
A. Ion D. Kovalen ion
B. Kovalen E. Van der Waals
C. Hidrogen
7. Elektron dengan bilangan kuantum $m = -2$, dapat menempati tingkat energi
A. 3s D. 4s
B. 3p E. 4p

- C. 3d
8. Blok p dalam sistem periodik tidak mengandung unsur
- A. Logam D. Transisi
B. Non logam E. Gas mulia
C. Metalloid
9. Unsur X dengan konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ dapat bereaksi dengan unsur Y, yang terletak pada golongan oksigen, membentuk senyawa
- A. XY D. X_3Y
B. XY_2 E. X_2Y_3
C. X_2Y
10. Nomor P adalah 15, sedangkan Br adalah 35. Bentuk molekul PBr_5 adalah
- A. Tetrahedron D. bujur sangkar
B. segitiga sama sisi E. trigonal bipiramida
C. trigonal piramida
11. Pada suatu perubahan kimia menghasilkan keadaan:
1. entalpi sistem naik
2. menyebabkan suhu lingkungan naik
3. menyerap kalor
4. terjadi aliran kalor dari sistem ke lingkungan
- yang merupakan ciri reaksi eksoterm adalah
- A. 1 dan 2 D. 2 dan 3
B. 1 dan 3 E. 2 dan 4
C. 1 dan 4
12. Pada proses endoterm
- A. entalpi sistem bertambah dan perubahan entalpi positif
B. entalpi sistem bertambah dan perubahan entalpi negatif
C. entalpi sistem berkurang dan perubahan entalpi positif
D. entalpi sistem berkurang dan perubahan entalpi negatif
E. entalpi lingkungan bertambah dan perubahan entalpi negatif
13. $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ $\Delta H = x \text{ kJ}$, x adalah entalpi
- A. pembentukan C_2H_4 D. pembentukan C_2H_6
B. Penguraian C_2H_6 E. pembentukan H_2
C. Pembakaran C_2H_4
14. Dalam suatu reaksi kimia dibebaskan 12,6 kJ energi. Kalor ini digunakan untuk memanaskan 100 cm^3 air, maka kenaikan suhunya adalah ($\text{kalor jenis air} = 4,2 \text{ J.g}^{-1}.\text{}^\circ\text{C}^{-1}$)
- A. $30 \text{ }^\circ\text{C}$ D. $12,6 \text{ }^\circ\text{C}$
B. $20 \text{ }^\circ\text{C}$ E. $4,2 \text{ }^\circ\text{C}$

C. $16,8\text{ }^{\circ}\text{C}$

15. Diagram entalpi tahap-tahap reaksi sebagai berikut
 $2\text{S(s)} + 3\text{O}_2\text{(g)}$



Dari diagram perubahan entalpi di atas, maka ΔH_f untuk reaksi:

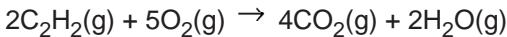
$\text{S(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{SO}_2\text{(g)}$ adalah

- A. 297 kJ mol^{-1} D. -594 kJ mol^{-1}
B. -297 kJ mol^{-1} E. 986 kJ mol^{-1}
C. 594 kJ mol^{-1}

16. Diketahui:

$$\begin{aligned}\Delta H_f \text{H}_2\text{O(g)} &= -242\text{ kJ mol}^{-1} \\ \Delta H_f \text{CO}_2\text{(g)} &= -394\text{ kJ mol}^{-1} \\ \Delta H_f \text{C}_2\text{H}_2\text{(g)} &= 52\text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

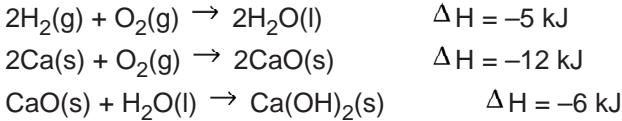
Jika 26 gram C_2H_2 dibakar dengan sempurna sesuai persamaan:



Akan dihasilkan kalor sebesar ($A_r\text{ C} = 12, \text{ H} = 1$)

- A. 391 kJ D. 2164 kJ
B. 432 kJ E. 4328 kJ
C. 1082 kJ

17. Diketahui data sebagai berikut:



Entalpi pembentukan $\text{Ca(OH)}_2\text{(s)}$ sebesar

- a. $-9,8\text{ kJ}$ d. $-14,5\text{ kJ}$
b. $-11,6\text{ kJ}$ e. $-15,5\text{ kJ}$
c. $-12,5\text{ kJ}$

18. Diketahui energi ikatan:

$$\text{C} - \text{C} = 348\text{ kJ mol}^{-1}$$

$$C = C = 614 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$C - H = 413 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$C - Cl = 328 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$H - Cl = 431 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Perubahan entalpi untuk reaksi $H_2C=CH_2 + HCl \rightarrow H_3C - CH_2Cl$, adalah

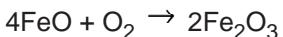
- A. -175 kJ D. 44 kJ
B. 175 kJ E. 475 kJ
C. -44 kJ



ΔH pembentukan $CO_2 = -94,50 \text{ Kkal/mol}$, maka ΔH pembentukan CO adalah

- A. -21,65 Kkal/mol D. -41,30 Kkal/mol
B. -25,05 Kkal/mol E. -50,10 Kkal/mol
C. -26,00 Kkal/mol

20. Kalor reaksi eksoterm dibawah ini:



Adalah 650 kJ. Jika $\Delta H_f^{\circ}Fe_2O_3 = -824 \text{ kJ/mol}$, maka nilai $\Delta H_f^{\circ}FeO$ adalah

- a. -140 kJ/mol d. -544 kJ/mol
b. -272 kJ/mol e. -1088 kJ/mol
c. -412 kJ/mol

21. Persamaan reaksi:

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 + 136,6 \text{ Kkal}$, menyatakan bahwa pada pembakaran 1 mol CO terjadi perubahan entalpi sebesar

- A. 136,6 Kkal D. -136,6 Kkal
B. 68,3 Kkal E. -36,6 Kkal
C. -68,3 Kkal



Maka x dapat disebut sebagai

- A. kalor pembentukan CO_2 D. kalor pembentukan CO_2 dan H_2O
B. kalor pembentukan H_2O E. kalor pembakaran C_3H_8
C. kalor netralisasi C_3H_8

23. Laju reaksi $A + B \rightarrow AB$ dapat dinyatakan sebagai

- A. penambahan konsentrasi A tiap satuan waktu
B. penambahan konsentrasi B tiap satuan waktu
C. penambahan konsentrasi AB tiap satuan waktu
D. penambahan konsentrasi A dan B tiap satuan waktu

- E. penambahan konsentrasi A, B dan AB tiap satuan waktu
24. Kecepatan reaksi dipengaruhi oleh faktor berikut, *kecuali*
- | | |
|--------------------|----------------|
| A. ukuran partikel | D. konsentrasi |
| B. suhu | E. warna |
| C. katalis | |
25. Suatu reaksi mempunyai rumus kecepatan sebagai berikut:
- $$V = k(A)^x(B)^y.$$
- Reaksi tersebut adalah reaksi tingkat ke
- | | |
|----------|----------|
| A. xy | D. x - y |
| B. x/y | E. x |
| C. x + y | |
26. Reaksi akan berlangsung 3 kali lebih cepat dari semula setiap kenaikan 20°C. Jika pada suhu 30°C suatu reaksi berlangsung 3 menit, maka pada suhu 70°C reaksi akan berlangsung selama
- | | |
|--------------|-------------|
| A. 1/3 menit | D. 4 menit |
| B. 2/3 menit | E. 12 menit |
| C. 1 menit | |
27. Fungsi katalis dalam suatu reaksi adalah
- | |
|---|
| A. untuk mengubah letak kesetimbangan |
| B. untuk memperbesar kecepatan reaksi |
| C. supaya campuran menjadi serba sama |
| D. merupakan salah satu komponen reaksi |
| E. untuk memperbesar kalor reaksi |
28. Faktor dibawah ini yang menghambat laju reaksi adalah
- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| A. menambahkan katalis | D. memperbesar konsentrasi larutan |
| B. memperbesar tekanan | E. memperluas permukaan |
| C. menurunkan suhu reaksi | |
29. Suatu kesetimbangan dikatakan dinamis, apabila dalam keadaan setimbang
- | |
|---|
| A. reaksi ke kanan dan ke kiri telah terhenti |
| B. secara makroskopis reaksi berlangsung terus menerus |
| C. laju reaksi ke kanan lebih cepat dari laju reaksi ke kiri |
| D. secara mikroskopis reaksi tetap berlangsung dalam kedua arah* |
| E. jumlah mol zat pereaksi selalu sama dengan jumlah mol hasil reaksi |
30. Untuk reaksi setimbang:
- $$2\text{SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{SO}_{3(\text{g})} \quad \Delta H = -189 \text{ kJ}$$
- pada keadaan setimbang konsentrasi SO_3 akan bertambah jika
- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| A. SO_2 dikurangi | D. volume diperkecil |
| B. Menambah katalis | E. tekanan diperkecil |

C. Temperatur dinaikan

31. Pada kesetimbangan:



jika suhu diturunkan, maka konsentrasi

- A. SO_3 tetap D. SO_2 tetap
B. SO_3 bertambah E. O_2 bertambah
C. SO_2 dan O_2 tetap

32. Setelah disetarkan rumus tetapan kesetimbangan untuk reaksi:



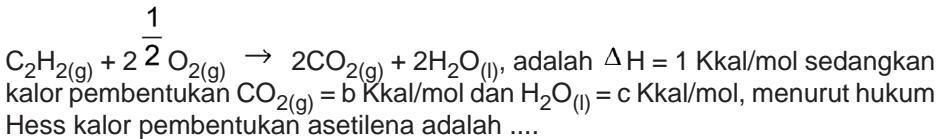
- A. $\frac{[\text{Fe}][\text{CO}_2]}{[\text{Fe}_2\text{O}_3][\text{CO}]}$ D. $\frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$
B. $\frac{[\text{CO}_2]^3}{[\text{CO}]^3}$ E. $\frac{[\text{Fe}]^2}{[\text{Fe}_2\text{O}_3]}$
C. $\frac{[\text{Fe}]^2[\text{CO}_2]^3}{[\text{Fe}_2\text{O}_3][\text{CO}]^3}$

33. Pada kesetimbangan $\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \rightarrow \text{C}_{(g)}$ $\Delta H = +50 \text{ kJ}$

Komposisi gas-gas pada kesetimbangan *tidak dapat* diubah dengan

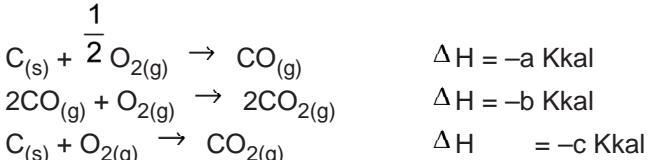
- A. mengubah suhu D. mengubah tekanan
B. menambah katalis E. menambahkan gas C
C. menambah gas A

34. Bila kalor pembakaran asetilena pada reaksi:



- A. $-a + 2b + c$ D. $a + 2b + c$
B. $-a - 2b + c$ E. $a - 2b - c$
C. $-a - 2b - c$

35. Diketahui reaksi-reaksi:



Menurut hukum Hess, hubungan antara a, b, dan c diberikan oleh persamaan berikut

- a. $a = \frac{1}{2}b + c$ d. $2a = c - b$
b. $c = 2a + \frac{1}{2}b$ e. $\frac{1}{2}b = 2a + c$
c. $2c = 2a + b$

36. Data percobaan untuk reaksi $A + B \rightarrow AB$ adalah sebagai berikut:

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	Laju (mol.L ⁻¹ .s ⁻¹)
0,1	0,05	20
0,3	0,05	180
0,1	0,20	320

Orde reaksi terhadap A dan B berturut-turut adalah

- A. 2 dan 4 D. 1 dan 2
 - B. 2 dan 2 E. 1 dan 1
 - C. 2 dan 1
37. Pada reaksi $2A + B + 2C \rightarrow D + 2E$, kecepatan reaksinya adalah $V = k(A).(B)^2$. Kecepatan reaksi ini tidak dipengaruhi oleh
- A. konsentrasi A D. suhu
 - B. konsentrasi B E. tekanan
 - C. konsentrasi C
38. Persamaan kecepatan reaksi $A + B \rightarrow AB$ adalah $V = k(A)^2.(B)$. Jika konsentrasi A dan B masing-masing dinaikkan empat kali, maka kecepatan reaksinya menjadi
- a. $4 \times$ semula d. $16 \times$ semula
 - b. $8 \times$ semula e. $64 \times$ semula
 - c. $12 \times$ semula
39. Pada pemanasan 1 mol gas SO_3 dalam ruang yang volumenya 5 liter diperoleh gas O_2 sebanyak 0,25 mol. Pada keadaan tersebut tetapan kesetimbangan K_c adalah
- A. 0,01 D. 10,00
 - B. 0,05 E. 20,00
 - C. 0,25
40. Dalam suatu wadah gas N_2O_4 terdisosiasi 50% menjadi gas NO_2 , sehingga campuran gas menimbulkan tekanan total 6 atm. Harga K_p adalah
- A. 1 D. 16
 - B. 2 E. 20
 - C. 8

II. Uraian

1. Pada suhu $273^{\circ}C$, gas brom dapat bereaksi dengan gas nitrogen monoksida menurut persamaan reaksi:



Dari reaksi tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Perc. No	[NO]	[Br ₂]	Kecepatan reaksi
1	0,1	0,05	6
2	0,1	0,1	12
3	0,1	0,2	24
4	0,2	0,05	24
5	0,3	0,05	54

Dari data tersebut, tentukan:

- tingkat reaksi (orde reaksi) dari NO dan Br₂
 - orde reaksi total
 - persamaan laju reaksi
2. 4 mol gas NO₂ dimasukan dalam suatu bejana yang bervolume 1 liter, sehingga membentuk reaksi kesetimbangan sebagai berikut:
- $$2\text{NO}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$$
- Dalam keadaan setimbang pada suhu tetap terbentuk 1 mol O₂. Tentukan tetapan kesetimbangan (K_c) dari reaksi tersebut!
3. Diketahui data sebagai berikut :
- $$\text{YO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{YO} + \text{CO}_2 \quad \Delta H = -40 \text{ kJ}$$
- $$\text{Y}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow 3\text{YO} + \text{CO}_2 \quad \Delta H = +12 \text{ kJ}$$
- $$3\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{Y}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2 \quad \Delta H = -24 \text{ kJ}$$
- Tentukan DH dari $2\text{YO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{CO}_2$
4. Dalam wadah 1 liter dimasukkan 4 ml zat A dan 5 mol zat B menurut reaksi:
- $$\text{A (g)} + 2\text{B (g)} \rightarrow \text{C (g)}$$
- Tentukan perbandingan antara K_c dengan K_p, jika pada keadaan setimbang terdapat 2 mol zat C dan tekanan total 10 atm.
5. Suatu gas alam mengandung 44,8% volum CH₄ dan 22,4% volum C₃H₈, sisanya adalah gas yang tidak dapat terbakar. Jika diketahui DH pembentukan CH₄, C₃H₈, CO₂, dan H₂O berturut-turut: -17,84; -24,82; -94,1; dan -68,3 kkal/mol. Berapakah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 100 liter gas alam tersebut?

BAB

5

LARUTAN ASAM BASA

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menjelaskan pengertian asam dan basa menurut Arrhenius
- Menjelaskan pengertian asam dan basa menurut Bronsted dan Lowry
- Menuliskan persamaan reaksi asam dan basa menurut Bronsted dan Lowry dan menunjukkan pasangan asam dan basa konjugasinya
- Menjelaskan pengertian asam dan basa menurut Lewis
- Mengidentifikasi sifat larutan asam dan basa dengan berbagai indikator.
- Memperkirakan pH suatu larutan elektrolit yang tidak dikenal berdasarkan hasil pengamatan trayek perubahan warna berbagai indikator asam dan basa.
- Menjelaskan pengertian kekuatan asam dan menyimpulkan hasil pengukuran pH dari beberapa larutan asam dan basa yang konsentrasi sama
- Menghubungkan kekuatan asam atau basa dengan derajat pengionan (α) dan tetapan asam (K_a) atau tetapan basa (K_b)
- Menghitung pH larutan asam atau basa yang diketahui konsentrasi
- Menjelaskan penggunaan konsep pH dalam lingkungan.
- Menentukan konsentrasi asam atau basa dengan titrasi
- Menentukan kadar zat melalui titrasi.
- Menentukan indikator yang tepat digunakan untuk titrasi asam dan basa
- Menentukan kadar zat dari data hasil titrasi
- Membuat grafik titrasi dari data hasil percobaan.



A. KONSEP ASAM BASA

Senyawa asam dan basa banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Secara umum zat-zat yang berasa masam mengandung asam, misalnya asam sitrat pada jeruk, asam cuka, asam tartrat pada anggur, asam laktat ditimbulkan dari air susu yang rusak. Sedangkan basa umumnya mempunyai sifat yang licin dan berasa pahit, misalnya sabun, para penderita penyakit maag selalu meminum obat yang mengandung magnesium hidroksida.

Kata Kunci

asam, basa,

1. Asam dan basa menurut Arrhenius



Asam adalah suatu zat yang bila dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion hidrogen (H^+). Asam umumnya merupakan senyawa kovalen. Misalnya gas hidrogen klorida yang merupakan senyawa kovalen, tetapi apabila dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi ion-ionnya.



Gambar 5.1
Svante Arrhenius

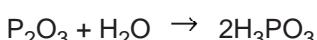
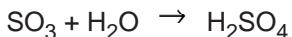
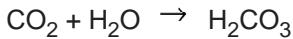
Sumber: <http://www.biografiasyvidas.com/>

Ion H^+ tidak berupa proton bebas akan tetapi terikat pada molekul air, membentuk $H_3O^+(aq)$ (ion hidronium). Akan tetapi untuk kepraktisan di sini kita akan menuliskannya sebagai H^+ saja.

Perlu diingat bahwa yang menyebabkan sifat asam adalah ion H^+ . Oleh karena itu, senyawa seperti etanol (C_2H_5OH), gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$), meskipun mengandung atom hidrogen tetapi tidak bersifat asam, sebab tidak dapat melepaskan ion H^+ ketika dilarutkan ke dalam air.

Namun ada senyawa yang tidak mempunyai atom hidrogen tetapi bersifat asam yaitu beberapa oksida bukan logam, sebab mereka dapat bereaksi dengan air menghasilkan ion H^+ . oksida semacam ini disebut oksida asam.

Contoh:



Di bawah ini tercantum nama asam yang perlu diketahui.

Tabel 5.1
Asam dan reaksi ionisasinya

Rumus Asam	Nama Asam	Reaksi Ionisasinya
HF	Asam flourida	$\text{HF(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$
HBr	Asam bromida	$\text{HBr(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$
H_2S	Asam sulfida	$\text{H}_2\text{S(aq)} \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$
CH_3COOH (aq)	Asam asetat (cuka)	$\text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-$
HNO_3	Asam nitrat	$\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
H_2SO_4	Asam sulfat	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
H_3PO_4	Asam fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \rightarrow 3\text{H}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$

Dari tabel di atas terlihat bahwa jumlah ion H^+ yang dihasilkan untuk setiap molekul asam dapat satu, dua, atau tiga. Asam yang menghasilkan sebuah ion H^+ disebut sebagai asam monoprotik atau asam berbasis satu, sedangkan asam yang menghasilkan dua ion H^+ disebut asam diprotik atau berbasis dua.

Basa adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion OH^- . Yang menyebabkan sifat basa adalah ion OH^- .

Contoh:

NaOH merupakan suatu basa sebab dapat melepaskan OH^- jika dilarutkan ke dalam air.



Tabel 5.2
Beberapa basa dan ionisasinya dalam air

Rumus Basa	Nama Basa	Ionisasi Basa
NaOH	Natrium hidroksida	$\text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
KOH	Kalium hidroksida	$\text{KOH(aq)} \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
Ca(OH)_2	Kalsium hidroksida	$\text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
Ba(OH)_2	Barium hidroksida	$\text{Ba(OH)}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
NH_3	Amonia	$\text{NH}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

Dari tabel di atas NH_3 tidak mempunyai gugus OH namun NH_3 dalam larutannya dapat menghasilkan OH^- . Namun tidak semua senyawa yang mengandung gugus OH⁻ merupakan suatu basa. Misalnya, CH_3COOH dan $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ justru merupakan

Membuat Indikator Asam Basa dari Bahan Alami

Tujuan

- Membuat indikator asam basa dari ekstrak bahan alam
- Menentukan sifat larutan dengan indikator alami

Alat

- Tabung reaksi
- Air suling
- Lumpang dan alu
- Pipet tetes
- Beberapa bunga berwarna

Bahan

- Larutan asam (misalnya cuka)
- Larutan basa (misalnya amonia)
- Air jeruk
- Air kapur
- Air garam
- HCl
- NaOH

Langkah Kerja

1. Geruslah beberapa helai mahkota bunga berwarna sampai halus dengan menggunakan lumpang dan alu. Untuk memudahkan penggerusan, tambahkan air suling \pm 6 mL.
2. Tuangkanlah \pm 1 mL ekstrak ke dalam dua buah tabung reaksi yang kering dan bersih.
3. Pada tabung reaksi yang pertama tambahkan cuka, sedangkan pada tabung reaksi yang kedua tambahkan larutan amonia.
4. Guncangkan tabung dan amati perubahan warna yang terjadi, kemudian catat hasilnya.
5. Dengan menggunakan ekstrak di atas, ujilah sifat asam dan basa dari air jeruk, air kapur, air garam, larutan HCl, dan larutan NaOH.
6. Tuangkan ekstrak mahkota bunga tersebut ke dalam lima buah tabung reaksi yang kering dan bersih.
7. Ke dalam tabung pertama tambahkan air jeruk, tabung kedua tambahkan air kapur, tabung ketiga tambahkan air garam, tabung keempat tambahkan larutan HCl, dan tabung kelima tambahkan larutan amonia.

- Amati dan catat perubahan yang terjadi.
- Ulangi langkah kerja di atas untuk ekstrak mahkota bunga yang lain.

Pengamatan

1.	Pengujian ekstrak mahkota bunga	Nama Bunga		
		Bunga 1	Bunga 2	Bunga 3
	Warna bunga			
	Warna ekstrak + air suling			
	Warna ekstrak + cuka			
	Warna ekstrak + amonia			
2.	Bahan yang diuji	Nama Bunga		
		Bunga 1	Bunga 2	Bunga 3
	Air jeruk			
	Air kapur			
	Air garam			
	Larutan HCL			
	Larutan			
	NaOH			

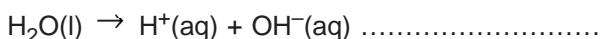
Pertanyaan

Berdasarkan hasil percobaanmu, ekstrak mahkota bunga yang manakah yang paling baik digunakan sebagai indikator asam basa? Jelaskan jawabanmu berdasarkan data-data yang kamu dapat dalam percobaan!

B. KESETIMBANGAN ION DALAM LARUTAN

1. Kesetimbangan air

Air merupakan elektrolit lemah, karena sebagian molekul air dapat terionisasi sebagai berikut:



(*)

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

Karena jumlah molekul air yang terionisasi sangat sedikit, maka konsentrasi H_2O dianggap tetap, sehingga $K_{\text{H}_2\text{O}}$ memberikan harga yang tetap.

$$K \cdot [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-] \quad \dots \dots \dots \quad (**)$$

$K[H_2O] = \text{tetap} = K_w$ (tetapan kesetimbangan air). Harga K_w berubah apabila suhu berubah. Karena ionisasi air merupakan reaksi endoterm, maka apabila suhu dinaikkan, harga K_w akan semakin besar. Pada suhu $25^\circ C$ harga K_w adalah 10^{-14} .

Dari persamaan reaksi ionisasi di atas (*), harga $[H^+] = [OH^-]$, maka apabila disubstitusikan kedalam persamaan (**) akan diperoleh:

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

$$K_w = [H^+] [H^+]$$

$$K_w = [H^+]^2$$

Pada 25°C konsentrasi ion H^+ dan OH^- dapat ditentukan :

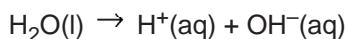
$$10^{-14} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{Dan} \quad [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

2. Pengaruh asam dan basa terhadap kesetimbangan air

Adanya ion H^+ atau OH^- yang dihasilkan oleh suatu asam atau basa akan mengakibatkan terjadinya pergeseran kesetimbangan air.

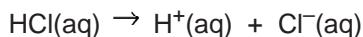
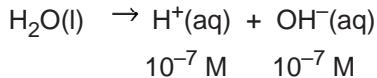


Sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi ion H^+ dan OH^- dalam larutan tersebut.

a. **Asam kuat dan asam lemah**

Asam kuat adalah asam yang dapat terionisasi sempurna atau mendekati sempurna dalam larutannya.

Bila dalam air dilarutkan asam kuat, maka kesetimbangan air akan terganggu. Misalnya: ke dalam air dimasukkan HCl 0,1 M, maka:



0,1 M 0,1 M 0,1 M

Adanya ion H^+ yang berasal dari HCl menyebabkan kesetimbangan air bergeser

ke kiri, sehingga $[H^+]$ dan $[OH^-]$ dari air menjadi kurang dari 10^{-7} . Oleh karena itu, $[H^+]$ dari air akan dapat diabaikan terhadap $[H^+]$ dari HCl.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa dalam larutan asam kuat, $[H^+]$ hanya dianggap berasal dari asam saja, sebab ion $[H^+]$ dari air dapat diabaikan karena terlalu kecil jika dibandingkan dengan H^+ yang berasal dari HCl 0,1M.

Contoh soal:

Berapa konsentrasi H^+ , SO_4^{2-} , dan H_2SO_4 dalam larutan encer 0,05 M?

Penyelesaian:

H_2SO_4 dalam pelarut air termasuk asam kuat. Sehingga dianggap terionisasi 100%.

	$H_2SO_4(aq)$	\rightarrow	$2H^+(aq)$	$+ SO_4^{2-}(aq)$	
Mula-mula	: 0,05 M		0		0
Terionisasi	: 100%				

Setimbang : ~0 ~ 0,1M ~ 0,05 M

Jadi, setelah terionisasi, dalam larutan H_2SO_4 0,05 M terdapat:

$$[H^+] = 0,1 \text{ M}$$

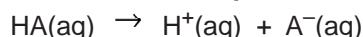
$$[SO_4^{2-}] = 0,05 \text{ M}$$

Tidak terdapat molekul H_2SO_4 .

Asam lemah adalah asam yang dalam larutannya terionisasi sebagian. Karena yang terionisasi hanya sebagian berarti dalam larutan asam lemah terjadi kesetimbangan reaksi antara ion yang dihasilkan asam tersebut dengan molekul asam yang terlarut dalam air.

Contoh:

Untuk asam **monoprotik** akan terjadi reaksi setimbang :



Tetapan ionisasi asamnya (K_a) adalah:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Dari harga K_a kita dapat menentukan $[H^+]$ (konsentrasi H^+) dalam larutan asam lemah. Derajat ionisasi asam lemah sangat kecil, sehingga hanya sedikit HA yang terionisasi. Karena hanya sedikit yang terionisasi, maka $[HA]$ dalam larutan dianggap tetap.

Dari tetapan ionisasi (K_a) asam lemah, maka konsentrasi H^+ dapat diketahui:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$\text{Karena } [H^+] = [A^-]$$

$$K_a = \frac{[H^+][H^+]}{[HA]}$$

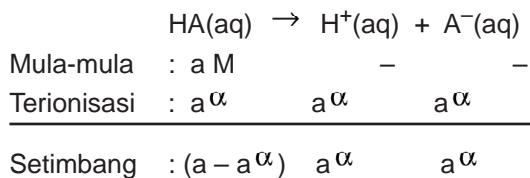
$$[H^+]^2 = K_a \times [HA]$$

$$\frac{[H^+]}{[H^+]} = \sqrt{K_a \times [HA]}$$

Harga K_a menggambarkan kekuatan asam. *Semakin besar harga K_a berarti semakin banyak ion H^+ yang dihasilkan, atau semakin kuat asam tersebut.* Selain harga K_a , besaran lain yang dapat digunakan untuk menggambarkan kekuatan asam adalah derajat ionisasi (α).

Bagaimana hubungan derajat ionisasi, K_a , dan konsentrasi asam?

Reaksi kesetimbangan:



Dengan memakai hubungan:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \times [HA]}$$

$$a^\alpha = \sqrt{K_a \times (a - a^\alpha)}$$

$$a^\alpha = \sqrt{K_a \times a}$$

$$a^2 \alpha^2 = K_a \times a$$

$$\alpha^2 = \frac{K_a \times a}{a^2}$$

$$\alpha^2 = \frac{K_a}{a}$$

Karena yang terionisasi sangat sedikit maka [HA] dianggap tetap, sehingga: $a - a^\alpha = a$

$$\text{atau } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{[HA]}}$$

Dari rumus di atas, maka dapat ditarik kesimpulan semakin encer maka derajat ionisasinya semakin besar, dan sebaliknya.

Contoh soal:

Berapa konsentrasi H^+ , F^- , dan HF dalam larutan HF 0,1 M, jika diketahui derajat ionisasi HF = 8,4% ?

Penyelesaian:

Senyawa HF dalam larutan air tergolong asam lemah sehingga terionisasi sebagian sesuai dengan derajat ionisasinya.

Untuk menghitung konsentrasi masing-masing spesi dalam larutan, berlaku hukum kesetimbangan kimia.

	HF(aq)	\rightarrow	H ⁺ (aq)	+	F ⁻ (aq)
Mula-mula	: 0,1 M		0		0
Terionisasi	: 8,4% x 0,1 M		0,0084		0,0084
Setimbang	: (0,1 - 0,0084)M		0,0084		0,0084

Jadi, konsentrasi masing-masing dalam larutan HF adalah

$$[\text{HF}] = 0,0916 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 0,0084 \text{ M}$$

$$[F^-] = 0,0084 \text{ M}$$

Di atas kita telah mengenal asam monoprotik, sekarang akan dibahas asam poliprotik. Asam poliprotik adalah asam yang dapat menghasilkan lebih dari satu ion H^+ . Contohnya H_2CO_3 , H_3PO_4 , dll.

Asam-asam tersebut terionisasi secara bertahap, oleh karena itu asam poliprotik mempunyai lebih dari satu harga K_a .

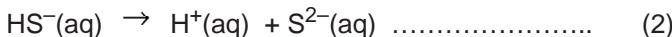
Contoh:

H_2S yang terionisasi secara bertahap sebagai berikut:



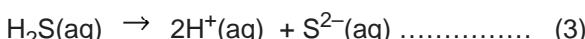
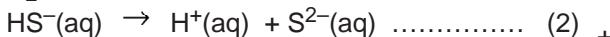
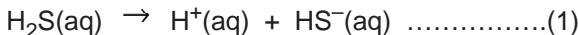
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

Kemudian HS^- terionisasi lagi sebagai berikut:



$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}$$

Jika persamaan (1) dan (2) digabungkan, maka akan diperoleh:



$$\frac{[\text{H}^+][\text{S}^{-2}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

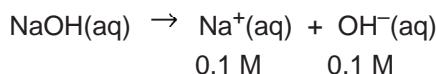
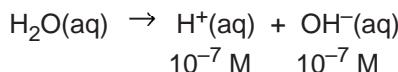
Dari persamaan reaksi hasil penjumlahan (3) diperoleh $K_a =$

Ternyata K_a merupakan hasil perkalian dari K_{a1} dan K_{a2} .

$$K_a1 \times K_a2 = K_a = \frac{\frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} \times \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}}{\frac{[H^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]}}$$

b. Basa kuat dan Basa Lemah

Basa kuat adalah basa yang dalam larutannya dapat terionisasi sempurna. Basa kuat juga akan menggeser kesetimbangan air apabila dilarutkan ke dalamnya, yang disebabkan adanya ion OH^- dari basa yang terlarut tersebut. Misalnya ke dalam air dilarutkan NaOH 0,1 M, maka



Dengan adanya ion OH^- dari NaOH kesetimbangan air akan bergeser ke kiri. Ion $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ dari air berkurang dan menjadi sangat sedikit dibandingkan ion OH^- yang berasal dari NaOH, maka $[\text{OH}^-]$ yang berasal dari air dapat diabaikan.

Contoh soal:

Berapa konsentrasi OH^- dan $[\text{H}^+]$ dalam larutan NaOH 0,1 M?

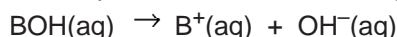
Penyelesaian:

NaOH merupakan basa kuat.

Mula-mula	: 0,1 M			
Terurai	: 0,1 M	0,1 M	0,1 M	
Setimbang	: ~0	0,1 M	0,1 M	
Jadi konsentrasi OH^-	= 0,1 M			

$$\begin{aligned} \text{Sedangkan } [\text{H}^+] : \\ \text{Kw} &= [\text{H}^+] [\text{OH}^-] \\ 10^{-14} &= [\text{H}^+] [0,1] \quad (\text{pada } 25^\circ\text{C}, K_w = 10^{-14}) \\ [\text{H}^+] &= 10^{-13} \text{ M} \end{aligned}$$

Basa lemah hanya sedikit mengalami ionisasi, sehingga reaksi ionisasi basa lemah merupakan reaksi kesetimbangan.



Untuk basa monovalen berlaku hubungan seperti pada asam lemah, yaitu :

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times [\text{BOH}]}$$

Dan derajat ionisasinya dapat ditentukan dengan rumus :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{[BOH]}}$$

K_b dan α dapat digunakan sebagai ukuran kekuatan basa, sama seperti halnya dalam asam lemah. Semakin besar harga K_b semakin kuat basanya dan semakin besar derajat ionisasinya.

3. Derajat keasaman (pH)

Ion hidrogen dan hidroksida dalam air biasanya sangat kecil sehingga untuk kemudahan penulisan digunakan besaran lain. Untuk menghindari penggunaan angka yang sangat kecil, **Sorenson** (1868 – 1939) mengusulkan konsep pH, agar memudahkan kimiawan dalam mengukur konsentrasi ion H^+ dan perubahannya dalam suatu larutan.

Menurut Sorenson, pH merupakan fungsi logaritma negatif dari konsentrasi ion H^+ dalam suatu larutan:

$$pH = -\log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

dengan menggunakan analogi yang sama, maka kita dapat menentukan harga konsentrasi ion OH^- dalam larutan:

$$pOH = -\log [OH^-] = \log \frac{1}{[OH^-]}$$

Lambang pH diambil dari bahasa Perancis ‘*pouvoir hydrogene*’, artinya tenaga hidrogen menuju eksponensial. Misalnya, air murni pada $25^\circ C$ memiliki konsentrasi $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7}$ maka pH air pada suhu itu adalah 7,0.

Konsentrasi H^+ atau ion OH^- untuk larutan encer memiliki rentang antara $10^{-14} M$ sampai $10^{-1} M$. Untuk larutan encer seperti itu paling tepat diungkapkan dalam bentuk pH dan pOH yaitu untuk menghindari angka pengukuran yang sangat kecil. Jika konsentrasi lebih besar dari satu molar, nilai pH akan negatif. Demikian juga untuk konsentrasi OH^- yang lebih dari satu molar, nilai pOH akan lebih besar dari 14. Jadi, untuk larutan asam basa yang mempunyai konsentrasi lebih besar daripada 1,0 M tidak perlu diungkapkan dalam bentuk pH dan pOH.

Dalam kesetimbangan air juga terdapat tetapan kesetimbangan:

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

Dengan menggunakan konsep $-\log = p$, maka :

$$-\log K_w = -\log ([H^+] [OH^-])$$

$$-\log K_w = (-\log [H^+]) + (-\log [OH^-])$$

$$pK_w = pH + pOH$$

Oleh karena pada suhu $25^\circ C$ harga $K_w = 10^{-14}$, secara numerik $pK_w = -\log (1,0 \times 10^{-14}) = 14$, maka dapat disimpulkan pula bahwa:

$$pH + pOH = 14$$

Besaran pH digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman dan kebasaan suatu larutan.

1) Harga pH dan sifat larutan

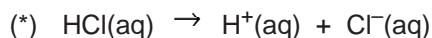
Pada kondisi air murni, yaitu kondisi dimana tanpa asam atau basa (netral) harga pH suatu larutan akan sama dengan pOH.

Bagaimana jika kondisi larutan bersifat asam atau basa?

Contoh soal:

Berapa pH larutan HCl 0,1 M dan Mg(OH)₂ 0,01 M ?

Penyelesaian:

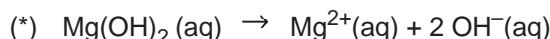


$$0,1 \text{ M} \quad 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 0,1 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log 0,1$$

$$= 1$$



$$0,01 \text{ M} \quad 0,02 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,02 \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log 0,02$$

$$\text{pOH} = 1,7$$

maka nilai pH dapat dicari dengan:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} = 14 - 1,7$$

$$\text{pH} = 12,3$$

Pada larutan yang bersifat asam, harga pH < 7

Pada larutan yang bersifat netral, harga pH = 7

Pada larutan yang bersifat basa, harga pH > 7

Harga pH dapat memberikan informasi tentang kekuatan suatu asam atau basa.

Pada konsentrasi yang sama, semakin kuat suatu asam semakin besar konsentrasi ion H⁺ dalam larutan , dan itu berarti semakin kecil harga pH-nya.

Jadi, *semakin kuat suatu asam semakin kecil harga pH-nya*. Sebaiknya, semakin kuat suatu basa semakin besar konsentrasi ion OH⁻ dalam larutan. Semakin besar ion OH⁻ berarti semakin kecil konsentrasi ion H⁺ dalam larutan. Jadi, *semakin kuat suatu basa semakin besar harga pH-nya*.

2) pH asam lemah dan basa lemah

pH suatu asam lemah dan basa lemah dapat dihitung berdasarkan konsentrasi ion H⁺ yang terdapat dalam larutan. Seperti yang telah diuraikan pada sub-bab asam lemah dan basa lemah..

Contoh Soal:

Hitung larutan NH_3 0,1 M ($K_b = 10^{-5}$)!

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= \sqrt{K_b \times [\text{basa}]} \\ &= \sqrt{10^{-5} \times [0,1]} \\ &= 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log 10^{-3} \\ &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} + \text{pOH} &= 14 \\ \text{pH} &= 14 - 3 \end{aligned}$$

Maka, pH = 11

Untuk menghitung pH suatu asam lemah adalah dengan memakai rumusan:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \times [\text{HA}]}$$

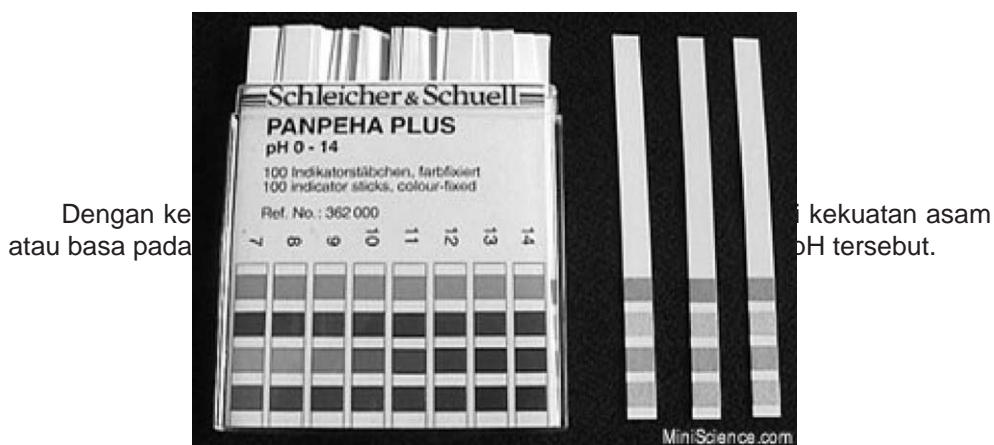


4. Indikator asam basa dan pH

Harga pH suatu larutan dapat diketahui dengan menggunakan pH-meter atau suatu indikator. pH-meter merupakan suatu rangkaian elektronik yang dilengkapi suatu elektrode yang dirancang khusus untuk dicelupkan ke dalam larutan yang akan diukur. Bila elektrode kaca ini dimasukkan ke dalam larutan akan timbul beda potensial yang diakibatkan oleh adanya ion H^+ dalam larutan. Besar beda potensial ini menunjukkan angka yang menyatakan pH larutan tersebut.

Selain pH-meter, pH suatu larutan dapat ditentukan pula dengan suatu indikator asam-basa. Walaupun bersifat kualitatif, indikator ini sering digunakan, karena dapat berubah warna dalam rentang pH yang relatif kecil. Perubahan warna suatu indikator melibatkan

Indikator	Perubahan Warna	Trayek pH
Metil jingga	Merah ke kuning	3,1 – 4,4
Metil merah	Merah ke kuning	4,2 – 6,2
Lakmus	Merah ke biru	4,5 – 8,3
Brom timol biru	Kuning ke biru	6,0 – 7,6
Fenolftalein	Tak berwarna ke merah ungu	8,0 – 9,6



Dengan kekuatan asam atau basa pada pH tersebut.

Gambar 5.3
Indikator Universal

Sumber: <http://shop.miniscience.com/>

C. REAKSI ASAM DENGAN BASA

Asam dalam air akan menghasilkan ion H^+ dan basa dalam air akan menghasilkan ion OH^- . **Reaksi pe-netralan** adalah reaksi antara sebuah ion H^+ dan ion OH^- membentuk sebuah molekul H_2O , dan sifat kedua larutan hilang. Berikut ini beberapa contoh reaksi asam-basa yang dituliskan dalam persamaan molekulernya:

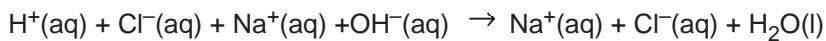
- $HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + 2H_2O(aq)$
- $H_2SO_4(aq) + Mg(OH)_2(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + 2H_2O(l)$
- $HNO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$
- $H_2SO_4(aq) + Ba(OH)_2(aq) \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O(l)$

Persamaan molekuler dari reaksi penetralan di atas dapat ditulis persamaan reaksi ionnya:

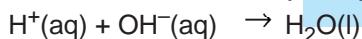
Contoh:

Untuk reaksi antara $HCl(aq)$ dan $NaOH(aq)$

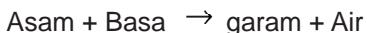
Reaksi ion:



Atau, reaksi ion bersihnya dinyatakan:



Buat persamaan reaksi ionnya untuk contoh reaksi penetralan yang lainnya !
 Jadi, secara molekuler, reaksi penetralan asam-basa menghasilkan garam dan air dapat dituliskan sebagai berikut:

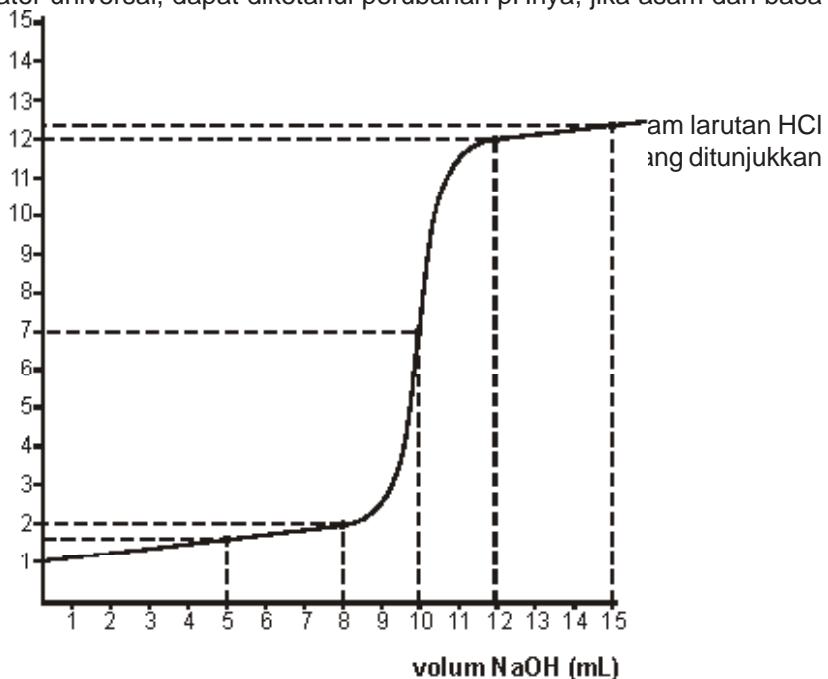


Bagaimanakah pH larutan jika asam dan basa dicampur atau direaksikan?

Dengan indicator universal, dapat diketahui perubahan pHnya, jika asam dan basa direaksikan.

Contoh:

Bila 10 mL
0,1 M yan
dalam kui



Gambar 5.4
 Kurva perubahan pH HCl dan NaOH

Pada grafik tersebut nampak bahwa pada penambahan sedikit NaOH tidak banyak mengubah harga pH larutan HCl 0,1 M, tetapi pada saat volum NaOH 10 mL, HCl tepat bereaksi maka larutan mempunyai pH = 7. Penambahan sedikit NaOH terhadap campuran tersebut mengakibatkan pH larutan langsung melonjak yang selanjutnya perubahan pH relatif kecil.

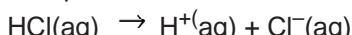
Harga pH campuran tersebut dapat dihitung secara teoritis sebagai berikut:

- Pada penambahan NaOH 0,1 M sebanyak 2 mL ke dalam **10 mL larutan HCl 0,1 M.**

$$\text{HCl(aq)} \ 10 \text{ mL ; } 0,1 \text{ M mengandung HCl} = 0,1 \text{ mol L}^{-1} \times 10 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ mmol}$$

Dari persamaan reaksi diketahui banyaknya ion H^+ adalah 1 mmol

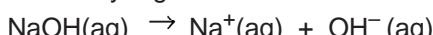


$$1 \text{ mmol} \quad 1 \text{ mmol}$$

$$\text{Mol NaOH} = M \times V$$

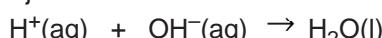
$$= 2 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 0,2 \text{ mmol}$$

Ion OH^- yang dihasilkan adalah:



$$0,2 \text{ mmol} \quad 0,2 \text{ mmol} \quad 0,2 \text{ mmol}$$

Reaksi ion yang terjadi antara NaOH dan HCl :



$$\begin{array}{l} \text{Mula-mula} : 1 \text{ mmol} \quad 0,2 \text{ mmol} \\ \text{Reaksi} : 0,2 \text{ mmol} \quad 0,2 \text{ mmol} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sisa} : 0,8 \text{ mmol} \quad - \end{array}$$

Jadi, setelah reaksi tersisa 0,8 mmol H^+ dalam 12 mL larutan, maka:

$$[H^+] = \frac{0,8 \text{ mmol}}{12 \text{ ml}}$$

$$[H^+] = 0,067 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{array}{l} pH = -\log 0,067 \\ = 1,17 \end{array}$$

- Penambahan 10 mL NaOH 0,1 M ke dalam **10 mL larutan HCl 0,1 M**

$$\text{Mol HCl tetap} = 1 \text{ mmol}$$

$$[H^+] = 1 \text{ mmol}$$

$$\begin{array}{l} \text{Mol NaOH} = M \times V \\ = 0,1 \text{ M} \times 10 \text{ mL} \\ = 1 \text{ mmol} \end{array}$$



Reaksi yang terjadi:



$$\begin{array}{l} \text{Mula-mula} : 1 \text{ mmol} \quad 1 \text{ mmol} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Reaksi} : 1 \text{ mmol} \quad 1 \text{ mmol} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sisa} : - \quad - \quad 1 \text{ mmol} \end{array}$$

Tidak ada sisa H^+ dan OH^- dari hasil reaksi, karena itu $pH = pH \text{ air} = 7 = \text{neutra}$

- Penambahan sebanyak 15 mL NaOH 0,1 M ke dalam **10 mL larutan HCl 0,1 M**

$$\text{Mol NaOH} = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 15 \text{ mL} = 1,5 \text{ mmol}$$

$$\text{Mol } OH^- \approx \text{Mol NaOH} = 1,5 \text{ mmol}$$

Reaksi yang terjadi:



Mula-mula : 1 mmol 1,5 mmol

Reaksi : 1 mmol 1 mmol

Sisa : - 0,5 mmol

Jadi, setelah reaksi:

bersisa ion $\text{OH}^- = 0,5 \text{ mmol}$, dan

volum larutan menjadi = $15 \text{ mL NaOH} + 10 \text{ mL HCl} = 25 \text{ mL}$

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,5 \text{ mmol}}{25 \text{ mL}}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,02 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log 0,02 = 1,67$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, pH} &= 14 - \text{pOH} \\ &= 14 - 1,67 = 12,33 \end{aligned}$$



D. TITRASI ASAM BASA

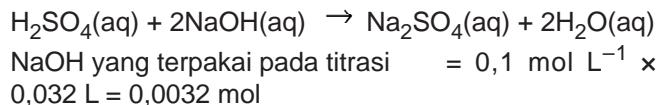
Titrasi merupakan salah satu aplikasi stoikiometri larutan. Pada umumnya, digunakan untuk penentuan konsentrasi asam atau basa. Titrasi seperti itu (yang melibatkan reaksi asam dan basa) disebut **titrasi asam basa** atau **asidi alkaliometri**. Proses ini melibatkan larutan yang konsentrasiya telah diketahui (titran), kemudian larutan ini dikeluarkan dari buret ke dalam larutan yang akan ditentukan konsentrasiya sampai pada titik stoikiometri atau titik ekivalensi. Namun pada prakteknya titik ekivalensi ini tidak bisa diamati langsung dari percobaan. Yang bisa diamati adalah titik di mana saat warna indikator tepat berubah warna (titrasi dihentikan) yang disebut titik akhir titrasi.

Contoh Soal:

Larutan H_2SO_4 sebanyak 20 mL belum diketahui konsentrasiya, kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 M dengan menggunakan indikator fenolftalein. Pada saat volum NaOH tepat 30,2 mL warna indikator mulai berubah. Tentukan konsentrasi H_2SO_4 tersebut!

Penyelesaian:

Reaksi yang terjadi:



Dari persamaan reaksi, 1 mol H₂SO₄ ≈ 2 mol NaOH

$$\text{Jadi, H}_2\text{SO}_4 \text{ yang dititrasi} = \frac{1}{2} \times 0,0032 \text{ mol} = 0,0016 \text{ mol}$$

$$\text{Konsentrasi H}_2\text{SO}_4 = \frac{0,0016 \text{ mol}}{0,02 \text{ mL}} = 0,08 \text{ mol L}^{-1}$$

E. STOIKIOMETRI LARUTAN

Selain reaksi asam-basa yang menghasilkan air yang bersifat netral, ada beberapa kemungkinan reaksi lain yang terjadi di dalam larutan elektrolit.

1. Reaksi pembentukan endapan

Jika dua larutan elektrolit direaksikan maka dimungkinkan dua ion yang meng-

Senyawa	Kelarutan	Keterampilan
Nitrat (NO ₃ ⁻)	Semua larut	
Asetat (CH ₃ COO ⁻)	Semua larut	Kecuali Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ , Bi ³⁺
Klorida (Cl ⁻)	Semua larut	Kecuali Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ , Pb ²⁺ , dan Cu ²⁺
Bromida (Br ⁻)	Semua larut	Kecuali Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ , Pb ²⁺
Iodida (I ⁻)	Semua larut	Kecuali Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ , Pb ²⁺ , dan Bi ³⁺
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	Semua larut	Kecuali Pb ²⁺ , Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , dan Ca ²⁺
Sulfida (S ²⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺
Fosfat (PO ₄ ³⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺
Karbonat (CO ₃ ²⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺
Oksalat (C ₂ O ₄ ²⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺
Oksida (O ²⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺
Hidroksida (OH ⁻)	Semua tidak larut	Kecuali Na ⁺ , K ⁺ , Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺ ,

Reaksi yang menghasilkan endapan disebut reaksi pengendapan.

Contoh:

- BaCl₂(aq) + Na₂SO₄(aq) → BaSO₄(s) + 2NaCl(aq)
- Ba(NO₃)₂(aq) + MgSO₄(aq) → BaSO₄(aq) + Mg(NO₃)₂(aq)

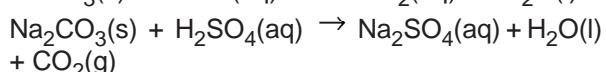
Tabel 5.3
Kelarutan beberapa senyawa ion dalam air

2. Reaksi pembentukan gas

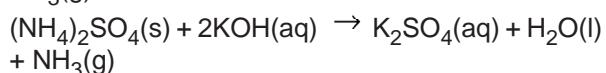
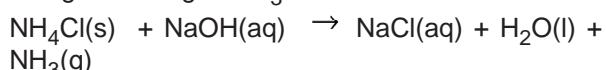
Reaksi yang dapat menghasilkan gas. Selain itu, dapat dihasilkan juga karena terurainya suatu gas menjadi gas.

Contoh:

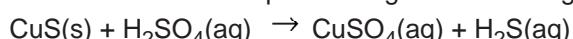
- a. Reaksi karbonat padat dengan asam menghasilkan gas CO_2



- b. Reaksi senyawa amonium dengan basa kuat menghasilkan gas NH_3



- c. Reaksi antara sulfida padat dengan asam menghasilkan gas H_2S



F.

larutan
terse

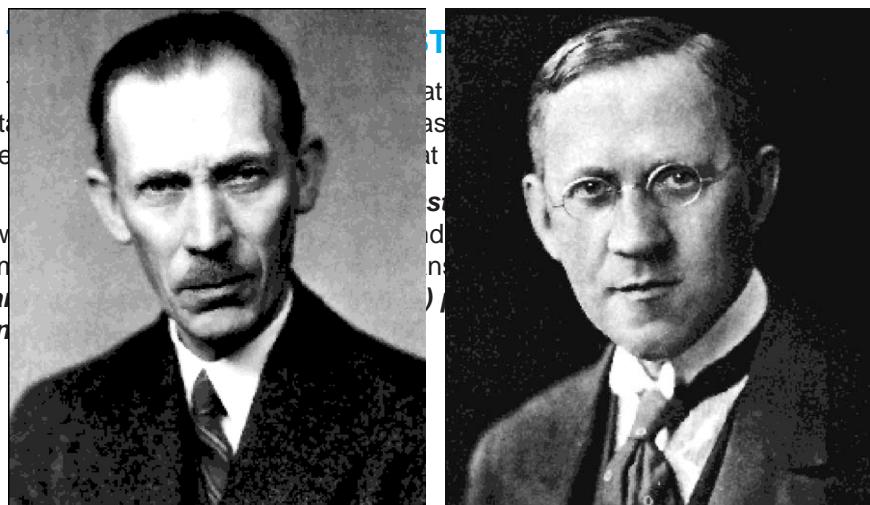
bah
asan
Asal
(pen

T

at
as
at
st
id
n
)

pada
asam

kakan
, dan
owry,
ceptor



Gambar 5.6

Dalam reaksi kesetimbangan asam-basa, baik reaksi ke arah produk (kanan) maupun ke arah pereaksi (kiri) melibatkan transfer proton. Misalnya reaksi antara NH₃ dan H₂O, persamaan kimianya:



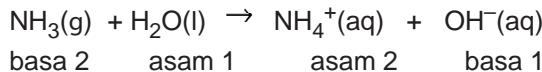
Pada reaksi ke kanan:

NH₃ menerima proton dari H₂O, jadi NH₃ adalah basa (akseptor proton) dan H₂O tentunya merupakan asam (donator proton) dalam reaksi di atas.

Pada reaksi kebalikannya (reaksi ke kiri):

NH₄⁺ adalah pemberi proton terhadap OH⁻, maka ion NH₄⁺ adalah merupakan asam dan ion OH⁻ adalah basa.

Antara NH₃ dan NH₄⁺ dibedakan oleh proton, yaitu molekul NH₃ menjadi NH₄⁺ dengan menarik proton, sedangkan ion NH₄⁺ menjadi molekul NH₃ dengan melepaskan proton. Spesi NH₃ dan NH₄⁺ seperti itu dikatakan sebagai pasangan konjugat. Suatu pasangan konjugat asam-basa terdiri dari dua spesi yang terlibat dalam reaksi asam-basa, satu asam satu basa dibedakan oleh penarikan dan pelepasan proton. Jadi, NH₄⁺ adalah asam konjugat dari NH₃ dan NH₃ adalah basa konjugat dari NH₄⁺.



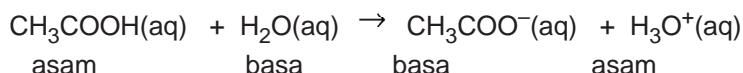
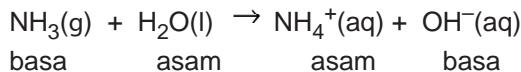
konjugasi

konjugasi

Model Bronsted-Lowry mendefinisikan suatu spesi sebagai asam atau basa menurut fungsinya di dalam reaksi asam-basa atau reaksi transfer proton. Oleh sebab itu, beberapa spesi dalam reaksi asam-basa dapat berperan sebagai asam atau basa. Suatu spesi yang dapat bereaksi sebagai asam atau basa dan bergantung pada jenis pereaksinya dinamakan *ampiprotik*.

Contoh:

Sifat ampiprotik dari air:



Pada kasus pertama, air bereaksi sebagai asam dengan basa NH₃. sedangkan

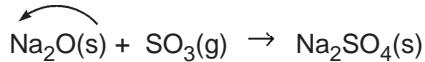
pada kasus ke dua, air bereaksi sebagai basa dengan asam CH_3COOH .

Model asam-basa menurut Bronsted-Lowry lebih luas cakupannya dibandingkan model dari Arrhenius. Jadi, menurut Bronsted-Lowry:

1. Basa adalah spesi akseptor (penerima) proton,
2. Asam adalah spesi donatur (pemberi) proton,
3. Reaksi asam-basa tidak terbatas pada larutan air,
4. Beberapa spesi dapat bereaksi sebagai asam atau basa bergantung pada pereaksi lain.

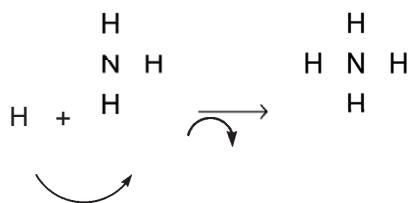
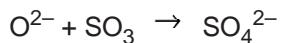
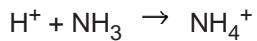
G. TEORI ASAM BASA LEWIS

Konsep asam-basa menurut Bronsted-Lowry mempunyai keterbatasan, yaitu dalam menjelaskan reaksi-reaksi yang melibatkan senyawa tanpa proton (H^+). Misalnya reaksi antara oksida basa, Na_2O dan oksida asam SO_3 yang membentuk garam Na_2SO_4 , dan reaksi antara senyawa NH_3 dan BF_3 dan beberapa reaksi yang melibatkan senyawa kompleks.

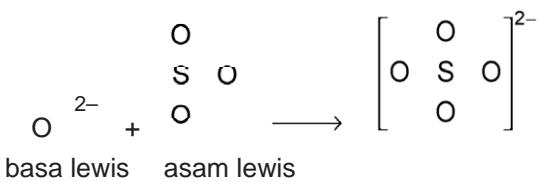
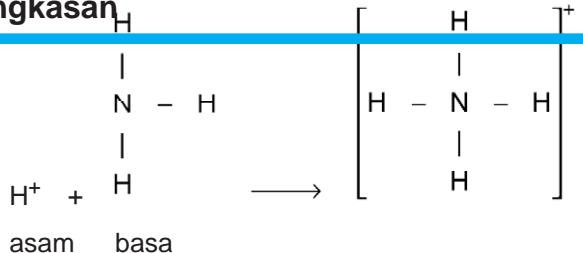


Menurut **G.N. Lewis**, **basa** adalah suatu senyawa yang dapat memberikan pasangan elektron kepada senyawa lain (**donor pasangan elektron**), sedangkan **asam** adalah senyawa yang dapat menerima pasangan elektron (**akseptor pasangan elektron**).

Contoh:

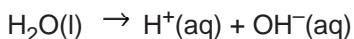


Ringkasan



Menurut *Arrhenius*, asam merupakan suatu zat yang bila dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion hidrogen (H^+) dan basa merupakan suatu senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion OH^- . Menurut *Johannes N. Bronsted-Lowry*, asam merupakan spesi donator (pemberi) proton dan basa merupakan spesi akseptor (penerima) proton. Menurut *G.N. Lewis*, basa merupakan suatu senyawa yang dapat memberikan pasangan elektron kepada senyawa lain (donor pasangan elektron), sedangkan asam merupakan senyawa yang dapat menerima pasangan elektron (akseptor pasangan elektron).

Adanya ion H^+ atau OH^- yang dihasilkan oleh suatu asam atau basa akan mengakibatkan terjadinya pergeseran kesetimbangan air.



Sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi ion H^+ dan OH^- dalam larutan tersebut.

Asam kuat merupakan asam yang dapat terionisasi sempurna atau mendekati sempurna dalam larutannya, dan asam lemah merupakan asam yang dalam larutannya terionisasi sebagian.

Harga K_a menggambarkan kekuatan asam. *Semakin besar harga K_a berarti semakin banyak ion H^+ yang dibebaskan, atau semakin kuat asam tersebut*. Selain harga K_a , besaran lain yang dapat digunakan untuk menggambarkan kekuatan asam

GLOSARIUM

Basa kuat merupakan basa yang dalam larutannya dapat terionisasi sempurna sedangkan basa lemah hanya sedikit mengalami ionisasi, sehingga reaksi ionisasi basa lemah merupakan reaksi kesetimbangan. K_b dan α dapat digunakan sebagai ukuran kekuatan basa, sama seperti halnya dalam asam lemah. *Semakin besar harga K_b semakin kuat basanya dan semakin besar derajat ionisasinya*.

Menurut Sorensen, pH merupakan fungsi logaritma negatif dari konsentrasi ion H^+

dalam suatu larutan. Besaran pH digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman dan kebasaan suatu larutan.

Pada larutan yang bersifat asam, harga pH < 7

Pada larutan yang bersifat netral, harga pH = 7

Pada larutan yang bersifat basa, harga pH > 7

Harga pH suatu larutan dapat diketahui dengan menggunakan pH-meter atau suatu indikator.

Asam kuat : asam yang dapat terionisasi sempurna atau mendekati sempurna dalam larutannya

Asam lemah : asam yang dalam larutannya terionisasi sebagian

Basa kuat : basa yang dalam larutannya dapat terionisasi sempurna

Basa lemah : basa yang sedikit mengalami ionisasi, sehingga reaksi ionisasi basa lemah merupakan reaksi kesetimbangan

Menurut Arrhenius

Asam : suatu zat yang jika dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion

SOAL-SOAL LATIHAN BAB 5

Basa : adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion OH⁻

Menurut Bronsted-Lowry

Asam : spesi donator (pemberi) proton

Basa : spesi akseptor (penerima) proton

Menurut G.N. Lewis

Asam : senyawa yang dapat menerima pasangan elektron (akseptor pasangan elektron)

Basa : suatu senyawa yang dapat memberikan pasangan elektron kepada senyawa lain (donor pasangan elektron)

Reaksi penetralan : reaksi antara sebuah ion H⁺ dan ion OH⁻ membentuk sebuah molekul H₂O, dan sifat kedua larutan hilang

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Asam menurut Arrhenius adalah
 - A. Spesi donator (pemberi) proton dalam suatu reaksi.

- B. Senyawa yang dapat menerima pasangan elektron (*akseptor pasangan elektron*).
 C. Senyawa yang dapat memberikan pasangan electron kepada senyawa lain (*donor pasangan elektron*)
 D. Suatu zat yang dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion H^+
 E. Suatu zat yang dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion OH^-
2. Dari tabel berikut ini, senyawa yang tergolong suatu basa adalah
- | Asam | K_a |
|------|-----------------------|
| HA | 7×10^{-4} |
| HB | $6,5 \times 10^{-5}$ |
| HC | 6×10^{-10} |
| HD | $1,8 \times 10^{-5}$ |
| HE | 1×10^{-8} |
| HF | $4,7 \times 10^{-11}$ |
- D. HNO_3
 E. H_2O
3. Larutan yang dibuat dengan menambahkan gas berikut ke dalam air merupakan larutan kuat. Larutan tersebut dapat mengubah warna kertas litmus. Gas tersebut adalah
- a. CO_2
 b. Cl_2
 c. NH_3
 d. CO_2
 e. HCl
4. Dari contoh larutan di bawah ini yang termasuk larutan asam lemah adalah....
- A. NH_3 dan HCN
 B. NaOH dan HCN
 C. $CO(NH_2)_2$ dan NH_3
 D. CH_3COOH dan $CO(NH_2)_2$
 E. CH_3COOH dan HCN
5. Di bawah ini tabel harga K_a dari beberapa asam pada T (K)

Berdasarkan tabel di atas maka urutan kekuatan asam yang benar adalah

- A. HA > HB > HC
 B. HC > HD > HE
 C. HA > HF > HC
 D. HF > HB > HD
 E. HC > HE > HF
6. Di bawah ini adalah kumpulan oksida asam, manakah yang akan membentuk asam kuat
- A. SO_3 , NO_2 , CO_2
 B. CO_2 , Na_2O , CsO
 C. SO_3 , Na_2O
 D. N_2O_5 , SO_2 , CO_2
 E. N_2O_5 , SO_3 *
7. Ke dalam 10 mL larutan HCl 0,1 M ditambah air sebanyak 90 mL, maka pH larutan akan berubah dari

Indikator	Trayek pH	Perubahan warna
Fenolftalein	8,3 – 10	tak berwarna – merah
Bromtimol biru	6,0 – 7,6	kuning – biru
Lakmus	5,5 – 8,0	merah – biru
Metil merah	4,4 – 6,2	merah – kuning
Metil jingga	3,1 – 4,4	merah – kuning

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

15. Jika 20 mL H_3PO_4 0,1 M dititrasi dengan larutan natrium hidroksida 0,2 M sampai tepat berubah menjadi HPO_4^{2-} , volum basa yang diperlukan adalah
A. 10 mL D. 30 mL
B. 20 mL E. 40 mL
C. 25 mL

16. Perhatikan trayek perubahan warna beberapa indikator berikut!

Indikator bromtimol biru dan fenoltalein dalam larutan NH_4Cl menunjukkan warna berturut-turut adalah

- A. biru, kuning D. merah, kuning
B. kuning, merah E. kuning, tidak berwarna
C. tidak berwarna, kuning

17. Diketahui reaksi:

$$\text{HCOOH} + \text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{HCOOH}_2^+ + \text{NO}_2^-$$

yang merupakan pasangan asam-basa konjugasi adalah

A. HNO_2 dan NO_2^-
B. HCOOH dan NO_2^-
C. HCOOH dan HNO_2
D. NO_2^- dan HCOOH_2^+
E. HCOOH dan HCOOH_2^+

18. Menurut konsep Bronsted-Lowry dalam reaksi, $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$... air adalah asam karena dapat menerima sebuah proton.

- B. amoniak dan air adalah pasangan asam-basa konjugat
- C. NH_3 dan NH_4^+ adalah pasangan asam-basa konjugat
- D. NH_3 adalah asam karena memberi sebuah proton
- E. NH_4^+ dan OH^- adalah basa kuat
19. Menurut Bronsted-Lowry, pada reaksi mana, H_2O bertindak sebagai basa.
- A. $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$
- B. $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- C. $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
- D. $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- E. $\text{H}_2\text{O} + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{H}_2\text{SO}_4$
20. $\text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + \text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$. Dalam reaksi tersebut, spesi yang berperan sebagai basa lewis adalah...
- A. O^{2-}
- D. Air

BAB

6

KESETIMBANGAN DALAM LARUTAN

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menganalisis larutan penyanga dan bukan penyanga melalui percobaan.
- Menghitung pH atau pOH larutan penyanga
- Menghitung pH larutan penyanga dengan penambahan sedikit asam atau sedikit basa atau dengan pengenceran
- Menjelaskan fungsi larutan penyanga dalam tubuh makhluk hidup
- Menentukan ciri-ciri beberapa jenis garam yang dapat terhidrolisis dalam air melalui percobaan
- Menentukan sifat garam yang terhidrolisis dari persamaan reaksi ionisasi
- Menghitung pH larutan garam yang terhidrolisis
- Menganalisis grafik hasil titrasi asam kuat dan basa kuat, asam kuat dan basa lemah, asam lemah dan basa kuat untuk menjelaskan larutan penyanga dan hidrolisis.
- Menjelaskan kesetimbangan dalam larutan jenuh atau larutan garam yang sukar larut
- Menghubungkan tetapan hasilkali kelarutan dengan tingkat kelarutan atau pengendapannya
- Menuliskan ungkapan berbagai K_{sp} elektrolit yang sukar larut dalam air
- Menghitung kelarutan suatu elektrolit yang sukar larut berdasarkan data harga K_{sp} atau sebaliknya
- Menjelaskan pengaruh penambahan ion senama dalam larutan
- Menentukan pH larutan dari harga K_{sp} -nya
- Memperkirakan terbentuknya endapan berdasarkan harga K_{sp}

Kesetimbangan kimia adalah keadaan dimana suatu reaksi bolak-balik berlangsung secara terus menerus tetapi tidak ada perubahan yang dapat diamati. Pada pembahasan materi kesetimbangan sebelumnya, perhatian kita difokuskan pada kesetimbangan yang mencakup molekul-molekul, terutama pada sistem kesetimbangan gas. Selain hal tersebut, kita juga perlu memahami konsep kesetimbangan yang berhubungan dengan reaksi-reaksi yang terjadi dalam larutan, yaitu yang menyangkut ion-ion. Kesetimbangan dalam larutan telah kita pelajari dalam penentuan pH asam lemah dan basa lemah pada bahasan sebelumnya.

Kesetimbangan dalam larutan dibagi menjadi dua, yaitu *kesetimbangan disosiasi* dan *kesetimbangan kelarutan*. Kesetimbangan disosiasi terjadi pada reaksi penguraian suatu molekul menjadi ion-ionnya membentuk suatu kesetimbangan. Kesetimbangan ini terjadi pada larutan asam lemah, basa lemah, larutan penyangga, dan hidrolisis garam. Kesetimbangan kelarutan terjadi pada larutan jenuh zat-zat elektrolit padat yang dilarutkan dalam air.

Dalam bab ini akan dibahas tiga jenis kesetimbangan ion, yaitu larutan penyangga, hidrolisis garam, dan kesetimbangan dalam larutan jenuh garam atau basa yang sedikit larut.

A. LARUTAN PENYANGGA

1. Pengertian larutan penyangga (larutan buffer)

Larutan penyangga atau larutan buffer adalah larutan yang dapat mempertahankan pH tertentu terhadap usaha mengubah pH, seperti penambahan asam, basa, ataupun pengenceran. Dengan kata lain pH larutan penyangga tidak akan berubah walaupun pada larutan tersebut ditambahkan sedikit asam kuat, basa kuat atau larutan tersebut diencerkan.

Dalam berbagai aktifitas yang melibatkan reaksi-reaksi dalam larutan sering kali diperlukan pH yang harganya tetap. Misalnya kita memerlukan suatu larutan dengan $\text{pH} = 4$ selama melakukan percobaan, dan pH-nya tidak berubah-ubah.

Cairan dalam tubuh kita juga pH-nya harus tetap dijaga, yaitu pada harga 7,4. apabila pH-nya berubah misalnya kurang dari 7,0 atau lebih dari 7,8, hal tersebut akan sangat membahayakan bagi tubuh kita bahkan dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, cairan dalam tubuh kita harus memiliki sifat sebagai larutan penyangga sehingga dapat mempertahankan pH cairan tubuh walaupun tubuh kita menerima berbagai penambahan, misalnya zat yang mengandung asam atau basa.

Untuk lebih memahami tentang larutan penyangga, lakukanlah kegiatan berikut:

KEGIATAN 6.1

Larutan penyangga

Jika ke dalam air ditambahkan asam atau basa kuat maka harga pHnya akan berubah secara drastis. Misalnya ke dalam 100 mL air ditambahkan 10 mL HCl 0,1

M, maka pH air akan berubah dari 7 menjadi sekitar 2. kemudian apabila ke dalam larutan tersebut ditambahkan larutan NaOH 0,1 M sebanyak 11 mL, maka pH akan melonjak menjadi sekitar 11. Adakah pH atau sistem yang pH-nya tidak berubah secara drastis bila ditambah sedikit asam atau basa, atau diencerkan?

A. Alat dan Bahan

- Alat:
 - Labu Erlenmeyer 100 mL 2 buah
 - Pipet tetes 2 buah
 - Gelas ukur 50 mL 2 buah
 - Tabung reaksi 6 buah
- Bahan:
 - Larutan HCl 0,1 M
 - Larutan NaOH 0,1 M
 - Larutan CH₃COOH 0,1 M
 - Larutan CH₃COONa 0,1 M
 - Larutan NH₄Cl 0,1 M
 - Larutan NH₃ 0,1 M
 - Indikator universal

B. Prosedur Percobaan

1. Siapkan 6 buah tabung reaksi dan beri nomor. Isilah tabung 1 dan 2 masing-masing 2 mL akuades, kemudian tetesi dengan 2 tetes indikator universal
2. Tambahkan larutan HCl 0,1 M tetes demi tetes pada tabung pertama sampai terjadi perubahan warna. Catat jumlah tetes yang dipakai pada tabel pengamatan.
3. Pada tabung kedua tambahkan tetes demi tetes larutan NaOH 0,1 M sampai terjadi perubahan warna. Catat kembali jumlah tetes yang dipakai pada tabel pengamatan.
4. Isilah tabung reaksi 3 dan 4 masing-masing dengan campuran 1mL larutan CH₃COOH 0,1 M dan 1 mL larutan CH₃COONa 0,1 M, tambahkan 2 tetes indikator universal.
5. Pada tabung ketiga tambahkan larutan tetes demi tetes sampai terjadi perubahan warna yang sama dengan tabung 1. Catat jumlah tetes yang diperlukan pada tabel pengamatan.
6. Pada tabung 4 tambahkan larutan NaOH 0,1 M tetes demi tetes sampai terjadi perubahan warna yang sama dengan tabung 2 dan catat jumlah tetes yang digunakan
7. Isilah tabung 5 dan 6 masing-masing dengan campuran larutan NH₃ 0,1 M dan NH₄Cl 0,1 M, tambahkan 2 tetes indikator universal.
8. Lakukan seperti langkah ke-5 dan ke-6 untuk tabung 5 dan 6.

Tabel Pengamatan

No. Tabung	Larutan	Ion yang terdapat dalam tabung	Larutan yang ditambahkan	Volum yang diperlukan sampai warna berubah
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Larutan pada tabung nomor manakah yang harga pH-nya sukar berubah?

2. Komposisi larutan penyanga

Jika ke dalam air ditambahkan asam atau basa meskipun dalam jumlah yang sedikit, harga pH akan berubah secara drastis. Mengapa demikian? Lain halnya apabila kita menambahkan HCl atau NaOH ke dalam campuran CH₃COOH atau CH₃COONa dan NH₄OH atau NH₄Cl pH-nya relatif tidak berubah. Bagaimanakah larutan tersebut mempertahankan pH?

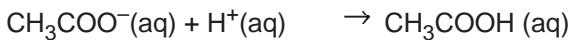
Sebagaimana telah diuraikan di atas, larutan yang dapat mempertahankan pH disebut larutan penyanga atau buffer. pH suatu larutan bergantung pada perbandingan konsentrasi ion H⁺ dengan konsentrasi ion OH⁻ dalam larutannya. Sedangkan larutan penyanga merupakan larutan yang mengandung suatu komponen asam dan komponen basa yang tidak saling bereaksi, sehingga larutan penyanga dapat bereaksi dengan ion H⁺ maupun ion OH⁻.

Larutan penyanga dapat dibuat dengan mencampurkan suatu asam lemah dengan basa konjugasinya, atau suatu basa lemah dengan asam konjugasinya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh larutan penyanga.

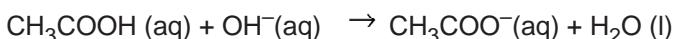
a. Larutan penyanga dari asam lemah dan basa konjugasinya

Asam lemah CH₃COOH dan basa konjugasinya CH₃COO⁻

Larutan penyanga dibuat dengan mencampurkan larutan CH₃COOH dengan suatu garam yang mengandung asetat yang mudah larut dalam air, misalnya NaCH₃COO. Apabila ke dalam larutan tersebut ditambahkan asam (H⁺), maka ion H⁺ akan diikat oleh ion CH₃COO⁻ membentuk CH₃COOH.



Apabila yang ditambahkannya basa (OH⁻), maka ion OH⁻ akan diikat oleh molekul CH₃COOH



Dengan melihat reaksi di atas, penambahan asam maupun basa tidak akan mengubah konsentrasi ion H^+ maupun konsentrasi ion OH^- , dengan demikian pH larutan tidak akan berubah.

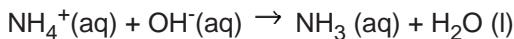
b. Larutan penyingga dari basa lemah dan asam konjugasinya

Basa lemah NH_3 dan asam konjugasinya NH_4^+

Larutan penyangga dibuat dengan mencampurkan larutan amonia (NH_3) dengan larutan garam ammonium yang mudah larut, misalnya NH_4Cl . Apabila ke dalam larutan tersebut ditambahkan asam, maka ion H^+ akan diikat oleh molekul NH_3 membentuk ion NH_4^+ .



Apabila ditambahkan basa, maka ion OH^- akan diikat oleh ion NH_4^+ membentuk NH_3 .



Dengan demikian, penambahan asam maupun basa tidak akan mengubah konsentrasi ion H^+ atau konsentrasi ion OH^- , sehingga pH larutan tidak akan berubah.

3. pH larutan penyanga

a. *Sistem penyanga asam lemah dan basa konjugasinya*

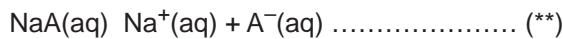
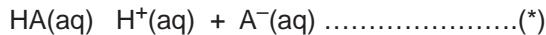
Yang berperan penting dalam larutan penyanga adalah sistem reaksi keseimbangan yang terjadi pada asam lemah dan basa lemah.

Contoh:

asam lemah (HA)

basa konjugasi A^- yang berasal dari NaA

maka dalam larutan terdapat sistem kesetimbangan:



Dari reaksi kesetimbangan (*) diperoleh:

$$K_a = \frac{[\text{HA}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Maka, konsentrasi ion $[H^+]$ dapat dinyatakan:

$$[H^+] = \frac{K_a [HA]}{[A^-]}$$

Pada campuran di atas HA merupakan asam lemah sehingga hanya sedikit terionisasi, sehingga konsentrasi HA dapat dianggap tetap. Sedangkan konsentrasi $[A^-]$ berasal dari dua komponen, yaitu $[A^-]$ dari asam lemah HA dan $[A^-]$ dari NaA. Hampir semua $[A^-]$ dalam larutan itu berasal dari garam (NaA), karena asam lemah (HA) sedikit sekali terionisasi.

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{[asam lemah]}}{\text{[basa konjugat]}}$$

Konsentrasi $= [\text{]}] = M = \frac{n}{V}$, maka:

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{mol asam lemah}}{\text{mol basa konjugat}}$$

Maka pH dapat dicari:

$$-\log [\text{H}^+] = -\log K_a - \log \frac{\text{mol asam lemah}}{\text{mol basa konjugat}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{\text{mol asam lemah}}{\text{mol basa konjugat}}$$

Contoh soal:

Bila 0,15 mol CH_3COOH ($K_a = 2 \cdot 10^{-5}$) dan 0,1 mol NaOH dilarutkan dalam air sehingga diperoleh larutan penyangga dengan volume 1 liter. Tentukan pH larutan penyangga tersebut!

Jawab:

	CH_3COOH	+	NaOH	\rightarrow	CH_3COONa	+	H_2O
Mula-mula	: 0,15		0,1		-		-
Reaksi	: 0,1		0,1		0,1		0,1

Akhir	: 0,05	-	0,1	0,1
-------	--------	---	-----	-----

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{mol asam}}{\text{mol garam}}$$

$$[\text{H}^+] = 2 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,05}{0,1} = 10^{-5}$$

$$\text{pH} = 5$$

b. Sistem penyangga basa lemah dan asam konjugasinya

Dengan cara yang sama, untuk sistem penyangga basa lemah dan asam konjugasinya, diperoleh konsentrasi $[\text{OH}^-]$ sebagai berikut:

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{\text{mol basa lemah}}{\text{mol asam konjugat}}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b - \log \frac{\text{mol basa lemah}}{\text{mol asam konjugat}}$$

Contoh soal:

Bila 3,4 gram gas NH_3 dilarutkan ke dalam 1 liter air. Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan 5,35 gram NH_4Cl . Jika $K_b \text{NH}_3 = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $M_r \text{NH}_3 = 17$ dan $M_r \text{NH}_4\text{Cl} = 53,5$, tentukanlah pH larutan tersebut!

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah mol NH}_3 &= \frac{\text{gram NH}_3}{M_r \text{NH}_3} = \frac{3,4}{17} = 0,2 \\ \text{Jumlah mol NH}_4\text{Cl} &= \frac{\text{gram NH}_4\text{Cl}}{M_r \text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{5,35}{53,5} = 0,1 \\ [\text{OH}^-] &= K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,2}{0,1} = 3,6 \cdot 10^{-5} \\ \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] = -\log 3,6 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 3,6 \\ \text{pH} &= 14 - (5 - \log 3,6) \\ &= 9 + \log 3,6\end{aligned}$$

4. Pengaruh penambahan sedikit asam atau basa, dan pengenceran terhadap pH larutan penyanga

Untuk lebih memahami perhitungan pH larutan penyanga dengan sedikit asam atau basa, dan pengenceran, perhatikan contoh soal berikut:

Contoh soal:

Bila 2 liter larutan NH_4OH 0,2 M dicampurkan dengan 2 liter larutan NH_4Cl 0,2 M dan $K_b \text{NH}_4\text{OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Tentukan:

- pH larutan penyanga
- pH larutan penyanga setelah penambahan 10 ml HCl 0,1 M
- pH larutan penyanga setelah penambahan 10 ml NaOH 0,1 M

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{a. Jumlah mol NH}_4\text{OH} &= V \times M = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ mol} \\ \text{Jumlah mol NH}_4\text{Cl} &= V \times M = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ mol} \\ [\text{OH}^-] &= K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,4}{0,4} = 1,8 \cdot 10^{-5} \\ \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 1,8 \\ \text{pH} &= 14 - (5 - \log 1,8) \\ &= 9 + \log 1,8 \\ &= 9 + 0,255 = 9,255\end{aligned}$$

Jadi pH larutan adalah 9,255

- Pada campuran NH_4OH dan NH_4Cl ditambahkan HCl, maka NH_4OH akan bereaksi dengan HCl membentuk NH_4Cl .
- Jumlah mol NH_4OH awal = 0,4 mol = 400 mmol

Jumlah mol NH_4Cl awal = 0,4 mol = 400 mmol

Jumlah mol HCl = $V \times M = 10 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M} = 1 \text{ mmol}$

	NH_4OH	+	HCl	\rightarrow	NH_4Cl	+	H_2O
Mula-mula	:	400			400		–
Reaksi	:	1			1		1
Akhir	:	399		–	401		1

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{399}{401} = 1,79 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,79 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 1,79$$

$$\text{pH} = 14 - (5 - \log 1,79)$$

$$= 9 + \log 1,79$$

$$= 9 + 0,253 = 9,253$$

Jadi pH larutan adalah 9,253

- c. Pada campuran NH_4OH dan NH_4Cl ditambahkan NaOH, maka NaOH akan bereaksi dengan NH_4Cl sehingga NH_4OH bertambah dan NH_4Cl berkurang.

Jumlah mol NH_4OH awal = 0,4 mol = 400 mmol

Jumlah mol NH_4Cl awal = 0,4 mol = 400 mmol

Jumlah mol NaOH = $V \times M = 10 \text{ ml} \times 0,1 \text{ M} = 1 \text{ mmol}$

	NH_4Cl	+	NaOH	\rightarrow	NH_4OH	+	NaCl
Mula-mula	:	400			400		–
Reaksi	:	1			1		1
Akhir	:	399		–	401		1

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{401}{399} = 1,81 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,81 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 1,81$$

$$\text{pH} = 14 - (5 - \log 1,81)$$

$$= 9 + \log 1,81$$

$$= 9 + 0,258 = 9,258$$

Jadi pH larutan adalah 9,258

Jika kita perhatikan, perubahan harga pH tidak begitu besar (hanya sekitar 0,003), sehingga pH dianggap tidak berubah oleh penambahan sedikit asam dan sedikit basa.

Contoh soal:

Pada 1 liter larutan yang terbentuk oleh NH_4OH 1 M dan NH_4Cl 1 M. Jika $K_b \text{ NH}_4\text{OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$, tentukan:

- a. pH larutan penyanga
- b. pH larutan penyanga yang diencerkan dengan 9 liter air

Jawab:

a. Jumlah mol $\text{NH}_4\text{OH} = V \times M = 1 \times 1 = 1 \text{ mol}$

$$\text{Jumlah mol } \text{NH}_4\text{Cl} = V \times M = 1 \times 1 = 1 \text{ mol}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{1} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 1,8$$

$$\text{pH} = 14 - (5 - \log 1,8)$$

$$= 9 + \log 1,8$$

$$= 9 + 0,255 = 9,255$$

Jadi pH larutan adalah 9,255

b. Setelah diencerkan dengan 9 liter air maka volumenya menjadi 10 liter

$$[\text{NH}_4\text{OH}] = \frac{V \times M_1}{\text{volume total}} = \frac{1 \times 1}{10} = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = \frac{V \times M_1}{\text{volume total}} = \frac{1 \times 1}{10} = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,1}{1} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} = 5 - \log 1,8$$

$$\text{pH} = 14 - (5 - \log 1,8)$$

$$= 9 + \log 1,8$$

$$= 9 + 0,255 = 9,255$$

Jadi pH larutan adalah 9,255

Jadi pengenceran atau penambahan volume larutan tidak merubah pH suatu larutan penyanga

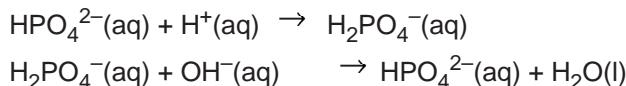
5. Larutan penyanga dalam kehidupan sehari-hari

Larutan penyanga banyak digunakan dalam reaksi-reaksi kimia terutama dalam bidang kimia analitis, biokimia, bakteriologi, dan bidang kesehatan. Dalam reaksi-reaksi kimia tersebut dibutuhkan pH yang stabil.

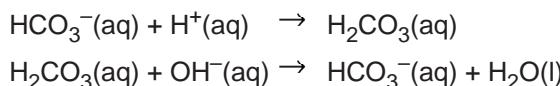
Dalam tubuh manusia, pH darah harus dijaga pada 7,35 – 7,45. Jika pH darah kurang dari 7,35 maka disebut *asidosis* (penurunan pH) yang dapat terjadi akibat penyakit-penyakit seperti ginjal, jantung, diabetes mellitus (penyakit gula), konsumsi protein berlebihan dalam waktu yang lama atau dehidrasi (kekurangan cairan tubuh yang cukup banyak) misalnya olah raga yang terlalu berlebihan atau diare yang terus menerus. Dan jika pH darah lebih dari 7,45 disebut *alkalosis* (peningkatan pH) yang bisa terjadi bila kita mengalami muntah yang hebat, bernafas terlalu berlebihan (hyperventilasi) biasanya di daerah yang udaranya tipis (ketinggian) atau ketika kita sedang cemas atau histeris. Kematian dapat terjadi jika pH darah kurang dari 7,0 atau

lebih besar dari 7,8. pH di dalam darah dijaga oleh beberapa sistem kesetimbangan larutan penyangga.

Pada cairan tubuh, baik cairan intra sel maupun cairan luar sel (extracellular), merupakan larutan penyangga. Sistem penyangga yang utama dalam cairan intra sel adalah pasangan asam basa konjugasi dihidrogenfosfat-monohidrogenfosfat ($\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{HPO}_4^{2-}$). Sistem ini bereaksi dengan asam dan basa sebagai berikut:



Pada cairan luar sel terdapat sistem penyangga pasangan asam basa konjugasi asam karbonat-bikarbonat ($\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$). Sistem ini bereaksi dengan asam dan basa sebagai berikut:



Dalam plasma darah terdapat sistem penyangga sebagai berikut:

- Campuran asam karbonat (H_2CO_3) dan basa konjugasinya ion bikarbonat (HCO_3^-).
- Campuran asam haemoglobin (HHb) dan basa konjugasinya ion oksihemoglobin (HbO_2^-).

Dalam sel darah merah terdapat sistem penyangga sebagai berikut:

- Campuran asam karbonat (H_2CO_3) dan basa konjugasinya ion bikarbonat (HCO_3^-).
- Campuran asam haemoglobin (HHb) dan basa konjugasinya hemoglobin (Hb).

Berbagai zat yang masuk ke dalam tubuh kemudian diserap oleh darah, akan sangat mempengaruhi harga pH darah. Dengan adanya sistem penyangga, perubahan pH darah yang drastis, baik penurunan atau kenaikan pH darah dapat dicegah.

Dalam bidang industri, terutama bidang farmasi (obat-obatan), diperlukan keadaan pH yang stabil. Perubahan pH akan menyebabkan khasiat zat aktif dalam obat-obatan akan terus berkurang atau hilang sama sekali. Untuk obat suntik dan obat yang dapat menimbulkan iritasi seperti tetes mata, pH obat-obatan tersebut harus disesuaikan dengan pH cairan tubuh. pH Obat suntik harus disesuaikan dengan pH darah agar tidak terjadi *acidosis* atau *alkalosis* pada darah.

B. HIDROLISIS GARAM

1. Pengertian hidrolisis garam

Hidrolisis berasal dari kata *hidro* yang berarti air dan *lisis* yang berarti penguraian. Hidrolisis adalah *reaksi penguraian garam oleh air atau reaksi ion-ion garam dengan air*. Garam adalah senyawa elektrolit

Kata Kunci

garam, elektrolit, anion, kation, asam lemah, basa lemah

yang dihasilkan dari reaksi netralisasi antara asam dengan basa. Sebagai elektrolit, garam akan terionisasi dalam larutannya menghasilkan kation dan anion. Kation yang dimiliki garam adalah kation dari basa asalnya, sedangkan anion yang dimiliki oleh garam adalah anion yang berasal dari asam pembentuknya. Kedua ion inilah yang nantinya akan menentukan sifat dari suatu garam jika dilarutkan dalam air.

Untuk menemukan hubungan antara ion-ion pembentuk garam dengan sifat larutan garam dalam air, lakukanlah eksperimen berikut ini :

KEGIATAN 6.2

Hidrolisis garam

1. Alat

- Pipet tetes
- Plat tetes

2. Bahan

- Larutan-larutan:
 NaCl , Na_2SO_4 , CH_3COONa , Na_2CO_3 , NH_4Cl , Na_2CO_3 , $(\text{CH}_3\text{COO})(\text{NH}_4)$, NH_4F , NaF , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ masing-masing dengan konsentrasi 1 M
- Kertas laksus merah dan biru

3. Cara Kerja

- Siapkan plat tetes dan letakkan potongan kertas laksus merah pada setiap lekukan
- Tetesi kertas laksus pada masing-masing lekukan dengan larutan uji yang telah disediakan
- Amati dan catat perubahan yang terjadi pada lembar pengamatan berikut:

Tabel pengamatan

Larutan garam	Basa pembentuk		Asam pembentuk		Perubahan warna		Sifat larutan garam
	Rumus kimia	Sifat	Rumus kimia	Sifat	Laksus biru	Laksus biru	

4. Bahan diskusi

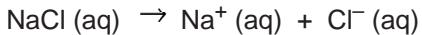
- Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kesimpulan apakah yang dapat diambil mengenai sifat larutan garam dalam air?
 - Bagaimana hubungan antara asam dan basa pembentuk garam dengan sifat larutan garam dalam air?
-

2. Jenis garam

a. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat

Jika garam jenis ini dilarutkan ke dalam air, baik kation maupun anionnya tidak akan bereaksi dengan air karena ion-ion yang dilepaskan akan segera terionisasi kembali secara sempurna. Contoh: NaCl, K₂SO₄, Ba(NO₃)₂

Di dalam air, NaCl terionisasi sempurna membentuk ion Na⁺ dan Cl⁻ menurut reaksi berikut:



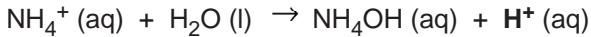
Pelarutan garam ini sama sekali tidak akan mengubah jumlah [H⁺] dan [OH⁻] dalam air, sehingga larutannya bersifat netral (pH=7). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat tidak mengalami hidrolisis dalam air*.

b. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah

Garam jenis ini bersifat asam dalam air karena kationnya terhidrolisis (memberikan proton kepada air), sedangkan anionnya tidak. Contoh: Al₂(SO₄)₃, AgNO₃, CuSO₄, NH₄Cl, AlCl₃.



Ion NH₄⁺ bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan sebagai berikut:



Adanya ion H⁺ yang dihasilkan dari reaksi kesetimbangan tersebut menyebabkan konsentrasi ion H⁺ di dalam air lebih banyak daripada konsentrasi ion OH⁻, sehingga larutan akan bersifat asam (pH < 7).

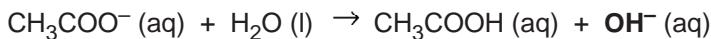
Dengan demikian, *garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah mengalami hidrolisis sebagian (parsial) di dalam air dan larutannya bersifat asam*.

c. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat akan menghasilkan anion yang berasal dari asam lemah jika dilarutkan dalam air. Anion inilah yang menghasilkan ion OH⁻ bila bereaksi dengan air. Contoh: CH₃COONa, NaF, Na₂CO₃, KCN, CaS.



Ion NH_4^+ bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan sebagai berikut:



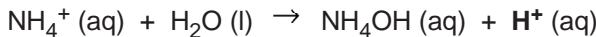
Reaksi kesetimbangan tersebut menghasilkan ion OH^- sehingga konsentrasi ion H^+ dalam air menjadi lebih sedikit. Jadi, *garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah mengalami hidrolisis sebagian (parsial) di dalam air dan larutannya bersifat basa*.

d. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah

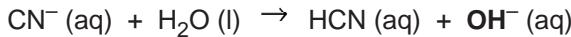
Jika garam jenis ini dilarutkan ke dalam air, maka kation dan anionnya akan mengalami hidrolisis. Contoh: NH_4CN , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.



Ion NH_4^+ bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan:



Ion CN^- bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan:



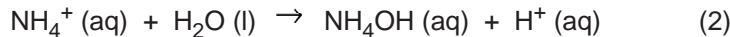
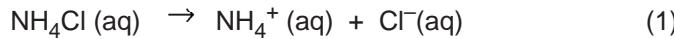
Kedua reaksi kesetimbangan tersebut menghasilkan ion H^+ dan ion OH^- . Jadi, dapat disimpulkan bahwa *garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah mengalami hidrolisis sempurna (total) di dalam air*. Sifat larutannya ditentukan oleh harga tetapan kesetimbangan asam (K_a) dan tetapan kesetimbangan basa (K_b) dari kedua reaksi tersebut. Harga K_a dan K_b menyatakan kekuatan relatif dari asam dan basa yang bersangkutan.

3. Penentuan tetapan hidrolisis (K_h) dan pH larutan garam

a. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah

1) Penentuan tetapan hidrolisis (K_h)

Perhatikan reaksi berikut:



Dari reaksi (2) diperoleh harga tetapan kesetimbangan hidrolisis (K_h):

$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]}$$

Kalikan dengan $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]} = 1$ sehingga:

$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]} \times \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (*)$$

Perhatikan reaksi ionisasi NH_4OH berikut:



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

sehingga $\frac{1}{K_b} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}$

$$\text{karena } K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \text{ maka kembali ke persamaan (*) :}$$

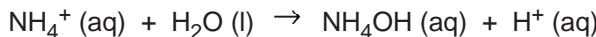
$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (*)$$

$$K_h = \frac{1}{K_b} \times K_w$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

2) Penentuan rumusan $[\text{H}^+]$

Perhatikan reaksi (2):



$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]}$$

Karena $[\text{NH}_4\text{OH}] = [\text{H}^+]$ dan H_2O diabaikan, maka:

$$K_h = \frac{[\text{H}^+][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$[\text{H}^+]^2 = K_h \cdot [\text{NH}_4^+]$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_h \text{ [garam]}}$$

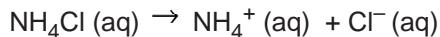
Atau:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \text{ [garam]}}{K_b}}$$

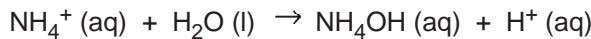
Contoh soal:

Berapakah pH dari larutan 0,1 M NH_4Cl ? ($K_b \text{ NH}_3 = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

Jawab:



Ion NH_4^+ mengalami hidrolisis:



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} [\text{garam}]}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-14}}{1,8 \times 10^{-15}}} [0,1]$$

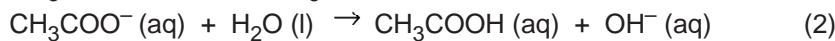
$$= 7,45 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned}\text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ &= -\log (7,45 \times 10^{-6}) = 5,1\end{aligned}$$

b. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat

1) Penentuan tetapan hidrolisis (K_h)

Perhatikan reaksi berikut :



Dari reaksi (2) diperoleh harga tetapan kesetimbangan hidrolisis (K_h):

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_2\text{O}]}$$

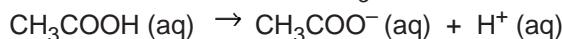
$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$$

Kalikan dengan $\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$ = 1 sehingga:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_2\text{O}]} \times \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$$

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (*)$$

Perhatikan reaksi ionisasi CH_3COOH berikut:



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\text{sehingga } \frac{1}{K_a} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}$$

$$\text{karena } K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \text{ maka kembali ke persamaan } (*):$$

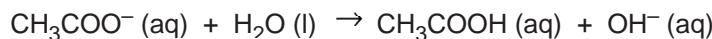
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (*)$$

$$K_h = \frac{1}{K_a \times K_w}$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

2) Penentuan rumusan $[\text{H}^+]$

Perhatikan reaksi (2):



$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_2\text{O}]}$$

Karena $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-]$ dan H_2O diabaikan karena jumlah yang bereaksi sangat kecil, maka:

$$K_h = \frac{[\text{OH}^-][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$[\text{OH}^-]^2 = K_h \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_h \cdot [\text{garam}]}$$

Atau:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot [\text{garam}]}$$

Contoh soal:

4,1 gram natium asetat, CH_3COONa ($M_r = 82$) dilarutkan dalam air hingga volum larutan 500 mL. Jika $K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 1,0 \cdot 10^{-5}$, tentukan pH larutan!

Jawab:

$$n \text{ CH}_3\text{COONa} = \frac{4,1 \text{ gram}}{82 \text{ gram/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = \frac{[garam]}{volum campuran} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot [\text{garam}]}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{10^{-14}}{1,0 \times 10^{-5}} \cdot [0,1]} = 10^{-5}$$

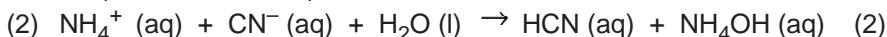
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log (10^{-5}) = 5$$

$$\text{pH} = 14 - 5 = 9$$

c. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah

1) Penentuan tetapan hidrolisis (K_h)

Perhatikan reaksi berikut:



Dari reaksi (2) diperoleh harga tetapan kesetimbangan hidrolisis (K_h):

$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{CN}^-][\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}$$

Kalikan dengan $\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]} = 1$ sehingga:

$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{CN}^-][\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}$$

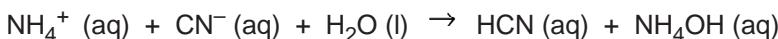
$$K_h = \frac{[\text{HCN}]}{[\text{CN}^-][\text{H}^+] \times [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \times \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{OH}^-]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (*)$$

$$K_h = \frac{1}{K_a} \times \frac{1}{K_b} \times K_w$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$$

2) Penentuan rumusan $[\text{H}^+]$ atau $[\text{OH}^-]$

Perhatikan reaksi (2):



$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{CN}^-][\text{NH}_4^+]}$$

$$\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2}$$

Kalikan dengan $\frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2}$ sehingga:

$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]^2}{[\text{CN}^-][\text{NH}_4^+][\text{H}^+]^2}$$

Karena $[\text{HCN}] = [\text{NH}_4\text{OH}]$ dan $[\text{CN}^-] = [\text{NH}_4^+]$, maka:

$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{HCN}][\text{H}^+]^2}{[\text{CN}^-][\text{CN}^-][\text{H}^+]^2}$$

$$K_h = \frac{[\text{HCN}]^2[\text{H}^+]^2}{[\text{CN}^-]^2[\text{H}^+]^2}$$

$$\begin{aligned}
 K_h &= \frac{1}{K_a^2} [H^+]^2 \\
 [H^+]^2 &= K_h \cdot K_a^2 \\
 &= \frac{K_w}{K_a \cdot K_b} K_a^2 = \frac{K_w \cdot K_a}{K_b} \\
 [H^+] &= \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a}{K_b}}
 \end{aligned}$$

Dari rumusan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pH larutan garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah tidak bergantung pada konsentrasi garam, tetapi hanya ditentukan oleh harga K_a dan K_b .

Jika $K_a = K_b$ maka larutan bersifat netral ($\text{pH} = 7$)

Jika $K_a < K_b$ maka larutan bersifat asam ($\text{pH} < 7$)

Jika $K_a > K_b$ maka larutan bersifat basa ($\text{pH} > 7$)

Contoh soal:

Tentukan pH dari 1 liter larutan NH_4F 0,1 M jika diketahui $K_b = \text{NH}_4\text{OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ dan $K_a \text{ HF} = 6,8 \cdot 10^{-4}$!

Jawab:

$$\begin{aligned}
 [H^+] &= \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a}{K_b}} \\
 &= \sqrt{\frac{10^{-14} \times 6,8 \cdot 10^{-4}}{1,8 \cdot 10^{-5}}} = 6,15 \cdot 10^{-7} \\
 \text{pH} &= -\log [H^+] = -\log (6,15 \cdot 10^{-7}) = 6,21
 \end{aligned}$$

C. HASIL KALI KELARUTAN

1. Pengertian kelarutan dan hasil kali kelarutan

Jika kita melarutkan padatan garam dapur ke dalam air sedikit demi sedikit, pada awalnya NaCl larut seluruhnya dalam air. Ketika sejumlah tertentu NaCl telah melarut dan ada sebagian yang tidak larut (terbentuk endapan), maka larutan tersebut merupakan **larutan jenuh** atau **tepat jenuh**. Konsentrasi zat terlarut di dalam larutan jenuh sama dengan kelarutannya.

Dengan demikian, **kelarutan** (*solvability*)—dengan lambang s—dapat didefinisikan sebagai *jumlah maksimum suatu zat yang dapat larut dalam pelarut tertentu*. Satuan kelarutan biasanya dinyatakan dalam gram/ Liter atau mol/ Liter.

Besarnya kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

1. Suhu

Kelarutan zat padat dalam air semakin tinggi bila suhunya dinaikkan. Adanya

panas mengakibatkan semakin renggangnya jarak antar molekul zat padat, sehingga kekuatan gaya antarmolekulnya menjadi lemah dan mudah terlepas oleh gaya tarik dari molekul-molekul air.

2. Jenis pelarut
 - a. senyawa polar mudah larut dalam pelarut polar

Misal:

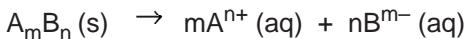
Garam dapur, gula, alkohol, dan semua asam merupakan senyawa polar sehingga mudah larut dalam pelarut polar seperti air

- b. Senyawa non-polar mudah larut dalam pelarut non-polar

Misal:

Lemak mudah larut dalam minyak

Dalam suatu larutan jenuh dari zat elektrolit yang sukar larut, terdapat kesetimbangan antara *zat padat yang tidak larut* dengan *ion-ion yang terlarut*. Secara umum, persamaan kesetimbangan untuk larutan garam A_mB_n yang sedikit larut adalah:



$$K_{sp} A_mB_n = [A^{n+}]^m \times [B^{m-}]^n$$

Contoh soal:

Tulislah persamaan tetapan hasil kali kelarutan untuk masing-masing larutan jenuh:

- a. AgCl
- b. Ag_2CrO_4
- c. $Al(OH)_3$

Jawab:



$$K_{sp} AgCl = [Ag^+] \times [Cl^-]$$



$$K_{sp} Ag_2CrO_4 = [Ag^+]^2 \times [CrO_4^{2-}]$$



$$K_{sp} Al(OH)_3 = [Al^{3+}] \times [OH^-]^3$$

Dengan demikian, hasil kali kelarutan (K_{sp}) menggambarkan perkalian konsentrasi ion-ion elektrolit yang sukar larut dalam larutan jenuhnya, dipangkatkan koefisiennya masing-masing.

Senyawa yang mempunyai harga K_{sp} adalah senyawa elektrolit yang sukar larut. Senyawa elektrolit yang mudah larut seperti $NaCl$, Na_2SO_4 , KOH , HCl , atau H_2SO_4 tidak mempunyai harga K_{sp} . Demikian pula senyawa-senyawa yang sukar larut, tetapi non-elektrolit seperti benzen, minyak, eter, juga tidak mempunyai harga K_{sp} .

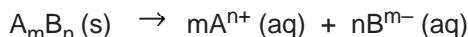
Besarnya harga K_{sp} dari suatu zat adalah tetap pada suhu tetap. Jika terjadi

perubahan suhu, maka harga K_{sp} -nya pun akan mengalami perubahan.

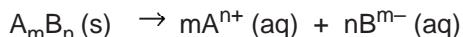
2. Hubungan kelarutan (s) dengan hasil kali kelarutan (K_{sp})

Karena nilai kelarutan (s) dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) sama-sama dihitung pada larutan jenuh, maka terdapat hubungan yang sangat erat di antara keduanya.

Untuk senyawa A_mB_n yang terlarut, maka ia akan mengalami ionisasi dalam sistem kesetimbangan:



Jika harga kelarutan dari senyawa A_mB_n sebesar s mol L⁻¹, maka di dalam reaksi kesetimbangan tersebut konsentrasi ion-ion A^{n+} dan B^{m-} adalah:



$$s \text{ mol L}^{-1} \quad ms \text{ mol L}^{-1} \quad ns \text{ mol L}^{-1}$$

sehingga harga hasil kali kelarutannya adalah:

$$\begin{aligned} K_{sp} A_mB_n &= [A^{n+}]^m \times [B^{m-}]^n \\ &= (ms)^m (ns)^n \\ &= m^m \cdot s^m \cdot n^n \cdot s^n \\ &= m^m \cdot n^n \cdot s^{m+n} \\ &\frac{K_{sp}}{s^{m+n}} = \frac{m^m \cdot n^n}{s^{m+n}} \end{aligned}$$

$$s = \sqrt[m+n]{\frac{K_{sp}}{m^m \cdot n^n}}$$

Hubungan kelarutan dengan hasil kali kelarutan dapat pula dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$K_{sp} = (n - 1)^{n-1} s^n$$

dengan: n = jumlah ion dari elektrolit

s = kelarutan elektrolit (mol.L⁻¹)

Untuk elektrolit biner ($n = 2$):

$$K_{sp} = s^2 \quad \text{atau} \quad s = \sqrt{K_{sp}}$$

Untuk elektrolit terner ($n = 3$):

$$K_{sp} = 4s^3 \quad \text{atau} \quad s = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$$

Contoh soal:

Diketahui $K_{sp} CaF_2 = 3,2 \cdot 10^{-11}$

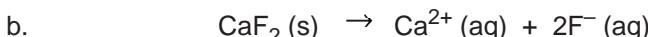
- Tentukan kelarutan garam CaF_2 dalam air!
- Tentukan konsentrasi ion Ca^{2+} dan F^- pada keadaan jenuh!
- Berapa massa garam CaF_2 yang terlarut dalam 100 mL larutan?

$$(M_r \text{ CaF}_2 = 78)$$

Jawab:

$$a. s = \sqrt[1+2]{\frac{3,2 \cdot 10^{-11}}{1 \cdot 2^2}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

Jadi, kelarutan CaF_2 dalam air adalah $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$



$$\begin{array}{ccccccc} \text{kelarutan} & & s & & s & & 2s \\ [\text{Ca}^{2+}] & = s & = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} & & & & \\ [\text{F}^-] & & = 2s & = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} & & & \end{array}$$

c. Dalam 1 liter terdapat CaF_2 yang terlarut sebanyak $= 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{Dalam } 100 \text{ mL} &= \frac{100}{1000} \times 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ &= 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CaF}_2 &= \text{mol} \times M_r \\ &= 2 \cdot 10^{-5} \times 78 \\ &= 156 \cdot 10^{-5} \text{ gram} = 1,56 \text{ mg} \end{aligned}$$

Jadi, banyaknya CaF_2 yang terlarut dalam 100 mL larutan adalah 1,56 mg

3. Pengaruh ion sejenis

Suatu zat elektrolit umumnya lebih mudah larut dalam pelarut air murni daripada dalam air yang mengandung salah satu ion dari elektrolit tersebut. Jika AgCl dilarutkan dalam larutan NaCl atau larutan AgNO_3 , ternyata kelarutan AgCl dalam larutan-larutan tersebut akan lebih kecil jika dibandingkan dengan kelarutan AgCl dalam air murni. Hal ini disebabkan karena sebelum $\text{AgCl}(s)$ terionisasi menjadi $\text{Ag}^+(aq)$ atau $\text{Cl}^-(aq)$, di dalam larutan sudah terdapat ion Ag^+ (dari AgNO_3) atau ion Cl^- (dari NaCl)



Sesuai dengan **Asas Le Chatelier**, penambahan Ag^+ atau Cl^- akan menggeser kesetimbangan ke kiri, sehingga AgCl yang larut makin sedikit. Dengan demikian, adanya *ion sejenis* akan memperkecil kelarutan suatu elektrolit.

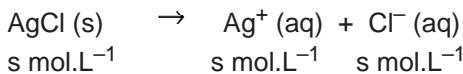
Contoh soal:

Jika diketahui K_{sp} AgCl pada suhu 25°C adalah $2 \cdot 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$, bandingkanlah kelarutan AgCl dalam:

- air murni (pada suhu yang sama)
- larutan NaCl 0,1 M

Jawab:

a. Misal, kelarutan AgCl dalam air = $s \text{ mol.L}^{-1}$

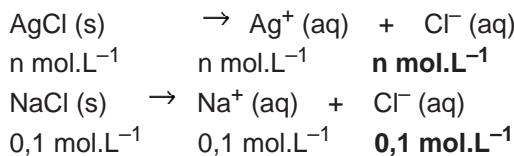


$$K_{sp} \text{ AgCl} = [\text{Ag}^+] + [\text{Cl}^-]$$

$$2 \cdot 10^{-10} = (s)(s)$$

$$s = \sqrt{2 \cdot 10^{-10}} = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

b. Misal, kelarutan AgCl dalam larutan NaCl 0,1 M = n mol.L⁻¹



Jadi, di dalam sistem terdapat:

$$\begin{array}{lcl} [\text{Ag}^+] & = & n \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{Cl}^-] & = & (n + 0,1) \text{ mol.L}^{-1} \end{array}$$

Karena $[\text{Cl}^-]$ yang berasal dari AgCl sangat sedikit dibandingkan dengan $[\text{Cl}^-]$ yang berasal dari larutan NaCl, maka $[\text{Cl}^-]$ yang berasal dari AgCl dapat diabaikan, sehingga:

$$\begin{array}{lcl} K_{sp} \text{ AgCl} & = & [\text{Ag}^+] + [\text{Cl}^-] \\ 2 \cdot 10^{-10} & = & (n)(0,1) \\ n & = & 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1} \end{array}$$

Kelarutan AgCl dalam air murni, $1,41 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ jauh lebih besar daripada kelarutan AgCl dalam larutan NaCl yang besarnya hanya $2 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$. Dengan demikian, telah terbukti bahwa adanya ion senama akan memperkecil kelarutan suatu elektrolit.

4. Meramalkan pengendapan

Harga K_{sp} suatu elektrolit dapat digunakan untuk memperkirakan apakah elektrolit tersebut dapat larut atau mengendap dalam suatu larutan. Semakin besar harga K_{sp} suatu senyawa, maka semakin mudah larut senyawa tersebut.

Dengan membandingkan harga K_{sp} dengan harga hasil kali konsentrasi ion-ion (Q_{sp}) yang ada dalam larutan yang dipangkatkan dengan koefisien reaksi masing-masing, maka ada tiga kemungkinan yang akan terjadi jika dua buah larutan elektrolit dicampurkan, yaitu:

- Jika $Q_{sp} < K_{sp}$, larutan belum jenuh (tidak ada endapan)
- Jika $Q_{sp} = K_{sp}$, larutan tepat jenuh (belum ada endapan)
- Jika $Q_{sp} > K_{sp}$, larutan lewat jenuh (ada endapan)

Contoh soal:

500 mL larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 10^{-3} \text{ M}$ dicampurkan dengan 1 liter larutan $\text{NaI} 10^{-2} \text{ M}$. Jika diketahui $K_{sp} \text{ PbI}_2 = 6 \cdot 10^{-9}$, tentukan apakah terbentuk endapan atau belum?

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{Mol Pb}^{2+} &= V \cdot M \\ &= 0,5 \text{ liter} \times 10^{-3} \text{ M} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol I}^- &= V \cdot M \\ &= 1,0 \text{ liter} \times 10^{-2} \text{ M} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\end{aligned}$$

Konsentrasi setelah pencampuran:

$$\begin{aligned}[\text{Pb}^{2+}] &= \frac{\text{mol Pb}^{2+}}{\text{V total}} \\ &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/1,5 L} \\ &= 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[\text{I}^-] &= \frac{\text{mol I}^-}{\text{V total}} \\ &= 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/1,5 L} \\ &= 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{sp} &= [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-] \\ &= (3,33 \cdot 10^{-4})(6,67 \cdot 10^{-3}) \\ &= 1,5 \cdot 10^{-8}\end{aligned}$$

Harga $Q_{sp} > K_{sp}$ maka terjadi pengendapan PbI_2

5. Hubungan K_{sp} dengan pH

Harga K_{sp} suatu basa dapat digunakan untuk menentukan pH larutan. Sebaliknya, harga pH sering digunakan untuk menghitung besarnya nilai K_{sp} .

Contoh soal:

Jika larutan MgCl_2 0,3 M ditetesii larutan NaOH , pada pH berapakah endapan Mg(OH)_2 mulai terbentuk? ($K_{sp} \text{ Mg(OH)}_2 = 3,0 \cdot 10^{-11}$)

Jawab:

$$\begin{aligned}K_{sp} \text{ Mg(OH)}_2 &= [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \\ 3,0 \cdot 10^{-11} &= (0,3)[\text{OH}^-]^2 \\ [\text{OH}^-]^2 &= 10^{-10} \\ [\text{OH}^-] &= 10^{-5} \text{ M} \\ \text{pOH} &= 5 \\ \text{pH} &= 14 - 5 = 9\end{aligned}$$

Kesetimbangan dalam larutan terjadi pada larutan elektrolit lemah, sehingga menghasilkan ion yang relatif sedikit. Kesetimbangan larutn terdiri dari kesetimbangan disosiasi dan kesetimbangan kelarutan.

Larutan penyanga merupakan larutan yang bersifat mempertahankan harga pH.

Larutan penyangga tidak berubah harga pHnya dengan penambahan sedikit asam atau basa, atau pun dengan pengenceran. Larutan penyangga asam mengandung suatu asam lemah dan garamnya atau basa konjugasinya ,dan larutan penyangga basa mengandung suatu basa lemah dan garamnya atau asam konjugasinya.

Hidrolisis adalah reaksi penguraian garam oleh air atau reaksi ion-ion garam dengan air. Garam adalah senyawa elektrolit yang dihasilkan dari reaksi netralisasi antara asam dengan basa. Berdasarkan asam dan basa pembentuknya, maka garam dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu :*pertama*, garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat. Garam jenis ini tidak mengalami hidrolisis dalam air; *kedua*, garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah. Garam ini mengalami hidrolisis sebagian (parsial) di dalam air dan larutannya bersifat asam; *ketiga*, garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat. Garam ini mengalami hidrolisis sebagian (parsial) di dalam air dan larutannya bersifat basa; dan *keempat*, garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah. Garam jenis ini mengalami hidrolisis sempurna di dalam air. Sifat larutannya ditentukan oleh kekuatan relatif dari asam dan basa yang bersangkutan.

Kelarutan (*s*) dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimum suatu zat yang dapat larut dalam pelarut tertentu. Kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh faktor suhu dan jenis pelarut. Kelarutan zat padat dalam air semakin tinggi bila suhunya dinaikkan. Senyawa polar mudah larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa non-polar mudah larut dalam pelarut non-polar.

Hasil kali kelarutan (K_{sp}) menggambarkan perkalian konsentrasi ion-ion elektrolit yang sukar larut dalam larutan jenuhnya, dipangkatkan koefisiennya masing-masing. Nilai kelarutan (*s*) dan hasil kali kelarutan (K_{sp}) dihitung pada larutan jenuh. Adanya ion sejenis akan memperkecil kelarutan suatu elektrolit. Harga K_{sp} suatu elektrolit dapat digunakan untuk memperkirakan apakah elektrolit tersebut dapat larut atau mengendap dalam suatu larutan.

Kesetimbangan disosiasi	: merupakan kesetimbangan yang terjadi pada reaksi penguraian suatu molekul menjadi ion-ionnya membentuk suatu kesetimbangan
Kesetimbangan kelarutan	: merupakan kesetimbangan yang terjadi pada larutan jenuh zat-zat elektrolit padat yang dilarutkan dalam air.
Larutan penyangga atau larutan buffer	: larutan yang dapat mempertahankan pH tertentu terhadap usaha mengubah pH, seperti penambahan asam, basa, atau pun pengenceran
Hidrolisis	: reaksi penguraian garam oleh air atau reaksi ion-ion garam dengan air

GLOSARIUM

Hasil kali kelarutan (K_{sp})

- : menggambarkan perkalian konsentrasi ion-ion elektrolit yang sukar larut dalam larutan jenuhnya, dipangkatkan koefisien -nya masing-masing

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

SOAL-SOAL LATIHAN BAB 6

• • • •

- A. FeSO_4 D. NH_4Br
B. KNO_3 E. MgCl_2
C. Na_3PO_4

4. Larutan garam yang dapat memerahkan kertas lakkmus adalah
A. Na_2SO_4 (aq) D. NaNO_3 (aq)
B. KCl (aq) E. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (aq)
C. HCOONa (aq)

5. Garam yang bersifat basa adalah
A. NH_4Cl (aq) D. NaCl (aq)
B. CH_3COOK (aq) E. K_2SO_4 (aq)
C. $(\text{CH}_3\text{COO})(\text{NH}_4)$ (aq)

6. Garam yang terhidrolisis sebagian dan bersifat basa dihasilkan dari pencampuran pada jumlah mol yang sama antara
A. NaOH dan H_2SO_4 D. NaOH dan HCl
B. KOH dan HCN E. NH_3 dan HCl^*
C. KOH dan HCl

7. Larutan yang mengubah warna fenolftalein menjadi merah adalah
- A. CH_3COOH D. H_2SO_4
B. NaNO_3 E. K_2CO_3
C. NH_4Cl
8. Larutan penyingga dapat dibuat dengan mencampurkan larutan-larutan
- A. Asam nitrat dengan Na-asetat D. Asam asetat dengan Na-asetat
B. Asam nitrat dengan Na-nitrat E. Asam asetat dengan Na-nitrat
C. Asam fosfat dengan Na-asetat
9. Lakmus biru akan menjadi merah jika dicelupkan ke dalam larutan
- A. CaCl_2 D. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
B. K_2CO_3 E. NaOH
C. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
10. Asam asetat mempunyai $K_a = 10^{-5}$. Bila dibuat larutan penyingga dengan melarutkan 0,2 molasam asetat dan 0,02 mol Na-asetat dalam 1 liter air, maka larutan ini akan mempunyai pH
- A. 3 D. 6
B. 4 E. 7
C. 5
11. Larutan 1 molar berikut yang mempunyai pH paling tinggi adalah
- A. CH_3COOH d. Na_2SO_4
B. KCl e. NH_4NO_3
C. CH_3COONa
12. Campuran yang dapat membentuk larutan penyingga adalah
- A. 50 mL CH_3COOH 0,2 M + 50 mL NaOH 0,1 M
B. 50 mL HCl 0,2 M + 100 mL NH_3 0,1 M
C. 50 mL HCl 0,2 M + 50 mL NH_3 0,1 M
D. 50 mL CH_3COOH 0,2 M + 100 mL NaOH 0,1 M
E. 50 mL HCl 0,2 M + 50 mL NaOH 0,1 M
13. Larutan natrium asetat dengan tetapan hidrolisis 10^{-9} mempunyai pH
- A. 12 D. 9
B. 11 E. 8
C. 10
14. Senyawa yang mengalami hidrolisis total dalam air adalah
- A. NH_4Cl D. Al_2SO_4
B. CH_3COONa E. BaCl_2
C. Na_2SO_4
15. Larutan asam asetat 0,2 M sebanyak 25 mL ($K_a = 10^{-5}$) dicampurkan dengan 25 mL larutan natrium hidroksida 0,2 M. Maka pH campuran adalah
- A. 5 D. 8

- B. 6 E. 9
C. 7

16. Jika $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ dan $K_b \text{NH}_4\text{OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$, maka pH 1 liter larutan ammonium asetat 0,1 mol/Liter adalah
A. 5 D. 8
B. 6 E. 9
C. 7

17. Garam yang mengalami hidrolisis total total adalah
A. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ D. CH_3COONa
B. NaCl E. Na_2CO_3
C. NH_4Cl

18. Larutan berikut yang bersifat asam adalah
A. NaCl D. NaI
B. Na_2SO_4 E. NH_4Cl
C. CH_3COONa

19. Jika (x) gram HCOONa ($M_r = 68$) yang dicampurkan dengan 0,1 M HCOOH ($K_a = 10^{-6}$) menghasilkan larutan dengan $\text{pH} = 5$, berapakah harga (x)?
A. 68,0 gram D. 3,40 gram
B. 7,20 gram E. 0,68 gram
C. 6,80 gram

20. Larutan HCl 0,1 M sebanyak 100 mL dicampurkan dengan 100 mL larutan $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,05 M, maka pH campuran tersebut adalah
A. 3 D. 9
B. 5 E. 11
C. 7

21. Jika hasil kali kelarutan AgCNS pada suhu 25°C adalah $4 \cdot 10^{-8}$, maka kelarutan AgCNS pada suhu yang sama adalah
A. $16 \cdot 10^{-16}$ D. $2 \cdot 10^{-4}$
B. $4 \cdot 10^{-8}$ E. $64 \cdot 10^{-16}$
C. $2 \cdot 10^{-8}$

22. Bila kelarutan barium posfat, $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ ialah x mol/L, maka K_{sp} zat tersebut adalah
A. x^2 D. $27x$
B. $4x^3$ E. $108x^5$
C. $27x^4$

23. Diketahui harga hasil kali kelarutan (K_{sp}) dari beberapa senyawa:
 $\text{AgCl} = 10^{-10}$
 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 10^{-12}$

$$\text{AgI} = 10^{-16}$$

$$\text{Ag}_2\text{CO}_3 = 10^{-11}$$

$$\text{Ag}_2\text{S} = 10^{-4}$$

Diantara senyawa-senyawa diatas, yang paling sukar larut dalam air adalah

- A. Ag_2CO_3 D. AgCl
 - B. Ag_2CrO_4 E. Agl
 - C. Ag_2S
24. Kelarutan Ag_3PO_4 dalam air adalah a mol/liter. Hasil kali kelarutannya adalah
- A. $27a^4$ D. $9a^3$
 - B. $3a^3$ E. $32a^4$
 - C. a^4
25. Jika K_{sp} Mg(OH)_2 pada suhu tertentu sama dengan 4×10^{-12} , maka kelarutan Mg(OH)_2 dalam 500 cm^3 larutan adalah ($M_r \text{ Mg(OH)}_2 = 58$)
- A. 58×10^{-9} gram d. 58×10^{-4} gram
 - B. 116×10^{-9} gram e. 116×10^{-4} gram
 - C. 29×10^{-4} gram
26. Larutan jenuh Mg(OH)_2 dengan $K_{sp} 5 \cdot 10^{-15}$ mempunyai pH
- A. 8 D. 11
 - B. 9 E. 12
 - C. 10
27. Larutan jenuh senyawa hidroksida dari suatu logam M, M(OH)_3 , mempunyai pH 9,00. Harga K_{sp} dari senyawa ini adalah
- A. $3,3 \times 10^{-37}$ D. $3,0 \times 10^{-20}$
 - B. $3,0 \times 10^{-36}$ E. $3,3 \times 10^{-21}$
 - C. $1,0 \times 10^{-10}$
28. Di antara zat berikut ini, yang kelarutannya paling besar (dalam mol/L) adalah...
- A. BaCrO_4 ($K_{sp} = 1,2 \times 10^{-10}$)
 - B. BaSO_4 ($K_{sp} = 1,1 \times 10^{-10}$)
 - C. AgCl ($K_{sp} = 1,8 \times 10^{-10}$)
 - D. Ag_2CrO_4 ($K_{sp} = 1,1 \times 10^{-12}$)
 - E. CaF_2 ($K_{sp} = 3,4 \times 10^{-11}$)
29. Berapa kelarutan AgCl ($K_{sp} = 1,0 \times 10^{-10}$) di dalam larutan CaCl_2 0,1 M?
- a. $6,55 \times 10^{-10}$ M d. $5,00 \times 10^{-11}$ M
 - b. $2,85 \times 10^{-11}$ M e. $2,85 \times 10^{-11}$ M
 - c. $5,00 \times 10^{-10}$ M

30. Tetapan hasil kali kelarutan dari perak azida, AgN_3 , timbal azida, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, dan strontium fluorid, SrF_2 adalah sama besar pada temperatur yang sama. Jika kelarutannya dinyatakan dengan s , maka pada temperatur yang sama
- $s \text{AgN}_3 = s \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = s \text{SrF}_2$
 - $s \text{AgN}_3 = s \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > s \text{SrF}_2$
 - $s \text{AgN}_3 > s \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > s \text{SrF}_2$
 - $s \text{AgN}_3 < s \text{Pb}(\text{N}_3)_2 < s \text{SrF}_2$
 - $s \text{AgN}_3 < s \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = s \text{SrF}_2$
31. Plat yang dilapisi AgCl lebih baik dicuci dengan air yang mengandung HCl daripada air murni supaya
- mudah disaring
 - tidak terjadi kehilangan AgCl
 - penggunaan air lebih hemat
 - kristalnya menjadi halus
 - warnanya lebih putih
32. Ke dalam 100 mL larutan AlX_3 0,002 molar ditambahkan 100 mL larutan M_2SO_4 0,004 molar. Jika K_{sp} garam $\text{MX} = 1,0 \times 10^{-5}$, maka
- MX tidak mengendap
 - Larutan tepat jenuh dengan MX
 - MX mengendap
 - Terjadi senyawa M_2X_3
 - Tidak terjadi reaksi
33. Kelarutan L(OH)_2 dalam air adalah sebesar $5,0 \times 10^{-4}$ mol/L, maka larutan jenuh L(OH)_2 dalam air mempunyai pH sebesar...
- 12,0
 - 3,7
 - 9,7
 - 11,0
 - 10,3
34. Harga hasil kali kelarutan (K_{sp}) Ag_2SO_4 adalah $3,2 \cdot 10^{-5}$. Maka kelarutannya dalam 1 liter air adalah
- $2 \cdot 10^{-5}$ mol
 - $2 \cdot 10^{-3}$ mol
 - $1 \cdot 10^{-25}$ mol
 - $1 \cdot 10^{-2}$ mol
 - $4 \cdot 10^{-2}$ mol
35. Kelarutan barium sulfat akan paling kecil jika dilarutkan dalam...
- barium klorida 0,1 M
 - natrium sulfat 0,1 M
 - barium nitrat 0,05 M
 - alumunium sulfat 0,05 M
 - air
36. Tetapan hasil kali kelarutan magnesium hidriksida adalah $2 \cdot 10^{-11}$. Jika pH dari suatu MgCl_2 dengan konsentrasi $2 \cdot 10^{-3}$ molar dinaikkan maka akan mulai terjadi endapan pada pH
- 8
 - 9
 - 10
 - 11
 - 12

37. Lima buah gelas kimia masing-masing berisi larutan dengan volum yang sama:

Jika dimasukkan padatan AgCl dalam jumlah yang sama, dapat diramalkan bahwa AgCl paling mudah larut pada gelas kimia ke

- | Gelas kimia | Larutan | |
|-------------|-------------------------|-----------------------|
| I | HCl 0,1 M | D. IV |
| II | HCl 0,2 M | E. V |
| III | HCl 0,3 M | |
| IV | AgNO ₃ 0,4 M | D. 8×10^{-6} |
| V | AgNO ₃ 0,5 M | E. 4×10^{-7} |
- C. 8×10^{-12}
38. Jika massa padatan AgCl yang dimasukkan pada gelas kimia I, II, III, IV, dan V adalah sama, maka kelarutan AgCl pada gelas kimia ke am 100 mL air adalah 0,161 gram, maka
- A. $8,0 \times 10^{-5}$ M D. $9,0 \times 10^{-3}$ M
 B. $1,6 \times 10^{-5}$ M E. $4,5 \times 10^{-3}$ M
 C. $1,6 \times 10^{-4}$ M
39. Kelarutan PbCl₂ ($K_{sp} = 1,6 \times 10^{-5}$) dalam larutan Pb(NO₃)₂ 0,20 M adalah
- A. $8,0 \times 10^{-5}$ M D. $9,0 \times 10^{-3}$ M
 B. $1,6 \times 10^{-5}$ M E. $4,5 \times 10^{-3}$ M
 C. $1,6 \times 10^{-4}$ M
40. Garam yang kelarutannya paling besar adalah
- a. AgCl, $K_{sp} = 10^{-10}$ d. Ag₂S, $K_{sp} = 1,6 \cdot 10^{-49}$
 b. AgI, $K_{sp} = 10^{-16}$ e. Ag₂C₂O₄, $K_{sp} = 1,1 \cdot 10^{-11}$
 c. Ag₂CrO₄, $K_{sp} = 3,3 \cdot 10^{-12}$

II. Uraian

- 61,5 gram Natrium asetat dilarutkan dalam 30 mL asam asetat 0,25 M. jika diketahui $K_a = 10^{-5}$ dan $M_r \text{CH}_3\text{COONa} = 82$, hitung pH larutan!
- Larutan NH₄OH 0,1 M sebanyak 400 mL dicampurkan dengan 800 mL larutan (NH₄)₂SO₄ 0,05 M. Jika diketahui $K_b(\text{NH}_4\text{OH}) = 10^{-5}$, tentukan pH larutan!
- Manakah garam di bawah ini yang jika dilarutkan ke dalam air akan bersifat asam, basa atau netral?
 A. ammonium klorida

- B. kalium sulfat
 - C. ammonium sianida
 - D. natrium asetat
 - E. perak nitrat
4. Hitung pH dari 100 mL larutan CH_3COONa 0,1 M apabila diketahui $K_a = 10^{-5}$!
 5. Hitunglah pH dari 100 mL larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,05 M jika diketahui $K_b \text{ NH}_4\text{OH} = 10^{-5}$!
 6. Dalam 100 mL larutan, terlarut 3,6 gram $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ ($M_r = 144$). Jika $K_a \text{ C}_6\text{H}_5\text{COOH} = 6,0 \cdot 10^{-5}$, tentukanlah pH larutan!
 7. 100 mL NH_4OH 0,1 M direaksikan dengan 50 mL HCl 0,2 M. Jika $K_b \text{ NH}_4\text{OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$, tentukanlah:
 - a. pH larutan NH_4OH
 - b. pH larutan HCl
 - c. pH larutan setelah bereaksi
 8. Jika diketahui $K_{sp} \text{ Mn(OH)}_2 = 4,0 \times 10^{-14}$
 - a. Hitunglah konsentrasi ion mangan pada keadaan jenuh
 - b. Hitunglah pH dari larutan jenuh $K_{sp} \text{ Mn(OH)}_2$.
 9. Diketahui $K_{sp} \text{ AgI} = 1,0 \times 10^{-16}$. Apabila 100 mL larutan AgNO_3 0,2 M dicampur dengan 100 mL larutan KI 0,4 M, berapakah konsentrasi ion Ag^+ dalam campuran?
 10. Hitunglah kelarutan AgI ($K_{sp} = 8,0 \times 10^{-17}$) dalam larutan NaI 0,1 M. bandingkan dengan kelarutan AgI dalam air murni!
 11. Larutan jenuh $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memiliki pH = 11. Hitunglah harga $K_{sp} \text{ Ca}(\text{OH})_2$!
 12. Hasil kali kelarutan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah $1,2 \times 10^{-11}$. Jika larutan MgCl_2 dinaikkan pH-nya dengan jalan penambahan NaOH , maka pada pH berapa endapan akan mulai terbentuk?

BAB

7

KOLOID

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- Menjelaskan proses pembuatan koloid melalui percobaan.
- Mengklasifikasikan suspensi kasar, larutan sejati dan koloid berdasarkan data hasil pengamatan (effek Tyndall, homogen/heterogen, dan penyaringan)
- Mengelompokkan jenis koloid berdasarkan fase terdispersi dan fase pendispersi
- Mendeskripsikan sifat-sifat koloid (effek Tyndall, gerak Brown, dialisis, elektroforesis, emulsi, koagulasi)
- Menjelaskan koloid liofob dan liofil
- Mendeskripsikan peranan koloid di industri kosmetik, makanan, dan farmasi



A. SISTEM DISPERSI

Apabila suatu zat dicampurkan dengan zat lain, maka akan terjadi penyebaran secara merata dari suatu zat ke dalam zat lain yang disebut *sistem dispersi*.

Zat yang didispersikan disebut fase terdispersi, sedangkan medium yang digunakan untuk mendispersikan disebut medium pendispersi. Contoh: tepung kanji dimasukkan ke dalam air panas maka akan membentuk sistem dispersi. Di sini air sebagai *medium pendispersi*, dan tepung kanji sebagai *zat terdispersi*.

Berdasarkan ukuran partikelnya, sistem dispersi dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu *suspensi*, *koloid*, *larutan*.

Kata Kunci

dispersi, pendispersi, suspensi, koloid, larutan

a. *Suspensi*

Suspensi merupakan sistem dispersi dengan ukuran relatif besar tersebar merata dalam medium pendispersinya. Pada umumnya suspensi merupakan campuran heterogen.

Contoh:

Pasir yang dicampur dengan air. Dalam sistem dispersi tersebut partikel terdispersi dapat diamati dengan mikroskop atau dengan mata telanjang.

Apabila tidak diaduk terus-menerus maka akan mengendap akibat gaya gravitasi bumi. Oleh karena itu suspensi tidak stabil. Semakin besar ukuran partikel tersuspensi semakin cepat pengendapan itu terjadi.

Suspensi dapat dipisahkan dengan penyaringan (filtrasi), karena ukuran partikelnya besar maka zat-zat yang terdispersi akan tertinggal di kertas saring.

Contoh:

Air sungai yang keruh, campuran kopi dengan air, campuran air dengan pasir, dan campuran minyak dengan air.

b. *Larutan*

Sistem dispersi yang ukuran partikel-partikelnya sangat kecil, sehingga tidak dapat diamati (dibedakan) antara partikel pendispersi dan partikel terdispersi meskipun dengan menggunakan mikroskop ultra.

Larutan merupakan campuran homogen karena tingkat ukuran partikelnya adalah molekul atau ion-ion sehingga sukar dipisahkan dengan penyaringan dan sentrifuge (pemusing).

Ukuran partikel zat terdispersi dan medium pendispersinya hampir sama, maka sifat zat pendispersi dalam larutan akan terpengaruh (berubah) dengan adanya zat terdispersi.

Contoh:

Larutan gula, larutan garam, alkohol 70%, larutan cuka, spiritus, air laut, bensin, dan udara yang bersih.

c. Koloid

Istilah koloid pertama kali diperkenalkan oleh *Thomas Graham* (1861) berdasarkan pengamatannya terhadap gelatin yang merupakan kristal tetapi sukar mengalami difusi, padahal umumnya kristal mudah mengalami difusi. Koloid berasal dari kata “*kolia*”, yang artinya “*lem*”. Pada umumnya koloid mempunyai ukuran partikel antara $1\text{ nm} - 100\text{ nm}$. Oleh karena ukuran partikelnya relatif kecil, sistem koloid tidak dapat diamati dengan mata langsung (mata telanjang), tetapi masih bisa diamati dengan menggunakan mikroskop ultra.

Contoh:

Sabun, susu, jelli, mentega, selai, santan, dan mayonase.

Tabel 7.1

Perbandingan Sifat Sistem Dispersi Suspensi, Koloid, dan Larutan.

Perbedaan	Suspensi	Koloid	Larutan
Ukuran partikel	$> 100\text{ nm}$	$1 - 100\text{ nm}$	$< 1\text{ nm}$
Penampilan fisis	Keruh. Partikel terdispersi dapat diamati langsung dengan mata telanjang.	Keruh – jernih Partikel terdispersi hanya dapat diamati dengan mikroskop ultra.	Jernih Partikel terdispersi tidak dapat diamati dengan mikroskop ultra.
Jumlah fasa	Dua fasa	Dua fasa	Satu fasa
Kestabilan (jika didiamkan).	Mudah terpisah (mengendap)	Sukar terpisah (relatif stabil)	Tidak terpisah (stabil)
Cara pemisahan	Filtrasi (disaring)	Tidak bisa disaring	Tidak bisa disaring.

Table 7.2
Jenis-jenis koloid

Fase terdispersi	Medium pendispersi	Nama jenis koloid	Contoh
Padat	Padat	Sol padat	Gelas berwarna, mutiara
		Emulsi padat	Keju, mentega
		Busa padat	Batu apung, karet busa, kerupuk.
Cair	Cair	Sol, gel	Cat, jelli, sol belerang, sol emas, tinta.
		Emulsi	Susu, mayonase, santan
		Busa	Buih sabun, krim kocok
Gas	Gas	Aerosol padat	Asap, debu di udara
		Aerosol cair	Awan, kabut.

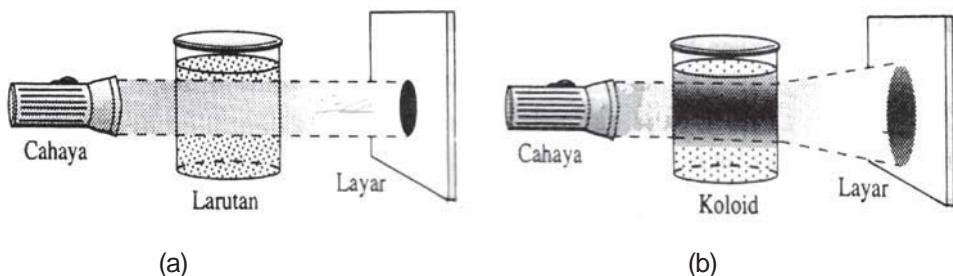
B. SIFAT-SIFAT KOLOID

Koloid mempunyai sifat yang khas

1. Efek Tyndall

Bagaimanakah kita dapat mengenali suatu sistem koloid ? kita dapat mengenalinya dengan cara melewatan seberkas cahaya (sinar) kepada obyek yang akan kita kenali. Bila dilihat tegak lurus dari arah datangnya cahaya, maka akan terlihat sebagai berikut :

- Jika obyek adalah larutan, maka cahaya akan diteruskan (transparan).
- Jika obyek adalah koloid, maka cahaya akan dihamburkan dan partikel terdispersinya tidak tampak.
- Jika obyek adalah suspensi, maka cahaya akan dihamburkan tetapi partikel terdispersinya dapat terlihat kelihatan.



Gambar 7.1
Efek Tyndall (a) larutan (b) koloid

Terhamburnya cahaya oleh partikel koloid disebut *efek Tyndall*. Partikel koloid dan suspensi cukup besar untuk dapat menghamburkan sinar, sedangkan partikel-partikel larutan berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat menghamburkan cahaya.

Dalam kehidupan sehari-hari, efek Tyndall dapat kita amati antara lain pada:

- a. Sorot lampu proyektor dalam gedung bioskop yang berasap dan berdebu
- b. Sorot lampu mobil pada malam yang berkabut
- c. Berkas sinar matahari melalui celah daun pohon-pohon pada pagi hari yang berkabut.

Coba sebutkan contoh lainnya dalam kehidupan sehari-hari yang menunjukkan adanya efek Tyndall pada koloid!

2. Gerak Brown

Apabila partikel koloid diamati di bawah mikroskop pada pembesaran yang tinggi (atau dengan mikroskop ultra) akan terlihat partikel koloid yang bergerak terus-menerus dengan arah yang acak (tak beraturan atau patah-patah (gerak zig-zag)). Gerak zig-zag partikel koloid disebut gerak Brown, sesuai dengan nama penemunya **Robert Brown** seorang ahli biologi berkebangsaan Inggris.

Gerak Brown terjadi sebagai akibat adanya tumbukan dari molekul-molekul pendispersi terhadap partikel terdispersi, sehingga partikel terdispersi akan terlontar.

Kata Kunci

sifat, efek Tyndall, gerak Brown, adsorpsi, koagulasi

Lontaran tersebut akan mengakibatkan partikel terdispersi menumbuk partikel terdispersi yang lain dan akibatnya partikel yang tertumbuk akan terlontar. Peristiwa ini terjadi terus menerus yang diakibatkan karena ukuran partikel yang terdispersi relatif besar dibandingkan medium pendispersinya.

Dalam suspensi tidak terjadi gerak Brown, karena ukuran partikel cukup besar sehingga tumbukan yang dialaminya setimbang. Partikel zat terlarut juga mengalami gerak Brown akan tetapi tidak dapat diamati. Makin tinggi suhu makin cepat gerak Brown, karena energi kinetik molekul medium meningkat sehingga menghasilkan tumbukan yang lebih kuat.

Gerak Brown merupakan salah satu faktor yang menstabilkan koloid. Partikel-partikel koloid relatif stabil, karena partikelnya bergerak terus-menerus, maka gaya gravitasi dapat diimbangi sehingga tidak terjadi sedimentasi.

3. Adsorpsi

Partikel koloid mempunyai kemampuan menyerap ion atau muatan listrik pada permukaannya. Oleh karena itu, partikel koloid menjadi bermuatan listrik. Penyerapan pada permukaan disebut adsorpsi, jika penyerapan sampai ke bawah permukaan disebut absorpsi. Kemampuan menarik ini disebabkan adanya tegangan permukaan koloid yang cukup tinggi, sehingga apabila ada partikel yang menempel akan cenderung dipertahankan pada permukaannya.

Bila partikel koloid mengadsorpsi ion yang bermuatan positif, maka koloid tersebut menjadi bermuatan positif, dan sebaliknya. Muatan koloid merupakan faktor yang menstabilkan koloid, disamping gerak Brown. Karena partikel-partikel koloid bermuatan sejenis maka akan saling tolak menolak sehingga terhindar dari pengelompokan antar sesama partikel koloid itu (jika partikel koloid itu saling bertumbukan dan kemudian bersatu, maka lama kelamaan terbentuk partikel yang cukup besar dan akhirnya akan mengendap).

Selain dari ion, partikel koloid juga dapat menarik muatan dari listrik statis, karena adanya peristiwa adsorpsi partikel koloid bermuatan listrik, maka jika koloid diletakkan dalam medan listrik, partikelnya akan bergerak menuju kutub yang muatannya berlawanan dengan muatan koloid tersebut. Peristiwa bergeraknya partikel koloid dalam medan listrik disebut **elektroforesis**.

INFO, perlu kamu tahu!

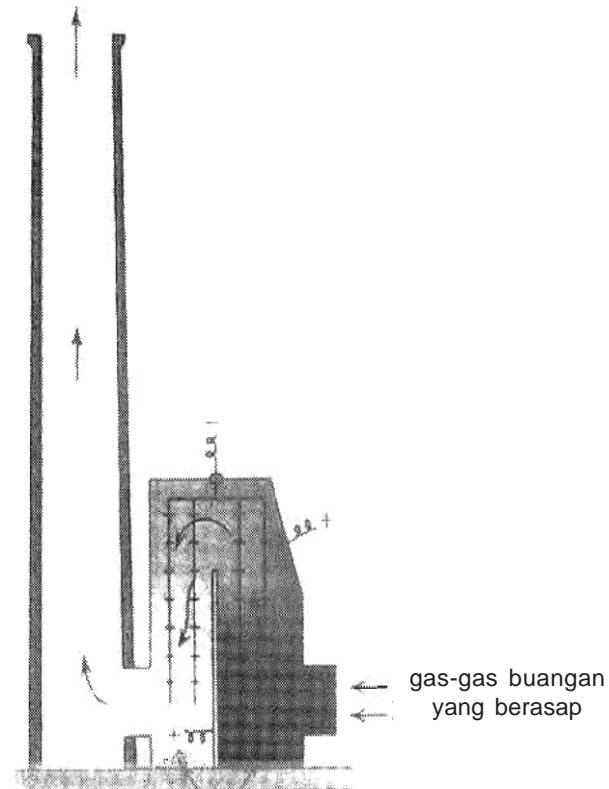
Peristiwa elektroforesis ini dimanfaatkan untuk menyaring debu pabrik pada cerobong asap (*pesawat Cottrel*). Asap pabrik sebelum meninggalkan cerobong asap dialirkan melalui ujung-ujung logam yang tajam dan bermuatan pada tegangan tinggi (20.000–75.000 volt). Ujung-ujung logam yang runcing akan mengionkan molekul-molekul dalam udara. Ion-ion tersebut akan diadsorpsi oleh partikel asap dan menjadi bermuatan. Selanjutnya, partikel bermuatan itu akan tertarik dan diikat pada elektrode yang lain.



Gambar 7.2
Gerak Brown dilihat dengan menggunakan Mikroskop

Pengendap Cottrel digunakan dalam industri untuk:

- Mencegah polusi udara oleh buangan beracun.
- Memperoleh kembali debu yang berharga (misal debu logam).



Gambar 7.3
Pengendap Cottrel

Sifat adsorpsi dari koloid digunakan dalam berbagai proses, antara lain:

1) Pemutihan gula tebu

Gula yang masih berwarna dilarutkan ke dalam air kemudian dialirkan melalui tanah diatomae dan arang tulang. Zat-warna dalam gula akan diadsorpsi sehingga diperoleh gula yang putih dan bersih.

2) Penjernihan Air

Dengan menambahkan tawas atau aluminium sulfat ke dalam air, aluminium sulfat akan terhidrolisis membentuk Al(OH)_3 yang berupa koloid yang dapat mengadsorpsi zat-zat warna atau zat pencemar dalam air.

3) Pembuatan Obat Norit

Norit adalah tablet yang terbuat dari karbon aktif. Jika diminum, di dalam usus norit membentuk sistem koloid yang dapat mengadsorpsi gas atau racun.

4. Koagulasi

Penggumpalan partikel koloid disebut koagulasi

Peristiwa koagulasi pada koloid dapat diakibatkan oleh peristiwa mekanis atau peristiwa kimia.

- Peristiwa mekanis
Misalnya pemanasan atau pendinginan.

Contoh:

- Darah merupakan sol butir-butir darah merah dalam plasma darah, bila dipanaskan akan menggumpal.
 - Agar-agar akan menggumpal bila didinginkan.
- Peristiwa kimia
Di atas telah disebutkan bahwa koloid dapat distabilkan oleh muatannya. Apabila muatannya ini dilucuti maka akan terjadi penggumpalan, yaitu dengan cara :
 - Menambahkan elektrolit ke dalam sistem koloid tersebut. Koloid yang bermuatan negatif akan menarik ion positif (kation), sedangkan koloid yang bermuatan positif akan menarik ion negatif (anion). Ion-ion tersebut akan membentuk selubung lapisan ke dua. Apabila selubung lapisan kedua ini terlalu dekat maka selubung ini akan menetralkan muatan koloid sehingga terjadi koagulasi. Makin besar muatan ion makin kuat daya menariknya dengan partikel koloid, sehingga makin cepat terjadi koagulasi.
 - Dengan sel elektroforesis. Apabila arus listrik dialirkkan cukup lama ke dalam sel elektroforesis, maka partikel koloid akan digumpalkan ketika mencapai elektrode. Koloid yang bermuatan negatif akan digumpalkan di anode, sedangkan koloid bermuatan positif digumpalkan di katode.

Beberapa contoh koagulasi dalam kehidupan sehari-hari:

1. Pembentukan delta di muara sungai , terjadi karena koloid tanah liat (lempung) dalam air sungai mengalami koagulasi ketika bercampur dengan elektrolit dalam air laut.
2. Asap atau debu dari pabrik dapat digumpalkan dengan alat koagulasi listrik Cottrel.
3. Karet dalam lateks digumpalkan dengan menambahkan asam format.

a. Kestabilan koloid

Koloid merupakan sistem dispersi yang relatif kurang stabil dibandingkan larutan. Untuk menjaga kestabilan koloid dapat dilakukan cara-cara sebagai berikut :

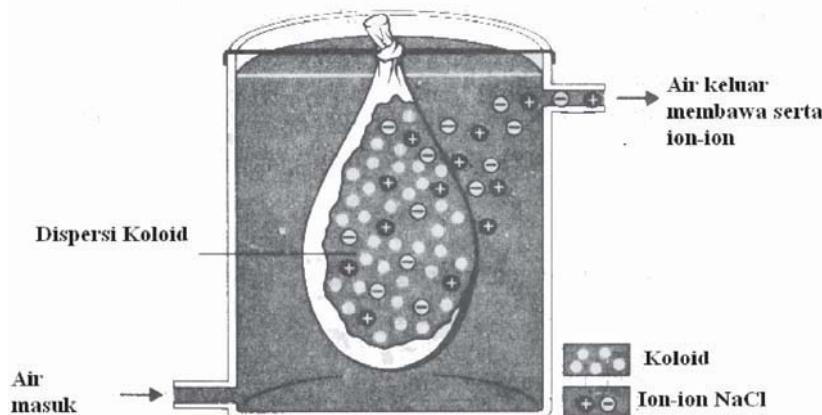
1) Menghilangkan muatan koloid

Koagulasi dapat dipecah dengan menghilangkan muatan dari koloid tersebut. Pada pembuatan suatu koloid, sering terdapat ion-ion yang dapat mengganggu kestabilan koloid tersebut. Proses penghilangan muatan koloid ini dilakukan dengan proses dialisis.

Dalam proses ini, sistem koloid dimasukkan ke dalam suatu kantong koloid (terbuat dari selaput semipermeabel, yang dapat melewatkannya partikel-partikel kecil, seperti ion

atau molekul sederhana tetapi menahan partikel koloid), kemudian kantong ini dimasukkan ke dalam bejana yang berisi air mengalir. Ion-ion akan keluar dari kantong dan terbawa aliran air.

Salah satu pemanfaatan proses dialisis adalah alat pencuci darah (*Haemodialysis*). Pada proses ini darah kotor dari pasien dilewatkan dalam pipa-pipa yang terbuat dari membran semipermeabel. Pipa semipermeabel ini dialiri cairan yang berfungsi sebagai pencuci (biasanya plasma darah), ion-ion dalam darah kotor akan terbawa aliran plasma darah.



Gambar 7.4
Proses Dialisis

2) Penambahan Stabilisator Koloid

Dengan menambahkan suatu zat ke dalam suatu sistem koloid dapat menstabilkan koloid, misalnya penambahan emulgator dan koloid pelindung.

a. Emulgator

Emulgator adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu emulsi (koloid cair dalam cair atau cair dalam padat). Emulgator merupakan senyawa organik yang mengandung kombinasi gugus polar dan non polar sehingga mampu mengikat zat polar (air) dan zat non polar.

Salah satu emulsi yang kita kenal sehari-hari adalah susu, dimana lemak terdispersi dalam air. Susu mengandung kasein yaitu suatu protein yang berfungsi sebagai zat pengemulsi. Jika susu menjadi masam, akibat laktosa (gula susu) teroksidasi menjadi asam laktat, kasein akan terkoagulasi dan tidak dapat menstabilkan emulsi lagi. Akibatnya lemak dan kasein akan terpisah dari susu.

Coba anda amati peristiwa tersebut dengan membiarkan susu dalam suatu wadah transparan menjadi masam ! Apa yang anda lihat ?

Peristiwa ini banyak dimanfaatkan dalam industri obat-obatan dan kosmetika, seperti dalam pembuatan salep, cream, lotion, dan minyak ikan.

Contoh lainnya adalah penambahan amonia dalam pembuatan emulsi pada kertas film.

b. Koloid Pelindung

Koloid pelindung merupakan koloid yang ditambahkan ke dalam sistem koloid agar menjadi stabil. Misalnya penambahan gelatin pada pembuatan es krim dengan maksud agar es krim tidak cepat memisah sehingga tetap kenyal, serta penambahan gum arab pada pembuatan semir, cat dan tinta dapat bertahan lama karena menggunakan koloid pelindung.

b. Koloid liofil dan liofob

Koloid yang memiliki medium dispersi cair dibedakan atas *koloid liofil* dan *koloid liofob*. Berdasarkan interaksi antara partikel terdispersi dengan medium pendispersinya.

Koloid liofil adalah koloid yang fase terdispersinya suka menarik medium pendispersinya, yang disebabkan gaya tarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersinya kuat.

Koloid liofob adalah sistem koloid yang fase terdispersinya tidak suka menarik medium pendispersinya.

Bila medium pendispersinya air maka koloid liofil disebut *koloid hidrofil*, sedangkan koloid liofob disebut *koloid hidrofob*.

Contoh:

Koloid hidrofil : sabun, detergen, agar-agar, kanji, dan gelatin.

Koloid hidrofob : sol belerang, sol-sol sulfida, sol Fe(OH)_3 , sol-sol logam.

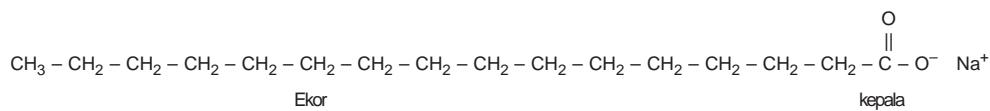
Koloid liofil/hidrofil lebih kental daripada koloid liofob/hidrofob. Sol hidrofil tidak akan menggumpal pada penambahan sedikit elektrolit. Zat terdispersi dari sol hidrofil dapat dipisahkan dengan pengendapan atau penguapan. Apabila zat padat tersebut dicampurkan kembali dengan air maka dapat membentuk kembali sol hidrofil (bersifat reversibel). Sebaliknya, sol hidrofob akan terkoagulasi pada penambahan sedikit elektrolit. Sekali zat terdispersi sudah dipisahkan, tidak akan membentuk sol lagi jika dicampur kembali dengan air.

Tabel 7.3
Perbandingan sifat sol liofil dan liofob

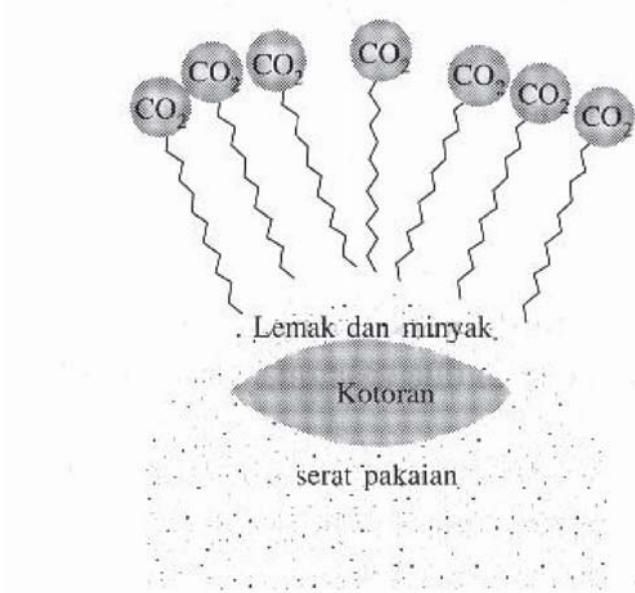
No	Sifat	Sol liofil	Sol liofob
1	Daya adsorpsi terhadap medium	Kuat, mudah mengadsorpsi	Tidak mengadsorpsi mediumnya
2	Efek Tyndall	Kurang jelas	Sangat jelas
3	Viskositas (kekentalan)	Lebih besar daripada mediumnya.	Hampir sama dengan mediumnya.
4	Koagulasi	Sukar	Mudah terkoagulasi (kurang stabil).
5	Lain-lain	Bersifat reversibel	Irreversibel (jika sudah menggumpal sukar dikoloidkan kembali).

Sifat hidrofob dan hidrofil dimanfaatkan dalam proses pencucian pakaian pada penggunaan detergen. Apabila kotoran yang menempel pada kain tidak mudah larut dalam air, misalnya lemak dan minyak. dengan bantuan sabun atau detergen maka minyak akan tertarik oleh detergen. Oleh karena detergen larut dalam air, akibatnya minyak dan lemak dapat tertarik dari kain.

Kemampuan detergen menarik lemak dan minyak disebabkan pada molekul detergen terdapat ujung-ujung liofil yang larut dalam air dan ujung liofob yang dapat menarik lemak dan minyak. Akibat adanya tarik-menarik tersebut, tegangan permukaan lemak dan minyak dengan kain menjadi turun sehingga lebih kuat tertarik oleh molekul-molekul air yang mengikat kuat detergen.



Kepala sabun: gugus hidrofil, bagian polar
Ekor sabun : gugus hidrofob, bagian non polar



Gambar 7.5
Proses Penarikan lemak dan minyak oleh detergen

C. PEMBUATAN KOLOID

Sistem koloid dapat dibuat secara langsung dengan mendispersikan suatu zat ke dalam medium pendispersi. Selain itu juga dapat dilakukan dengan mengubah suspensi menjadi koloid atau dengan mengubah larutan menjadi koloid. Cara tersebut dilakukan dengan mengubah ukuran partikel zat terdispersi, yaitu cara dispersi dan cara kondensasi.

Kata Kunci

pembuatan, cara,
dispersi, kondensasi

Cara dispersi dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel koloid, sedangkan cara kondensasi dilakukan dengan memperbesar ukuran partikel.



1. Cara dispersi

a. Cara mekanik (dispersi langsung)

Butir-butir kasar diperkecil ukurannya dengan menggiling atau menggerus koloid sampai diperoleh tingkat kehalusan tertentu, kemudian diaduk dengan medium pendispersi.

Contoh:

Sol belerang dibuat dengan menggerus serbuk belerang bersama-sama suatu zat inert (seperti gula pasir) kemudian mencampur serbuk halus itu dengan air.

b. Homogenisasi

Dengan menggunakan mesin homogenisasi.

Contoh:

- emulsi obat di pabrik obat dilakukan dengan proses homogenisasi.
- Pembuatan susu kental manis yang bebas kasein dilakukan dengan mencampurkan serbuk susu skim ke dalam air dengan menggunakan mesin homogenisasi.

c. Peptisasi

Dengan cara memecah partikel-partikel besar menjadi partikel koloid, misalnya suspensi, gumpalan atau endapan dengan bantuan suatu zat pemepatisasi (pemecah).

Contoh:

Agar-agar dipeptisasi oleh air, nitroselulaosa oleh aseton, karet oleh bensin, dan lain-lain. Endapan NiS dipeptisasi oleh H_2S dan endapan $Al(OH)_3$ oleh $AlCl_3$.

d. Busur bredit

Cara ini digunakan untuk membuat sol-sol logam. Logam yang akan dikoloidkan dijadikan elektrode yang dicelupkan ke dalam medium dispersi. Kemudian diberi arus listrik yang cukup kuat sehingga terjadi loncatan bunga api listrik di antara kedua ujungnya. Mula-mula atom-atom logam akan terlempar ke dalam air, kemudian atom-atom tersebut mengalami kondensasi sehingga menjadi partikel koloid. Cara ini merupakan gabungan cara dispersi dan kondensasi.

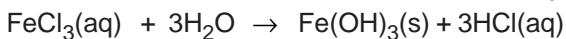
2. Cara kondensasi

a. Reaksi hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi suatu zat dengan air. Reaksi ini umumnya digunakan untuk membuat koloid-koloid basa dari suatu garam yang dihidrolisis.

Contoh:

Pembuatan sol Fe(OH)_3 dari hidrolisis FeCl_3 . Dengan cara memanaskan larutan FeCl_3 (apabila ke dalam air mendidih ditambahkan larutan FeCl_3 akan terbentuk sol Fe(OH)_3 .



b. Reaksi redoks

Reaksi yang disertai perubahan bilangan oksidasi. Koloid yang terjadi merupakan hasil oksidasi atau reduksi.

Contoh:

Pembuatan sol belerang dari reaksi antara hidrogen sulfida (H_2S) dengan belerang dioksida (SO_2), yaitu dengan mengalirkan gas H_2S ke dalam larutan SO_2 .



c. Pertukaran ion

Reaksi pertukaran ion umumnya dilakukan untuk membuat koloid dari zat-zat yang sukar larut (endapan) yang dihasilkan pada reaksi kimia.

Contoh:

Pembuatan sol As_2S_3 dengan mengalirkan gas H_2S ke dalam larutan As_2O_3 dengan reaksi berikut.



KEGIATAN 7.1

PEMBUATAN KOLOID

Tujuan

Tujuan percobaan ini untuk membuat koloid dengan cara kondensasi dan dispersi langsung

Alat dan bahan

- Gelas kimia 150 ml
- Pembakar spiritus
- Pipet tetes
- Spatula
- Lumpang dan mortar poselen
- Kaki tiga dan kasa
- Akuades
- Larutan FeCl_3 jenuh
- Larutan HCl 2 M

- Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 M
- Gula pasir
- Serbuk belerang

Cara Kerja

A. Pembuatan koloid dengan kondensasi

1. Panaskan 100 mL akuades dalam gelas kimia. setelah mendidih tetesi dengan 10 tetes larutan FeCl_3 jenuh sambil diaduk. Hentikan apabila larutan mulai berubah menjadi coklat, amati sifatnya
2. Reaksikan 25 mL larutan HCl 2 M dengan 25 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 M. Amati perubahan yang terjadi

B. Pembuatan koloid dengan dispersi langsung

1. Gerus campuran 1 sendok gula pasir dan 1 sendok serbuk belerang pada lumpang porselen hingga lembut
2. Sisihkan setengah gerusan belerang dan gula tersebut, kemudian tambahkan 1 sendok gula. Gerus kembali campuran ini hingga lembut
3. Sisihkan kembali setengahnya. Sisanya tambahkan dengan 1 sendok gula dan gerus hingga lembut
4. Ulangi sekali lagi langkah di atas
5. Larutkan seujung sendok spatula hasil gerusan terakhir. Amati yang terjadi
6. Ambil serbuk belerang yang belum digerus dengan gula, kemudian masukan ke dalam 100 ml akuades. Bandingkan hasilnya dengan pada langkah 5.

Kesimpulan

Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan yang telah dilakukan!

Ringkasan

Apabila suatu zat dicampurkan dengan zat lain, maka akan terjadi penyebaran secara merata dari suatu zat ke dalam zat lain yang disebut *sistem dispersi*. Zat yang didispersikan disebut fase terdispersi, sedangkan medium yang digunakan untuk mendispersikan disebut medium pendispersi. Berdasarkan ukuran partikelnya, sistem dispersi dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu *suspensi*, *koloid*, dan *larutan*.

Suspensi merupakan sistem dispersi dengan ukuran relatif besar. Pada umumnya suspensi merupakan campuran heterogen. Larutan merupakan campuran homogen yang sistem dispersinya mempunyai ukuran partikel sangat kecil, sehingga tidak dapat diamati (dibedakan) antara partikel pendispersi dan partikel terdispersi meskipun dengan menggunakan mikroskop ultra. Koloid mempunyai ukuran partikel antara 1 nm –100 nm. Oleh karena ukuran partikelnya relatif kecil, sistem koloid tidak dapat diamati dengan mata langsung (mata telanjang).

Koloid mempunyai sifat yang khas, di antaranya Efek Tyndall, Gerak Brown, adsorpsi, dan koagulasi. Untuk menjaga kestabilan koloid dapat dilakukan cara-cara sebagai berikut, di antaranya dengan cara menghilangkan muatan koloid dan menambahkan stabilisator koloid, yaitu emulgator dan koloid pelindung.

Sistem koloid dapat dibuat secara langsung dengan mendispersikan suatu zat ke dalam medium pendispersi. Selain itu juga dapat dilakukan dengan mengubah suspensi menjadi koloid atau dengan mengubah larutan menjadi koloid. Cara dispersi dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel koloid, sedangkan cara kondensasi dilakukan dengan memperbesar ukuran partikel. Cara Dispersi dilakukan antara lain dengan cara mekanik (dispersi langsung), homogenisasi, peptisasi, dan busur bredig. Sedangkan cara kondensasi dilakukan dengan pertukaran ion, reaksi redoks, dan reaksi hidrolisis.

GLOSARIUM

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Efek Tyndall | : | hamburan cahaya oleh partikel kecil dalam medium yang dilewati cahaya |
| Emulgator | : | zat yang ditambahkan ke dalam suatu emulsi (koloid cair dalam cair atau cair dalam padat) |
| Gerak Brown | : | gerak partikel koloid yang bersifat acak yang berlangsung terus menerus tanpa henti |
| Koloid liofil | : | koloid yang fase terdispersinya suka menarik medium pendispersinya, yang disebabkan gaya tarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersinya kuat. |
| Koloid liofob | : | sistem koloid yang fase terdispersinya tidak suka menarik medium pendispersinya. |
| Sistem dispersi | : | suatu sistem yang terdiri dari medium pendispersi dan zat terdispersi |

SOAL-SOAL LATIHAN BAB 7

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Di bawah ini merupakan sistem koloid adalah
A. Air gula D. Bensin
B. Air soda D. Larutan garam
C. Air kanji
 2. Yang merupakan ciri sistem koloid di bawah ini, kecuali
A. Relatif stabil D. menghamburkan cahaya
B. Terdiri dari dua fasa E. tidak dapat disaring
C. Homogen
 3. Susu merupakan sistem koloid
A. cair dalam cair D. cair dalam padat
B. padat dalam cair E. padat dalam padat
C. gas dalam cair

4. Gerak Brown terjadi karena
- Tolak-menolak antar partikel koloid yang muatannya sama
 - Tarik-menarik antar partikel koloid yang berbeda muatan
 - Tumbukkan antar partikel koloid
 - Tumbukan molekul medium dengan partikel koloid *
 - Gaya gravitasi
5. Reaksi pembuatan koloid berikut:
- $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$
 - $\text{As}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{HNO}_3$
 - $2\text{H}_2\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow 6\text{H}_2\text{O} + \text{As}_2\text{O}_3$
 - $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 + 3\text{HCl}$
- Pembuatan koloid melalui reaksi redoks terdapat pada reaksi
- I
 - II
 - III
 - IV
 - V
6. Diantara sistem, dispersi di bawah ini yang termasuk emulsi ialah
- Jeli
 - Cat
 - Susu
 - Kanji
 - Agar-agar
7. Yang termasuk koloid padat dalam gas adalah
- Embun
 - Asap
 - Kabut
 - buih
 - batu apung
8. Salah satu langkah pada proses penjernihan air PAM adalah proses
- Dispersi
 - Kondensasi
 - Koagulasi
 - Emulsi
 - Dialisa
9. Salah satu contoh koloid yang tergolong sol liofil
- Selai
 - Buih
 - Asap
 - Embun
 - Batu apung
10. Emulsi merupakan sistem koloid yang fase terdispersi dan medium pendispersinya adalah
- Gas – gas
 - Cair – padat
 - Cair – gas
 - gas – cair
 - cair – cair

11. Fasa terdispersi dan medium pendispersi dari asap
A. Cair dalam gas D. padat dalam padat
B. Padat dalam gas E. gas dalam padat
C. Gas dalam cair
 12. Kuningan adalah sistem koloid
A. Zat padat dalam zat padat D. Zat padat dalam cairan
B. Cairan dalam zat padat E. Zat padat dalam gas
C. Gas dalam zat padat
 13. Sifat adsorpsi dari koloid dapat digunakan dalam hal-hal di bawah ini, kecuali
A. Pemurnian gula D. Pengobatan sakit perut
B. Pencucian dengan sabun E. Penggumpukan karet
C. Penjernihan air
 14. Penghamburan cahaya oleh sistem koloid dikenal dengan
A. Refleksi koloid D. Efek Tyndall
B. Elektroforesis E. Dialisis
C. Gerak Brown
 15. Koagulasi koloid dapat terjadi karena hal di bawah ini, kecuali
A. Ditambahkan elektrolit
B. Mencampurkan dua macam koloid
C. Koloid dipanaskan
D. Proses elektroforesis
E. Dilakukan dialisis
 16. Proses dialisis terjadi karena
A. Partikel koloid tidak dapat menembus selaput semipermeabel
B. Partikel koloid dapat bermuatan listrik
C. Partikel-partikel koloid bergerak lurus
D. Adanya aliran air melalui dinding semipermeabel
E. Muatan listrik tidak dapat menembus dinding semipermeabel
 17. Dibandingkan sol liofil maka sol liofob
A. Lebih kental D. efek tyndall kurang jelas
B. Lebih stabil E. lebih mudah dikoagulasikan
C. Bersifat reversibel
 18. Alat Cottrel yang dipasang pada cerobong asap merupakan pemanfaatan dari proses
A. Peptisasi D. Busur bredig
B. Dialisia E. Kondensasi
C. Elektroforesis

19. Sifat asorpsi koloid dari koloid dimanfaatkan pada proses, kecuali
 - A. Pengobatan sakit perut
 - B. Pemakaian deodorant
 - C. Pencucian dengan sabun
 - D. pemurnian gula
 - E. penggumpalan karet
20. Minyak dan air dapat bercampur dengan baik apabila dikocok dengan sabun karena
 - A. Berat jenis minyak dan air dibuat serupa oleh sabun
 - B. Sabun memiliki daya pembersih yang kuat
 - C. Buih sabun mengandung udara yang memisahkan minyak
 - D. Sabun menurunkan tegangan permukaan
 - E. Molekul sabun memiliki bagian polar dan non polar

II. Uraian

1. Jelaskan dengan singkat mengenai:
 - a. Efek Tyndall
 - b. Gerak Brown
 - c. Adsorpsi koloid
 - d. Elektroforesis
 - e. Koagulasi koloid
2. Berikan contoh sistem koloid yang termasuk jenis:
 - a. Sol padat
 - b. Sol
 - c. Aerosol cair
 - d. Aerosol padat
3. Mengapa pada proses pencucian pakaian kotoran yang berupa lemak dan minyak dapat tertarik dari kain dengan menggunakan sabun?

LATIHAN ULANGAN AKHIR SEMESTER 2

Waktu: 90 menit

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Larutan $100 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ pH = 2 diencerkan hingga volume larutan menjadi 1000 cm^3 , maka pH larutan yang terbentuk adalah

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

2. Derajat keasaman (pH) larutan asam asetat $0,2 \text{ M}$ ($K_a = 2 \times 10^{-5}$) adalah

A. $2 - \log 3$ D. $5 - \log$
B. $3 - \log 2$ E. $6 - \log 4$
C. $4 - \log 4$

3. Diketahui persamaan reaksi:

$$\text{H}_2\text{PO}_4^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$$

Yang merupakan pasangan asam basa konyugasi adalah

A. H_2PO^- dan H_2O D. $\text{HPC} \xrightarrow{\text{Jan}} \text{H}_2\text{O}$
B. HPO_4^{2-} dan H_3O^+ E. H_2PO^- dan HPO_4^{2-}
C. H_2PO^- dan H_3O^+

4. Di bawah ini terdapat contoh beberapa larutan:

1. asam klorida 4. air kapur
2. cuka 5. gula
3. amonia

Dari contoh larutan di atas yang merupakan asam lemah dan basa lemah berturut-turut adalah

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

5. Harga pH yang terbesar terdapat dalam larutan

A. 0,1 mol NaOH dalam 1 liter larutan
B. 0,001 mol KOH dalam 2 liter larutan
C. 0,01 mol Ca(OH)₂ dalam 0,5 liter larutan
D. 0,1 mol Ba(OH)₂ dalam 2 liter larutan
E. 0,1 mol Sr(OH)₂ dalam 1 liter larutan

6. Larutan asam asetat $10 \text{ ml } 0,1 \text{ M}$ diencerkan dengan air sampai volume larutan

menjadi 1000 ml, maka perubahan pH larutan dari

$$(K_a \text{ asetat} = 1,0 \times 10^{-5})$$

- A. 1 menjadi 2 D. 3 menjadi 5
B. 1 menjadi 3 E. 3 menjadi 6
C. 3 menjadi 4

7. Untuk reaksi $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ menurut teori Bronsted-Lowry adalah
A. NH_3 bersifat asam D. H_2O bersifat basa
B. NH_4^+ bersifat basa E. H_2O bersifat netral
C. H_2O bersifat asam

8. Fraksi mol glukosa ($\text{Mr} = 180$) dalam larutan glukosa 80% massa di dalam air adalah
A. $1/4$ D. $5/9$
B. $2/7$ E. $5/7$
C. $4/9$

9. Ke dalam 150 ml larutan asam sulfat 0,2 molar, jika dicampurkan 100 ml larutan asam sulfat 0,3 molar. Konsentrasiya menjadi
A. 0,40 molar D. 0,24 molar
B. 0,30 molar E. 0,20 molar
C. 0,32 molar

10. Jika tetapan asam $\text{CH}_3\text{COOH} = 10^{-5}$, maka pH larutan CH_3COONa 0,01M adalah
A. 7,0 D. 8,5
B. 7,5 E. 9,0
C. 8,0

11. Asam lemah HA 0,1 M terurai dalam air sebanyak 2%. Tetapan ionisasi asam lemah tersebut adalah
A. 2×10^{-3} D. 4×10^{-4}
B. 4×10^{-3} E. 4×10^{-5}
C. 2×10^{-4}

12. Tetapan disosiasi suatu asam berbasis 1 adalah 10^{-7} . Jika suatu larutan asam ini mempunyai pH = 4 maka konsentrasiya adalah
A. 10^{-1}M D. 10^{-5}M
B. 10^{-3}M E. 10^{-7}M
C. 10^{-4}M

13. pH suatu larutan basa MOH 0,1 M adalah 10. Tetapan basa MOH adalah
A. 10^{-1} D. 10^{-5}
B. 10^{-3} E. 10^{-7}
C. 10^{-4}

14. Manakah dari spesi berikut dapat bertindak sebagai asam dan basa menurut Bronsted-Lowry:

 1. HCO_3^-
 2. H_2PO_4^-
 3. NH_3
 4. O^{2-}

Adalah

 - A. 1 dan 2
 - B. 3 dan 4
 - C. 1, 2, 3 dan 4
 - D. 1, 2 dan 3
 - E. 1 dan 4

15. Larutan asam asetat ($K_a = 2 \times 10^{-5}$) yang mempunyai pH sama dengan larutan 2×10^{-3} M HCl, mempunyai konsentrasi

 - A. 0,10 M
 - B. 0,15 M
 - C. 0,20 M
 - D. 0,25 M
 - E. 0,40 M

16. Perubahan pH dari 50 ml HCl 0,1 M tidak akan terjadi pada penambahan 50 ml

....

 - A. air suling
 - B. NaOH 0,1 M
 - C. HCl 0,1 M
 - D. H_2SO_4 0,1 M
 - E. KOH 0,1 M

17. Larutan 40 ml NaOH 0,1 M dicampur dengan 60 ml larutan HCl 0,05 M. Untuk menetralkan campuran ini dibutuhkan H_2SO_4 0,05 M sebanyak

 - A. 20 ml
 - B. 15 ml
 - C. 10 ml
 - D. 5 ml
 - E. 1 ml

18. Satu ml larutan NaOH 1 M ditambahkan ke dalam 1 lt air, maka larutan ini akan mempunyai pH kira-kira

 - A. 3
 - B. 5
 - C. 7
 - D. 9
 - E. 11

19. Asam terkonjugasi dari HF adalah

 - A. HF
 - B. H_2F^+
 - C. F^-
 - D. H^+
 - E. HF_2^-

20. Garam yang terhidrolisis sebagian dan bersifat basa dihasilkan dari pencampuran pada jumlah mol yang sama antara

 - A. NH_3 dan HCl
 - B. NaOH dan HCl
 - C. KOH dan HCl
 - D. KOH dan HCN
 - E. NaOH dan H_2SO_4

21. Larutan garam berikut yang bersifat asam

 - A. NH_4Cl
 - B. Na_2SO_4
 - C. CH_3COONa
 - D. NaI
 - E. CH_3COONa

- C. NaCl

22. Garam berikut yang tidak mengalami hidrolisis jika dilarutkan dalam air adalah

A. Na_2CO_3 D. CH_3COONa
B. K_3CO_3 E. NH_4Cl
C. K_2SO_4

23. Jika diketahui $K_{\text{sp}} \text{ AgCl} = 10^{-10}$, maka kelarutan AgCl dalam 1 liter larutan KCl 0,01 M adalah

A. 10^{-2} mol/liter D. 10^{-6} mol/liter
B. 10^{-4} mol/liter E. 10^{-8} mol/liter
C. 10^{-5} mol/liter

24. Pasangan larutan berikut ini yang menghasilkan larutan penyangga adalah

A. 50 ml CH_3COOH 0,1 M + 50 ml NaOH 0,25 M
B. 50 ml CH_3COOH 0,1 M + 50 ml HCl 0,1 M
C. 50 ml HCN 0,05 M + 50 ml NaOH 0,05 M
D. 50 ml NH_4OH 0,1 M + 50 ml HCl 0,05 M*
E. 50 ml NaOH 0,1 M + 50 ml HCl 0,1 M

25. Harga hasil kali kelarutan (K_{sp}) $\text{Ag}_2\text{SO}_4 = 3,2 \times 10^{-5}$, maka kelarutannya dalam 1 liter air adalah

A. 2×10^{-5} mol D. 1×10^{-2} mol
B. 2×10^{-3} mol E. 4×10^{-2} mol
C. 1×10^{-25} mol

26. Ke dalam 100 ml 0,1 M larutan asam asetat ($K_a = 10^{-5}$) ditambahkan sejumlah garam natrium asetat ($M_r = 82$) hingga pH larutan naik menjadi 5. Maka massa natrium asetat yang ditambahkan adalah

A. 0,10 gram D. 6,00 gram
B. 0,82 gram E. 8,20 gram
C. 1,00 gram

27. pH larutan dari campuran 100 ml larutan NaOH 0,2 M dengan 100 ml larutan CH_3COOH 0,5 M ($K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 10^{-5}$) adalah

A. $5 - \log 1,5$ D. $9 - \log 3$
B. $5 + \log 1,5$ E. $9 - \log 3$
C. $9 + \log 1,5$

28. Penambahan sedikit air dalam larutan penyangga akan menyebabkan

A. perubahan pH larutan
B. perubahan pK_a larutan asam
C. tidak ada perubahan pH maupun pK_a
D. perubahan pK_a tetapi pH tetap

- E. perubahan pH tetapi pK_a tetap

29. Asam asetat mempunyai $K_a = 10^{-5}$, bila dibuat larutan buffer dengan melarutkan 0,2 mol asam asetat dan 0,2 mol Na asetat dalam 1 liter air, maka larutan ini akan mempunyai pH

A. 3 D. 6
B. 4 E. 7
C. 5

30. Pada suhu tertentu 0,35 gram BaF_2 ($\text{Mr} = 175$) melarut dalam air murni membentuk 1 liter larutan jenuh. Hasil kali kelarutan BaF_2 pada suhu ini adalah

A. $1,7 \cdot 10^{-2}$ D. $3,2 \cdot 10^{-9}$
B. $3,2 \cdot 10^{-6}$ E. $4,0 \cdot 10^{-9}$
C. $3,2 \cdot 10^{-8}$

31. Jika konsentrasi Ca^{2+} dalam larutan jenuh $\text{CaF}_2 = 2 \cdot 10^{-4}$ mol/L, maka hasil kali kelarutan CaF_2 adalah

A. $8 \cdot 10^{-8}$ D. $2 \cdot 10^{-12}$
B. $3,2 \cdot 10^{-11}$ E. $4 \cdot 10^{-12}$
C. $1,6 \cdot 10^{-11}$

32. Garam dengan kelarutan paling besar adalah

A. AgCl , $K_{sp} = 10^{-10}$ D. Ag_2S , $K_{sp} = 1,6 \cdot 10^{-9}$
B. Agl , $K_{sp} = 10^{-16}$ E. $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$, $K_{sp} = 1,1 \cdot 10^{-11}$
C. Ag_2CrO_4 , $K_{sp} = 3,2 \cdot 10^{-4}$

33. Jika kelarutan CaF_2 dalam air sama dengan s mol/L, maka nilai K_{sp} bagi garam ini adalah

A. $\frac{1}{4}s^3$ D. $2s^3$
B. $\frac{1}{2}s^3$ E. $4s^3$
C. s^3

34. Larutan jenuh X(OH)_2 mempunyai pH = 9. Hasil kali kelarutan dari X(OH)_2 adalah

A. 10^{-10} d. $5 \cdot 10^{-16}$
B. $5 \cdot 10^{-11}$ e. 10^{-18}
C. 10^{-15}

35. Untuk membuat larutan penyangga dengan pH = 5, maka ke dalam 40 mL larutan 0,1 M asam asetat ($K_a = 1 \cdot 10^{-5}$) harus ditambahkan larutan NaOH 0,2 M sebanyak

A. 10 mL D. 40 mL
B. 20 mL E. 50 mL
C. 30 mL

C. busa

II. Uraian

1. Asam HA mempunyai tetapan ionisasi (K_a) = $1,6 \times 10^{-5}$. Berapakah konsentrasi ion H^+ dalam larutan 0,01 M asam tersebut?
2. Berapakah pH larutan NH_3 0,1 M, jika diketahui $K_b = 10^{-5}$?
3. 61,5 gram Na asetat dilarutkan dalam 30 ml asam asetat 0,25 M. Jika diketahui $K_a = 10^{-5}$ dan M_r Na asetat = 82. Berapakah pH larutan tersebut?
4. Hitunglah pH larutan dari 100 ml larutan $(NH_4)_2SO_4$ 0,05 M jika diketahui K_b $NH_4OH = 10^{-5}$!
5. Hitung kelarutan AgCl ($K_{sp} = 10^{-10}$) di dalam larutan $CaCl_2$ 0,1 M!

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, JE.- Pudjaatmaka & Suminar (1994). *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Jakarta: Erlangga
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1981. *Petunjuk Praktikum Ilmu Kimia I untuk SMA*. Jakarta.
- Holman, John R (1994). *General Chemistry*. John Wiley & Sons
- Johson S (2004). *1001 Plus Soal & Pembahasan Kimia*. Jakarta: Erlangga
- Karyadi, Benny (1997). *Kimia 2*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI
- Keenan, Charles W – Pudjaatmaka (1999). *Ilmu Kimia Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Klug, S William, Cummings R. M. (1996). *Essentials of Genetics*. New Jersey: Prentice Hall
- Liliasari (1995). *Kimia 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI
- Mulyono HAM (1997). *Kamus Kimia*. Bandung: Ganeca Silatama
- Petrucchi, Ralph H – Suminar (1999). *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Jakarta: Erlangga
- Purba, Michael (1997). *Ilmu Kimia untuk SMU kelas 2 jilid 2A dan 2B*. Jakarta: Erlangga
- Purba, Michael (1997). *Ilmu Kimia untuk SMU kelas 3 jilid 3A*. Jakarta: Erlangga
- Sudarmo, Unggul (2004). *Kimia untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga
- Sunarya, Yayan (2003). *Kimia Dasar 2 : Prinsip-Prinsip Kimia Terkini*. Bandung : Alkemi Grafisindo Press
- Syukri (1999). *Kimia Dasar 1*. Bandung : Penebit ITB

Sumber Website:

- <http://universe-review.ca/l11-05-emzyme.jpg>
- <http://img.tfd.com/dict/112/685686-chemical-equilibrium.gif>
- <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/AcidBase/Lab-AcidBaseTitration/Bottle-HCl&NaOH.JPG>
- <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/fotos/arrhenius.jpg>
- <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/Gallery/Bronsted.GIF>
- http://www.geocities.com/bioelectrochemistry/haber_apparatus.jpg
- <http://shop.miniscience.com/images/tn/PHPAPER.jpg>
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/b/bd/Contact.gif>
- <http://131.104.156.23/Lectures/231/231%20pictures/haber%201.gif>
- <http://content.answers.com/main/content/wp/en/thumb/3/3a/200px-Lechatelier.jpg>
- <http://www.state.sc.us/forest/ph%20meter.jpg>
- <http://www.chemistrydaily.com/chemistry/upload/thumb/3/35/250px-Nagasakibomb.jpg>
- <http://serc.carleton.edu/usingdata/nasaimages/index4.html>

INDEKS

A

Adsorpsi 22, 94
Aerosol 94
Akseptor 98
Anion 95
Antarmolekul 10, 11, 12, 13, 96
Arrhenius 95, 99
Arrhenius, Svante 95
Asam 22, 30, 41, 54, 55, 56, 58, 80, 81, 83, 85, 95, 97, 98, 99
Asas kekekalan 22, 96
Atom 2, 12, 18, 87, 95
Aturan aufbau 6, 9, 95
Aturan Hund 1, 8, 95
Azimut 3, 95

B

Basa 85, 95, 97
Bentuk molekul 1, 10, 11, 12, 13, 18, 88, 95
Bilangan kuantum 16, 95
Bohr, Neils 95
Bronsted dan Lowry 95
Bronsted lowry 99
Busa 95

C

Campuran heterogen 95
Campuran homogen 95
Cara dispersi 95
Cara kondensasi 95
Cara mekanik 95
Chatelier, Henry Le 95

D

Dalam industri 36, 57, 58, 78, 79, 97
Dapat balik 66, 81, 98
Derajat 95
Dialisis 95
Dinamis 66, 67, 81, 82, 91, 97, 184
Diprotik 95
Disosiasi 44, 75, 76, 84, 96, 97, 183, 184
Dispersi koloid 96
Donor 98

E

Efek tyndall 96
Eksoterm 25, 26, 29, 37, 38, 68, 71, 80, 88, 90, 98
Elektroforesis 96
Elektron 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 87, 88, 96
Emulsi 96
Endoterm 25, 26, 37, 68, 69, 71, 88, 98
Energi 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 52, 53, 57, 58, 61, 68, 87, 88, 89, 96
Entalpi 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 53, 61, 88, 89, 90, 96

F

Fasa dispersi 96
Fraksi mol 96

G

Garam 96, 97
Gaya 96
Gel 96
Gerak brown 96
Gerak zig-zag 96
Golongan 8, 9, 10, 18, 87, 88, 96, 183

H

Habber Bosch 98
Haber, Fritz 96
Hasil kali kelarutan 96
Hess 31, 32, 37, 92, 96
Hess, Germain 96
Heterogen 54, 66, 70, 72, 82, 95, 97
Hidrofi 96
Hidrofob 96
Hidrogen 1, 2, 14, 15, 16, 18, 19, 26, 35, 43, 49, 58, 78, 79, 87, 96
Hidrolisis 57, 96, 98, 99
Homogen 54, 66, 70, 77, 82, 95, 97
Hukum 24, 31, 32, 48, 69, 81, 92, 96

I

Ikatan 1, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 44, 87, 89, 96
Imbas 13, 15, 96
Indikator universal 97
Ion 12, 87, 97
Ionik 78, 99

Ionisasi 95, 99, 182

J

Jenuh 97

K

Kalor 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97

Kalorimeter 28, 30, 38, 95

Katalis 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 68, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 91, 92, 97

Kation 97

Keadaan setimbang 66, 67, 68, 73, 74, 76, 82, 83, 85, 86, 91, 94, 97

Keasaman 95

Kekuatan asam basa 97

Kelarutan 96, 97

Kesetimbangan 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 98, 99

Kestabilan dispersi koloid 97

Kinetik 52, 61, 96

Koagulasi 97

Koloid pelindung 97

Konfigurasi elektron 1, 2, 6, 8, 9, 15, 18, 19, 88, 87, 97

Konjugat 95

Konsentrasi 2, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 93, 98

Kontak 58, 80, 81, 83, 98

Kovalen 12, 14, 87, 97, 99

Kuat 10, 13, 14, 35, 85, 95

L

Laju reaksi 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 82, 90, 91, 94, 97

Laplace 96, 97

Larangan pauli 1, 7, 97

Larutan 22, 29, 30, 31, 43, 47, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 66, 67, 70, 71, 72, 91, 97, 98

Lemah 12, 95

London 1, 13, 15, 96

Louis Victor de Broglie 2, 97

Luas permukaan zat 97

M

Magnetik 4, 15, 95

Maxwell 2, 97

Medium dispersi 97

Meter 98

Molalitas 97

Molaritas 47, 59, 97
Molekul 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 33, 52, 54, 61, 67, 88, 95, 97
Monoprotik 95

N

Non polar 99

O

Orbital 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 19, 97
Orientasi 3, 4, 5, 6, 12, 16, 96

P

Partikel kolid 98
Pembakaran 27, 35, 37, 38, 98
Pembakaran standar 98
Pembentukan 12, 16, 25, 26, 27, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 57, 60, 67, 88, 89, 90, 92, 94, 98
Penetralan 41, 98
Pengaruh 56, 98
Pengenceran 47, 59, 98
Pengendap cottrell 98
Pengendapan 98
Penguraian 27, 37, 38, 43, 75, 88, 98
Penyanga 97
Pergeseran kesetimbangan 67, 68, 98
Periode 9, 10, 18, 87, 98
Persamaan kesetimbangan 98
Perubahan 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 48, 53, 58, 59, 60, 61, 67, 68, 81, 82, 88, 89, 90, 96, 98
Ph 98
Polar 12, 13, 16, 18, 78, 9
Poliprotik 95
Proses 66, 81, 98
Proton 2, 98

R

Reaksi 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 98
Rutherford, Ernest 99

S

Schrodinger, Erwin 99
Senyawa 12, 88, 99

Sistem koloid 99
Sistem periodik 1, 9, 18, 19, 87, 88, 99
Sol 99
Sorensen 99
Spin 4, 7, 8, 15, 95
Struktur atom 1, 2, 99
Subkulit 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 99
Suhu 14, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 40, 43, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 71, 74, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 88, 91, 92, 93, 94, 98
Suspensi 99

T

Tekanan 22, 23, 24, 26, 27, 37, 40, 57, 61, 62, 67, 68, 69, 72, 73, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 91, 92, 93, 94, 98, 99
Temperatur 26, 27, 37, 52, 58, 60, 63, 82, 91, 98
Teori 1, 2, 10, 11, 15, 16, 99
Tetapan 3, 48, 52, 62, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 85, 86, 92, 93, 94, 99
Tidak jenuh 97
Titrasi 99
Tripotik 95

U

Utama 3, 7, 8, 15, 80, 95

V

Van der Waals 1, 12, 13, 14, 15, 16, 87, 96

KUNCI JAWABAN

BAB 1

I. Pilihan Ganda

- | | | | | |
|------|------|-------|-------|-------|
| 1. D | 5. E | 9. C | 13. E | 17. A |
| 2. A | 6. D | 10. D | 14. E | 18. A |
| 3. E | 7. C | 11. C | 15. C | 19. B |
| 4. C | 8. D | 12. C | 16. B | 20. B |

II. Uraian

1. Berdasarkan pada orbital yang ditempati oleh elektron terakhir, unsur-unsur dalam sistem periodik dibagi atas blok s, blok p, blok d, dan blok f.
2. 23 elektron
3. 1 subkulit yaitu 5s
4. 10
5. 6 unsur

BAB 2

I. Pilihan Ganda

- | | | | | |
|------|------|-------|-------|-------|
| 1. C | 5. B | 9. C | 13. D | 17. D |
| 2. D | 6. C | 10. B | 14. B | 18. C |
| 3. C | 7. D | 11. B | 15. D | 19. A |
| 4. D | 8. D | 12. D | 16. D | 20. A |

II. Uraian

1. -14,5 kJ
2. 34 kkal
3. 99,3 kkal
4. -2044,5 KJ/mol
5. -32 Kkal/mol

BAB 3

I. Pilihan Ganda

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. C | 6. E | 11. E | 16. A |
| 2. E | 7. E | 12. B | 17. A |
| 3. E | 8. D | 13. D | 18. C |
| 4. E | 9. E | 14. E | 19. C |
| 5. D | 10. E | 15. D | 20. C |

II. Uraian

1. 10^{-5} mol/L.s
2. $v = k [A]^2[B]^2$

3. a. Persamaan laju reaksi : $v = k [P] [Q]$
- b. Orde reaksi total = 2
- c. $k = 100$
4. $t_2 = 6$ detik
5. $3/16 k$

BAB 4

I. Pilihan Ganda

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. D | 6. B | 11. E | 16. E |
| 2. A | 7. B | 12. B | 17. C |
| 3. D | 8. C | 13. C | 18. D |
| 4. D | 9. D | 14. B | 19. C |
| 5. B | 10. D | 15. D | 20. D |

II. Uraian

1. Pergeseran kesetimbangan :
 - a. ke kanan
 - b. ke kanan
 - c. tidak menggeser kesetimbangan
 - d. ke kiri
2. 50%
3. $K = 0,33$
4. 0,36 mol
5. $K_p = 0,489$ atm; $K_c = 0,02$

Latihan ulangan akhir semester 1

I. Pilihan Ganda

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. D | 11. E | 21. C | 31. B |
| 2. E | 12. A | 22. E | 32. B |
| 3. D | 13. D | 23. C | 33. B |
| 4. E | 14. A | 24. E | 34. D |
| 5. C | 15. B | 25. C | 35. C |
| 6. E | 16. C | 26. A | 36. B |
| 7. D | 17. D | 27. B | 37. C |
| 8. D | 18. C | 28. C | 38. E |
| 9. A | 19. D | 29. D | 39. B |
| 10. E | 20. B | 30. D | 40. C |

II. Uraian

1. Dari data:
 - a. orde NO = 2 dan orde Br₂ = 1
 - b. 3
 - c. $v = k [NO]^2[Br_2]$

2. $K_c = 1$
3. -80 kJ
4. $K_p = \frac{1}{4} K_c$
5. 956,40 kcal

BAB 5

I. Pilihan Ganda

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. D | 6. E | 11. A | 16. E |
| 2. B | 7. A | 12. D | 17. A |
| 3. C | 8. C | 13. C | 18. C |
| 4. E | 9. E | 14. E | 19. A |
| 5. A | 10. E | 15. B | 20. A |

II. Uraian

1. Menurut Arrhenius, **Asam** adalah suatu zat yang bila dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion hidrogen (H^+). **Basa** adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion OH^- .

Menurut **Johannes N. Bronsted-Lowry**, **Asam** adalah spesi donator (pemberi) proton dan **basa** adalah spesi akseptor (penerima) proton.

Model asam-basa menurut Bronsted-Lowry lebih luas cakupannya dibandingkan model dari Arrhenius. Jadi, menurut Bronsted-Lowry :

1. Basa adalah spesi akseptor (penerima) proton,
2. Asam adalah spesi donatur (pemberi) proton,
3. Reaksi asam-basa tidak terbatas pada Irutan air,
4. Beberapa spesi dapat bereaksi sebagai asam atau basa bergantung pada pereaksi lain.
2. $[H^+] = 10^{-3} M$
3. 1,34 %
4. $[OH^-] = 2,12 \times 10^{-3} M$
5. 50 cm^3

BAB 6

I. Pilihan Ganda

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. D | 11. C | 21. D | 31. B |
| 2. A | 12. A | 22. E | 32. C |
| 3. C | 13. D | 23. E | 33. D |
| 4. E | 14. D | 24. A | 34. B |
| 5. B | 15. E | 25. C | 35. D |
| 6. E | 16. C | 26. C | 36. C |
| 7. E | 17. A | 27. E | 37. A |
| 8. D | 18. E | 28. E | 38. B |
| 9. C | 19. E | 29. C | 39. E |
| 10. B | 20. C | 30. E | 40. E |

II. Uraian

1. pH larutan = 6
2. pH larutan = 5,3
3. a. asam
b. netral
c. netral
d. basa
e. asam
4. 9
5. 4,8
6. 8,81
7. a. 11,13
b. 0,7
c. 5,21
8. a. Konsentrasi ion mangan pada keadaan jenuh = $2,2 \times 10^{-5}$ mol/ Liter
b. pH larutan jenuh $K_{sp} \text{ Mn(OH)}_2 = 9 + \log 4,4 = 9,33$
9. Konsentrasi ion Ag^+ dalam campuran = 0,1 mol/ Liter
10. Kelarutan Agl dalam larutan NaI = $8,0 \times 10^{-16}$ mol/ L
Klarutan Agl dalam air murni = $9,0 \times 10^{-9}$ mol/ L
11. $K_{sp} \text{ Ca(OH)}_2 = 5,0 \times 10^{-10}$
12. Endapan akan terbentuk pada pH sekitar 8,88 ~ 9

BAB 7**I. Pilihan Ganda**

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. C | 6. C | 11. B | 16. A |
| 2. C | 7. B | 12. A | 17. E |
| 3. A | 8. C | 13. E | 18. C |
| 4. D | 9. A | 14. D | 19. E |
| 5. A | 10. E | 15. E | 20. E |

II. Uraian

- 1 Arti dari istilah:
 - a. efek Tyndall : Terhamburnya cahaya oleh partikel koloid.
 - b. gerak Brown : Gerak zig-zag partikel koloid yang disebabkan adanya tumbukan tidak seimbang dari molekul-molekul pendispersi terhadap partikel terdispersi.
 - c. adsorpsi : Penyerapan ion atau muatan listrik pada permukaan partikel koloid
 - d. elektroforesis : Peristiwa bergeraknya partikel koloid dalam medan listrik
 - e. koagulasi : Penggumpalan partikel koloid disebut koagulasi

2. Contoh-contoh dari :
- Sol padat : Tanah, kaca warna, permata, perunggu, kuningan,
 - Sol : cat, tinta, kanji dalam air
 - Aerosol Cair : kabut, awan, pengeras rambut (hairspray), obat semprot
 - Aerosol Padat : asap, debu, buangan knalpot.
3. Kemampuan detergen menarik lemak dan minyak disebabkan pada molekul detergen terdapat ujung-ujung liofil yang larut dalam air dan ujung liofob yang dapat menarik lemak dan minyak. Akibat adanya tarik-menarik tersebut, tegangan permukaan lemak dan minyak dengan kain menjadi turun sehingga lebih kuat tertarik oleh molekul-molekul air yang mengikat kuat detergen.

Ulangan Umum Semester 2

I. Pilihan Ganda

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. C | 11. E | 21. A | 31. B | 41. C |
| 2. B | 12. A | 22. C | 32. E | 42. C |
| 3. E | 13. E | 23. E | 33. E | 43. C |
| 4. D | 14. D | 24. D | 34. D | 44. C |
| 5. E | 15. C | 25. B | 35. A | 45. D |
| 6. D | 16. C | 26. B | 36. E | 46. E |
| 7. C | 17. C | 27. A | 37. B | 47. E |
| 8. B | 18. E | 28. C | 38. E | 48. D |
| 9. D | 19. B | 29. B | 39. E | 49. B |
| 10. D | 20. D | 30. C | 40. D | 50. E |

II. Uraian

- 4×10^{-4}
- 11
- 6
- 4,8
- kelarutan AgCl = 5×10^{-10}

Catatan:

Catatan:

Memahami

KIMIA

SMA/MA 2

ISBN 978-979-068-176-7 (No.Jil.Lengkap)

ISBN 978-979-068-178-1

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 tentang Penetapan Buku Teks yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam proses pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp 10.535,-

