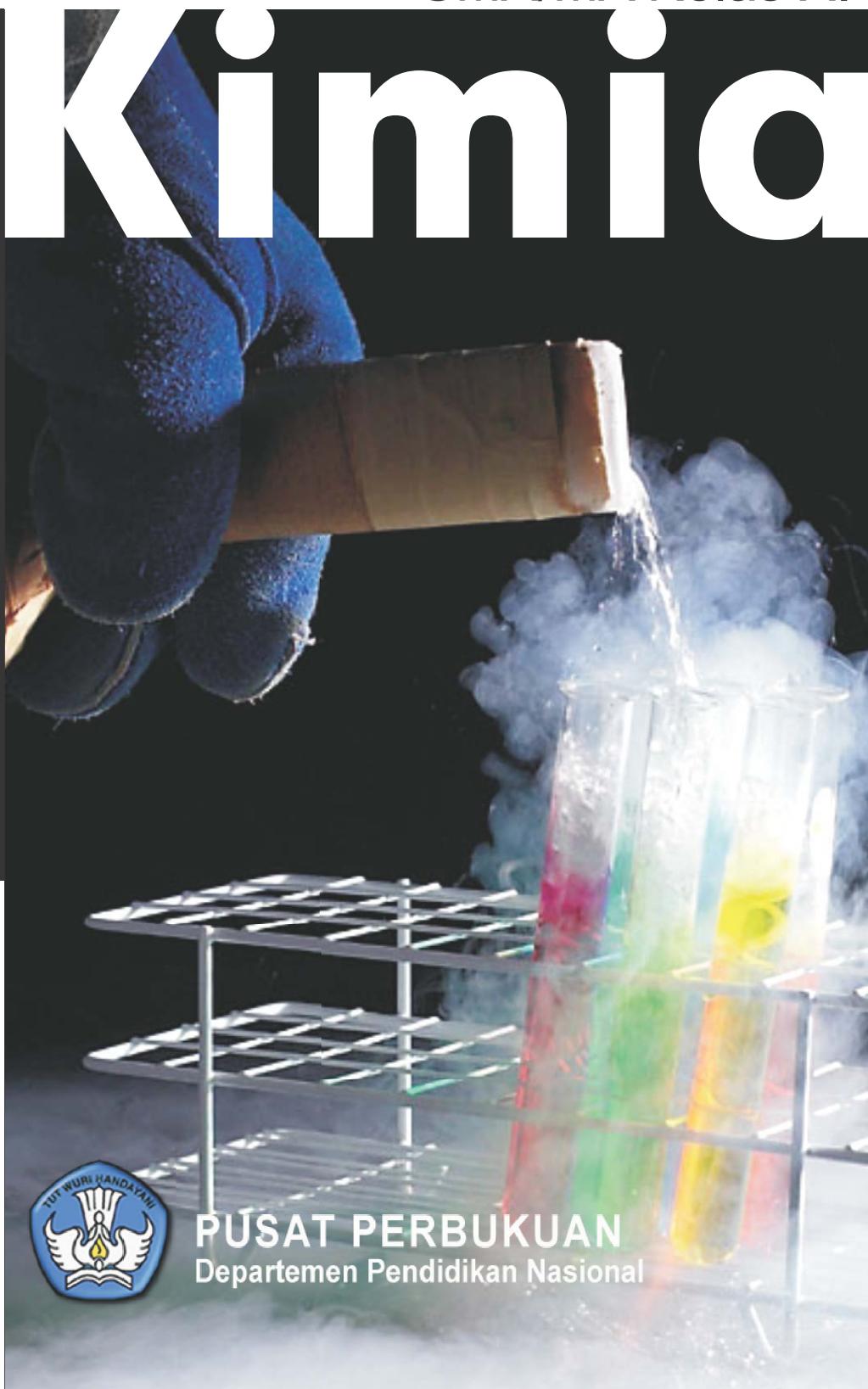


- Shidiq Premono
- Anis Wardani
- Nur Hidayati



SMA/MA Kelas XI

# Kimia



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional

- Shidiq Premono
- Anis Wardani
- Nur Hidayati

SMA/MA Kelas XI

# Kimia



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

## Kimia SMA/MA Kelas XI

Penulis : Shidiq Premono, Anis Wardani, Nur Hidayati  
Editor : Munnal Hani'ah, Desy Wijaya, Isnani Aziz Zulaikha  
Pembaca ahli : Susy Yunita Prabawati  
Desainer sampul : Aji Galarso Andoko  
Desainer perwajahan: Sri Basuki  
Ilustrator : Mukti Ali  
Penata letak : Sabjan Badio  
Pengarah artistik : Sudaryanto  
Ukuran Buku : 17,6 X 25 cm.

540.7

SHI

k

SHIDIQ Premono

Kimia : SMA/ MA Kelas XI / penulis, Shidiq Premono, Anis Wardani, Nur Hidayati; editor, Munnal Hani'ah, Desy Wijaya, Isnani Aziz Zulaikha ; ilustrator, Mukti Al. -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009  
vii, 282 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 276-278

Indeks

ISBN: 978-979-068-725-7 (no jilid lengkap)

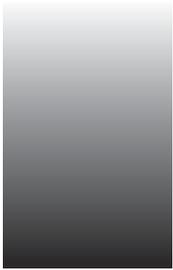
ISBN: 978-979-068-730-1

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Anis Wardani  
III. Nur Hidayati IV. Munnal Hani'ah V. Desy Wijaya  
VI. Isnani Aziz Zulaikha VII. Mukti Ali

Hak cipta buku ini telah dibeli oleh Departemen Pendidikan  
Nasional dari Penerbit PT. Pustaka Insan Madani

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ...



# Kata Sambutan

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

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

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

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

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

Jakarta, Juni 2009

Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

Apakah kalian menganggap kimia sebagai mata pelajaran yang rumit? Tentu tidak, bukan? Walaupun kimia mempelajari tentang pelbagai senyawa kimia, reaksi kimia, dan perhitungan kimia, tapi semuanya bisa dipelajari dengan mudah. Apalagi jika didukung dengan penggunaan buku pelajaran yang tepat. Oleh karena itu, kami menghadirkan Seri Kimia SMA/MA ini. Penyajian materi yang lengkap, interaktif, dan dengan beragam contoh kasus menarik, kami harapkan dapat menjadi bekal agar kimia mudah dipahami.

Beragam elemen dan rubrikasi di dalam buku ini antara lain *Apersepsi*, berisi semacam pemanasan sebelum masuk ke materi pelajaran. *Peta Konsep*, yang memuat konsep-konsep inti yang akan diberikan pada setiap bab. *Tujuan Pembelajaran*, yakni uraian singkat memuat target yang ingin dicapai pada setiap bab. *Kata Kunci*, berisi kata-kata yang merupakan inti pembahasan materi dalam bab terkait. *Aktivitas*, yakni praktikum yang dilakukan siswa untuk membuktikan kebenaran materi yang sedang dipelajari. *Tugas*, yaitu tugas yang berupa soal-soal hitungan, kegiatan mencari materi tambahan di buku atau internet, serta proyek/penugasan jangka panjang. *Khazanah*, berupa informasi tambahan yang terkait dengan materi yang sedang diulas. *Tips*, yaitu langkah sederhana untuk memudahkan siswa dalam memahami soal serta penjelasan materi. *Warning*, yakni peringatan yang harus diperhatikan oleh siswa mengenai suatu hal penting. *Kilas Balik*, berisi materi singkat untuk mengingatkan siswa tentang materi yang telah disampaikan sebelumnya. *Diskusi*, yakni tugas yang harus dikerjakan secara berkelompok berupa kegiatan diskusi. *Rangkuman*, berisi ringkasan materi satu bab. *Glosarium*, yakni penjelasan kata-kata asing yang ada pada materi yang disampaikan. *Uji Kompetensi*, berisi soal-soal untuk menguji kompetensi siswa yang muncul di setiap akhir subbab. *Ulangan Harian*, adalah tes penguasaan materi di setiap akhir bab.

Selain rubrik-rubrik tersebut, masih ada ulangan blok yang meliputi *Latihan Ulangan Tengah Semester*, *Latihan Ulangan Akhir Semester*, dan *Latihan Ujian Kenaikan Kelas*. Ketiganya berfungsi menguji ketercapaian kompetensi.

Demikianlah, buku ini telah kami upayakan agar dapat tampil dengan kualitas maksimal. Untuk itu, kami segenap Tim Penulis Kimia SMA/MA mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, penerbit Pustaka Insan Madani, dan pelbagai pihak yang telah mendukung kami dalam wujud apa pun.

Tim Penulis

# Daftar Isi

Kata Sambutan | iii

Kata Pengantar | iv

Daftar Isi | v

Struktur Atom dan Sistem Periodik

## Bab I

A. Struktur Atom | 2

B. Sistem Periodik Unsur | 15

Teori Domain Elektron dan Gaya Antarmolekul

## Bab II

A. Teori Domain Elektron | 22

B. Gaya Antarmolekul | 28

C. Pengaruh Gaya Antarmolekul terhadap Sifat Fisis Senyawa Termokimia | 32

## Bab III

A. Pengertian Termokimia | 38

B. Hukum Kekekalan Energi | 39

C. Pengertian Sistem dan Lingkungan | 43

D. Reaksi Eksoterm dan Endoterm | 45

E. Persamaan Termokimia | 48

F. Penentuan  $\Delta H$  Reaksi | 51

G. Kalor Pembakaran Bahan Bakar | 63

Ulangan Tengah Semester Pertama | 69

Laju Reaksi

## Bab IV

A. Pengertian Laju Reaksi | 72

B. Faktor-faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi | 77

C. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi | 87

D. Penerapan Laju Reaksi | 91

## Keseimbangan Kimia

### Bab V

- A. Keseimbangan Dinamis | 98
- B. Tetapan Keseimbangan | 101
- C. Faktor-faktor yang Memengaruhi Pergeseran Keseimbangan | 102
- D. Keseimbangan dalam Industri | 110
- E. Hubungan Kuantitatif antara Pereaksi dan Hasil Reaksi | 112

Ulangan Akhir Semester Pertama | 123

### Bab VI

## Teori Asam Basa

- A. Teori Asam Basa Arrhenius | 130
- B. Menunjukkan Sifat Asam dan Basa,  $pH$ , dan  $pOH$  | 132
- C. Hubungan antara Kekuatan Asam Basa dengan Derajat Ionisasi dan Keseimbangan Ionisasinya | 137
- D. Memperkirakan  $pH$  Larutan dengan Beberapa Indikator | 144
- E. Reaksi Asam dan Basa | 147
- F. Pencemaran Air | 149
- G. Teori Asam-Basa Bronsted-Lowry dan Lewis | 150

### Bab VII

## Stoikiometri Larutan

- A. Reaksi Antarion | 158
- B. Penulisan Hasil Akhir Persamaan Ionik | 159
- C. Reaksi-reaksi dalam Larutan Elektrolit | 161
- D. Stoikiometri Larutan | 165
- E. Menentukan Pereaksi Pembatas dalam Stoikiometri | 167
- F. Titrasi | 169

### Bab VIII

## Larutan Buffer

- A. Pengertian Larutan Buffer | 182
- B. Jenis-jenis Larutan Buffer | 184
- C. Sifat-sifat Larutan Buffer | 188
- D. Peranan Larutan Buffer | 191

Ulangan Tengah Semester Kedua | 199

### Bab IX

## Hidrolisis Garam

- A. Sifat-sifat Garam | 202
- B. Konsep Hidrolisis | 203
- C. Jenis Garam yang Dapat Terhidrolisis dan Cara Menghitung  $pH$ -nya | 205
- D. Kurva Titrasi Asam dan Basa | 211

## **Bab X** Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

---

- A. Kelarutan dan Faktor-faktor yang Memengaruhi Kelarutan | 218
- B. Hasil Kali Kelarutan ( $K_{sp}$ ) | 219
- C. Hubungan antara Kelarutan (s) dan Hasil Kali Kelarutan ( $K_{sp}$ ) | 221
- D. Pengaruh Ion Senama pada Kelarutan | 223
- E. Hubungan Kelarutan (s) dengan pH | 224
- F.  $K_{sp}$  dan Reaksi Pengendapan | 226

## **Bab XI** Koloid

---

- A. Sistem Koloid | 234
- B. Jenis-jenis Koloid | 237
- C. Sifat-sifat Koloid | 240
- D. Koloid Liofil dan Koloid Liofob | 246
- E. Peranan Koloid dalam Kehidupan | 247
- F. Penjernihan Air | 248
- G. Pembuatan Koloid | 250
- H. Koloid dan Pencemaran Lingkungan | 253

Latihan Ulangan Kenaikan Kelas | 259

Kunci Jawaban | 264

Indeks | 274

Daftar Pustaka | 276

Lampiran | 279



# B a b I

## Struktur Atom dan Sistem Periodik



Yahya, 2003, hlm. 42.

**P**ada sistem tata surya, planet-planet mengelilingi matahari melalui orbitnya masing-masing, sehingga tidak saling bertabrakan. Hal serupa ternyata juga terjadi pada struktur atom. Ibarat planet, elektron mengelilingi inti atom pada orbit tertentu. Model atom yang menyerupai tata surya dikemukakan oleh Niels Bohr, seorang fisikawan berkebangsaan Denmark. Bagaimana konsep atom Bohr selengkapnya? Temukan jawabannya di bab ini.

## Kata Kunci



- Struktur atom
- Mekanika kuantum
- Bilangan kuantum
- Konfigurasi elektron
- Orbital atom

Konsep atom Bohr merupakan salah satu konsep yang menjelaskan tentang struktur atom. Dengan menguasai struktur atom, kalian akan mampu menjelaskan teori atom mekanika kuantum, bilangan kuantum, dan bentuk-bentuk orbital atom.

Dalam menentukan bilangan kuantum, kalian perlu memerhatikan konfigurasi elektron yang sesuai dengan prinsip Aufbau, aturan Hund, dan larangan Pauli. Nah, setelah mengetahui konfigurasi elektron, kalian akan mampu membuat diagram orbital atom dan menyusun unsur-unsur dalam sistem periodik.

## A. Struktur Atom

Suatu atom tersusun atas inti atom yang dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif. Adapun inti atom terdiri atas proton yang bermuatan positif dan neutron yang tidak bermuatan. Dengan demikian, suatu atom dikatakan bermuatan netral, yang berarti jumlah proton pada inti atom sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti.

Pada saat antaratom saling bereaksi, ternyata hanya bagian luar dari atom (elektron) yang bereaksi. Oleh karena itu, penyusunan elektron pada bagian luar dari suatu atom perlu dikaji lebih lanjut. Bagaimana penjelasannya selengkapnyanya? Perhatikan uraian berikut.

### 1. Teori Atom Mekanika Kuantum

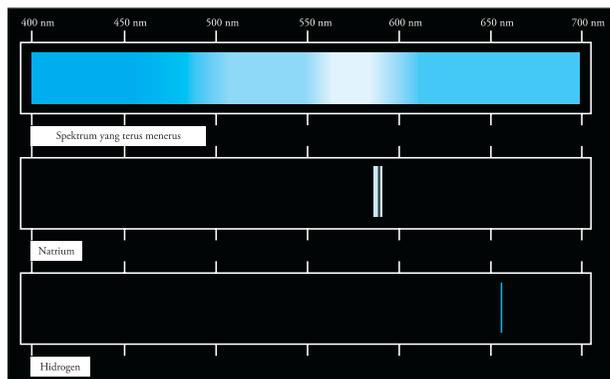
Teori atom mengalami perkembangan mulai dari teori atom John Dalton, Joseph John Thomson, Ernest Rutherford, dan Niels Henrik David Bohr. Perkembangan teori atom menunjukkan adanya perubahan konsep susunan atom dan reaksi kimia antaratom.

Kelemahan model atom yang dikemukakan Rutherford disempurnakan oleh **Niels Henrik David Bohr**. Bohr mengemukakan gagasannya tentang penggunaan tingkat energi elektron pada struktur atom. Model ini kemudian dikenal dengan model atom Rutherford-Bohr. Tingkat energi elektron digunakan untuk menerangkan terjadinya spektrum atom yang dihasilkan oleh atom yang mengeluarkan energi berupa radiasi cahaya.



Niels Bohr adalah seorang ilmuwan dari Denmark yang menerima hadiah Nobel di bidang fisika pada tahun 1922.

www.batan.go.id



Brady, 1999, hlm. 276

Gambar 1.1

Spektrum emisi natrium dan hidrogen dalam daerah yang dapat dilihat dengan spektrum yang lengkap

Penjelasan mengenai radiasi cahaya juga telah dikemukakan oleh Max Planck pada tahun 1900. Ia mengemukakan **teori kuantum** yang menyatakan bahwa atom dapat memancarkan atau menyerap energi hanya dalam jumlah tertentu (kuanta). Jumlah energi yang dipancarkan atau diserap dalam bentuk radiasi elektromagnetik disebut **kuantum**. Adapun besarnya kuantum dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

**Keterangan:**

E = energi radiasi (Joule = J)

h = konstanta Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  J.s)

c = cepat rambat cahaya di ruang hampa ( $3 \times 10^8$  ms<sup>-1</sup>)

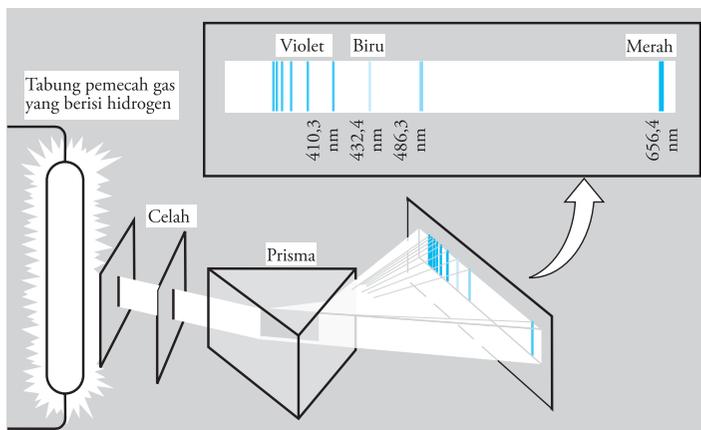
$\lambda$  = panjang gelombang (m)

## Diskusi

Buatlah kelompok kecil yang terdiri atas tiga orang. Lalu, diskusikan tentang hubungan teori kuantum dengan teori atom Bohr. Untuk memperkuat jawaban, carilah referensi dari buku-buku di perpustakaan dan internet. Tuliskan hasil diskusi kalian dalam buku catatan dan pelajari sebagai materi tambahan. Agar pengetahuan teman-teman sekelas juga bertambah, presentasikan hasil diskusi di depan kelas.



Dengan Teori Kuantum, kita dapat mengetahui besarnya radiasi yang dipancarkan maupun yang diserap. Selain itu, Teori Kuantum juga bisa digunakan untuk menjelaskan terjadinya spektrum atom. Perhatikan spektrum atom hidrogen berikut.

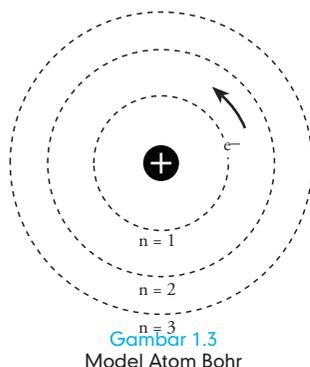


Brady, 1999, hlm. 276

**Gambar 1.2**  
Spektrum gas hidrogen

Pada Gambar 1.2, dapat dilihat bahwa percikan listrik masuk ke dalam tabung gelas yang mengandung gas hidrogen. Sinar yang keluar dari atom H (setelah melalui celah) masuk ke dalam prisma, sehingga sinar tersebut terbagi menjadi beberapa sinar yang membentuk garis spektrum. Ketika sinar itu ditangkap oleh layar, empat garis yang panjang gelombangnya tertera pada layar adalah bagian yang dapat dilihat dari spektrum gas hidrogen.

Salah satu alasan atom hidrogen digunakan sebagai model atom Bohr adalah karena hidrogen mempunyai struktur atom yang paling sederhana (satu proton dan satu elektron) dan menghasilkan spektrum paling sederhana. Model atom hidrogen ini disebut *solar system* (sistem tata surya), di mana elektron dalam atom mengelilingi inti pada suatu orbit dengan bentuk, ukuran, dan energi yang tetap.



Semakin besar ukuran suatu orbit, semakin besar pula energi elektronnya. Keadaan ini dipengaruhi oleh adanya gaya tarik-menarik antara proton dan elektron. Dengan menggunakan model atom hidrogen, Bohr menemukan persamaan energi elektron sebagai berikut.

**Keterangan:**

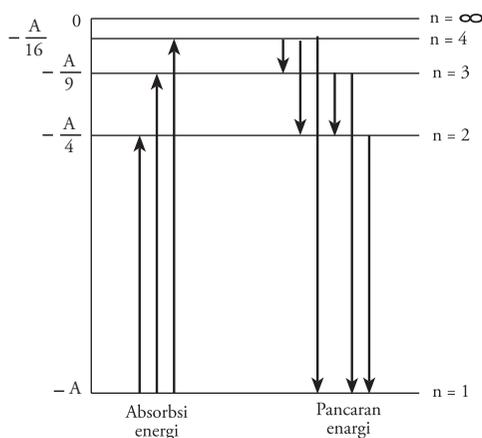
$$E = \frac{-A}{n^2}$$

$$A = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$n$  = bilangan bulat yang menunjukkan orbit elektron  
= 1, 2, 3, ..., 8

[Tanda negatif menunjukkan orbit mempunyai energi paling rendah (harga  $n = 1$ ) dan paling tinggi (harga  $n = 8$ )].

Pada atom hidrogen, elektron berada pada orbit energi terendah ( $n = 1$ ). Jika atom bereaksi, elektron akan bergerak menuju orbit dengan energi yang lebih tinggi ( $n = 2, 3$ , atau  $4$ ). Pada saat atom berada pada orbit dengan energi yang lebih tinggi, atom mempunyai sifat tidak stabil yang menyebabkan elektron jatuh ke orbit yang memiliki energi lebih rendah. Perpindahan tersebut menjadikan elektron mengubah energinya dalam jumlah tertentu. Besar energi tersebut sama dengan perbedaan energi antarkedua orbit yang dilepaskan dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu.



Gambar 1.4

Perpindahan elektron dari satu tingkat energi ke tingkat energi lainnya menyebabkan energi elektron berubah dalam jumlah tertentu.

## Khazanah

$A$  adalah suatu konstanta yang diperoleh dari konstanta Planck =  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s, massa, dan muatan elektron

Brady, 1999, hlm. 280

Meskipun teori atom Niels Bohr mampu menerangkan spektrum gas hidrogen dan spektrum atom berelektron tunggal (seperti  $\text{He}^+$  dan  $\text{Li}^{2+}$ ), tetapi tidak mampu menerangkan spektrum atom berelektron lebih dari satu. Oleh karena itu, dibutuhkan penjelasan lebih lanjut mengenai gerak partikel (atom).

Pada tahun 1924, ahli fisika dari Perancis bernama **Louis de Broglie** mengemukakan bahwa partikel juga bersifat sebagai gelombang. Dengan demikian, partikel mempunyai panjang gelombang yang dinyatakan dengan persamaan berikut.

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

**Keterangan:**

- $\lambda$  = panjang gelombang (m)
- $h$  = tetapan Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  J.s)
- $p$  = momentum ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )
- $m$  = massa partikel (kg)
- $v$  = kecepatan partikel ( $\text{ms}^{-1}$ )

Berdasarkan persamaan de Broglie, diketahui bahwa teori atom Bohr memiliki kelemahan. Kelemahan itu ada pada pernyataan Bohr yang menyebutkan bahwa elektron bergerak mengelilingi inti atom pada lintasan tertentu berbentuk lingkaran. Padahal, elektron yang bergerak mengelilingi inti atom juga melakukan gerak gelombang. Gelombang tersebut tidak bergerak sesuai garis, tetapi menyebar pada suatu daerah tertentu.

Selanjutnya, pada tahun 1927, **Werner Heisenberg** menyatakan bahwa kedudukan elektron tidak dapat diketahui dengan tepat. Oleh karena itu, ia menganalisis kedudukan elektron ( $x$ ) dengan momentum elektron ( $p$ ) untuk mengetahui kedudukan elektron.

Khazanah



AIP

Louis de Broglie merupakan fisikawan Perancis. Pada tahun 1929, ia dianugerahi Nobel di bidang fisika atas penemuannya berupa gelombang alami elektron.

Indonesian.trib.ir

media.smer.org

## Diskusi

Prinsip ketidakpastian yang dikemukakan oleh Heisenberg bertentangan dengan Teori Atom Bohr. Keadaan ini menunjukkan bahwa teori atom Bohr memiliki kelemahan. Jelaskan pertentangan tersebut. Selain itu, terangkan pula kelebihan teori atom Bohr. Untuk mendukung jawaban kalian, carilah referensi dari internet, lalu diskusikan dengan teman-teman dan presentasikan di depan kelas.



Hasil analisis Heisenberg, yaitu selalu terdapat ketidakpastian dalam menentukan kedudukan elektron yang dirumuskan sebagai hasil kali ketidakpastian kedudukan  $\Delta x$  dengan momentum  $\Delta p$ . Satu hal yang perlu diingat adalah hasil kali keduanya harus sama atau lebih besar dari tetapan Planck. Persamaan ini dikenal sebagai prinsip ketidakpastian Heisenberg yang dirumuskan sebagai berikut.



Pada tahun 1933, Schrodinger menerima hadiah Nobel di bidang fisika bersama Paul Dirac yang juga seorang fisikawan, atas penemuannya dalam mekanika kuantum.

www.e-dukasi.net

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h$$

**Keterangan:**

$\Delta x$  = ketidakpastian kedudukan

$\Delta p$  = ketidakpastian momentum

$h$  = tetapan Planck

Selain Werner Heisenberg, ada juga ilmuwan yang menunjukkan kelemahan teori atom Bohr. Pada tahun 1927, **Erwin Schrodinger** menyempurnakan teori atom yang disampaikan oleh Bohr. Dari penyelidikan terhadap gelombang atom hidrogen, Schrodinger menyatakan bahwa elektron dapat dianggap sebagai gelombang materi dengan gerakan menyerupai gerakan gelombang. Teori ini lebih dikenal dengan **mekanika gelombang (mekanika kuantum)**.

Teori model atom Schrodinger memiliki persamaan dengan model atom Bohr berkaitan dengan adanya tingkat energi dalam atom. Perbedaannya yaitu model atom Bohr memiliki lintasan elektron yang pasti. Sedangkan pada model atom Schrodinger, lintasan elektronnya tidak pasti karena menyerupai gelombang yang memenuhi ruang (tiga dimensi). Fungsi matematik untuk persamaan gelombang dinyatakan sebagai fungsi gelombang [ $\Psi$  dibaca psi (bahasa Yunani)] yang menunjukkan bentuk dan energi gelombang elektron.

Berdasarkan teori yang disampaikan oleh Schrodinger, diketahui bahwa elektron menempati lintasan yang tidak pasti sehingga elektron berada pada berbagai jarak dari inti atom dan berbagai arah dalam ruang. Jadi, daerah pada inti atom dengan kemungkinan terbesar ditemukannya elektron dikenal sebagai orbital.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Terangkan hubungan teori kuantum dengan terbentuknya spektrum atom.
2. Jelaskan alasan penggunaan atom hidrogen sebagai model atom Bohr.
3. Jelaskan kelemahan teori atom Bohr yang dikemukakan oleh de Broglie.
4. Terangkan prinsip ketidakpastian dalam menentukan kedudukan elektron dalam atom.
5. Terangkan teori mekanika kuantum dalam menjelaskan kedudukan elektron dalam atom.



## 2. Bilangan Kuantum

Perpindahan elektron dari satu lintasan ke lintasan lain menghasilkan spektrum unsur berupa spektrum garis. Apabila dilihat lebih teliti, ternyata garis spektrum tersebut tidak hanya terdiri atas satu garis, melainkan beberapa garis yang saling berdekatan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa lintasan elektron terdiri atas beberapa sublintasan. Dalam lintasan elektron tersebut dapat ditemukan elektron. Kedudukan elektron dalam atom dapat dinyatakan dengan bilangan kuantum, yaitu:

Bilangan kuantum utama ( $n$ ) juga dapat digunakan untuk menentukan jari-jari atom, yaitu jarak dari inti atom sampai kulit terluar. Semakin besar nilai  $n$ , jari-jari atomnya juga semakin besar.

Sukardjo, 1999, hlm. 380

## a. Bilangan Kuantum Utama ( $n$ )

Bilangan kuantum utama menggambarkan lintasan elektron atau tingkat energi utama yang dinotasikan dengan  $n$ . Semakin besar nilai  $n$ , semakin besar pula nilai rata-rata energi kulit tersebut. Karena semakin jauh letak elektron dari inti atom, energinya semakin besar. Dengan kata lain, semakin besar nilai  $n$ , letak elektron semakin jauh dari inti atom. Lintasan tersebut dalam konfigurasi elektron dikenal sebagai kulit.

Nomor kulit	1	2	3	4	...
Penanda huruf	K	L	M	N	...

### Contoh

Tentukan kulit dari elektron yang mempunyai nilai  $n = 1, 2$ , dan  $3$ .

Jawab:

Nilai  $n = 1$  menunjukkan kulit K

Nilai  $n = 2$  menunjukkan kulit L

Nilai  $n = 3$  menunjukkan kulit M

## b. Bilangan Kuantum Azimut ( $\ell$ )

Bilangan kuantum azimut menggambarkan subkulit atau subtingkat energi utama yang dinotasikan dengan  $\ell$ . Bilangan kuantum azimut menentukan bentuk orbital dari elektron.

Notasi huruf digunakan untuk menunjukkan pelbagai nilai  $\ell$ .

Nilai $\ell$	0	1	2	3	4	5	...
Penanda huruf subkulit	s	p	d	f	g	h	...

Empat notasi huruf pertama menunjukkan spektrum atom logam alkali (litium sampai cesium). Empat seri garis spektrum ini menyatakan tajam (*sharp*), utama (*principal*), baur (*diffuse*), dan seri dasar (*fundamental*), yang dinotasikan dengan huruf s, p, d, dan f. Untuk  $\ell = 4, 5, 6$ , dan seterusnya, notasi hurufnya cukup dengan meneruskan secara alfabet.

Subkulit dalam kulit ditunjukkan dengan menuliskan nilai  $n$  (bilangan kuantum utama) diikuti dengan nilai  $\ell$  (bilangan kuantum azimut). Perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh

Tuliskan lambang subkulit untuk elektron yang menempati:

1. Subkulit s dari kulit K
2. Subkulit p dari kulit L

Jawab:

1. Subkulit s dari kulit K  
Kulit K menunjukkan nilai  $n = 1$   
Sehingga lambang subkulit ditulis 1s

2. Subkulit p dari kulit L  
Kulit L menunjukkan nilai  $n = 2$   
Sehingga lambang subkulit ditulis 2p

Ketentuan nilai subkulit ( $\ell$ ) bergantung pada nilai kulit ( $n$ ), yaitu:

Nilai  $\ell = 0$  sampai  $(n-1)$

**Tabel 1.1** Nilai  $n$  dan  $\ell$

Nilai $n$	Nilai $\ell$			
	s	p	d	f
1	1s			
2	2s	2p		
3	3s	3p	3d	
4	4s	4p	4d	4f
5	5s	5p	5d	5f
6	6s	6p	6d	
7	7s	7p		

Syukri, 1999, hlm. 137

### Contoh

Tentukan notasi elektron, apabila diketahui elektron menempati:

1. Kulit  $n = 1$  dan subkulit  $\ell = 0$
2. Kulit  $n = 2$  dan subkulit  $\ell = 1$

**Jawab:**

1. Kulit  $n = 1$  dan subkulit  $\ell = 0$   
Subkulit  $\ell = 0$ , menunjukkan subkulit s  
Sehingga notasi elektronnya adalah 1s
2. Kulit  $n = 2$  dan subkulit  $\ell = 1$   
Subkulit  $\ell = 1$ , menunjukkan subkulit p  
Sehingga notasi elektronnya adalah 2p

### c. Bilangan Kuantum Magnetik ( $m$ )

**Bilangan kuantum magnetik** menyatakan orientasi orbital dalam subkulit yang dinotasikan dengan  $m$ . Dengan demikian, setiap orbital dalam subkulit tertentu dapat dibedakan orientasi orbitalnya dengan bilangan magnetik. Bilangan magnetik dinyatakan dengan bilangan bulat. Perhatikan Tabel 1.2 berikut.

**Tabel 1.2** Bilangan Kuantum Magnetik

Bilangan kuantum utama (n)	Bilangan kuantum azimut (l)	Penanda subkulit	Bilangan kuantum magnetik (m) -l sampai +l	Bilangan orbital dalam subkulit
1	0	1s	0	1
2	0	2s	0	1
	1	2p	-1 0 +1	3
3	0	3s	0	1
	1	3p	-1 0 +1	3
	2	3d	-2 -1 0 +1 +2	5
4	0	4s	0	1
	1	4p	-1 0 +1	3
	2	4d	-2 -1 0 +1 +2	5
	3	4f	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3	7

Brady, 1999, hlm. 291

Nilai m dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Nilai } m = -l \text{ sampai } +l$$

#### d. Bilangan Kuantum Spin (s)

**Bilangan kuantum spin** menggambarkan arah rotasi atau putaran elektron dalam satu orbital yang dinotasikan dengan s. Karena hanya ada 2 arah putaran yang mungkin yaitu searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam, maka setiap orbital memuat 2 elektron dengan arah rotasi yang berlawanan.

Arah rotasi pertama ditunjukkan ke atas dengan notasi  $s = +\frac{1}{2}$  atau rotasi searah dengan arah putaran jarum jam. Sedangkan arah ke bawah menunjukkan notasi  $s = -\frac{1}{2}$  atau berlawanan dengan arah putaran jarum jam.



**Khazanah**

Arah putaran muncul karena kecenderungan elektron yang berputar mengelilingi inti. Putaran ini menimbulkan medan elektromagnetik.

Brady, 1999, hlm. 293

### Diskusi

Tentukan nilai n, l, m, dan s pada unsur-unsur dengan konfigurasi elektron sebagai berikut.

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$

Untuk mendapatkan jawaban yang lebih tepat, diskusikan dengan teman-teman. Lalu, konsultasikan jawaban kalian dengan guru dan presentasikan di depan kelas.



### 3. Orbital

Bentuk orbital ditentukan oleh subkulit dari elektron atau ditentukan bilangan kuantum azimutnya. Jadi, apabila suatu elektron memiliki bilangan kuantum azimut sama, maka bentuk orbitalnya juga sama, sehingga yang membedakan hanyalah tingkat energinya. Dengan memahami uraian berikut, kalian akan mengetahui bentuk orbital s, p, d, dan f.

#### a. Orbital s

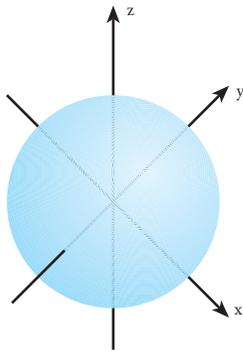
Orbital yang paling sederhana adalah **orbital s**. Setiap subkulit s terdiri atas 1 buah orbital yang berisi 2 elektron.

Orbital s berbentuk bola simetri yang menunjukkan bahwa elektron memiliki kerapatan yang sama, jika jarak dari inti atom juga sama. Semakin jauh letak elektron dari inti atom, kerapatannya semakin rendah.

Nilai bilangan kuantum utama suatu orbital memengaruhi ukuran orbital. Semakin besar nilai bilangan kuantum utama, ukuran orbitalnya juga semakin besar.

#### b. Orbital p

Bentuk **orbital p** seperti balon terpilin. Kepadatan elektron tidak tersebar merata, melainkan terkonsentrasi dalam dua daerah yang terbagi sama besar dan terletak pada dua sisi berhadapan dari inti yang terletak di tengah.

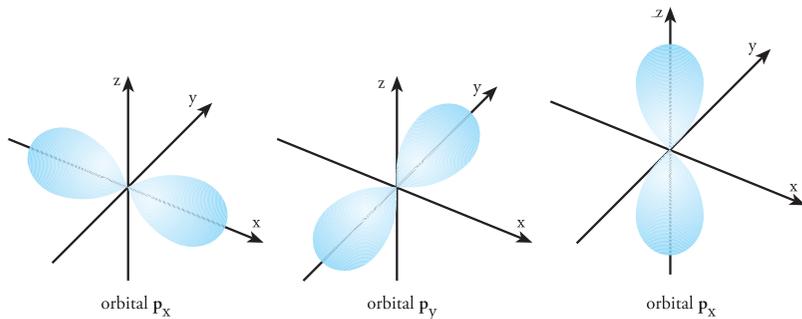


Gambar 1.5  
Bentuk orbital s

**Khazanah**

Distribusi kerapatan elektron dalam orbital 1s, 2s, dan 3s dalam suatu atom. Bila suatu area banyak titiknya menunjukkan kerapatan elektron tinggi. Sedangkan daerah dalam ruang dengan tidak adanya kebolehjadian ditemukan elektron disebut simpul.

Brady, 1999, hlm. 307

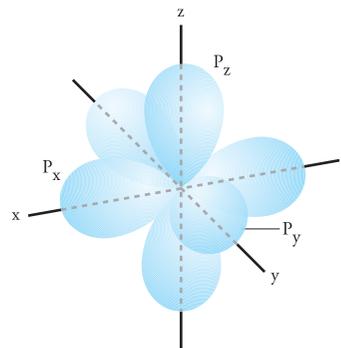


Gambar 1.6  
Bentuk orbital  $p_x$ ,  $p_y$ , dan  $p_z$

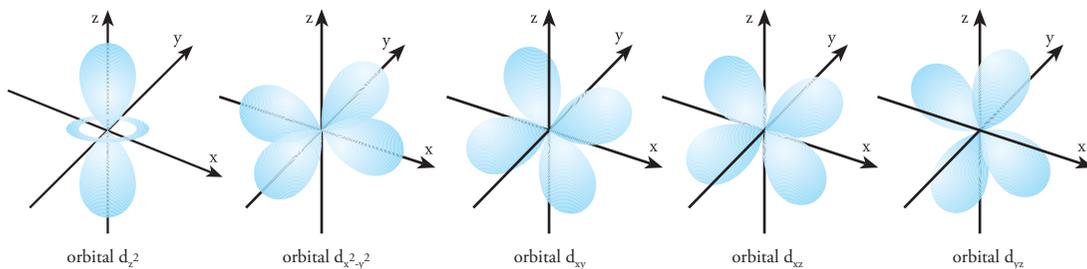
Subkulit p terdiri atas 3 orbital, tiap orbital mempunyai bentuk yang sama. Perbedaan ketiga orbital terletak pada arah, di mana terkonsentrasinya kepadatan elektron. Biasanya orbital p digambarkan menggunakan satu kumpulan sumbu x, y, dan z, sehingga diberi tanda  $p_x$ ,  $p_y$ , dan  $p_z$ .

#### c. Orbital d dan f

Setiap subkulit d terdiri atas 5 orbital dengan bentuk kelima orbital yang tidak sama. Orientasi **orbital d** dilambangkan dengan  $d_{xy}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{x^2-y^2}$  dan  $d_{z^2}$ .



Gambar 1.7  
Orbital p digambar menggunakan satu kumpulan sumbu xyz.



Gambar 1.8  
Bentuk orbital  $d_{z^2}$ ,  $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{xy}$ ,  $d_{xz}$ , dan  $d_{yz}$

Empat orbital mempunyai bentuk yang sama dan setiap orbital mempunyai 4 “lobe” kepadatan elektron. Adapun perbedaannya terletak pada arah berkumpulnya kepadatan elektron. Sementara itu, satu orbital lagi mempunyai bentuk berbeda, tetapi memiliki energi yang sama dengan keempat orbital d lainnya.

**Orbital f** mempunyai bentuk orbital yang lebih rumit dan lebih kompleks daripada orbital d. Setiap subkulit f mempunyai 7 orbital dengan energi yang setara. Orbital ini hanya digunakan untuk unsur-unsur transisi yang letaknya lebih dalam.

## Diskusi

Setelah mempelajari empat bentuk orbital, kalian tentu dapat membuat bentuk orbital, bukan? Buatlah kelompok dengan anggota 3 orang. Diskusikan mengenai bentuk orbital 2p. Tuliskan hasil diskusi dalam buku tugas, lalu presentasikan di depan teman-teman kalian.



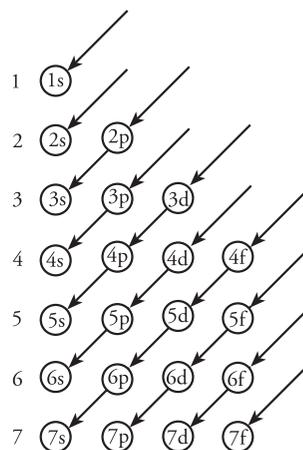
## 4. Konfigurasi Elektron

**Konfigurasi elektron** menggambarkan susunan elektron dalam orbital-orbital atom. Dengan mengetahui konfigurasi elektron, jumlah elektron pada kulit terluar dapat ditentukan. Banyaknya jumlah elektron terluar dari suatu atom menentukan sifat-sifat kimia suatu unsur. Beberapa kaidah yang harus diketahui dalam penentuan konfigurasi elektron yaitu:

### a. Prinsip Aufbau

Pada uraian sebelumnya, telah diketahui bahwa elektron menempati kulit atom berdasarkan tingkat energinya. Dengan demikian, pengisian elektron dimulai dari tingkat energi terendah menuju tingkat energi yang lebih tinggi. Prinsip ini dikenal dengan **prinsip Aufbau**. Keadaan ketika elektron mengisi kulit dengan energi terendah disebut keadaan dasar (*ground state*). Urutan pengisian elektron dapat kalian perhatikan pada Gambar 1.9.

Urutan orbital berdasarkan tingkat energi mengacu pada urutan arah panah, yaitu 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, dan seterusnya. Dari urutan tersebut terlihat bahwa tingkat energi 3d lebih besar dibandingkan tingkat energi 4s. Jadi, setelah 3p penuh, elektron akan mengisi subkulit 4s terlebih dahulu sebelum subkulit 3d.



Gambar 1.9  
Urutan tingkat energi pada orbital

Pada saat pengisian elektron, subkulit dengan tingkat energi terendah diisi penuh terlebih dahulu, kemudian sisa elektron akan menempati subkulit dengan tingkat energi lebih tinggi. Misalnya, pada atom hidrogen, elektron terletak pada subkulit 1s. Jadi, orbital ini mempunyai tingkat energi paling rendah. Karena atom hidrogen mempunyai satu elektron, maka kita tulis  $1s^1$  untuk menunjukkan konfigurasi elektron atom hidrogen.

Bagaimana penerapan prinsip Aufbau dalam soal? Perhatikan contoh berikut.

## Contoh

Tentukan konfigurasi elektron unsur-unsur berikut berdasarkan prinsip Aufbau.

- ${}_{11}\text{Na}$
- ${}_{15}\text{P}$
- ${}_{26}\text{Fe}$
- ${}_{36}\text{Kr}$

Jawab:

- ${}_{11}\text{Na} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- ${}_{15}\text{P} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
- ${}_{26}\text{Fe} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
- ${}_{36}\text{Kr} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$

## Tugas

Tentukan konfigurasi elektron pada unsur-unsur berikut.

- ${}_{12}\text{Mg}$
- ${}_{16}\text{S}$
- ${}_{34}\text{Se}$

Tuliskan jawaban dalam buku tugas, lalu konsultasikan dengan guru kalian.



### b. Aturan Hund

Hund menyatakan bahwa elektron yang mengisi subkulit dengan jumlah orbital lebih dari satu akan tersebar pada orbital yang mempunyai kesamaan energi (*equal-energy orbital*) dengan arah putaran (spin) yang sama.

Subkulit yang mengandung orbital lebih dari satu adalah orbital p, d, dan f. Pengisian elektron menurut **aturan Hund** dimulai dengan mengisi satu elektron pada tiap-tiap orbital dengan arah putaran (spin) yang sama. Setelah semua orbital terisi satu elektron, elektron sisanya akan mengisi orbital dengan arah putaran (spin) yang berlawanan, sehingga orbital terisi pasangan elektron. Perhatikan contoh berikut.

### Kilas BALIK

Elektron yang berada di kulit terluar disebut elektron valensi. Atom N mempunyai elektron valensi 5 dengan konfigurasi elektron  $2s^2 2p^3$ .



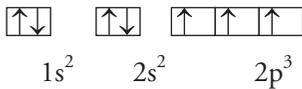
## Contoh

Tentukan diagram orbital untuk unsur-unsur berikut.

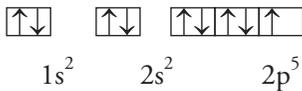
- ${}_{7}\text{N}$
- ${}_{9}\text{F}$
- ${}_{24}\text{Cr}$

Jawab:

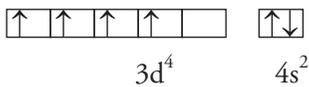
- ${}_{7}\text{N} = 1s^2 2s^2 2p^3$  diagram orbitalnya yaitu:



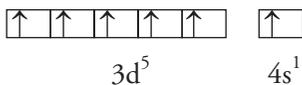
- ${}_{9}\text{F} = 1s^2 2s^2 2p^5$



- ${}_{24}\text{Cr} = (\text{Ar}) 3d^4 4s^2$  (aturan Hund)



Konfigurasi elektron Cr menurut aturan Hund berbeda dengan konfigurasi elektron hasil percobaan. Berdasarkan percobaan, konfigurasi  ${}_{24}\text{Cr} = (\text{Ar}) 3d^5 4s^1$  sehingga diagram orbitalnya adalah:



Ternyata, subkulit d lebih stabil pada keadaan tepat terisi penuh atau tepat setengah penuh. Atom  ${}_{24}\text{Cr}$  lebih stabil dengan subkulit d terisi tepat setengah penuh.

### c. Larangan Pauli

Pauli menyatakan bahwa tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum sama. Pernyataan tersebut dikenal dengan **larangan Pauli**. Jika ada 2 elektron mempunyai nilai  $n$ ,  $l$ , dan  $m$  sama, maka nilai  $s$ -nya harus berbeda. Pasangan elektron dalam satu orbital dinyatakan dengan diagram orbital berikut.



Karena satu orbital hanya ditempati 2 elektron, maka 2 elektron tersebut dibedakan berdasarkan arah putaran (spin) yang berbeda atau dapat dinyatakan bahwa elektron itu mempunyai bilangan kuantum spin berbeda. Perhatikan contoh soal berikut.

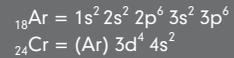
## Contoh

- Tentukan bilangan kuantum dan diagram orbital yang dimiliki oleh atom-atom berikut.
  - ${}_{19}\text{K}$
  - ${}_{20}\text{Ca}$

## Khazanah

Untuk menyederhanakan penulisan konfigurasi elektron suatu atom digunakan konfigurasi elektron atom gas mulia.

Konfigurasi elektron atom Cr memakai konfigurasi elektron atom Ar.



Syukri, 1999, hlm. 186

Jawab:

a.  ${}_{19}\text{K} = (\text{Ar}) 4s^1$   
 $n = 4, \ell = 0, m = 0, \text{ dan } s = +1/2$



b.  ${}_{20}\text{Ca} = (\text{Ar}) 4s^2$   
 $n = 4, \ell = 0, m = 0, \text{ dan } s = -1/2$



2. Tuliskan konfigurasi elektron atom-atom berikut.

a.  ${}_{22}\text{Ti}$                       c.  ${}_{29}\text{Cu}$

b.  ${}_{13}\text{Al}$

Jawab:

a.  ${}_{22}\text{Ti} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$                       (i) atau

${}_{22}\text{Ti} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$                       (ii) atau

${}_{22}\text{Ti} = (\text{Ar}) 3d^2 4s^2$                       (iii)

Penulisan konfigurasi elektron atom Ti (i) berdasarkan prinsip Aufbau, yaitu pengisian orbital dimulai dari tingkat energi terendah menuju tingkat energi yang lebih tinggi.

Penulisan konfigurasi (ii) ditulis dengan mengurutkan orbital-orbital pada subkulit terendah diikuti dengan orbital-orbital subkulit berikutnya.

Penulisan konfigurasi (iii) disingkat dengan menggunakan konfigurasi elektron gas mulia yang stabil.

b.  ${}_{13}\text{Al} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$                       (i) atau

${}_{13}\text{Al} = (\text{Ne}) 3s^2 3p^1$                       (ii)

Penulisan konfigurasi elektron atom (i) berdasarkan prinsip Aufbau.

Penulisan konfigurasi (ii) disingkat dengan menggunakan konfigurasi elektron gas mulia yang stabil.

c.  ${}_{29}\text{Cu} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$                       (i) atau

${}_{29}\text{Cu} = (\text{Ar}) 4s^1 3d^{10}$                       (ii)

Penulisan konfigurasi elektron atom (i) berdasarkan prinsip Aufbau, tetapi terdapat penyimpangan berdasarkan percobaan, yaitu pengisian elektron pada subkulit d yang tepat terisi penuh atau tepat setengah penuh lebih stabil, sehingga konfigurasinya (ii).

## Diskusi

Tentukan konfigurasi elektron dan bentuk orbital pada unsur-unsur berikut.

a.  ${}_{16}\text{S}$                       d.  ${}_{54}\text{Xe}$

b.  ${}_{33}\text{As}$                       e.  ${}_{87}\text{Fr}$

Diskusikan jawaban pertanyaan di atas dengan teman-teman agar kalian mendapatkan hasil yang maksimal. Lalu, presentasikan di depan kelas.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

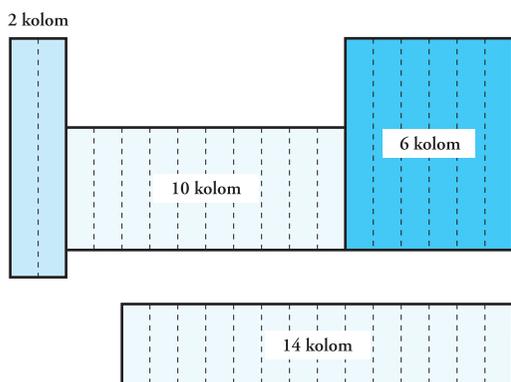
1. Jelaskan empat macam bilangan kuantum yang menyatakan keadaan suatu atom.
2. Tentukan harga  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ , dan  $s$  pada unsur dengan konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ .
3. Gambarkan tiga macam orbital p.
4. Terangkan prinsip penentuan konfigurasi elektron oleh Aufbau, Hund, dan Pauli.
5. Tentukan konfigurasi elektron dan diagram orbital pada unsur  $_{15}\text{P}$ ,  $_{20}\text{Ca}$ , dan  $_{35}\text{Br}$ .



### B. Sistem Periodik Unsur

Sistem periodik unsur sangat erat hubungannya dengan struktur atom. Sistem periodik modern yang kita gunakan sekarang adalah sistem periodik bentuk panjang. Penyusunan unsur-unsur diatur secara periodik berdasarkan pengamatan terhadap sifat fisis dan sifat kimia unsur-unsur.

Unsur-unsur disusun berdasarkan kenaikan nomor atom secara periodik dalam lajur horizontal yang disebut **periode**. Adapun unsur-unsur yang mempunyai kemiripan sifat disusun dalam satu lajur vertikal yang disebut **golongan**. Sistem periodik unsur terdiri atas 7 periode dan 8 golongan, sedangkan tiap golongan dibagi atas golongan utama (A) dan golongan transisi (B). Perhatikan susunan sistem periodik berikut.



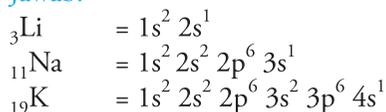
**Gambar 1.10**  
Susunan sistem periodik unsur dibagi menjadi 4 daerah yang mempunyai jumlah 2, 6, 10, dan 14 kolom

Penyusunan lajur vertikal pada sistem periodik unsur didasarkan atas jumlah elektron yang menduduki setiap subkulit s, p, d, dan f, sedangkan jumlah elektron masing-masing adalah 2, 6, 10, dan 14. Agar kalian lebih memahami maksud pernyataan di atas, perhatikan contoh berikut.

### Contoh

1. Tentukan konfigurasi elektron unsur Li, Na, dan K.

**Jawab:**



### Kilas BALIK

Pada awalnya, pengelompokan unsur hanya berdasarkan sifat logam dan nonlogam. Selanjutnya, Dobereiner dengan hukum triadnya mengelompokkan tiga unsur dalam satu golongan berdasarkan massa atomnya. Pada tahun 1865, Newlands mengelompokkan unsur dengan sistem oktaf, di mana tiap delapan unsur, sifat unsur berulang secara periodik. Pengelompokan terakhir yaitu sistem periodik modern yang dikemukakan oleh Moseley dengan memodifikasi tabel periodik yang diperoleh Mendeleev.



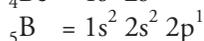
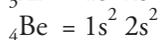
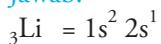
Elektron valensi adalah elektron yang dapat digunakan untuk pembentukan ikatan dengan atom lain.

Syukri, 1999, hlm. 180

Pada konfigurasi elektron unsur Li, Na, dan K, terlihat bahwa ketiga unsur menempati subkulit yang sama, yaitu subkulit s dengan 1 buah elektron. Dengan kata lain, jumlah elektron pada subkulit terluar (elektron valensi) adalah sama, yaitu 1. Karena memiliki jumlah elektron valensi yang sama, unsur Li, Na, dan K disusun dalam satu golongan, yaitu golongan IA. Jadi, unsur-unsur yang memiliki jumlah elektron valensi sama terletak dalam satu golongan.

2. Tentukan konfigurasi elektron unsur Li, Be, dan B.

**Jawab:**



Jika diperhatikan dengan saksama, konfigurasi elektron unsur Li, Be, dan B memiliki jumlah kulit yang sama, yaitu 2. Karena ketiga unsur tersebut memiliki jumlah kulit yang sama, ketiganya terletak dalam satu periode, yaitu periode 2. Jadi, unsur-unsur yang memiliki jumlah kulit yang sama terletak dalam satu periode.

Dalam sistem periodik modern, letak unsur-unsur terbagi menjadi 4 blok, yaitu blok s, blok p, blok d, dan blok f. Perhatikan Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Hubungan antara Elektron Valensi dan Golongan dalam Sistem Periodik Unsur

Blok	Subkulit	Golongan	Elektron valensi
s	s	IA	$ns^1$
		IIA	$ns^2$
p	s dan p	IIIA	$ns^2 np^1$
		IVA	$ns^2 np^2$
		VA	$ns^2 np^3$
		VIA	$ns^2 np^4$
		VIIA	$ns^2 np^5$
		VIIIA	$ns^2 np^6$
d	s dan d	IIIB	$ns^2(n-1)d^1$
		IVB	$ns^2(n-1)d^2$
		VB	$ns^2(n-1)d^3$
		VIB	$ns^1(n-1)d^5$ *)
		VIIIB	$ns^2(n-1)d^5$ *)
		VIIIB	$ns^2(n-1)d^6$
			$ns^2(n-1)d^7$
			$ns^2(n-1)d^8$
		IB	$ns^1(n-1)d^{10}$ *)
		IIB	$ns^2(n-1)d^{10}$

Syukri, 1999, hlm. 166

Keterangan \*) subkulit d yang terisi setengah penuh dan penuh lebih stabil

Blok f mempunyai elektron valensi pada subkulit s dan f. Blok ini menunjukkan unsur-unsur yang terdapat pada golongan lantanida dan aktinida. Golongan lantanida dan aktinida tidak memerhatikan jumlah elektron valensinya. Golongan lantanida dapat dicirikan dengan adanya elektron valensi pada subkulit 4f. Sedangkan golongan aktinida dicirikan dengan adanya elektron valensi pada subkulit 5f. Unsur-unsur golongan lantanida dan aktinida bersifat radioaktif.

Bagaimana cara menentukan golongan dan periode pada unsur? Perhatikan pada contoh berikut.

## Contoh

Tentukan golongan dan periode pada unsur-unsur berikut.

1.  ${}_{14}\text{Si}$
2.  ${}_{19}\text{K}$
3.  ${}_{47}\text{Ag}$
4.  ${}_{57}\text{La}$
5.  ${}_{58}\text{Ce}$

Jawab:

1. Konfigurasi elektron  ${}_{14}\text{Si} = (\text{Ne}) 3s^2 3p^2$   
 Jumlah elektron valensi = 4, subkulit s dan p, sehingga termasuk golongan IVA.  
 Subkulit ke-3, sehingga termasuk periode 3
2. Konfigurasi elektron  ${}_{19}\text{K} = (\text{Ar}) 4s^1$   
 Jumlah elektron valensi = 1, subkulit s, sehingga termasuk golongan IA.  
 Subkulit ke-4, sehingga termasuk periode 4
3. Konfigurasi elektron  ${}_{47}\text{Ag} = (\text{Kr}) 4d^{10} 5s^1$   
 Jumlah elektron valensi = 1, subkulit s dan d, sehingga termasuk golongan IB.  
 Subkulit ke-5, sehingga termasuk periode 5
4. Konfigurasi elektron  ${}_{57}\text{La} = (\text{Xe}) 5d^1 6s^2$   
 Jumlah elektron valensi = 3, subkulit s dan d, sehingga termasuk golongan IIIB.  
 Subkulit ke-6, sehingga termasuk periode 6.
5. Konfigurasi elektron  ${}_{58}\text{Ce} = (\text{Ne}) 4f^2 6s^2$   
 Subkulit s dan f sehingga termasuk golongan lantanida.

## Diskusi

Tentukan konfigurasi elektron dan letak unsur dalam sistem periodik (golongan dan periode) pada unsur-unsur berikut.

- a.  ${}_{33}\text{As}$
- b.  ${}_{38}\text{Sr}$
- c.  ${}_{53}\text{I}$

Diskusikan jawaban pertanyaan di atas dengan teman-teman, lalu presentasikan di depan kelas.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimana cara menyusun unsur-unsur dalam satu golongan dan periode?
2. Tentukan konfigurasi elektron unsur-unsur berikut, lalu tentukan letaknya dalam sistem periodik.
  - a.  ${}_{12}\text{Mg}$
  - b.  ${}_{24}\text{Cr}$
  - c.  ${}_{46}\text{Pd}$
3. Tentukan konfigurasi elektron dan blok dari unsur-unsur berikut.
  - a.  ${}_{22}\text{Ti}$
  - b.  ${}_{51}\text{Sb}$
  - c.  ${}_{55}\text{Cs}$



## Rangkuman

1. Dengan menggunakan spektrum atom hidrogen, Bohr menjelaskan bahwa elektron mengelilingi inti atom pada lintasan tertentu, seperti planet mengelilingi matahari.
2. Schrodinger mengemukakan bahwa elektron mengelilingi inti pada suatu orbital (daerah pada berbagai jarak dari inti atom dengan kemungkinan terbesar ditemukannya elektron).
3. Schrodinger menganggap elektron sebagai gelombang materi, karena gerakannya menyerupai gerakan gelombang, sehingga teorinya lebih dikenal dengan mekanika gelombang (mekanika kuantum).
4. Kedudukan suatu orbital atom ditentukan oleh empat bilangan kuantum, yaitu:
  - a. Bilangan kuantum utama ( $n$ ) menunjukkan lintasan elektron (kulit) atau tingkat energi utama.
  - b. Bilangan kuantum azimut ( $l$ ) menunjukkan subkulit atau subtingkat energi utama.
  - c. Bilangan kuantum magnetik ( $m$ ) menunjukkan orientasi orbital dalam subkulit.
  - d. Bilangan kuantum spin ( $s$ ) menunjukkan arah rotasi atau putaran elektron dalam satu orbital.
5. Konfigurasi elektron menggambarkan susunan elektron dalam orbital-orbital atom dengan memenuhi aturan-aturan:
  - a. Prinsip Aufbau = pengisian elektron dimulai dari tingkat energi yang terendah terlebih dahulu kemudian ke tingkat energi yang lebih tinggi.
  - b. Aturan Hund = pada tingkat energi yang sama, sebelum berpasangan elektron akan menempati orbital dengan arah spin yang sama.
  - c. Larangan Pauli = tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum yang sama.
6. Unsur-unsur yang mempunyai kesamaan elektron valensi terletak pada satu golongan dalam sistem periodik. Sedangkan unsur-unsur yang mempunyai kesamaan jumlah kulit (bilangan kuantum utama ( $n$ )) terletak pada satu periode dalam sistem periodik.
7. Unsur-unsur dalam sistem periodik dibagi atas blok s, p, d, dan f dengan ketentuan sebagai berikut.
  - a. Unsur golongan utama (golongan A) merupakan blok s dan p.
  - b. Unsur transisi (golongan B) merupakan blok d.
  - c. Unsur transisi dalam (golongan lantanida dan aktinida) merupakan blok f.



## Glosarium



**Radiasi** Berkas partikel, sinar, atau gelombang yang terpancar dari unsur radioaktif

**Radioaktif** Sifat bahan yang mengandung unsur atau senyawa radioaktif

**Spektrum** Jangkauan radiasi elektromagnet yang dipancarkan atau diserap oleh bahan dalam keadaan khusus

# Ulangan Harian



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Ilmuwan yang mengemukakan teori mekanika kuantum adalah ....  
A. Albert Einstein  
B. Erwin Schrodinger  
C. Niels Bohr  
D. Ernest Rutherford  
E. Joseph John Thompson
- Bilangan kuantum yang menunjukkan bentuk orbital suatu atom adalah ....  
A. bilangan kuantum utama (n)  
B. bilangan kuantum azimut ( $\ell$ )  
C. bilangan kuantum magnetik (m)  
D. bilangan kuantum spin (s)  
E. bilangan kuantum transisi (t)
- Kedudukan elektron suatu atom ditentukan oleh bilangan kuantum ....  
A. utama (n)  
B. azimut ( $\ell$ )  
C. magnetik (m)  
D. spin (s)  
E. utama (n) dan magnetik (m)
- Jumlah maksimal elektron yang menempati satu orbital adalah ... elektron.  
A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4  
E. 5
- Berapa jumlah dan jenis subkulit yang terdapat pada kulit  $n = 2$  dari suatu atom?  
A. Dua subkulit, yaitu subkulit s dan p.  
B. Satu subkulit, yaitu subkulit s.  
C. Dua subkulit s.  
D. Tiga subkulit, yaitu subkulit s, p, dan d.  
E. Tiga subkulit, yaitu subkulit s, p, dan d.
- Konfigurasi elektron unsur Ne adalah ....  
A.  $1s^2 2s^4 2p^4$   
B.  $1s^2 1p^6 2s^2$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6$   
D.  $1s^3 2s^3 2p^4$   
E.  $1s^1 2s^1 3p^8$
- Elektron valensi suatu unsur dengan konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  adalah ....  
A. 2  
B. 4  
C. 6  
D. 8  
E. 12
- Unsur manakah yang dapat membentuk ion dengan muatan +1?  
A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$   
B.  $1s^2 2s^2 2p^4$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$   
D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$   
E.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3$
- Berapakah kisaran harga m yang dimiliki subkulit d?  
A. 0.  
B. -1 sampai +1.  
C. -2 sampai +2.  
D. -3 sampai +3.  
E. -4 sampai +4.
- Tokoh yang menyatakan bahwa tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum yang sama adalah ....  
A. Aufbau  
B. Pauli  
C. Hund  
D. Dalton  
E. Bohr
- Jumlah orbital dalam subkulit f adalah ... orbital  
A. 1  
B. 3  
C. 5  
D. 7  
E. 9
- Perhatikan konfigurasi elektron berikut.  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$   
Dalam sistem periodik, unsur tersebut terletak pada ....  
A. golongan II A periode 2  
B. golongan V A periode 2  
C. golongan III A periode 3  
D. golongan V A periode 3  
E. golongan VII A periode 3

13. Konfigurasi elektron berikut yang termasuk golongan halogen adalah ....
- $1s^2 2s^2 2p^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^7$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^7$
14. Pernyataan yang tepat untuk unsur dengan nomor atom 32 adalah ....
- merupakan unsur golongan Lantanida
  - terletak pada golongan II B
  - termasuk unsur logam transisi
  - terletak pada periode 3
  - konfigurasi elektronnya  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$
15. Diagram orbital di atas menunjukkan bahwa unsur X terdapat pada ... dalam sistem periodik.
- golongan II A periode 2
  - golongan III A periode 2
  - golongan II A periode 3
  - golongan III A periode 3
  - golongan IV A periode 3
16. Bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ , dan  $s$  untuk elektron terakhir pada unsur bernomor atom 29 adalah ....
- $3, 2, +1, +\frac{1}{2}$
  - $3, 2, +1, -\frac{1}{2}$
  - $3, 2, +2, -\frac{1}{2}$
  - $4, 0, 0, +\frac{1}{2}$
  - $4, 0, 0, -\frac{1}{2}$
17. Konfigurasi elektron unsur X adalah  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ . Dalam sistem periodik, unsur X menempati blok ....
- s
  - p
  - d
  - f
  - s dan p
18. Elektron terakhir unsur X memiliki bilangan kuantum  $n = 3$ ,  $\ell = 1$ ,  $m = -1$ , dan  $s = -\frac{1}{2}$ . Dalam sistem periodik, unsur X menempati blok ....
- s
  - p
  - d
  - f
  - s dan p
19. Elektron terakhir unsur X memiliki bilangan kuantum  $m = +2$  dan  $s = +\frac{1}{2}$ .

Jumlah elektron pada orbital tersebut adalah ....

- 2
- 3
- 5
- 7
- 10

20. Subkulit  $4p$  memiliki jumlah elektron maksimum sebanyak ... elektron.
- 20
  - 26
  - 30
  - 36
  - 38

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Jelaskan hubungan antara teori atom Bohr dengan mekanika kuantum.
- Model atom Schrodinger lebih dikenal dengan mekanika kuantum. Mengapa demikian? Jelaskan secara singkat.
- Jelaskan kelemahan model atom Bohr dibandingkan model atom Schrodinger.
- Terangkan empat bilangan kuantum yang menunjukkan kedudukan elektron dalam atom.
- Jelaskan kaidah-kaidah yang digunakan untuk menentukan konfigurasi elektron.
- Tentukan golongan dan periode pada unsur-unsur berikut.
  - ${}_{35}\text{Br}$
  - ${}_{46}\text{Pd}$
  - ${}_{54}\text{Xe}$
  - ${}_{56}\text{Ba}$
  - ${}_{78}\text{Pt}$
- Jelaskan pengertian orbital dan sebutkan pula jenis-jenis orbital pada suatu atom.
- Tentukan diagram orbital pada unsur-unsur berikut.
  - ${}_{12}\text{Mg}$
  - ${}_{23}\text{V}$
  - ${}_{28}\text{Ni}$
- Tentukan bilangan kuantum  $n$ ,  $\ell$ ,  $m$ , dan  $s$  untuk elektron terakhir pada unsur-unsur berikut.
  - ${}_{9}\text{F}$
  - ${}_{14}\text{Si}$
  - ${}_{20}\text{Ca}$
  - ${}_{31}\text{Ga}$
  - ${}_{44}\text{Ru}$
- Tentukan blok unsur-unsur berikut dalam sistem periodik.
  - ${}_{4}\text{Be}$
  - ${}_{15}\text{P}$
  - ${}_{32}\text{Ge}$
  - ${}_{43}\text{Tc}$
  - ${}_{55}\text{Cs}$

# B a b II

## Teori Domain Elektron dan Gaya Antarmolekul



Sekali-kali, perhatikanlah butiran-butiran air yang menetes di atas genangan. Butiran itu segera menyatu bersama butiran-butiran lainnya dalam genangan air. Antara butiran yang satu dengan yang lain dapat menyatu dikarenakan adanya sebuah ikatan.

Air, merupakan molekul yang tersusun atas dua atom hidrogen dan 1 atom oksigen. Ketiga atom tersebut berikatan secara kovalen membentuk molekul air, yang secara struktural merupakan bentuk penyimpangan dari tetrahedral sehingga bentuk molekulnya menjadi bentuk V (sudut). Tahukah kalian apa yang dimaksud dengan ikatan kovalen? Bagaimana pula molekul air bisa berbentuk V (sudut)? Kalau kalian penasaran, jangan tunda untuk mencari jawabannya dalam bab ini.

## Kata Kunci

- Bentuk molekul VSEPR
- Hibridisasi
- Gaya London
- Gaya dipol-dipol
- Ikatan hidrogen
- Sifat fisik



Sebuah molekul tersusun atas beberapa atom yang saling berikatan, salah satunya dengan ikatan kovalen. Antara molekul yang satu dengan molekul yang lain dapat pula berikatan membentuk kumpulan molekul yang besar dengan sebuah ikatan hidrogen. Apakah ikatan hidrogen itu dan bagaimana suatu molekul bisa memiliki bentuk tertentu, dapat kalian ketahui setelah membaca materi dalam bab ini. Kalian juga akan mampu menggambarkan bentuk suatu molekul berdasarkan teori VSEPR dan teori hibridisasi.

Ikatan hidrogen menimbulkan gaya yang menyebabkan molekul-molekul dapat bergabung. Selain gaya yang ditimbulkan oleh ikatan hidrogen, kalian juga akan mempelajari jenis gaya antarmolekul yang lain, yaitu gaya London dan gaya antar dipol-dipol. Ikatan hidrogen ternyata menyebabkan perbedaan sifat fisik antarmolekul. Mengapa bisa demikian, kalian akan segera menemukan jawabannya.

### A. Teori Domain Elektron

**Domain** berarti wilayah atau daerah. Domain elektron berarti suatu wilayah yang ditempati oleh elektron. Adapun elektron yang dimaksud di sini adalah elektron dari atom-atom pembentuk **molekul**, meliputi pasangan elektron bebas (**PEB**) dan pasangan elektron ikatan (**PEI**).

Sebuah molekul memiliki bentuk atau struktur yang berbeda dengan struktur molekul lain. Bentuk molekul berarti cara atom tersusun di dalam ruang. Bentuk molekul ini banyak memengaruhi sifat-sifat fisis dan kimia dari molekul tersebut, khususnya dalam reaksi kimia. Ketika dua molekul dicampurkan untuk bereaksi, ada kemungkinan reaksi tidak berhasil dikarenakan struktur tiga dimensi dan orientasi relatif molekul-molekul tersebut tidak tepat. Dalam reaksi biologi, terutama pada obat dan aktivitas enzim, struktur molekul sangat penting untuk mengetahui kecocokan antara bentuk molekul dengan tapak atau membran yang dipakai.

Bentuk molekul adalah gambaran tentang susunan atom-atom dalam molekul berdasarkan susunan ruang pasangan elektron dalam atom atau molekul, baik pasangan elektron yang bebas maupun yang berikatan.

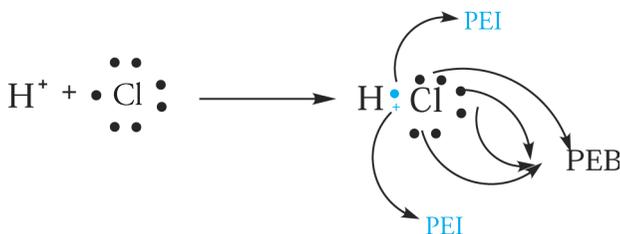
Bentuk suatu molekul dapat diperkirakan berdasarkan teori tolakan pasangan elektron maupun teori hibridisasi. Bagaimanakah bentuk suatu molekul berdasarkan teori tersebut? Perhatikan uraian berikut.

#### 1. Teori Tolakan Pasangan Elektron

Konsep yang dapat menjelaskan bentuk geometri (struktur ruang) molekul dengan pendekatan yang tepat adalah Teori Tolakan Pasangan Elektron Valensi (*Valence Shell Electron Pair Repulsion* = VSEPR). Teori ini disebut juga sebagai Teori Domain. Teori Domain dapat menjelaskan ikatan antaratom dari PEB dan PEI yang kemudian dapat memengaruhi

bentuk molekul. Dalam teori ini dinyatakan bahwa “pasangan elektron terikat dan pasangan elektron bebas, yang secara kovalen digunakan bersama-sama di antara atom akan saling menolak, sehingga pasangan itu akan menempatkan diri sejauh-jauhnya untuk meminimalkan tolakan”. Teori VSEPR pertama kali dikembangkan oleh ahli kimia dari Kanada, R.J. Gillespie (1957).

Bentuk molekul dan strukturnya dapat diramalkan dengan tepat melalui Struktur Lewis. Struktur ini dapat menggambarkan bagaimana elektron tersusun pada suatu atom yang berikatan. Sebagai contoh adalah ikatan kovalen pada molekul HCl (Gambar 2.1). Struktur Lewis juga dapat menggambarkan jumlah pasangan elektron bebas dan jumlah pasangan elektron ikatan yang berada di sekitar atom pusat.



Gambar 2.1 PEI dan PEB pada ikatan kovalen molekul HCl

Teori VSEPR tidak menggunakan orbital atom dalam meramalkan bentuk molekul, tetapi menggunakan titik elektron suatu atom. Jika suatu atom bereaksi, maka elektron pada kulit terluar (**elektron valensi**) akan berhubungan langsung terlebih dahulu. Elektron valensi akan menentukan bagaimana suatu ikatan dapat terjadi.

Teori VSEPR menjelaskan terjadinya gaya tolak-menolak antara pasangan-pasangan elektron pada kulit terluar atom pusat

Masih ingatkah kalian dengan jumlah elektron yang menempati suatu orbital? Apakah yang dimaksud dengan rumus duplet dan rumus oktet?

Pada setiap orbital terdapat sejumlah elektron. Ikatan antaratom terjadi karena kecenderungan atom untuk memenuhi rumus duplet dan rumus oktet. Duplet berarti memiliki 2 elektron, sedangkan oktet menandakan suatu atom memiliki 8 elektron. Bagaimana cara meramalkan bentuk molekul dengan titik elektron?

Pengaturan pasangan elektron di sekitar atom sedemikian rupa sehingga tolakan di antara pasangan elektron itu minimum. Tolakan minimum terjadi bila elektron terletak pada bagian yang saling berlawanan terhadap inti. Perhatikan molekul  $\text{BeCl}_2$  pada Gambar 2.2. Terdapat 2 elektron yang terletak berlawanan pada orbital berupa balon terpilin. Molekul  $\text{BeCl}_2$  berbentuk linear dengan sudut  $180^\circ$ . Bagaimana dengan bentuk molekul lain, semisal  $\text{SO}_2$  dan  $\text{BCl}_3$ ? Perhatikan Gambar 2.3 dan 2.4.

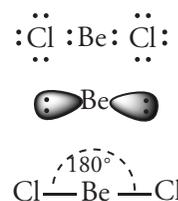
**Khazanah**

Teori VSEPR berhasil menjelaskan bentuk molekul. Ketepatan daya prediksi teori VSEPR relatif sangat tinggi, khususnya untuk molekul-molekul yang pusatnya atom non-logam.

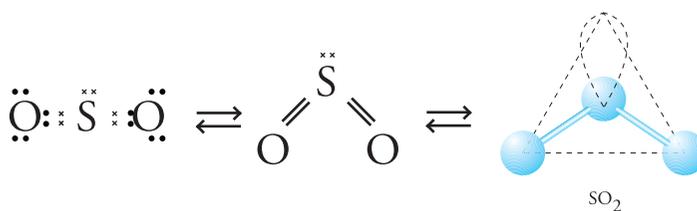
www.unibookstore.stie-mce.ac.id

**Kilas BALIK**

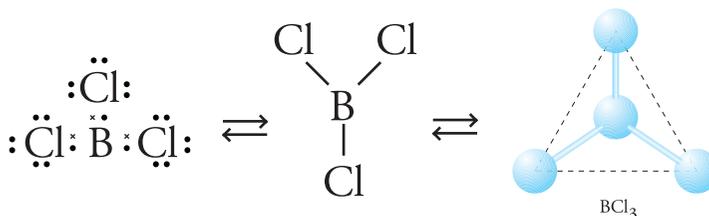
Ikatan kovalen adalah ikatan yang terjadi karena pemilikan bersama pasangan elektron berikatan yang merupakan sumbu-bangan dari kedua atom atau salah satunya



Gambar 2.2 Bentuk molekul  $\text{BeCl}_2$  berupa linear



**Gambar 2.3**  
Bentuk molekul  $\text{SO}_2$  berupa bentuk V.



**Gambar 2.4**  
Bentuk molekul  $\text{BCl}_3$  berupa segitiga datar.

Mengapa struktur  $\text{SO}_2$  berbeda dengan struktur  $\text{BeCl}_2$ ? Mengapa pula berbeda dengan struktur  $\text{BCl}_3$ . Penjelasan berikut akan memberikan jawabannya.

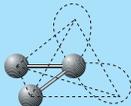
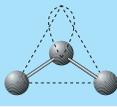
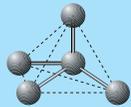
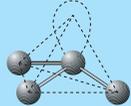
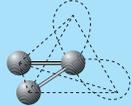
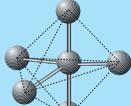
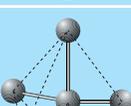
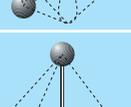
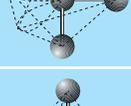
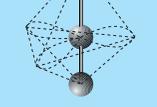
Tolakan minimum didapat dengan meletakkan elektron pada bagian yang berlawanan. Tolakan minimum pada molekul  $\text{BCl}_3$  dengan atom B sebagai atom pusat didapat dengan bentuk segitiga. Adapun pada molekul  $\text{SO}_2$  terdapat 3 kelompok elektron, yang salah satunya adalah PEB dari atom S. Adanya elektron bebas ini akan mendesak atau mendorong elektron ikatan untuk saling berdesakan, sehingga bentuk molekul menjadi bentuk V.

Urutan tolak-menolak antara pasangan elektron pada atom pusat dapat diurutkan sebagai:  $\text{PEB-PEB} > \text{PEI-PEB} > \text{PEI-PEI}$ .

PEB mempunyai gaya tolak-menolak sejauh mungkin sehingga tolakannya minimum. Perbedaan kekuatan tolakan PEB dan PEI menyebabkan penyimpangan dalam susunan ruang elektron dari bentuk molekul yang seharusnya.

Apabila pada molekul  $\text{BCl}_2$  atom pusat B dinotasikan dengan M, sedangkan ikatan dengan Cl yang terjadi dengan 2 pasang elektron ikatan dinotasikan dengan  $X_2$ , maka molekul  $\text{BCl}_2$  dan molekul sejenis dinotasikan dengan  $\text{MX}_2$ .  $\text{SO}_2$  dinotasikan dengan  $\text{MX}_2\text{E}$ , dengan E menunjukkan jumlah pasangan elektron bebas. Notasi semacam ini disebut sebagai notasi VSEPR. Perhatikan notasi VSEPR dan bentuk molekul beberapa senyawa pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Notasi VSEPR dan Bentuk Molekul

Jumlah Domain	Jumlah PEI	Jumlah PEB	Notasi VSEPR	Bentuk Molekul	Contoh Molekul
2	2	-	$AX_2$	Linear	 $BeCl_2$
3	3	-	$AX_3$	Segitiga datar	 $BCl_3$
3	2	1	$AX_2E$	Bentuk V	 $SO_2$
4	4	0	$AX_4$	Tetrahedron	 $CH_4$
4	3	1	$AX_3E$	Piramida trigonal	 $NH_3$
4	2	2	$AX_2E_2$	Bentuk V	 $H_2O$
5	5	0	$AX_5$	Bipiramida trigonal	 $PCl_5$
5	4	1	$AX_4E$	Tetrahedral terdispersi	 $TeCl_4$
5	3	2	$AX_3E_2$	Bentuk T	 $ClF_3$
5	2	3	$AX_2E_3$	Linear	 $XeF_2$
6	6	0	$AX_6$	Oktahedron	 $SF_6$

Brady, 1999, hlm. 376-380 (dengan pengambaran)



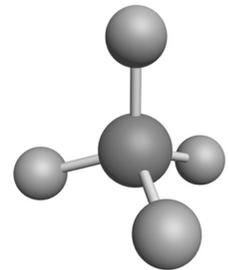
## Tugas

Berdasarkan data pada Tabel 2.1 dan hasil pengerjaan yang telah kalian lakukan, buatlah sebuah model molekul  $\text{CH}_4$  atau molekul lain dengan menggunakan bahan-bahan di sekitar kalian. Salah satu alternatif yang dapat dipilih adalah lilin (malam) sebagai atomnya dan kabel sebagai ikatannya. Kalian bisa menggunakan soldir untuk merangkai ikatannya. Jangan lupa mengukur sudutnya menggunakan busur. Terakhir, tempelkan lilin pada tempat-tempat atom yang seharusnya. Bentuklah lilin menjadi bulat seperti bola, sehingga terkesan atom sungguhan. Kumpulkan model molekul yang telah kalian buat sebagai tugas proyek untuk bisa dinilai oleh guru dan teman-teman kalian yang lain.

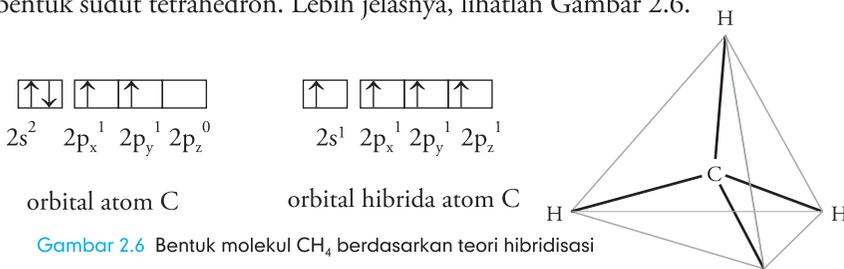


## 2. Bentuk Molekul Berdasarkan Teori Hibridisasi

Orbital hibrida adalah orbital yang terbentuk sebagai hasil penggabungan (hibridisasi) 2 atau lebih orbital atom. Sebagai contoh, sebuah atom C yang pada kulit valensinya memiliki 3 orbital, yaitu  $2s^2$ ,  $2p_x^1$ ,  $2p_y^1$ , dan sebuah orbital kosong,  $2p_z^0$ . Keempat orbital ini dapat berhibridisasi membentuk empat orbital hibrida  $sp^3$ . Masing-masing orbital hibrid dari atom C inilah yang digunakan untuk berikatan dengan 4 orbital s dari 4 atom H membentuk sebuah molekul  $\text{CH}_4$ . Keempat ikatan ini saling membentuk sudut tetrahedron. Lebih jelasnya, lihatlah Gambar 2.6.



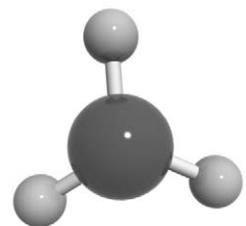
Gambar 2.5 Molekul  $\text{CH}_4$



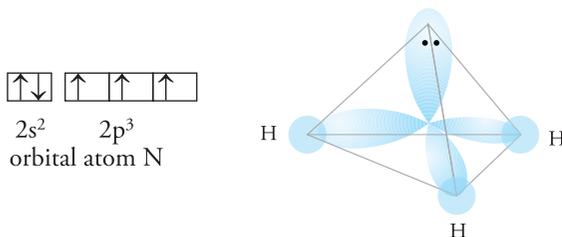
Gambar 2.6 Bentuk molekul  $\text{CH}_4$  berdasarkan teori hibridisasi

Dalam molekul  $\text{C}_2\text{H}_4$ , 1 orbital s dan 2 orbital p dalam sebuah atom C dapat membentuk 2 orbital hibrida  $sp^2$  dengan sudut  $120^\circ$ , sedangkan dalam molekul  $\text{C}_2\text{H}_2$ , 1 orbital s dan 2 orbital p dapat membentuk 1 orbital hibrid  $sp$  (linear).

Perhatikan contoh molekul  $\text{NH}_3$  pada Gambar 2.7. Bila bentuk molekul didasarkan pada tolakan pasangan elektron,  $\text{NH}_3$  dengan notasi VSEPR  $\text{AX}_3$  memiliki bentuk molekul piramida trigonal. Bagaimana bentuk molekulnya berdasarkan hibridisasi orbital?



Gambar 2.7 Molekul  $\text{NH}_3$



Gambar 2.8 Bentuk molekul berdasarkan hibridisasi dari  $\text{NH}_3$

Atom N memiliki nomor atom 7 dan konfigurasi elektronnya  $1s^2, 2s^2, 2p_x^1, 2p_y^1, \text{ dan } 2p_z^1$ . Karena memiliki 3 atom tunggal pada orbital  $2p$ , maka atom N dapat membentuk 3 ikatan kovalen dengan atom H secara ekuivalen, sehingga sudut N-H-N sebesar  $107^\circ\text{C}$ . Mengingat sudut ikatan mendekati sudut tetrahedron ( $sp^3$ ), maka untuk menambahkan 1 orbital lagi dipakai orbital  $2s^2$ . Akhirnya, atom N menggunakan 4 orbital atom untuk berikatan, 1 orbital dengan elektron berpasangan dan 3 orbital lain dengan elektron tunggal. Perhatikan Gambar 2.8 agar lebih jelas.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Dari molekul-molekul di bawah ini, tentukanlah bentuk molekulnya, baik berdasarkan teori tolakan pasangan elektron (VSEPR) maupun berdasarkan teori hibridisasi.
  - CO
  - $\text{CCl}_4$
  - $\text{NO}_2$

- Tentukan jumlah pasangan elektron bebas dan pasangan elektron ikatan dari molekul berikut.

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| a. $\text{BCl}_3$ | d. $\text{Br}_2$ |
| b. $\text{SCl}_6$ | e. $\text{NH}_4$ |
| c. $\text{CH}_2$  |                  |

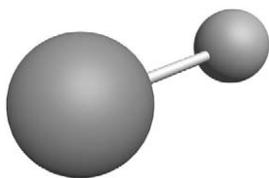


## B. Gaya Antarmolekul

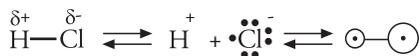
Kemampuan menarik yang dimiliki suatu elektron disebut dengan gaya tarik-menarik. Adanya gaya tarik-menarik ini memungkinkan terjadinya suatu ikatan. Ikatan kimia terjadi karena adanya kecenderungan atom untuk memenuhi rumus duplet dan oktet dalam konfigurasi elektronnya. Kecenderungan ini menyebabkan atom memiliki kemampuan yang berbeda dalam menarik elektron.

Elektronegativitas adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan daya tarik-menarik atom pada elektron dalam suatu ikatan.

Bagaimanakah gaya tarik-menarik itu timbul? Suatu atom dapat membentuk molekul atau ion karena adanya sifat elektronegativitas atau daya atom menarik elektron. Daya tarik-menarik timbul karena adanya perbedaan elektronegativitas pada suatu atom. Elektron yang berperan dalam hal ini adalah elektron pada kulit terluar (elektron valensi). Perhatikan Gambar 2.10 ini.



Gambar 2.9 Molekul HCl



Gambar 2.10 Ikatan antara atom H dan Cl

Pada molekul HCl, atom hidrogen mempunyai satu elektron pada kulit terluar, sehingga cenderung memenuhi rumus duplet, yaitu dengan mencari 1 elektron lagi agar genap menjadi dua. Di sisi lain, Cl memiliki 7 elektron pada kulit terluar dan cenderung memenuhi rumus oktet dengan mencari 1 elektron lagi agar genap menjadi delapan. Karena atom H baru memiliki 1 elektron, sementara atom Cl kekurangan 1 elektron, maka ketika jarak antara keduanya dekat, akan terjadi tarik-menarik dan terbentuklah ikatan.

Perbedaan jumlah elektron pada atom H dan Cl menyebabkan atom Cl mempunyai elektronegativitas yang lebih tinggi karena jumlah elektron disekitar Cl lebih banyak. Jadi, pasangan elektron yang tersebar di antara atom H dan Cl tidak terbagi merata. Sisi atom Cl yang lebih negatif mengakibatkan atom H menjadi sisi positif dan atom Cl menjadi sisi negatifnya. Sisi positif dinotasikan sebagai  $\delta^+$  yang menyatakan sebagian muatan positif dan sisi negatif dinotasikan dengan  $\delta^-$  yang menyatakan sebagian muatan negatif.

Dalam molekul, muatan positif dan negatif yang sama dipisahkan oleh jarak yang menunjukkan suatu dipol.

Perbedaan keelektronegatifan yang besar antaratom akan membentuk molekul yang bersifat polar. Sebaliknya, apabila perbedaan keelektronegatifan antaratom kecil atau nol, maka molekul yang terbentuk bersifat non-polar.

Terdapat 3 jenis gaya tarik menarik antar molekul, yaitu gaya London, gaya tarik dipol-dipol dan gaya yang ditimbulkan oleh ikatan hidrogen. Semuanya akan kita bahas satu persatu.

## 1. Gaya London

Elektron pada suatu atom mengalami pergerakan dalam orbital. Pergerakan atau perpindahan elektron pada suatu atom dapat mengakibatkan tidak meratanya kepadatan elektron pada atom, sehingga atom tersebut mempunyai satu sisi **dipol** dengan muatan lebih negatif dibandingkan sisi yang lain. Pergerakan ini menimbulkan dipol sesaat. Gambar 2.11 menggambarkan perbedaan sebaran elektron pada orbital normal dan orbital yang mengalami dipol sesaat. Adanya dipol sesaat menyebabkan molekul yang bersifat non-polar menjadi bersifat agak polar.



Gambar 2.11 (a) keadaan normal, sebaran muatan simetris, (b) terjadinya dipol sesaat.

Gaya London adalah gaya tarik lemah yang disebabkan oleh adanya dipol imbasan sesaat.

Dipol sesaat pada suatu atom dapat mengimbas atom yang berada di sekitarnya sehingga terjadilah dipol terimbas yang menyebabkan gaya tarik-menarik antara dipol sesaat dengan dipol terimbas. Gaya ini yang disebut sebagai **Gaya London**.



Gambar 2.12 Terjadinya dipol terimbas

Lantas bagaimana Gaya London memengaruhi sifat fisis molekul?

## Khazanah



**Fritz London**, ahli fisika dari Jerman, pada tahun 1930 menguraikan terjadinya tarikan yang lemah disebabkan oleh dipol imbasan sekejap atau sesaat yang dikenal sebagai Gaya London.

www.e-dukasi.net

www.phy.duke.edu

Pergerakan elektron yang mengakibatkan dipol sesaat dalam suatu molekul akan bertambah besar apabila molekul tersebut memiliki jumlah elektron yang semakin besar pula. Pergerakan elektron yang mengakibatkan dipol sesaat dalam suatu molekul disebut polarisabilitas. Jumlah elektron yang besar berkaitan dengan massa molekul relatif ( $M_r$ ) molekul tersebut, sehingga semakin besar  $M_r$  suatu molekul, maka semakin besar polarisabilitasnya dan semakin besar pula Gaya Londonnya.

Mudahnya suatu atom untuk membentuk dipol sesaat disebut polarisabilitas.

Perhatikan contoh soal berikut untuk memahami kaitan jumlah elektron dengan  $M_r$  dan bentuk molekul.

### Contoh

Urutkan kekuatan Gaya London dari molekul di bawah ini:

- a.  $H_2$  ( $Ar\ H = 1$ )      c.  $N_2$  ( $Ar\ N = 14$ )      e.  $F_2$  ( $Ar\ F = 19$ )  
 b.  $O_2$  ( $Ar\ O = 16$ )      d.  $Br_2$  ( $Ar\ Br = 80$ )

Jawab:

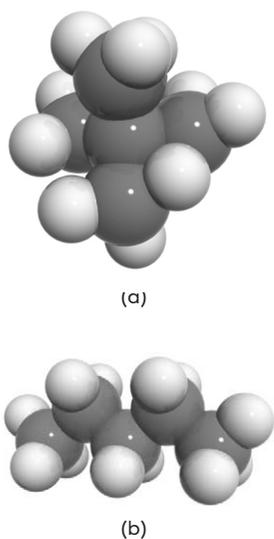
Semakin besar  $M_r$  suatu molekul, semakin besar pula gaya London-nya. Urutan kekuatan gaya London dari molekul adalah  $H_2 < N_2 < O_2 < F_2 < Br_2$  karena  $M_r\ Br_2 > M_r\ F_2 > M_r\ O_2 > M_r\ N_2 > M_r\ H_2$

Bagaimana perbandingan Gaya London antara 2 molekul yang mempunyai  $M_r$  yang sama? Molekul dengan struktur panjang mempunyai kemungkinan lebih besar untuk mengalami dipol sesaat atau lebih mudah mengalami polarisabilitas. Hal ini dikarenakan molekul dengan struktur panjang mempunyai bidang yang lebih luas bila dibandingkan dengan molekul yang memiliki struktur lebih rapat dan kecil. Neopentana dan normal pentana merupakan contoh 2 molekul dengan  $M_r$  sama. Lihatlah Gambar 2.13(a) dan 2.13(b) untuk mengetahui bentuk molekulnya.

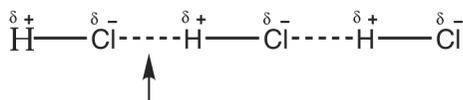
Molekul dengan struktur panjang mudah mengalami polarisasi dibandingkan molekul dengan struktur yang rapat dan kecil.

## 2. Gaya Tarik Dipol-dipol

Gaya London terjadi pada molekul non-polar. Lantas bagaimana gaya tarik yang terjadi pada molekul polar? Molekul polar memiliki sebaran elektron yang tidak merata dikarenakan perbedaan keelektronegatifannya yang besar. Perbedaan keelektronegatifan ini menyebabkan suatu atom terbagi menjadi dua muatan (dipol), satu ujung memiliki muatan positif dan lainnya bermuatan negatif. Terdapat kecenderungan bahwa ujung positif akan berdekatan dengan ujung negatif atom lain di dekatnya. Keadaan ini disebabkan adanya gaya tarik-menarik yang disebut dengan gaya tarik dipol-dipol. Perhatikan gaya tarik dipol-dipol pada molekul polar HCl berikut.



Gambar 2.13  
 (a) bentuk molekul neopentana  
 (b) bentuk molekul normal pentana



Gambar 2.14 Gaya dipol-dipol pada molekul HCl

Gaya tarik ini menyebabkan molekul mempunyai titik didih dan titik leleh yang tinggi. Kekuatan gaya tarik dipol-dipol ini lebih kuat dibandingkan dengan Gaya London pada molekul non-polar. Tabel 2.2 memberikan perbedaan sifat fisis antara molekul polar dan non-polar.

**Tabel 2.2** Perbedaan Sifat Fisis Molekul Polar dan Non-Polar

Kepolaran	Molekul	Mr	Titik leleh	Titik didih
non-polar	normal butana	58	-138,4	-0,5
polar	aseton	58	-95,4	56,2

Mulyono, 2006, hlm. 51 & 85

Gaya tarik-menarik antarmolekul, yaitu Gaya London dan gaya tarik dipol-dipol bergabung untuk mengadakan ikatan antarmolekul. Gabungan kedua gaya ini disebut sebagai **Gaya Van der Walls**.

Gabungan dua gaya tarik-menarik, yaitu Gaya London dan gaya tarik dipol-dipol disebut sebagai Gaya Van der Walls

### 3. Ikatan Hidrogen

Apabila kita perhatikan keelektronegatifan dari unsur  $H_2O$ , HF, dan  $NH_3$ , atom H mempunyai sifat sangat positif, sedangkan atom O, F, dan N mempunyai sifat sangat negatif. Perbedaan keelektronegatifan yang besar ini menyebabkan atom H terikat kuat pada atom O, F dan N. Ikatan ini yang disebut sebagai ikatan hidrogen. Perhatikan data Mr dan perbedaan keelektronegatifan dari beberapa molekul pada Tabel 2.3 di samping.

Bandingkan elektronegativitas unsur-unsur dalam satu golongan, seperti yang tertulis pada Tabel 2.3. Tabel ini menunjukkan bahwa dalam satu golongan, yakni golongan VIIA, kemampuan menarik dari atom H lebih efektif pada unsur dengan Mr yang lebih kecil, karena perbedaan elektronegativitasnya yang tinggi. Padahal secara teoritis, semakin besar Mr semakin besar pula elektronegativitasnya. Mengapa bisa demikian?

Kasus penyimpangan tersebut disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen. Gaya yang dihasilkan oleh ikatan hidrogen lebih kuat dibandingkan Gaya Van der Walls. Pada unsur-unsur golongan VII dalam Tabel 2.3, terbentuk ikatan hidrogen yang kuat dan menyebabkan penyimpangan sifat fisis pada molekul sehingga molekul dengan ikatan hidrogen mempunyai titik didih yang relatif tinggi.

Sebelum membahas lanjut tentang ikatan hidrogen, diskusikanlah dahulu permasalahan tentang gaya antar molekul berikut.

**Tabel 2.3** Mr dan Perbedaan Elektronegativitas Beberapa Molekul

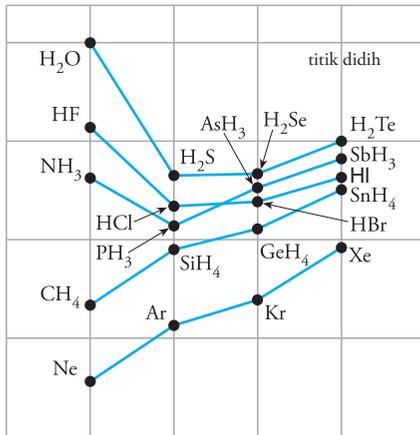
Senyawa	Mr	Perbedaan Keelektronegatifan (eV)
HF	20	2,8
HCl	36,5	1,0
HBr	81	0,8
HI	128	0,5

Diolah dari: Mulyono, 2006, hlm. 488

## Diskusi



Di depan telah diuraikan tiga macam gaya antarmolekul. Apa hubungan gaya yang satu dengan yang lain? Kapan masing-masing gaya bisa muncul? Mungkinkah ketiganya muncul bersama? Bagaimana kekuatan masing-masing gaya tersebut? Carilah jawaban yang jelas dan tepat dari persoalan ini dengan berdiskusi bersama teman-teman kalian.



**Gambar 2.15** Grafik hubungan antara titik didih dengan molekul berikatan hidrogen (senyawa hidrida unsur golongan IVA, VA, VIA, VIIA, dan VIIIA)

Perhatikan baik-baik titik didih senyawa unsur hidrida golongan IVA, VA, VIA, VIIA, dan VIIIA pada Gambar 2.15. Gaya yang memengaruhi titik didih senyawa unsur hidrida golongan IVA, VA, VIA, VIIA, dan VIIIA adalah Gaya Van der Waals. Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, unsur memiliki Gaya Van der Waals yang semakin bertambah sebanding dengan bertambah besarnya  $M_r$ . Sebagai akibat yang seharusnya, titik didih dari atas ke bawah dalam satu golongan semakin bertambah. Namun kenyataannya tidaklah demikian. Perhatikan titik didih  $H_2O$ ,  $HF$  dan  $NH_3$ . Ketiganya memiliki titik didih yang berbeda jauh dengan senyawa hidrida yang lain. Mengapa demikian? Diskusikan jawabannya.

## Diskusi



Pada senyawa hidrida yang berikatan dengan atom O, F, dan N, titik didih ketiga senyawa berbeda jauh dengan senyawa hidrida lainnya. Gaya Van der Waals yang dimiliki tidak dapat menerangkan perbedaan titik didih ketiga senyawa tersebut. Ternyata, ikatan hidrogen sangat berpengaruh dalam hal ini. Diskusikan dengan teman-teman kalian bagaimana pengaruh ikatan hidrogen tersebut.

### C. Pengaruh Gaya Antarmolekul terhadap Sifat Fisis Senyawa

Gaya tarik-menarik antara muatan positif dari dipol yang satu dengan muatan negatif dari dipol yang lain akan menentukan sifat fisis molekul, seperti titik didih dan titik beku. Gaya tarik-menarik juga menentukan bagaimana wujud suatu molekul, apakah berupa padatan, cair atau uap. Gaya tarik-menarik yang besar antaratom memungkinkan molekul pada suhu tertentu berbentuk padatan. Pada keadaan gas, molekul berdiri sendiri dan tidak ada gaya tarik-menarik antarmolekul. Pada keadaan cair, akan dibutuhkan lebih sedikit gaya tarik-menarik antarmolekul dibandingkan keadaan padatnya.

Perubahan bentuk molekul padatan menjadi cair memerlukan energi yang besar untuk mengimbangi gaya tarik-menarik tersebut. Energi ini ditunjukkan dengan titik cair (titik leleh) molekul. Begitu pula untuk meng-

uapkan molekul yang berupa cairan, diperlukan energi yang ditunjukkan dengan titik didih. Maka, apabila gaya tarik antarmolekul besar, semakin besar pula titik didihnya.

Titik beku menunjukkan besarnya energi yang dibutuhkan molekul untuk berikatan. Besarnya titik beku sebanding dengan gaya yang terjadi antarmolekulnya. Perhatikan contoh soal berikut agar kalian lebih paham.

## Contoh

Tentukan wujud molekul di bawah ini dengan melihat sifat fisisnya.

Molekul	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>
Mr	2	28	32	71
Titik didih	-235	-196	-183	-35

Jawab:

Wujud molekulnya

Molekul	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>
Mr	2	28	32	71
Titik didih	-235	-196	-183	-35
Wujud molekul	Gas	Gas	Gas	Gas

## Diskusi

Dalam suatu molekul terjadi gaya antarmolekul yang berbeda dengan molekul lain. Pada molekul-molekul NH<sub>3</sub>, BCl<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, dan HCl, masing-masing memiliki gaya antarmolekul yang berbeda. Diskusikanlah gaya antarmolekul yang terjadi, kemudian tentukanlah sifat fisiknya berdasarkan gaya antarmolekulnya. Tuliskan hasil diskusi kalian dan presentasikan di hadapan teman-teman dari kelompok lain.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Apakah yang dimaksud dengan:
  - Gaya London
  - Gaya tarik dipol-dipol
  - Gaya Van der Waals
  - Ikatan Hidrogen
  - Polarisabilitas
- Apa perbedaan antara gaya dipol sesaat-dipolinduksi dengan gaya dipol-dipol?
- Mengapa sebuah molekul memiliki titik didih yang berbeda dengan molekul yang lain?

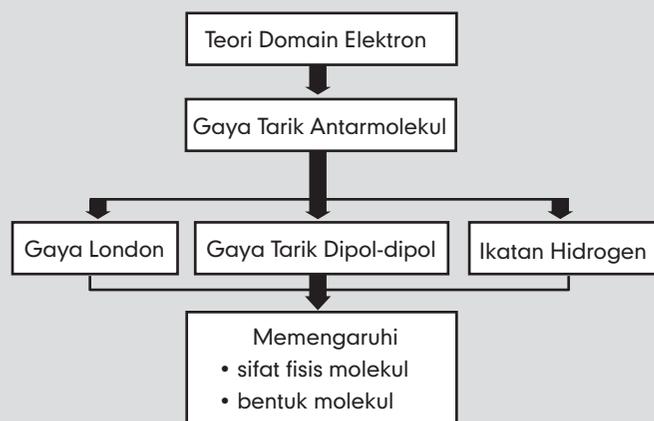
Jelaskan kaitannya dengan gaya antarmolekulnya.

- Tentukan sifat kepolaran unsur berikut.
  - HCl
  - BeCl<sub>2</sub>
  - NO<sub>2</sub>
  - F<sub>2</sub>
  - NH<sub>3</sub>
- Manakah senyawa hidrida dari golongan halogen yang mempunyai titik didih terbesar? Terangkan.



# Rangkuman

Secara umum, materi yang terkait dengan teori domain dapat digambarkan dengan diagram berikut.



1. Bentuk molekul adalah gambaran tentang susunan atom dalam molekul berdasarkan susunan ruang pasangan elektronnya, baik pasangan elektron bebas maupun ikatan. Bentuk molekul dapat ditentukan dengan teori VSEPR dan teori hibridisasi.
2. Gaya antarmolekul memengaruhi bagaimana sifat kepolaran molekul dan bentuk molekul pada suhu tertentu. Terdapat 3 gaya antarmolekul, yaitu Gaya London, gaya tarik dipol-dipol, dan gaya yang ditimbulkan oleh ikatan hidrogen.
3. Kekuatan gaya antarmolekul: Gaya London < Gaya Van der Waals < Ikatan hidrogen



## Glosarium

**Domain** Wilayah, daerah

**Dipol** Dua kutub muatan listrik yang besarnya sama tetapi berlawanan tanda yang terpisah pada jarak yang amat kecil, biasanya terjadi pada molekul polar

**Gaya** Sesuatu yang dapat menggerakkan benda diam, atau mempercepat /memperlambat benda yang bergerak dengan arah tertentu

**Gaya London** Gaya yang menyebabkan antarpartikel dalam sistem gas atau cair terjadi tarik-menarik atau terjadi ikatan

**Gaya Van der Waals** Gaya yang menyebabkan terjadinya tarik-menarik antarpartikel dalam sistem gas atau cair

**Hibridisasi** Penggabungan

**Ikatan hidrogen** Ikatan yang terbentuk antara atom H pada molekul polar dengan atom berelektonegativitas tinggi

**Molekul** Hasil penggabungan secara kimia dua atom atau lebih

**Orbital atom** Daerah di sekitar inti atom yang merupakan tempat elektron bergerak sehingga elektron-elektron paling mungkin ditemukan di sini

**Elektron valensi** Jumlah elektron yang terdapat pada kulit paling luar dari sebuah atom netral

**PEB** Pasangan elektron bebas

**PEI** Pasangan elektron ikatan



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Senyawa di bawah ini memiliki PEB berjumlah 1, **kecuali** ....
  - $\text{SO}_2$
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{TeCl}_4$
  - $\text{IF}_5$
- Urutan yang benar dari kekuatan gaya tolakan PEB dan PEI adalah ....
  - PEB-PEI > PEB-PEB > PEI-PEI
  - PEB-PEI > PEI-PEI > PEB-PEB
  - PEI-PEI > PEB-PEB > PEB-PEI
  - PEB-PEI > PEB-PEB = PEI-PEI
  - PEB-PEB > PEB-PEI > PEI-PEI
- Ukuran dan bentuk molekul sangat bermanfaat bagi kita dalam menjelaskan beberapa hal, **kecuali** ....
  - kelarutan senyawa
  - titik didih senyawa
  - titik leleh senyawa
  - pH senyawa
  - interaksi molekuler senyawa
- Bentuk molekul senyawa  $\text{SF}_6$  adalah ....
  - oktahedral
  - linear
  - trigonal bipiramida
  - segi empat datar
  - tetrahedral
- Senyawa berikut yang mempunyai ikatan hidrogen adalah ....
  - HF, HCl, dan  $\text{H}_2\text{O}$
  - HF,  $\text{NH}_3$ , dan HCl
  - $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan HCl
  - HF,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{NH}_3$
  - HF, HCl, dan HBr
- Gaya London terjadi antar ....
  - atom non logam
  - molekul kovalen
  - molekul yang sangat polar
  - molekul yang non polar
  - molekul yang berbeda muatan
- $\text{H}_2\text{O}$  mempunyai titik didih lebih tinggi dari  $\text{H}_2\text{S}$  karena ....
  - $\text{H}_2\text{O}$  mempunyai ikatan hidrogen
  - Mr  $\text{H}_2\text{S}$  lebih besar
  - Mr  $\text{H}_2\text{O}$  lebih kecil
  - $\text{H}_2\text{S}$  mempunyai Gaya London
  - $\text{H}_2\text{S}$  mempunyai perbedaan keelektronegatifan < 1,7
- HCl tergolong senyawa polar karena ....
  - mempunyai perbedaan keelektronegatifan = 0
  - mempunyai perbedaan elektronegativitas besar
  - HCl mempunyai ikatan hidrogen
  - mempunyai Mr yang besar
  - bentuk molekulnya simetris
- Di bawah ini adalah senyawa non-polar, **kecuali** ....
  - $\text{H}_2$
  - $\text{Cl}_2$
  - $\text{CH}_4$
  - HCl
  - $\text{CCl}_4$
- $\text{H}_2\text{O}$  dapat bercampur dengan HCl karena ....
  - $\text{H}_2\text{O}$  polar
  - $\text{H}_2\text{O}$  non polar
  - keduanya tergolong senyawa polar
  - keduanya tergolong senyawa non polar
  - $\text{H}_2\text{O}$  merupakan pelarut universal
- Senyawa HF mempunyai beda potensial terbesar dibandingkan senyawa halida dari hidrogen lain karena ....
  - HF tergolong senyawa non logam
  - Mr HF paling besar
  - HF mempunyai ikatan hidrogen
  - memiliki perbedaan muatan dipol = 0
  - bentuk molekulnya simetris
- Senyawa berikut yang bersifat paling polar adalah ....
  - $\text{BeF}_2$
  - $\text{BF}_3$
  - $\text{CF}_4$
  - $\text{NF}_3$
  - $\text{F}_2$

13. Kemungkinan terjadinya dipol sesaat dari yang paling polar terdapat pada senyawa ....
- 2-etil-2-metilpropana
  - normal heksana
  - 2,2-dimetilbutana
  - 2-etilbutana
  - 2,3-dimetilbutana
14. Isomer heksana di bawah ini yang mempunyai titik didih tertinggi adalah ....
- $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_3$
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
15. Titik didih yang paling besar dimiliki oleh ....
- $\text{Cl}_2$
  - $\text{H}_2$
  - $\text{O}_2$
  - $\text{F}_2$
  - $\text{Br}_2$
16. Bagaimana perubahan kekuatan Gaya London dari helium ke argon?
- Kekuatan bertambah, karena bertambah massa atom relatifnya.
  - Kekuatan berkurang, karena berkurang massa atom relatifnya.
  - Kekuatan bertambah, karena berkurang massa atom relatifnya.
  - Kekuatan berkurang, karena bertambah massa atom relatifnya.
  - Kekuatan tetap, karena golongan gas mulia bersifat inert.
17. Alkohol dan eter mempunyai rumus molekul sama, tetapi titik didih alkohol lebih tinggi dari eter karena ....
- alkohol bersifat polar
  - alkohol berupa zat cair
  - eter berupa gas
  - eter memiliki Gaya London
  - alkohol memiliki ikatan hidrogen
18. Di bawah ini senyawa yang mempunyai titik didih terendah adalah ....
- n-oktana
  - sikloheptana
  - 2, 2-dimetilheksana
  - 2, 3, 4-trimetilpentana
  - 3, 3-dimetilheksana
19. Senyawa yang mempunyai Gaya Van der Waals adalah ....
- HF
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{CH}_4$
  - NaCl
20. Senyawa di bawah ini hanya memiliki Gaya London dan gaya tarik dipol-dipol, **kecuali** ....
- HCl
  - HF
  - NO
  - $\text{H}_2\text{S}$
  - $\text{SO}_2$

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Bagaimanakah kita dapat menentukan bentuk geometri suatu molekul? Terangkan.
- Tuliskan notasi VSEPR dan bentuk molekul dari  $\text{PCl}_5$ , baik berdasarkan teori VSEPR maupun berdasarkan teori hibridisasi.
- Sebutkan 3 unsur yang membentuk ikatan hidrogen dan berilah contoh senyawanya.
- Bagaimana pengaruh sifat fisis unsur yang mempunyai ikatan Van der Waals? Jelaskan.
- Tentukan urutan dari yang terkecil untuk titik didih unsur-unsur:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{H}_2$ .
- Jelaskan terjadinya ikatan London pada unsur  $\text{N}\equiv\text{N}$ .
- Manakah yang mempunyai titik didih lebih tinggi,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  atau  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ? Jelaskan alasannya.
- Jelaskan bagaimana gaya tarik dipol-dipol terjadi.
- Jelaskan mengapa  $\text{H}_2\text{O}$  (titik didih  $100^\circ\text{C}$ ) mempunyai titik didih lebih tinggi dari kloroform  $\text{CHCl}_3$  (titik didih  $61,7^\circ\text{C}$ ).
- Mengapa gaya tarik molekul pada zat padat lebih besar dibandingkan gaya tarik pada zat cair? Jelaskan.

# B a b III

## Termokimia



Masih teringat rasanya dekat dengan api unggun, bukan? Di tengah dinginnya malam di alam terbuka kita dihangatkan oleh nyala api dari kayu bakar. Mengapa bisa timbul rasa hangat? Ternyata, kehangatan itu berasal dari panas yang dihasilkan nyala api kayu bakar.

Kayu mengandung karbon dan unsur serta senyawa lainnya yang apabila dibakar dengan oksigen akan menghasilkan suatu energi berupa panas (kalor). Kalor pembakaran inilah yang menghangatkan tubuh kita. Bagaimana cara kita mengetahui berapa kalor pembakaran yang dihasilkan, akan kita dapatkan melalui materi dalam bab ini.

## Kata Kunci

- Azas kekekalan energi
- Sistem
- Lingkungan
- Kalor
- Eksoterm
- Endoterm
- Entalpi
- Siklus Hess



Dalam mempelajari termokimia, kalian akan mendiskusikan tentang hukum kekekalan energi, sistem dan lingkungan, reaksi eksoterm dan endoterm, serta pengertian entalpi (perubahan energi) dan perubahannya. Kalian juga akan melakukan percobaan penentuan entalpi dengan kalorimeter. Setelah mempelajari bab ini pula, kalian akan mampu menghitung perubahan entalpi reaksi melalui percobaan, melalui diagram siklus Hess, data entalpi pembentukan standar, dan melalui energi ikatan.

### A. Pengertian Termokimia

Sebuah kayu bakar mengandung karbon yang apabila dibakar akan menghasilkan suatu kalor dengan nilai tertentu. Untuk mengetahui bagaimana menghitung kalor dari suatu reaksi diperlukan ilmu termokimia. Termokimia berasal dari bahasa Yunani *thermos* yang berarti ‘panas’ atau ‘kalor’ dan kimia. Termokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari banyaknya panas yang dilepas atau diserap (disorpsi) akibat reaksi kimia. Ilmu ini digunakan untuk memperkirakan perubahan energi yang terjadi dalam proses reaksi kimia, pembentukan larutan, maupun pada perubahan fase zat.

Para pengguna proses yang terkait dengan termokimia adalah ahli ilmu pengetahuan (*scientist*) dan ahli teknik (*engineer*). Misalnya, ahli kimia yang menerapkan termokimia untuk menghitung kalor pembakaran senyawa tertentu, atau ahli teknik kimia yang menggunakannya untuk merancang pabrik.



**Gambar 3.1**  
(a) Ahli kimia sedang menerapkan termokimia.  
(b) Mesin pabrik yang telah diperhitungkan energinya oleh ahli teknik kimia.

Termokimia merupakan cabang dari ilmu termodinamika, yang mempelajari tentang kalor yang menyertai proses perubahan kimia dan perubahan fisika. Termokimia dipelopori oleh Germain Henri Hess, atau biasa disebut Hess. Salah seorang gurunya adalah Jons Jacob Berzelius (1779-1848) yang menemukan rumus simbol atom. Salah satu hasil penemuan Hess adalah senyawa gula yang dioksidasi dengan oksigen menghasilkan asam sakarida. Selanjutnya, bila gula ini direaksikan dengan NaOH, akan terbentuk sakarin yang berguna sebagai bahan pemanis.

Hess memperoleh gelar profesor pada tahun 1830 dari institut teknologi di St. Petersburg. Tesisnya yang sangat terkenal berjudul “Banyaknya Kalor dalam Reaksi Kimia Tidak Tergantung Jalannya Reaksi tetapi Tergan-

## Khazanah



Germain Henri Hess (1802-1850) adalah kimiawan dari Rusia. Ia merupakan pioner dalam termokimia dan sebagai doktor yang memformulasikan Hukum Hess.

www.cartage.org.lb

tung dari Keadaan Awal dan Akhir Reaksi”, telah dipublikasikan pada tahun 1840 dan dikenal sebagai Hukum Hess atau *Hess Law*. Buku-bukunya tentang ilmu kimia banyak digunakan sebagai standar kerja di Rusia selama beberapa puluh tahun. Hess meninggal pada tanggal 30 November 1850.

Sebelum kita melangkah lebih jauh tentang apa yang diajarkan Hess, kita perlu memahami dahulu tahap-tahap yang perlu kita kaji, yaitu sebagai berikut.

## B. Hukum Kekekalan Energi

Hukum Kekekalan Energi disebut juga sebagai Hukum Termodinamika I. Hukum ini ditemukan berkat beberapa percobaan yang dilakukan James Prescott Joule (1818–1889), seorang ahli fisika berkebangsaan Inggris.

**Hukum Termodinamika I menyatakan:**

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain.

Sebagai penghargaan atas jasanya, nama James Prescott Joule diabdikan sebagai nama satuan energi, yaitu joule. Joule merupakan satuan menurut Sistem Internasional (SI), dengan rincian:

$$\begin{aligned} \text{joule} &= \text{newton} \times \text{meter} \\ (\text{J}) &= \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \times \text{m} \\ &= \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \end{aligned}$$

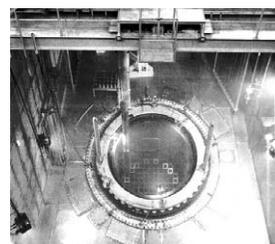
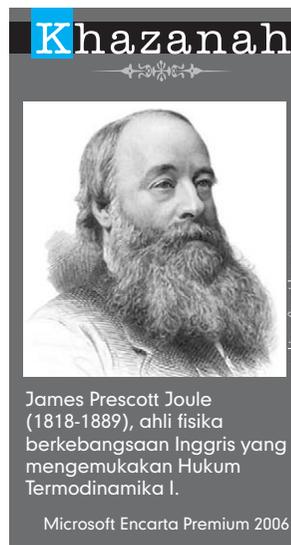
Satuan joule dapat dikonversi (diubah) ke dalam satuan energi yang lain, seperti berikut.

1 kJ	= 1000 J
1 kalori	= 4,184 J
1 kkal	= 1000 kal
1 liter atm	= 101,2 joule

### 1. Energi

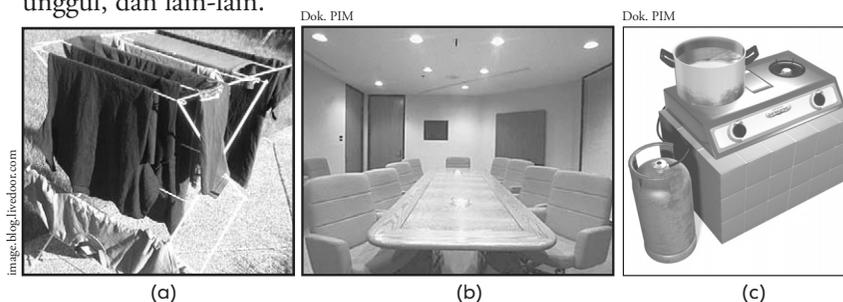
Energi didefinisikan sebagai kemampuan suatu materi untuk melakukan kerja. Energi yang akan kita pelajari dalam termokimia adalah “energi dalam” dari suatu sistem/reaksi-reaksi kimia.

Suatu benda dapat memiliki energi dalam bentuk energi kinetik dan energi potensial. Jumlah energi yang dimiliki benda tersebut merupakan jumlah energi kinetik dan energi potensialnya. Suatu benda memiliki energi kinetik apabila ia bergerak. Energi kinetik bisa berupa energi translasi, rotasi, vibrasi, bunyi, panas, dan listrik. Adapun energi potensial dimiliki benda bila ia ditarik atau didorong oleh benda lain, sehingga apabila benda tidak memiliki gaya tarik menarik atau tolak menolak, maka benda tersebut tidak memiliki energi potensial.



**Gambar 3.2**  
Reaktor nuklir menghasilkan energi nuklir yang dapat dimanfaatkan untuk bidang kedokteran maupun pertanian.

Dalam keseharian, tanpa kita sadari, kita telah memanfaatkan berbagai energi, misalnya energi panas untuk menjemur pakaian, energi listrik dan cahaya untuk penerangan, serta energi kimia di dalam LPG untuk memasak. Tidak ketinggalan pula energi nuklir yang digunakan dalam dunia kedokteran untuk mengobati berbagai penyakit, mensterilkan alat-alat kedokteran di rumah sakit, memproses bibit tanaman menjadi tanaman unggul, dan lain-lain.



**Gambar 3.3**

- (a) Energi panas digunakan untuk mengeringkan pakaian yang sedang dijemur.  
 (b) Energi listrik digunakan untuk penerangan.  
 (c) Energi kimia dari LPG dimanfaatkan untuk memasak.

Sifat perpindahan energi telah dimanfaatkan pemerintah untuk mendirikan PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) maupun PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir).

Dalam termokimia, energi yang akan kita pelajari adalah energi yang berlangsung dalam reaksi kimia. Perhitungan energi dalam reaksi kimia menggunakan besaran yang disebut entalpi atau  $H$ . Entalpi tidak dapat berdiri sendiri, namun berkaitan erat dengan energi dalam atau  $E$ , dan kerja ( $w$ ) yang dilakukan oleh sistem.

Tempo, 21-27 Februari 2005, hlm. 147



**Gambar 3.4**

PLTN mengubah energi nuklir menjadi energi listrik

## Diskusi

Ketika kita sedang menyambungkan kabel seterika ke stop kontak, maka energi listrik mengalir dari stop kontak melewati kabel menuju ke arah seterika kita. Sesaat kemudian, kita menyeterika pakaian kita hingga halus. Selesai menyeterika, kabel kita cabut dan aliran listrik ke seterika berhenti. Pergi ke manakah energi listrik ketika kita sedang menyeterika? Terangkan proses yang terjadi sehubungan dengan Hukum I Termodinamika. Diskusikan jawaban kalian bersama teman-teman sekelompok.



## 2. Energi Dalam

Energi dalam disebut juga *internal energy* ( $E$ ) yang merupakan “jumlah energi” dari semua bentuk energi yang dimiliki oleh sistem molekul atau benda. Energi dalam terdiri dari energi kinetik dan energi potensial. Energi dalam suatu sistem dapat berubah bila sistem menyerap atau melepaskan panas. Energi dalam akan bertambah apabila:

- sistem menyerap/menerima panas
- sistem menerima kerja

Energi dalam berkurang apabila:

- sistem melepaskan panas
- sistem melakukan kerja

Energi dalam dari suatu sistem tidak dapat diukur, namun perubahannya dapat diukur dan dinyatakan sebagai  $\Delta E$  dengan perumusan sebagai berikut.

$$\Delta E = E_{\text{produk}} - E_{\text{reaktan}}$$

### 3. Kalor

Kalor adalah energi yang berpindah dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya, dikarenakan adanya perbedaan suhu di antara keduanya. Kalor dapat berpindah dengan tiga macam cara:

- Konduksi (hantaran), yaitu perpindahan kalor melalui media
- Konveksi, yaitu aliran kalor melalui partikel-partikel yang bergerak
- Radiasi, yaitu kalor memancar ke segala arah tanpa media



(a)

(b)

Gambar 3.6

- (a) Konduksi, panas dari api kompor merambat dari dasar panci melalui pengaduk sampai ke ujungnya  
(b) Konveksi, panas dari api kompor merambat melalui partikel-partikel air di dasar panci naik sampai ke permukaan

Adapun jumlah kalor yang berpindah dari sistem ke lingkungan tergantung dari massa benda ( $m$ ), kalor jenis ( $c$ ), kapasitas kalor ( $C$ ), dan perubahan suhu ( $\Delta T$ ), sehingga untuk menghitung kalor dirumuskan sebagai berikut.

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{atau} \quad q = C \cdot \Delta T$$

**Keterangan:**

- $q$  = kalor yang diserap atau dilepas  
Bila sistem menyerap kalor,  $q$  bertanda positif.  
Bila sistem melepas kalor,  $q$  bertanda negatif.  
 $m$  = massa zat  
 $c$  = kalor jenis zat  
 $\Delta T$  = perubahan suhu dari sistem  
 $C$  = kapasitas kalor

50.000 Photo Art



Gambar 3.5

Kalor dari sinar matahari berpindah ke bumi melalui radiasi.

## 4. Kerja

Kerja (*work* =  $w$ ) adalah bentuk energi yang dipertukarkan dan dapat dinyatakan sebagai gaya yang bekerja melalui suatu jarak tertentu. Dengan kata lain, dapat dinyatakan bahwa kerja adalah hasil kali antara gaya dan jarak yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} w &= F \times h, \\ \text{sedangkan } F &= P \times A \\ \text{maka } w &= P \times A \times h \\ \text{karena } A \times h &= \text{perubahan volume} \end{aligned}$$

$$\text{maka } w = P \times \Delta V$$



Gambar 3.7

Seorang petani sedang melakukan kerja ketika mengangkut barang-barang dengan gerobak sejauh jarak yang ia tempuh.

Satuan gaya menurut Satuan Internasional (SI) adalah joule. Jika  $P$  dalam atm dan  $V$  dalam liter, maka  $w = P \text{ (atm)} \times \Delta V \text{ (L)}$ . Untuk gas ideal, besarnya kerja adalah hasil kali antara perbandingan mol gas hasil reaksi dan pereaksi dengan perubahan suhu atau  $w = \Delta nRT$ . Akibatnya, berpengaruh terhadap perubahan  $E$  dalam dan perubahan entalpi. Adapun hubungan perubahan energi dan jumlah mol gas dalam suhu adalah:

$$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$$

dengan:  $\Delta H$  = perubahan energi

$\Delta E$  = perubahan energi dalam

$n$  = mol

$\Delta n$  =  $\Sigma$  mol gas hasil reaksi -  $\Sigma$  mol gas pereaksi

$T$  = suhu reaksi

Lalu bagaimana cara mengubah L.atm menjadi joule? Kalian dapat menemukan jawaban yang tepat dengan menengok penjelasan sebelumnya.

Bila sistem melakukan kerja,  $w$  bertanda negatif.  
Bila sistem menerima kerja,  $w$  bertanda positif.

Hubungan antara energi dalam kalor reaksi dinyatakan dalam **Hukum Termodinamika I**.

### Hukum Termodinamika I

Energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain.

Secara matematis, Hukum Termodinamika I dapat dinyatakan dalam rumus berikut.

$$\Delta E = q + w$$

**Keterangan:**

$\Delta E$  = perubahan energi dalam (J)

$q$  = jumlah kalor yang diserap atau dilepas (J)

$w$  = kerja (J)

Untuk memperjelas perumusan di atas, perhatikan baik-baik contoh soal berikut.

## Contoh

Hitunglah perubahan “energi dalam atau E”, bila:

- sistem menyerap kalor 100 J dan melakukan kerja 50 J
- sistem melepaskan kalor 100 J dan dilakukan kerja terhadap sistem dengan energi sebesar 200 J
- sistem melepaskan kalor 150 J dan melakukan kerja dengan energi 100 J

Penyelesaian:

Diketahui : a.  $q = 100 \text{ J}$ ,  $w = -50 \text{ J}$   
b.  $q = -100 \text{ J}$ ,  $w = 200 \text{ J}$   
c.  $q = -150 \text{ J}$ ,  $w = -100 \text{ J}$

Ditanyakan : E.

Jawab : a.  $E = q - w$   
 $= (100 - 50) \text{ J} = 50 \text{ J}$   
b.  $E = -q + w$   
 $= (-100 + 200) \text{ J} = 100 \text{ J}$   
d.  $E = -q - w$   
 $= (-150 - 100) \text{ J} = -250 \text{ J}$

## 5. Entalpi

Entalpi disebut juga sebagai *heat content* (H), yakni besarnya kalor reaksi yang diukur pada tekanan tetap. Hubungan entalpi dengan energi dalam dapat dilihat dari perumusan berikut.

$$\Delta H = \Delta E + w$$

dengan  $w = P \times \Delta V$ , sehingga:

$$\Delta H = \Delta E + (P \times \Delta V)$$

Entalpi dari suatu reaksi tidak dapat diukur, namun demikian perubahan entalpinya dapat diketahui. Entalpi secara keseluruhan dihitung dengan rumus berikut.

$$\Delta H = H_p - H_r$$

**Keterangan:**

$H_p$  = jumlah entalpi produk/hasil reaksi

$H_r$  = jumlah entalpi reaktan/pereaksi

## C. Sistem dan Lingkungan

Pengertian sistem adalah bagian dari keseluruhan yang kita pelajari, sedangkan lingkungan adalah sesuatu yang berada di luar sistem. Sebagai contoh, bila kita ingin mempelajari pertumbuhan dari sebatang pohon, maka pohon tersebut dikatakan sebagai sistem, sedangkan sesuatu di luar pohon disebut lingkungan. Contoh yang lain bila kita mempelajari budaya bangsa Indonesia, maka budaya bangsa Indonesia disebut sistem, sedang di luar budaya bangsa Indonesia disebut lingkungan.

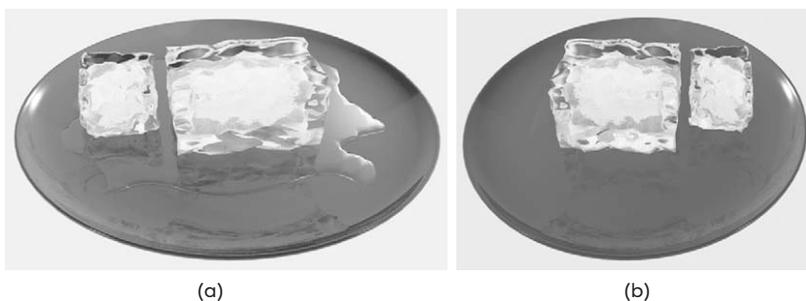
Dalam termokimia, zat-zat yang disebut sistem adalah zat-zat yang kita reaksikan dalam tabung reaksi, sedangkan di luar zat-zat pereaksi disebut lingkungan. Untuk mempelajari sistem, kita dapat melangsungkan suatu reaksi dalam dua kondisi, yaitu terbuka dan tertutup.

Sistem terbuka artinya hal-hal yang kita pelajari berada di bawah tekanan udara luar yang relatif konstan dan nilainya berkisar 1 atm. Contoh sistem terbuka adalah penguapan air laut, pengamatan berbagai macam logam, usia terbentuknya buah pada tanaman tertentu, dan lain-lain. Sistem tertutup disebut juga sistem terisolasi, artinya sistem yang dilakukan dalam ruang tertutup. Dalam sistem tertutup, volume sistem relatif konstan, sedangkan tekanannya akan berubah.

Adakah hubungan antara sistem dengan lingkungan? Keduanya saling memengaruhi, karena sistem dapat menyerap panas dari lingkungan atau melepaskan panas ke lingkungan. Amatilah gambar berikut.



**Gambar 3.8**  
Zat di dalam tabung disebut sistem, sedangkan tabung dan selainya disebut sebagai lingkungan.



**Gambar 3.9**  
(a) Es mencair karena menyerap kalor dari lingkungan.  
(b) Air membeku menjadi es karena melepas kalor.

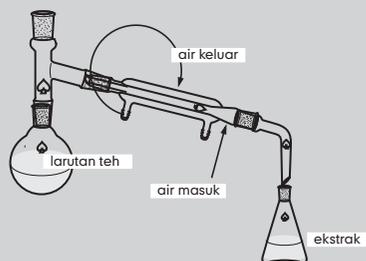
Dari gambar 3.9 kita dapat menangkap hubungan yang jelas antara sistem dan lingkungan. Sistem menyerap panas dari lingkungan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9 (a), sehingga  $\Delta H$  atau entalpinya berharga positif. Sebaliknya, bila sistem melepas kalor ke lingkungan, seperti pada Gambar 3.9 (b), maka entalpinya berkurang dan  $\Delta H$ -nya berharga negatif.



**Gambar 3.10**  
Pembuatan garam dilakukan dengan menguapkan air laut. Penguapan ini merupakan sistem terbuka.

## Diskusi

Seorang kimiawan sedang memisahkan alkohol dari larutan campuran alkohol-air menggunakan alat destilasi sederhana berikut.



Tentukan mana sistemnya, dan mana pula yang disebut sebagai lingkungan. Bagaimana dengan kedudukan air yang keluar masuk seperti pada gambar di samping? Diskusikan bersama teman-temanmu. Carilah penjelasan yang tepat untuk setiap jawaban kalian

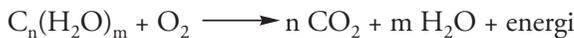


## D. Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Berdasarkan arah berpindahnya kalor dalam sistem dan lingkungan, maka reaksi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu reaksi eksoterm dan reaksi endoterm. Dikatakan **reaksi eksoterm** (berasal dari kata *eks* (keluar) dan *therm* (panas)) apabila kalor berpindah dari sistem ke lingkungan, artinya sistem melepas kalor. Adapun **reaksi endoterm** terjadi apabila sistem menyerap kalor atau kalor berpindah dari lingkungan ke sistem.

### 1. Reaksi Eksoterm

Pernahkah kalian memperhatikan bahwa setiap kali selesai makan nasi, badan kita menjadi gerah? Mengapa demikian? Mari kita ingat kembali proses asimilasi. Dalam tubuh, nasi yang kita makan akan bereaksi dengan oksigen yang kita hirup dengan reaksi seperti berikut.



Persamaan termokimianya:

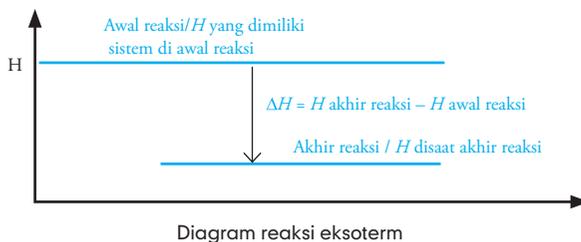


Energi dalam bentuk panas yang dilepas tubuh inilah yang menyebabkan gerah.

Di dalam reaksi eksoterm, panas berpindah dari sistem ke lingkungan, karenanya panas dalam sistem berkurang sehingga  $\Delta H$ -nya bertanda negatif. Secara matematis,  $\Delta H$  dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta H = H \text{ hasil reaksi} - H \text{ pereaksi}$$

Karena hasilnya negatif, berarti  $\Delta H$  hasil reaksi lebih rendah dari  $\Delta H$  pereaksi, dan digambarkan dalam diagram berikut.



Arah panah ke bawah menunjukkan bahwa energi semakin berkurang karena sebagian terlepas.

### 2. Reaksi Endoterm

Reaksi endoterm merupakan kebalikan dari reaksi eksoterm. Dalam reaksi ini, sistem menyerap kalor dari lingkungan sehingga harga entalpi reaksinya bertambah besar dan  $\Delta H$ -nya berharga positif, atau  $\Delta H$  hasil reaksi  $-\Delta H$  pereaksi  $> 0$ . Karena hasilnya positif, berarti  $\Delta H$  hasil reaksi lebih tinggi dari  $\Delta H$  reaksi, dan digambarkan dalam diagram berikut.



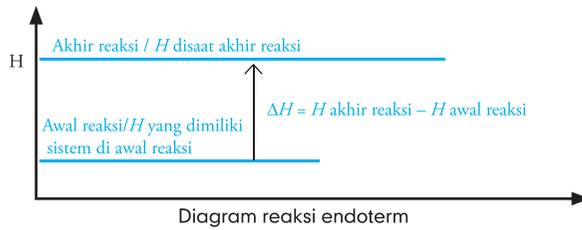
**Gambar 3.11**  
Pembakaran merupakan reaksi eksotermik yang melepaskan energi ke sekelilingnya.

### Tip s

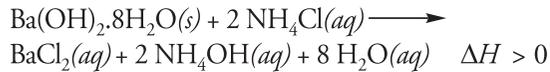
$\Delta H = H$  hasil reaksi  $- H$  pereaksi  
Reaksi eksoterm:  $\Delta H < 0$   
Reaksi endoterm:  $\Delta H > 0$



**Gambar 3.12**  
Pengembunan merupakan reaksi eksoterm. Uap air melepas kalor ke sekelilingnya untuk berubah fasenya menjadi cair.



Arah panah ke atas menunjukkan energi semakin bertambah karena sistem menyerap panas dari lingkungan. Perhatikan contoh reaksi berikut.



Reaksi memiliki  $\Delta H > 0$  sehingga merupakan reaksi endoterm. Agar kalian bisa membedakan dengan jelas antara reaksi eksoterm dengan reaksi endoterm, kerjakanlah rubrik *Aktivitas* berikut.

## Aktivitas

### Menentukan Reaksi Eksoterm dan Endoterm

#### A. Dasar teori

Reaksi eksoterm merupakan perpindahan energi dari sistem ke lingkungan, sehingga apabila kita pegang tempat reaksinya akan terasa panas karena adanya panas yang keluar dari sistem.

Reaksi endoterm merupakan perpindahan energi dari lingkungan ke sistem, sehingga apabila kita pegang tempat reaksinya akan terasa dingin karena panas lingkungan diserap oleh sistem.

Nathan, Harold D., 2001, Hlm. 143 (dengan pengembangan)

#### B. Tujuan Percobaan

Dapat membedakan reaksi eksoterm dengan reaksi endoterm

#### C. Alat dan Bahan

##### Alat

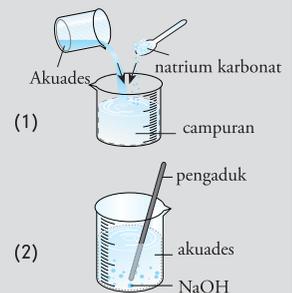
Gelas Beker  
Tabung reaksi  
Sendok spatula  
Pemanas  
Pengaduk kaca

##### Bahan

Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3(s)$ )  
Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}(s)$ )  
Barium hidroksida hidrat ( $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(s)$ )  
Amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ )  
Sebuk besi ( $\text{Fe}(s)$ )  
Serbuk belerang ( $\text{S}(s)$ )  
Akuades

#### D. Cara Kerja

- Masukkan 1 sendok spatula natrium karbonat ke dalam gelas beker, kemudian tambahkan 100 mL akuades, aduk hingga larut. Selama pengadukan atau segera setelah pengadukan selesai, pegang gelas beker dan rasakan suhunya.
- Masukkan 5-10 butir natrium hidroksida ke dalam gelas beker, kemudian tambahkan 100 ml akuades, aduk hingga larut. Selama pengadukan atau segera setelah pengadukan selesai, pegang gelas beker dan rasakan suhunya.
- Masukkan serbuk barium hidroksida hidrat dan amonium klorida, masing-masing 2 sendok spatula ke dalam beker gelas,



kemudian aduk hingga larut semua. Tutuplah beker gelas dan rasakan suhu pada beker. Buka tutupnya, kemudian cium bau yang timbul.

- Campurkan 3 sendok spatula serbuk belerang dengan 1 spatula serbuk besi ke dalam tabung reaksi. Panaskan tabung tersebut hingga campuran mulai berpijar. Hentikan pemanasan dan amati apa yang terjadi sebelum, selama, dan sesudah pemanasan.

### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut berdasarkan hasil pengamatan kalian dengan penjelasan serinci mungkin.

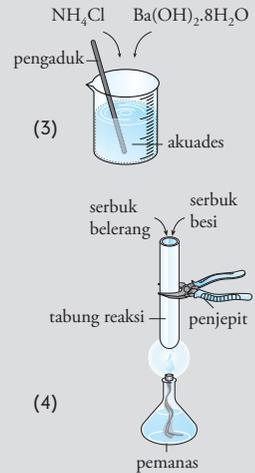
No	Kegiatan	Pengamatan
1	Pelarutan natrium karbonat dalam akuades	
2	Pelarutan natrium hidroksida dalam akuades	
3	Pencampuran barium hidroksida hidrat dan amonium klorida <ol style="list-style-type: none"> <li>penampakan fisik sewaktu pencampuran</li> <li>suhu yang dirasakan</li> <li>bau yang dicium</li> </ol>	
4	Pencampuran belerang dan serbuk besi <ol style="list-style-type: none"> <li>sebelum pemanasan</li> <li>selama pemanasan</li> <li>setelah pemanasan</li> </ol>	

### F. Pembahasan

Analisalah hasil kegiatan yang telah kalian lakukan hingga kalian paham betul dan bisa membedakan reaksi eksoterm dengan endoterm.

### G. Kesimpulan

Tariklah kesimpulan tentang perbedaan reaksi eksoterm dengan reaksi endoterm berdasarkan hasil kegiatan kalian.



### WARNING

Gunakan penjepit untuk memegang tabung reaksi yang dipanaskan. Arahkan muka tabung ke tempat kosong.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

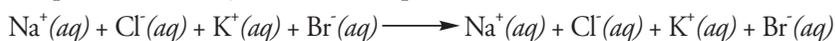
- Apa yang dimaksud dengan sistem dan lingkungan? Berikan satu saja contoh sistem dan lingkungannya.
- Bagaimana pengaruh sistem terhadap lingkungan?
- Tuliskan persamaan reaksi termokimia untuk reaksi di bawah ini.
  - $\text{CuO}$  padat terurai menjadi  $\text{Cu}$  padat dan  $\text{O}_2$  gas menyerap panas sebesar 155,08 kJ.
  - Gas  $\text{H}_2$  ditambah gas  $\text{O}_2$  membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  liquid menyerap panas 285,83 kJ
- Tunjukkan dengan diagram energi untuk soal nomor 3.
- Termasuk reaksi eksoterm ataukah endoterm reaksi-reaksi berikut? Jelaskan.
  - fotosintesis
  - proses pembakaran bensin dalam kendaraan bermotor
  - respirasi atau pernapasan
  - fermentasi
  - pembusukan sampah



Sebelum kita mempelajari cara menentukan harga entalpi dari suatu reaksi, kita perlu tahu apakah semua senyawa kimia menyebabkan adanya perubahan entalpi. Ternyata tidak, hanya campuran yang bereaksilah yang mengakibatkan terjadinya perubahan entalpi. Dengan kata lain, campuran yang tidak membentuk senyawa baru tidak menimbulkan perubahan entalpi. Perhatikan contoh berikut.

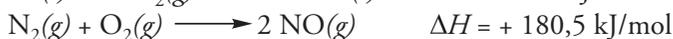


Pada reaksi di atas, seolah-olah terbentuk zat baru yaitu NaBr dan KCl. Kenyataannya tidaklah demikian, karena senyawa di atas dalam larutan berbentuk ion. Bila ditulis dengan reaksi ion akan tampak jelas bahwa tidak terjadi zat baru, artinya fase zat-zat sebelum dan sesudah reaksi tetap. Adapun reaksi ionnya dituliskan seperti berikut ini.



## E. Persamaan Termokimia

Bagaimana cara menuliskan persamaan termokimia? Penulisan reaksi persamaan termokimia mirip dengan penulisan reaksi biasa, termasuk macam atom dan jumlahnya. Perbedaannya,  $\Delta H$  reaksi pada penulisan persamaan termokimia harus disertakan. Yang tidak boleh dilupakan, kita harus menuliskan fase dari zat-zatnya, misalnya fase padat atau solid (s), fase cair atau aqueous (aq), fase gas (g) serta fase liquid (l) untuk pelarut murni. Simak baik-baik contoh penulisan persamaan termokimia berikut.



Perlu kita ketahui bahwa besarnya entalpi tergantung dari jumlah mol zat pereaksi, wujud zat padat, cair atau gas, dan keadaan dari sistem (dilakukan pada kondisi tertutup atau terbuka). Artinya, perbedaan jumlah mol, perbedaan wujud zat, serta perlakuan terhadap sistem tertutup maupun terbuka menentukan perbedaan entalpinya.

Pengukuran terhadap perubahan entalpi dapat dilakukan pada kondisi standar dan non-standar. Kondisi standar dilakukan pada suhu  $25^\circ\text{C}$  atau  $298 \text{ K}$  dan tekanan  $1 \text{ atm}$ . Pengukuran pada kondisi standar dinotasikan dengan  $\Delta H^\circ$  atau  $\Delta H_{298}$ , sedang di luar kondisi standar dinyatakan dengan  $\Delta H$  saja. Perubahan entalpi dinyatakan dengan satuan kilo joule (kJ) atau joule (J).

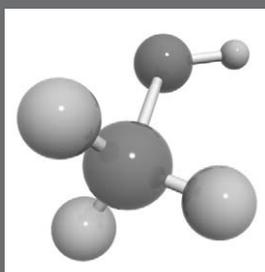
Apabila pengukuran  $\Delta H$  dilakukan untuk  $1 \text{ mol}$  zat pada kondisi standar, maka  $\Delta H$  tersebut dinamakan sebagai entalpi molar dengan satuan kJ/mol. Dalam termokimia dikenal ada beberapa jenis entalpi molar, yaitu:

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

$\Delta H_f^\circ$  adalah besarnya perubahan entalpi (kalor) yang dibebaskan atau diserap pada pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Sebagai contoh, entalpi pembentukan metanol cair atau  $\text{CH}_3\text{OH}(l)$  adalah  $-238,6 \text{ kJ/mol}$ . Artinya, untuk membentuk satu mol metanol cair dari karbon,

## Khazanah

### Metanol



Merupakan zat cair tak berwarna, mudah terbakar, dan bersifat racun. Dapat membutakan mata bila terminum berlebihan. Digunakan sebagai pelarut, zat anti beku, dan bahan baku industri kimia.

Mulyono, 2006, hlm. 271

gas hidrogen, dan gas oksigen, dibebaskan kalor sebesar -238,6 kJ. Adapun reaksinya dituliskan sebagai berikut.



Entalpi pembentukan standar dari beberapa zat dapat dilihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1 Entalpi Pembentukan Standar Beberapa Zat**

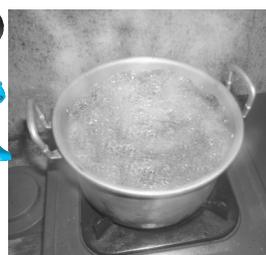
Zat	$\Delta H_f^\circ$ (kcal/mol)	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	Zat	$\Delta H_f^\circ$ (kcal/mol)	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
$\text{Al}_2\text{O}_3(s)$	- 400,5	- 1673	$\text{CaO}(s)$	- 151,6	- 634,3
$\text{Br}(g)$	+ 26,73	+ 111,84	$\text{Ca}(\text{OH})_2(s)$	- 235,71	- 986,2
$\text{C}(s)$	+ 0,45	+ 1,88	$\text{CaCO}_3(s)$	- 288,4	-1206,7
$\text{CH}_3\text{OH}(g)$	- 47,96	- 200,7	$\text{HCl}(g)$	- 22,06	- 92,31
$\text{CO}(g)$	- 26,42	- 110,53	$\text{H}_2\text{O}(g)$	- 57,80	- 241,81
$\text{CO}_2(g)$	- 94,05	- 393,51	$\text{H}_2\text{O}(l)$	- 68,323	- 285,8
$\text{CaC}_2(s)$	- 14,2	- 59,4	$\text{H}_2\text{O}_2(l)$	- 44,88	- 187,8

Oxtoby, 2001, hlm. L31-L38

## Tugas

Tuliskan persamaan termokimia untuk:

- $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(g) = 241,8 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(l) = -285,8 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ \text{Ca}(\text{OH})_2(s) = -986,2 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ \text{HI}(g) = + 26 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ \text{NO}(g) = + 89,75 \text{ kJ}$



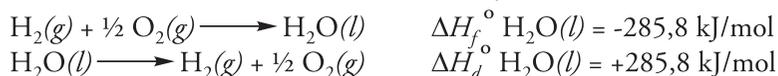
(a)



(b)

## 2. Entalpi Penguraian Standar ( $\Delta H_d^\circ = \text{Standard Enthalpy of Dissociation}$ )

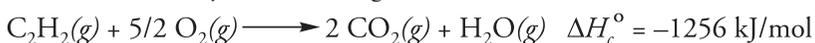
$\Delta H_d^\circ$  adalah besarnya perubahan entalpi yang diperlukan atau dibebaskan untuk menguraikan 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. Reaksi penguraian merupakan kebalikan dari reaksi pembentukan, sehingga harga entalpinya merupakan harga negatif dari entalpi pembentukan. Bandingkan antara reaksi pembentukan dengan reaksi penguraian dari molekul air berikut. Perhatikan baik-baik  $\Delta H$ -nya.



$\Delta H$  bernilai negatif pada reaksi pembentukan dan bernilai positif pada reaksi penguraian.

## 3. Entalpi Pembakaran Standar ( $\Delta H_c^\circ = \text{Standard Enthalpy of Combustion}$ )

$\Delta H_c^\circ$  adalah besarnya perubahan entalpi yang dibebaskan untuk membakar 1 mol unsur atau senyawa. Contohnya pada pembakaran gas asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) yang menimbulkan entalpi sebesar 1256 kJ/mol. Persamaan termokimianya adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.13**  
Penguapan air merupakan reaksi penguraian (a), sedangkan pengembunan merupakan reaksi pembentukan molekul air (b).

Beberapa entalpi pembakaran senyawa dapat kalian lihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kalor Pembakaran Beberapa Senyawa Kimia

Senyawa	Persamaan Termokimia	$\Delta H_c^\circ$ (kJ/mol)
Asetilena ( $C_2H_2(g)$ )	$C_2H_2(g) + 5/2 O_2(g) \longrightarrow 2 CO_2(g) + 2 H_2O(l)$	-1256
Belerang $S(s)$	$S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$	- 297
Propana ( $C_3H_8(g)$ )	$C_3H_8(g) + 5 O_2(g) \longrightarrow 3 CO_2(g) + 2 H_2O(l)$	- 2218
Butana ( $C_4H_{10}(g)$ )	$C_4H_{10}(g) + 13/2 O_2(g) \longrightarrow 4 CO_2(g) + 5 H_2O(l)$	- 2877
Etanol( $C_2H_5OH(l)$ )	$C_2H_5OH(l) + 3 O_2(g) \longrightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(l)$	-1371
Hidrogen ( $H_2(g)$ )	$H_2(g) + 1/2 O_2(g) \longrightarrow 2 H_2O(l)$	- 285,85
Isooktana ( $C_8H_{18}(g)$ )	$C_8H_{18}(g) + 25/2 O_2(g) \longrightarrow 8 CO_2(g) + 9 H_2O(l)$	-5460
Karbon ( $C(s)$ )	$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$	-393,5
Karbon monoksida ( $CO(g)$ )	$CO(g) + 1/2 O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$	- 283
Metana ( $CH_4(g)$ )	$CH_4(g) + 2 O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(l)$	- 802
Metanol ( $CH_3OH(l)$ )	$CH_3OH(l) + 3/2 O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(l)$	- 638

Onooby, 2001, hlm. 131-138 (dengan pengembagan)

Apabila proses pembakaran senyawa hidrokarbon sempurna, akan dihasilkan gas  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Namun, apabila pembakaran senyawanya tidak sempurna, gas  $CO$  dan  $H_2O$  yang akan menjadi hasilnya.

Berikut contoh soal persamaan termokimia tentang pembakaran senyawa hidrokarbon. Cermati dan pelajari baik-baik agar kalian lebih paham.

### Contoh

Berapa kJ panas yang dihasilkan oleh 1 tangki kendaraan bermotor yang bervolume 3,5 L, jika berat jenis bensin setelah dihitung secara kasar adalah 0,7 kg/L. ( $\Delta H_c$  isooktana = -5460 kJ/mol, Mr isooktana = 114 kg/mol)

#### Penyelesaian:

**Diketahui** : Volume tangki kendaraan (v) = 3,5 L

Berat jenis bensin ( $\rho$ ) = 0,7 kg/L

$\Delta H_c^\circ$  isooktana = -5460 kJ/mol

**Ditanyakan** :  $\Delta H_c$  pada tangki kendaraan.

**Jawab** : Nassa tangki kendaraan =  $3,5L \times 0,7 \text{ kg/L} = 2,45 \text{ kg}$

$\Delta H_c^\circ$  tangki = mol  $\times$  (-5450) kJ/mol  
= 117127,19 kJ

Jadi, panas yang dihasilkan adalah 117127,19 kJ

### Tip

Beda antar- $\Delta H$

$\Delta H$	1 mol zat	tanda
$\Delta H_f^\circ$	terbentuk	+ atau -
$\Delta H_d^\circ$	terurai	+ atau -
$\Delta H_c^\circ$	terbakar	-

#### 4. Entalpi Netralisasi Standar ( $\Delta H_n^\circ = \text{Standard Enthalpy of Neutralization}$ )

$\Delta H_n^\circ$  adalah banyaknya kalor yang dibebaskan atau diperlukan untuk menetralkan 1 mol asam dengan basa atau 1 mol basa dengan asam. Contohnya pada reaksi natrium hidroksida dan asam sulfat berikut.



Artinya, untuk menetralkan 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan  $\text{NaOH}$ , dilepaskan kalor sebesar 57,27 kJ, atau untuk menetralkan 1 mol  $\text{NaOH}$  dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dilepaskan kalor sebesar  $\frac{1}{2} \times (-57,27) \text{ kJ} = -28,635 \text{ kJ}$ .

### Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Tuliskan persamaan termokimia untuk  $\Delta H_f^\circ$   
 $\text{C}_2\text{H}_2(g) = 226,7 \text{ kJ/mol}$ .
- Diketahui persamaan reaksi  
 $\frac{1}{2} \text{N}_2(g) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{NO}(g)$   
 $\Delta H = +90,37 \text{ kJ/mol}$   
Tentukan:
  - Jenis reaksinya (pembentukan, penguraian, atukah pembakaran)
  - $\Delta H$  reaksi untuk membentuk 2 mol gas  $\text{NO}$
  - $\Delta H$  reaksi untuk menguraikan 2 mol gas  $\text{NO}$
  - $\Delta H$  reaksi untuk membakar 1 mol  $\text{N}_2$
- Dari persamaan reaksi:  
 $2 \text{Ca}(s) + 2 \text{C}(s) + 3 \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{CaCO}_3(s)$

$$\Delta H = -2414 \text{ kJ}$$

tentukan:

- $\Delta H_f \text{CaCO}_3$
  - $\Delta H_d \text{CaCO}_3$
- Logam magnesium yang dibakar di udara dapat bereaksi sebagai berikut.  
 $3 \text{Mg}(s) + \text{N}_2(g) \longrightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2(s) \quad \Delta H = 28 \text{ kJ}$   
Hitunglah entalpi penguraian 2 mol  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ .
  - Gambarkan dalam bentuk diagram tingkat energi.
    - $\text{Cu}(s) + \text{S}(s) + 2 \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CuSO}_4(s)$   
 $\Delta H = -769,98 \text{ kJ}$
    - $\text{KClO}_4(s) \longrightarrow \text{K}(s) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(g) + 2 \text{O}_2(g)$   
 $\Delta H = +430,1 \text{ kJ}$



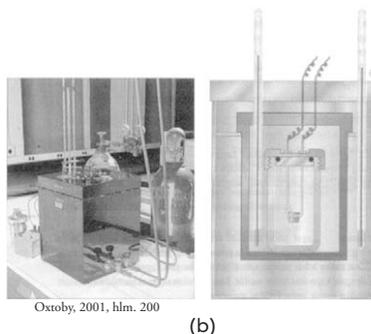
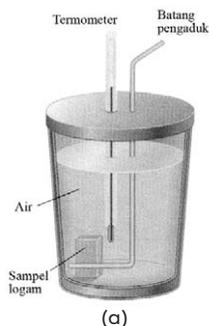
#### F. Penentuan $\Delta H$ Reaksi

Perubahan  $\Delta H$  reaksi dapat ditentukan dengan beberapa cara, yakni dari hasil eksperimen, dari penerapan Hukum Hess, atau dengan data entalpi pembentukan dan energi ikatan.

##### 1. Berdasarkan eksperimen

Salah satu cara yang digunakan untuk mengukur perubahan entalpi reaksi adalah dengan kalorimetri, yaitu proses pengukuran jumlah panas dari sistem reaksi menggunakan kalorimeter. Berdasarkan fungsinya, kalorimeter dibedakan menjadi:

- Kalorimeter tipe reaksi (sederhana), yaitu kalorimeter untuk menentukan kalor reaksi dari semua reaksi, kecuali reaksi pembakaran. Kalorimeter tipe ini memiliki bejana yang terbuat dari Styrofoam, namun ada pula yang terbuat dari aluminium. Kalorimeter tipe reaksi dapat juga digunakan untuk menentukan kalor jenis logam.
- Kalorimeter tipe Bom, berfungsi untuk menentukan jumlah kalori dalam bahan makanan berdasarkan reaksi pembakaran (biasanya dioksidasi dengan oksigen).



Oxtoby, 2001, hlm. 200

Gambar 3.14

(a) Kalorimeter tipe reaksi (b) Kalorimeter tipe Bom

- c. Kalorimeter Thiemann, digunakan untuk menentukan kalor bahan bakar yang berfase cair seperti metanol atau etanol.
- d. Kalorimeter listrik, untuk menentukan kalor jenis zat cair

Nah, karena yang akan kita ukur adalah banyaknya kalor dari reaksi kimia, maka kalorimeter yang kita pelajari adalah kalorimeter tipe reaksi. Prinsip kerja dari kalorimeter ini menggunakan Azas Black, yaitu jumlah kalor yang dilepas suatu benda sama dengan jumlah kalor yang diterima oleh benda lain, atau  $q \text{ dilepas} = q \text{ diterima}$ . Adapun besarnya transfer kalor tersebut tergantung pada faktor-faktor berikut.

- a. jumlah zat
- b. kalor jenis zat
- c. perubahan suhu
- d. kapasitas kalor dari kalorimeter

Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah kalor bila kalor dari kalorimeter diabaikan adalah sebagai berikut.

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

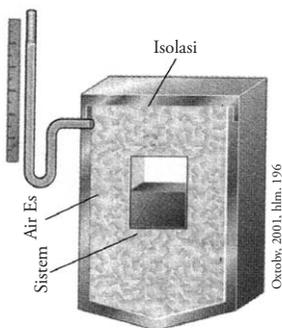
Namun, bila kalor dari kalorimeter diperhitungkan, rumusnya menjadi:

$$q = (m \times c \times \Delta T) + (C \times \Delta T)$$

**Keterangan:**

- $q$  = kalor reaksi (J)
- $m$  = massa zat (g)
- $c$  = kalor jenis zat ( $J/g^\circ C$  atau  $J/gK$ )
- $\Delta T$  = perubahan suhu ( $^\circ C$  atau K)
- $C$  = kapasitas kalor zat ( $J/^\circ C$  atau  $J/K$ )

Perlu diketahui juga, yang dimaksud dengan kalor jenis (c) adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram zat sebesar  $1^\circ C$  sedangkan kapasitas kalor adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar  $1^\circ C$  atau 1. Untuk mempermudah pemahaman kalian, mari kita lakukan tugas di rubrik *Aktivitas* berikut.



Gambar 3.15  
Kalorimeter es dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas kalor spesifik dari air.

### A. Dasar Teori

Perubahan panas yang dihasilkan dari suatu reaksi sering disebut sebagai panas reaksi dan dinyatakan dalam satuan joule atau kalori. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur panas reaksi ini adalah kalorimeter. Salah satu jenis kalorimeter yang sederhana dan dapat digunakan untuk eksperimen di laboratorium adalah kalorimeter reaksi.

Saat ini, kalorimeter reaksi menggunakan cangkir styrofoam (suatu isolator

yang baik), namun masih ada juga kalorimeter buatan lama yang menggunakan cangkir aluminium. Tahap awal cara pemakaiannya adalah mengukur suhu pereaksi. Sesaat setelah pereaksi dicampurkan, maka reaksi selesai dan suhu hasil campuran diukur. Berdasarkan perbedaan suhu inilah, panas reaksi dapat diperkirakan.

Syukri S., 1999, hlm. 85-86  
(dengan pengembangan)

### B. Tujuan

Menentukan jumlah kalor dari reaksi larutan NaOH dan larutan asam klorida.

### C. Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Kalorimeter reaksi	50 mL larutan NaOH 1 M
Termometer	50 mL larutan HCl 1 M
Gelas ukur 100 mL	

### D. Cara Kerja

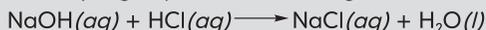
1. Tuangkan larutan NaOH dalam bejana yang terdapat pada kalorimeter.
2. Ukur suhu larutan NaOH dengan termometer bersih dan kering.
3. Tuangkan 50 mL larutan HCl 1 M dalam gelas ukur, lalu ukur suhunya. Hitung rata-rata suhu kedua larutan, catat sebagai suhu awal.
4. Tuangkan larutan HCl ke dalam bejana kalorimeter, tutup sambil diaduk. Ukur dan catat suhu stabilnya sebagai suhu akhir.

### E. Hasil Percobaan

Suhu larutan NaOH 1 M	= ... °C
Suhu larutan HCl 1 M	= ... °C
Suhu rata-rata	= ... °C (suhu awal)
Suhu akhir reaksi	= ... °C (suhu akhir)

### F. Pembahasan

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



- a. Hitunglah perubahan entalpi yang terjadi dengan rumus:

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

atau

$$q = (m \times c \times \Delta T) + (C \times \Delta T) \text{ (bila menggunakan kalorimeter aluminium)}$$

Panas yang diserap oleh aluminium kalorimeter diperhitungkan.

Kalor jenis aluminium 9,1 kJ/°C.

- b. Hitung  $\Delta H$  reaksi untuk 1 mol NaOH dan 1 mol HCl  
c. Tuliskan persamaan termokimia dari reaksi penetralan di atas.

### G. Kesimpulan

Tariklah kesimpulan dari percobaan yang telah kalian lakukan.

### WARNING

Bila kalian menggunakan satu termometer untuk mengukur dua macam larutan, cucilah dulu dan keringkan dengan kain lap agar hasilnya akurat.

## Diskusi



Apabila digunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 M sebagai pengganti HCl, atau asam lain yang jumlah mol asam dan basanya tidak stoikiometris, adakah perbedaan perubahan entalpinya? Diskusikan dengan teman sekelompok kalian, carilah alasan yang tepat, kemudian presentasikan hasilnya di depan kelas.

Agar kalian dapat lebih jelas memahami perhitungan perubahan entalpi berdasarkan percobaan menggunakan kalorimeter, berikut diberikan beberapa contoh soal.

## Contoh

- 10 g NaOH dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 150 g air. Jika kalor jenis air =  $4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$  dan selisih suhu sebelum dan sesudah reaksi  $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , maka hitunglah:
  - Kalor pelarutan NaOH, bila jumlah kalor dari kalorimeter diabaikan.
  - Kalor pelarutan NaOH, bila menggunakan bejana aluminium dan tanpa mengabaikan banyaknya kalor dari kalorimeter (kapasitas kalor dari kalorimeter =  $9,1 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$ )

### Penyelesaian:

**Diketahui** : Massa NaOH = 10 g  
Massa  $\text{H}_2\text{O}$  = 150 g  
Massa larutan = 160 g  
 $c = 4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$   
 $C = 9,1 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

**Ditanyakan** : q.

**Jawab** :

- Bila kalor dari kalorimeter diabaikan, maka:

$$\begin{aligned}q &= m \times c \times \Delta T \\&= 160 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C} \times 5 \text{ } ^\circ\text{C} \\&= 3360 \text{ J}\end{aligned}$$

Jadi, kalor pelarutan NaOH adalah 3360 J.

- $q = q \text{ larutan NaOH} - q \text{ kalorimeter}$ .  
Karena dalam pelarutan NaOH terjadi kenaikan suhu, maka sistem melepaskan kalor. Oleh karena itu, tanda untuk larutan NaOH negatif, sehingga:

$$\begin{aligned}q &= - (q \text{ larutan} + q \text{ kalorimeter}) \\&= - (m \times c \times \Delta t \text{ larutan} + C \times \Delta t \text{ kalorimeter}) \\&= - ((160 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C} \times 5 \text{ } ^\circ\text{C}) + (9,1 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 5 \text{ } ^\circ\text{C}))\end{aligned}$$

$$= 3360 \text{ J} + 45500 \text{ J}$$

$$= 48860 \text{ J}$$

Jadi, kalor pelarutan NaOH adalah 48860 J.

2. Berapakah jumlah kalor yang diterima 1 kg air bila dipanaskan dari suhu 20 °C menajadi 30 °C? (diketahui kalor jenis air = 4,2 J /g °C)

**Penyelesaian:**

**Diketahui** :  $m = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$   
 $\Delta T = (30 - 20) \text{ }^\circ\text{C} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $c = 4,2 \text{ J/g }^\circ\text{C}$

**Ditanyakan** : q.

**Jawab** :  $q = m \times c \times \Delta T$   
 $= 1000 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C}$   
 $= 42 \text{ kJ}$

Jadi, kalor yang diterima 1 kg air sebesar 42 kJ.

3. 50 mL NaOH 0,1 M direaksikan dengan 50 mL CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dalam kalorimeter yang terbuat dari aluminium (dengan kalor jenis aluminium = 9,0 kJ/°C) Reaksi ini mengalami kenaikan suhu 4 °C. Bila kalor yang diserap aluminium diabaikan, hitunglah kalor reaksinya (Berat jenis larutan dianggap 1 g/mL, c = 4,18 J/g °C)

**Penyelesaian:**

**Diketahui** :  $V_{\text{NaOH}} = 50 \text{ mL}$   
 $[\text{NaOH}] = 0,1 \text{ M}$   
 $V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 50 \text{ mL}$   
 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 \text{ M}$   
 $C_{\text{kalorimeter}} = 9,0 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 4 \text{ }^\circ\text{C}$

$\rho_{\text{larutan}} = 1 \text{ g/mL}$

kalor yang diserap aluminium diabaikan.

**Ditanyakan** : q.

**Jawab** :  $V_{\text{total}} = 50 \text{ ml} + 50 \text{ ml} = 100 \text{ ml}$   
 $m = \rho \times V_{\text{total}}$   
 $= 1 \text{ g/mL} \times 100 \text{ mL}$   
 $= 100 \text{ g}$   
 $q = m \times c \times \Delta T$   
 $= 100 \text{ g} \times 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C} \times 4 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $= 1672 \text{ J}$

Jadi, kalor reaksinya sebesar 1672 J.

Setelah mencermati dan memahami contoh soal-soal tentang perhitungan perubahan entalpi, kerjakan *Uji Kompetensi* berikut agar kalian lebih lancar dalam melakukan analisis dan perhitungan perubahan entalpi.



Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Pada pelarutan 5,35 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam kalorimeter, suhu menurun dari  $30^\circ\text{C}$  menjadi  $28,5^\circ\text{C}$ . Jika kapasitas kalor dari kalorimeter  $9100\text{ J/}^\circ\text{C}$ , sedang massanya 200 g, hitunglah perubahan entalpi pelarutan untuk 1 mol zat tersebut.
- Berapa joule-kah jumlah kalor yang dapat dilepaskan oleh 20 g uap air pada suhu  $100^\circ\text{C}$  sehingga suhu akhirnya menjadi  $110^\circ\text{C}$ ? (kalor jenis air =  $4,2\text{ J/ g}^\circ\text{C}$ )
- 10 gram zat A dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 100 mL air, ternyata menghasilkan kalor sebanyak 1672 J.
  - Hitunglah besarnya kenaikan/penurunan suhu reaksi?
  - Tentukan reaksinya, eksoterm atau endoterm?
  - Jika suhu awal reaksi =  $30^\circ\text{C}$  berapakah suhu akhirnya?

## 2. Berdasarkan Hukum Hess

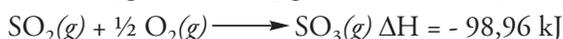
Tidak semua reaksi kimia berlangsung dalam satu tahap, contohnya reaksi pembuatan belerang (baik melalui proses kontak maupun kamar timbal) dan reaksi pembuatan besi dari biji besi. Namun, menurut Hess (1840) berapa pun tahap reaksinya, jika bahan awal dan hasil akhirnya sama, akan memberikan perubahan entalpi yang sama. Perhatikan contoh berikut.

### Contoh

- Reaksi langsung:



Reaksi tak langsung, 2 tahap:



Bila dijumlahkan:



Persamaan reaksi tersebut dapat dinyatakan dalam diagram tingkat energi atau diagram siklus, seperti pada gambar:

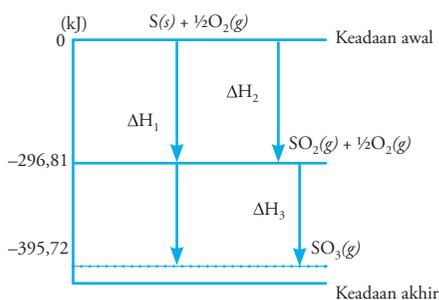
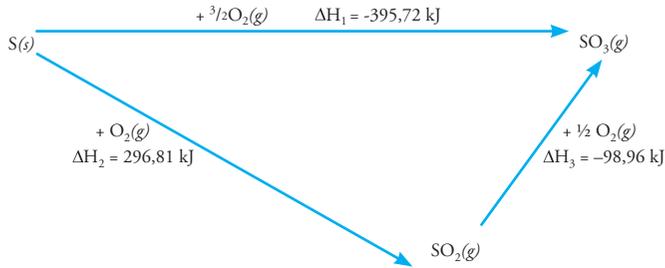
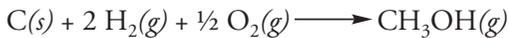


Diagram di atas juga dapat digambarkan sebagai berikut.

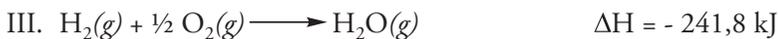


Cara menghitung entalpi berdasarkan Hukum Hess dapat diperhatikan lagi dari contoh soal no. 2.

2. Tentukan harga entalpi dari reaksi:



Bila diketahui:



Agar kalian dapat menjawab dengan mudah, cermati dan ikuti langkah-langkah berikut.

1. Sesuaikan reaksi yang diketahui dengan reaksi yang ditanyakan, baik letak senyawa, jumlah mol, maupun besarnya entalpi.
2. Apakah letak senyawa atau unsur yang ditanyakan berlawanan arah dengan reaksi yang ditanyakan? Jika iya, maka reaksi dibalik, termasuk harga entalpinya.
3. Apakah jumlah mol belum sama? Jika belum sama, samakan dengan mengalikan atau membaginya dengan bilangan tertentu.
4. Bagaimana akhirnya? Reaksi dijumlahkan, tapi ingat, unsur yang sama di ruas yang sama dijumlahkan, tapi bila ruasnya berbeda dikurangkan. Anggap saja pereaksi sebagai harta benda kita, hasil reaksi sebagai utang kita.
5. Susun seperti contoh, angka Romawi menunjukkan asal reaksi.
6. Selanjutnya cermati keterangan di belakang reaksi.

Jawab:



### Penjelasan:

- II. Reaksi tetap, karena letak atom C(s) yang diketahui (pereaksi) sama dengan letak atom C(s) reaksi yang ditanyakan (sama-sama ruas kiri).
  - III. Jumlah mol dan harga entalpi dikali dua karena H<sub>2</sub>(g) yang diminta 2 mol, sedangkan yang diketahui dalam soal 1 mol. Reaksi tidak dibalik karena letak H<sub>2</sub> sama-sama di ruas kiri.
  - I. Reaksi dibalik, sehingga ΔH juga harus dibalik, karena CH<sub>3</sub>OH(g) yang ditanyakan terletak di ruas kanan, sedangkan pada reaksi yang diketahui di ruas kiri.
3. Diketahui entalpi pembentukan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(g), N<sub>2</sub>O(g) dan H<sub>2</sub>O(g) berturut-turut = - 365,6 kJ; + 81,6 kJ; dan - 241,8 kJ. Hitunglah entalpi reaksi dari:



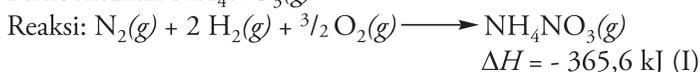
Petunjuk

Ubahlah pernyataan dalam kalimat di atas menjadi persamaan termokimia, kemudian kerjakan seperti contoh 2. Zat yang dibentuk 1 mol ditulis di ruas kanan, dibentuk dari unsur-unsurnya.

### Penyelesaian:

Diketahui:

Pembentukan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(g)



Pembentukan N<sub>2</sub>O(g)



Pembentukan H<sub>2</sub>O(g)



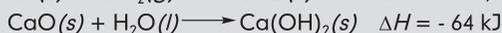
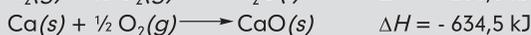
Ditanyakan: ΔH dari NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(g) → N<sub>2</sub>O(g) + H<sub>2</sub>O(g)

Jawab:

- I. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(g) → N<sub>2</sub>(g) + 2 H<sub>2</sub>(g) + 3/2 O<sub>2</sub>(g) ΔH = - 365,6 kJ (reaksi dibalik)
  - II. N<sub>2</sub>(g) + 1/2 O<sub>2</sub>(g) → N<sub>2</sub>O(g) ΔH = + 81,6 kJ (reaksi tetap).
  - III. 2 H<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) → 2 H<sub>2</sub>O(g) ΔH = - 483,6 kJ (reaksi di kalikan 2)
- $$\text{NH}_4\text{NO}_3(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = - 767,6 \text{ kJ.}$$

## Tugas

1. Perhatikan data berikut:



Tentukan ΔH reaksi untuk pembentukan Ca(OH)<sub>2</sub>.



2. Bila  $\Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_6(l) = + 49,00 \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(l) = - 241,5 \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2(g) = - 393,5 \text{ kJ}$   
 Hitunglah kalor pembakaran reaksi berikut.  
 $\text{C}_6\text{H}_6(l) + 15/2 \text{O}_2(g) \longrightarrow 6 \text{CO}_2(g) + 3 \text{H}_2\text{O}(g)$

3. Diketahui:  
 $(\text{CH}_2)_3(g) + 9/2 \text{O}_2(g) \longrightarrow 3 \text{CO}_2(g) + 3 \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -a \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = - b \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(l) = - c \text{ kJ}$   
 Hitunglah  $\Delta H_f^\circ (\text{CH}_2)_3(g)$ .

### 3. Berdasarkan Entalpi Pembentukan Standar

Data dari entalpi pembentukan standar dapat juga digunakan untuk menghitung  $\Delta H$  reaksi ( $\Delta H_R$ ). Zat-zat pereaksi mengurai membentuk unsur-unsurnya, kemudian unsur-unsur hasil uraian tersebut membentuk zat baru. Rumus yang digunakan adalah:

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

Perhatikan contoh perhitungan berikut.

#### Contoh

1.  $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = - 802 \text{ kJ}$ .  
 Berdasarkan entalpi pembentukan standar, hitunglah  $\Delta H_f^\circ \text{CH}_4(g)$ .

Jawab:

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= [1 \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 2 \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - [\Delta H_f^\circ \text{CH}_4 + 3 \Delta H_f^\circ \text{O}_2] \\ - 802 \text{ kJ} &= [1(- 393,51) + 2 (-285,83)] - [\Delta H_f^\circ \text{CH}_4 + 3 \cdot 0] \text{ kJ} \\ - 802 \text{ kJ} &= [- 393,51 + (-571,66)] \text{ kJ} - [\Delta H_f^\circ \text{CH}_4] \text{ kJ} \\ \Delta H_f^\circ \text{CH}_4 &= - 163,17 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi, entalpi pembentukannya adalah - 163,17 kJ

2. Tentukan entalpi pembakaran dari  $\text{H}_2\text{S}(g)$ , bila entalpi pembentukan  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{SO}_2$ , berturut-turut = 20,6 kJ/mol; - 241,81 kJ/mol; dan - 296,81 kJ/mol.

Jawab:

Reaksi pembakaran  $\text{H}_2\text{S}$  adalah:

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{S}(g) + 1/2 \text{O}_2(g) &\longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) + \text{SO}_2(g) \\ \Delta H_R &= [\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(g) + \Delta H_f^\circ \text{SO}_2(g)] - [\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{S} + \Delta H_f^\circ \text{O}_2] \\ &= [- 241,81 + (- 296,81)] \text{ kJ} - [(-20,6) + 0] \text{ kJ} \\ &= 518,02 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi, entalpi pembakarannya adalah 518,02 kJ

## Tugas



- Hitunglah besarnya entalpi reaksi dari data berikut.  
 $4 \text{NH}_3(g) + \text{SO}_2(g) \longrightarrow 6 \text{H}_2\text{O}(g) + 4 \text{NO}(g)$ , bila pada suhu  $25^\circ\text{C}$ ,  
 $\Delta H_f \text{NH}_3(g) = -44,16 \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f \text{H}_2(g) = -231,2 \text{ kJ}$   
 $\Delta H_f \text{NO}(g) = +86,4 \text{ kJ}$
- Perhatikan reaksi berikut.  
 $\text{C}_8\text{H}_{18}(g) + \frac{25}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow 8 \text{CO}_2(g) + 9 \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -5460 \text{ kJ}$   
 Berdasarkan entalpi pembentukan  $\text{CO}_2(g)$ , dan  $\text{H}_2\text{O}(g)$  yang besarnya berturut-turut =  $-393,5 \text{ kJ}$  dan  $-241,8 \text{ kJ}$ , hitunglah entalpi pembentukan  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ?
- Pada pembakaran 1 mol gula pasir atau sukrosa ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) melepas kalor sebesar  $-665,8 \text{ kJ}$ . Bila pada saat itu  $\Delta H_c$  dari karbon, hidrogen, dan sukrosa berturut-turut sebesar:  $-394,8 \text{ kJ}$ ;  $287,28 \text{ kJ}$  dan  $5665,8 \text{ kJ}$ . Hitunglah  $\Delta H_f$  sukrosa?
- Hitunglah entalpi pembentukan gas etena, bila diketahui:
 
$$\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -393,5 \text{ kJ}$$

$$\text{H}_2(g) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -241,8 \text{ kJ}$$

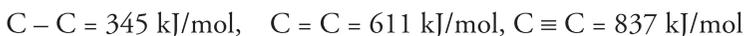
$$\text{C}_2\text{H}_4(g) + 3 \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -1401 \text{ kJ}$$

### 4. Berdasarkan Energi Ikatan

Energi ikatan adalah energi yang digunakan untuk memutuskan ikatan kimia dari 1 mol senyawa yang berbentuk gas menjadi atom-atom gas pada keadaan standar. Misalnya untuk memutuskan ikatan 1 mol oksigen diperlukan energi sebesar  $498,3 \text{ kJ/mol}$ . Artinya, energi ikatan  $\text{O}=\text{O}$  dalam molekul  $\text{O}_2 = 498,3 \text{ kJ}$ . Reaksi penguraiannya adalah sebagai berikut.



Energi ikatan juga disebut sebagai energi disosiasi, yang dilambangkan dengan  $D$ . Semakin banyak jumlah ikatan antaratom atau jumlah pasangan terikat dari suatu atom, maka nilai energi ikatan semakin besar dan ikatan antaratom juga semakin kuat. Sebagai contoh ikatan dari atom-atom berikut.



Tabel 3.3 memberikan gambaran tentang besarnya energi ikatan dari beberapa atom.

**Tabel 3.3** Energi Ikatan Beberapa Atom

Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)	Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)
H – H	436	C – O	350
H – C	415	C = O	741
H – N	390	C – Cl	330

H – F	569	N – N	946
H – Cl	432	O = O	498
H – Br	370	F – F	160
C – C	345	Cl – Cl	243
C = C	611	I – I	150
C – Br	275	Br – Br	190
C – C	837	C – N	891
O – H	464		

Bredy, 1999, Lamp. C hlm. 36

Perhitungan  $\Delta H$  reaksi berdasarkan energi ikatan dan reaksi kimia antarmolekul (bukan antarunsur) merupakan reaksi yang berlangsung dua tahap, yaitu:

1. Tahap pemutusan ikatan dari zat-zat pereaksi. Dalam hal ini diperlukan kalor (ingat definisi dari Energi Ikatan).
2. Tahap pembentukan ikatan, merupakan pelepasan kalor dan terdapat pada zat hasil reaksi.

Adapun proses pemutusan dan pembentukan ikatan dapat digambarkan sebagai berikut.



Ikatan antara A dan B serta C dan D putus di sini dan memerlukan energi



Terbentuk ikatan baru A dan C serta B dan D sambil melepaskan energi

Secara umum, perhitungan entalpinya dirumuskan dengan:

$$\Delta H \text{ reaksi} = \Sigma \text{ energi ikatan pereaksi yang putus} - \Sigma \text{ energi ikatan zat hasil reaksi yang terbentuk.}$$

Dari rumus ini dapat ditentukan:

- a.  $\Delta H$  dari reaksi yang bersangkutan
- b. energi ikatan rata-rata dari suatu molekul
- c. energi disosiasi ikatan

Agar lebih jelas, perhatikan contoh soal perhitungan berdasarkan energi ikatan berikut.

## Contoh

1. Hitunglah entalpi pembakaran metanol menjadi formaldehid dengan reaksi berikut.



Diketahui energi ikatan rata-rata dari C–H = 415 kJ; C–O = 356 kJ; O–H = 463 kJ; O=O = 498, 3 kJ; dan C=O = 724 kJ.

**Jawab:**

Untuk mempermudah menghitungnya, tuliskan dulu rumus strukturnya, menjadi:



$\Delta H$  reaksi =  $\Sigma$  energi yang diputuskan -  $\Sigma$  energi ikat yang dibentuk.

Energi ikatan yang diputuskan (kJ)	Energi ikatan yang dibentuk (kJ)
3 C - H = 3 × 415 = 1245	2 C - H = 2 × 415 = 830
1 C - O = 1 × 356 = 356	1 C = O = 1 × 724 = 724
1 O - H = 1 × 463 = 463	2 O - H = 2 × 463 = 926
$\frac{1}{2}$ O - O = $\frac{1}{2}$ × 498 = 249	
Jumlah = 2313	Jumlah = 2480

$$\begin{aligned} \Delta H &= 2313 - 2480 \text{ kJ} \\ &= -167 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi entalpi pembakaran metanol adalah -167 kJ.

2. Hitunglah besarnya energi ikatan rata-rata dari N-H dalam molekul  $\text{NH}_3$  bila  $\Delta H_d = 46,11$  kJ; Ikatan energi H-H = 436 kJ; dan  $\text{N}\equiv\text{N} = 945,9$  kJ.

**Jawab:**

$$\Delta H_d \text{NH}_3 = 46,11 \text{ kJ}$$



$$\Delta H_d = 46,11 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_d \text{NH}_3 = \text{Energi ikatan yang putus dari } \text{NH}_3 - \text{Energi yang terbentuk dari } \frac{1}{2} \text{N}\equiv\text{N} + \frac{3}{2} \text{H}-\text{H}$$

$$46,11 \text{ kJ} = \text{DNH}_3 - (\frac{1}{2} \times 945,3 + \frac{3}{2} (436)) \text{ kJ}$$

$$46,11 \text{ kJ} = (\text{DNH}_3 - 1126,6) \text{ kJ}$$

$$\text{DNH}_3 = (1116,6 + 46,11) \text{ kJ}$$

$$= 1172,71 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi ikat rata-rata N - H} &= \frac{1}{3} \times 1172,71 \text{ kJ} \\ &= 390,9 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi, energi ikatan rata-rata dari N-H adalah 390,9 kJ.

## Tugas

1. Perhatikan tabel berikut (dalam kJ/mol).

C = C = 611	O = O = 498
C - H = 415	O - H = 464
C - C = 345	Cl - Cl = 243
C - O = 350	C - Cl = 330

Dari data di atas, hitunglah:

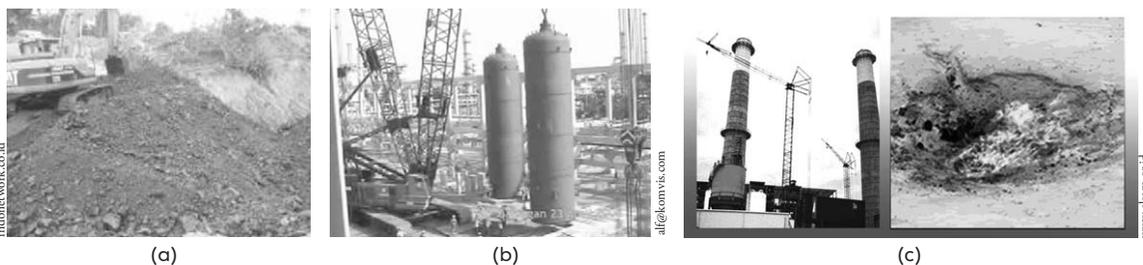
- a.  $\Delta H$  reaksi untuk  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad \quad | \\ \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$
- b. Entalpi reaksi dari  $\text{C}_3\text{H}_8(g) + \text{Cl}(g) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}(g) + \text{HCl}(g)$
- c. Entalpi reaksi dari  $\text{CH}_3 - \text{CHO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$



2. Kerjakan soal-soal berikut dengan menggunakan Hukum Hess, entalpi pembentukan, dan energi ikatan. (lihat Tabel 3.1, 3.2, dan 3.3 untuk data yang kurang).
- Tentukan  $\Delta H$  untuk reaksi di bawah ini.
    - $\text{C}_2\text{H}_2(g) + 2 \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(g)$
    - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) + 3 \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{CO}_2(g) + 3 \text{H}_2\text{O}(l)$
  - Hitunglah  $\Delta H_f \text{CH}_3\text{COOH}$ , bila entalpi pembakaran  $\text{CH}_3\text{COOH} = 88,2 \text{ kJ}$ .

## G. Kalor Pembakaran Bahan Bakar

Sampai saat ini, sumber energi primer yang digunakan oleh sebagian besar negara di dunia adalah fosil. Fosil merupakan bahan bakar yang mengandung atom karbon (C) dan hidrogen. Fosil terbentuk dari organisme yang hidup pada jutaan tahun silam. Yang termasuk bahan bakar fosil di antaranya adalah batu bara, minyak bumi, dan gas alam (alkana, alkena dan alkuna).

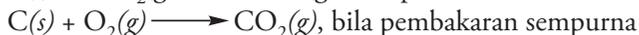
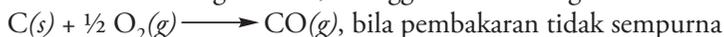


Gambar 3.16

(a) batu bara, (b) minyak bumi, dan (c) gas alam

Apa yang membedakan ketiga bahan bakar fosil tersebut? Tinjaulah pada kandungan kalori yang ada di dalamnya. Kalor pembakaran beberapa zat dapat kalian lihat kembali pada Tabel 3.2. Pembakaran beberapa zat ini ternyata memiliki dampak yang buruk.

Selain manfaatnya yang besar dalam kehidupan, fosil memiliki dampak yang merugikan, terutama bila terjadi pembakaran yang kurang sempurna antara atom karbon dengan udara, sehingga bereaksi sebagai berikut.



Baik karbon monoksida maupun karbon dioksida, keduanya memiliki efek samping merugikan bagi manusia dan lingkungan. Gas CO atau karbon monoksida, bila terhirup manusia dan masuk ke paru-paru, akan tersebar ke seluruh tubuh mengikuti aliran darah bersama-sama dengan oksigen. Perlu kita ketahui bahwa daya gabung (afinitas) gas CO terhadap haemoglobin (Hb) darah kurang lebih 200 kali lebih kuat daripada afinitas oksigen ( $\text{O}_2$ ) terhadap Hb darah. Dalam tubuh akan terbentuk HbCO lebih banyak daripada Hb $\text{O}_2$ , sehingga tubuh kekurangan oksigen, dan ini akan mengakibatkan kantuk, lemas, pusing, sesak nafas, bahkan kematian.

Kelebihan gas  $\text{CO}_2$  yang jauh melebihi nilai ambang batas akan mengakibatkan “Efek Rumah Kaca” atau *Green House Effect*, yaitu me-

## Khazanah

Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari tetumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, serta terkena pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Proses pembentukannya (coalification) memerlukan jutaan tahun. Di Indonesia, potensi batubara sangat melimpah, terutama di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera, sedangkan di daerah lainnya juga dapat dijumpai batubara walaupun dalam jumlah kecil, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, Papua, dan Sulawesi.

[www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id)

## Protokol Kyoto

Sebagai upaya mengurangi efek rumah kaca, pada tahun 1997 lebih dari 130 negara menandatangani Protokol Kyoto. Dalam perjanjian tersebut, para peserta berkomitmen untuk mengurangi emisi enam gas utama penyebab efek rumah kaca, yaitu  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}$ , hidrofluorokarbon, dan  $\text{SF}_6$ . Target utama Protokol Kyoto didasarkan pada tingkat emisi keenam gas itu pada tahun 1990. Sehingga, negara-negara industri harus mengurangi emisi gas buang paling tidak 5% di bawah tingkat emisi tahun 1990. Komitmen tersebut akan dimulai pada tahun 2008, dan direncanakan target tercapai 4 tahun kemudian.

Microsoft Encarta Premium 2006



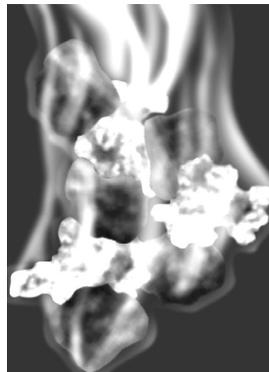
Dok. PIM

**Gambar 3.17**  
Spiritus, campuran dari etanol dan metanol, zat yang sangat mudah terbakar

tingkatnya konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  di udara sehingga mengakibatkan suhu bumi menjadi lebih tinggi dan bumi semakin panas. Panas matahari yang turun ke bumi sebagian diserap oleh bumi dan sebagian lagi dipantulkan ke atas permukaan bumi. Karena di atas permukaan bumi terakumulasi/terkumpul gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), maka penyebaran panas ke berbagai penjuru terhalang. Hal ini mengakibatkan panas terkumpul di sekitar permukaan bumi, hingga menyebabkan suhu bumi meningkat.

Selain gas  $\text{CO}$  dan  $\text{CO}_2$  yang merupakan hasil pembakaran fosil, masih ada gas lain yang berbahaya, yaitu gas  $\text{SO}_2$ . Gas ini merupakan hasil reaksi antara kandungan belerang yang terdapat di dalam batu bara dengan  $\text{O}_2$  di udara pada saat pengolahan batu bara menjadi bahan bakar. Efek yang tidak diinginkan dari keberadaan gas  $\text{SO}_2$  ini adalah merangsang saluran pernafasan, menyebabkan iritasi atau peradangan pada saluran pernafasan, yang dikenal sebagai ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas).

Di laboratorium, sering kita menggunakan pemanas listrik atau lampu spiritus untuk memanaskan atau mereaksikan zat-zat tertentu. Spiritus yang terdapat dalam lampu biasanya diberi warna biru, dimaksudkan untuk memberikan informasi kepada publik bahwa zat ini hanya boleh digunakan untuk pemakaian luar (tidak boleh diminum). Spiritus biasanya merupakan campuran antara etanol dan metanol. Bila terminum etanol akan memengaruhi susunan saraf pusat, dan apabila berlebihan orang yang minum akan menjadi tidak sadar, dan mabuk. Adapun efek metanol tak kalah ganas, yaitu dapat membutakan mata. Pernahkah kalian mendengar bahwa ada orang minum jamu yang tercampur dengan metanol, dan dalam jangka 12 jam matanya menjadi buta? Maka berhati-hatilah setiap akan menggunakan produk apapun.



Dok. PIM

**Gambar 3.18**  
Pembakaran batu-bara di udara menghasilkan  $\text{SO}_2$



Education Image

**Gambar 3.19**  
Pohon kering akibat hujan asam karena kelebihan  $\text{SO}_2$  di udara

## Olah Pemahaman

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Tentukan kalor bahan bakar yang dihasilkan dari 3 g heksana,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  ( $\text{Ar C} = 12, \text{H} = 1$ ), untuk memanaskan 150 g air yang mengalami kenaikan suhu sebanyak  $70^\circ\text{C}$ . Kalor jenis air =  $4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$  (keberadaan wadah diabaikan).
2. 5 g logam magnesium dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 200 g air. Jika kalor jenis air =  $4,2 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$  dan kalor jenis aluminium =  $9100 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$ , hitunglah kalor yang dihasilkan.



## Rangkuman

1. Termokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari banyaknya panas yang dilepas atau diserap akibat reaksi kimia. Hukum Termodinamika I menyatakan "Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain."
2. Sistem adalah bagian dari keseluruhan yang kita pelajari, sedangkan lingkungan adalah sesuatu yang berada di luar sistem.
3. Reaksi eksoterm terjadi apabila kalor berpindah dari sistem ke lingkungan, artinya sistem melepas kalor, sedangkan reaksi endoterm terjadi apabila sistem menyerap kalor atau kalor berpindah dari lingkungan ke sistem.
4. Besarnya entalpi tergantung dari jumlah mol zat pereaksi, wujud zat padat, cair atau gas, dan keadaan dari sistem. Pengukuran terhadap perubahan entalpi dapat dilakukan pada kondisi standar dan non-standar. Apabila pengukuran  $\Delta H$  dilakukan untuk 1 mol zat pada kondisi standar, maka disebut entalpi molar dengan satuan kJ/mol.
5. Dalam termokimia dikenal ada beberapa jenis **entalpi molar**, yaitu:
  - a. Entalpi pembentukan
  - b. Entalpi penguraian
  - c. Entalpi pembakaran
  - d. Entalpi penetralan
6. Hukum Hess atau *Hess Law* menyatakan bahwa "Banyaknya kalor dalam reaksi kimia tidak tergantung jalannya reaksi tetapi tergantung dari keadaan awal dan akhir reaksi."



## Glosarium

**Entalpi** Besaran termodinamika yang merupakan ukuran energi dari suatu sistem

**Entalpi molar** Entalpi yang diukur untuk satu mol zat pada keadaan standar

**Entalpi pembakaran** Kalor yang dilepaskan dari pembakaran satu mol zat

**Entalpi pembentukan** Kalor yang diserap atau dilepaskan untuk pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya

**Entalpi penetralan** Kalor yang diserap atau dibebaskan untuk menetralkan asam oleh basa, atau sebaliknya

**Entalpi penguraian** Kalor yang diserap atau dibebaskan pada penguraian satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya

**Kalor** Bentuk energi yang ditimbulkan oleh perubahan rotasi dan vibrasi dalam benda yang menyebabkan terjadinya perubahan suhu

**Kalorimeter** Alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang terlibat dalam suatu perubahan atau reaksi kimia

**Kalorimeter Bom** Alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran sempurna suatu senyawa, bahan makanan, atau bahan bakar

**Kerja** Merupakan salah satu bentuk energi yang mengenai suatu sistem sehingga menyebabkan perubahan energi yang sudah ada pada sistem tersebut

**Konduksi** Perpindahan panas melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan zat penghantar tersebut

**Konversi** Perpindahan panas melalui zat penghantar disertai dengan perpindahan zat penghantar tersebut

**Lingkungan** Bagian di luar sistem

**Radiasi** Perpindahan panas tanpa zat penghantar

**Reaksi eksoterm** Reaksi yang melepaskan kalor

**Reaksi endoterm** Reaksi yang menyerap kalor

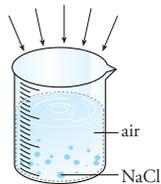
**Sistem** Bagian dari alam atau objek yang menjadi pusat perhatian/pengamatan

**Termokimia** Cabang ilmu kimia yang membahas sifat/perubahan kimia zat dalam hubungannya dengan kalor reaksi yang diserap/dibebaskan



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Jika 1 kalori = 4,18 joule dan 1 liter atm = 101,2 joule, maka 1 liter atm sama dengan ... kalori.  
 A. 0,042                      D. 4,18  
 B. 0,42                        E. 24,2  
 C. 2,42
- Energi yang berpindah dari sistem ke lingkungan disebut ....  
 A. kalor                        D. kalor jenis  
 B. kerja                        E. entalpi  
 C. energi dalam
- Suatu sistem menyerap kalor sebesar 150 J dan melakukan kerja 50 J. Perubahan energi dalamnya adalah ... J.  
 A. -100                        D. 150  
 B. -50                         E. 250  
 C. 100
- Berikut ini merupakan reaksi eksoterm, kecuali ....  
 A. Pengembunan  
 B. Penguapan air  
 C. Pembakaran kayu  
 D. Pembekuan es  
 E. Pembakaran sampah
- Perhatikan gambar di samping. Arah panah merupakan arah perpindahan kalor. Pernyataan yang benar adalah ....  
 A.  $\Delta H < 0$   
 B.  $H_{\text{pereaksi}} - H_{\text{hasil reaksi}}$  bernilai negatif  
 C. Reaksi eksoterm  
 D.  $H_{\text{pereaksi}} - H_{\text{hasil reaksi}} = 0$   
 E.  $H_{\text{pereaksi}} = \Delta H - H_{\text{hasil reaksi}}$
- Pada reaksi eksoterm ....  
 A.  $\Delta H$  sistem  $< 0$   
 B. sistem menyerap kalor dari lingkungan  
 C.  $\Delta H$  sistem berharga positif  
 D.  $\Delta H$  sistem = 0  
 E.  $\Delta H$  sistem  $> 0$



- Reaksi yang berlangsung endoterm adalah ....  
 A.  $\text{N}_2(\text{g}) + \frac{5}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$   
 B.  $2 \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 C.  $\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{H}(\text{g})$   
 D.  $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e} \longrightarrow 2 \text{Cl}^-$   
 E.  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- Persamaan termokimia untuk  $\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = -84,68 \text{ kJ}$  adalah ....  
 A.  $2 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$   
 $\Delta H_f^\circ = + 84,68 \text{ kJ}$   
 B.  $2 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$   
 $\Delta H_f^\circ = - 84,68 \text{ kJ}$   
 C.  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$   
 $\Delta H_f^\circ = - 84,68 \text{ kJ}$   
 D.  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$   
 $\Delta H_f^\circ = + 84,68 \text{ kJ}$   
 E.  $\text{C}_2(\text{g}) + 6 \text{H}(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$   
 $\Delta H_f^\circ = - 84,68 \text{ kJ}$
- Perhatikan diagram berikut.  

Kesimpulan diagram ini benar, kecuali ....  
 A. reaksi eksoterm  
 B. entalpi pembentukan  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = -242 \text{ kJ}$   
 C. entalpi pembentukan  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285 \text{ kJ}$   
 D. entalpi penguraian  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285 \text{ kJ}$   
 E. entalpi pengembunan  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  menjadi  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = + 43 \text{ kJ}$
- $100 \text{ cm}^3$  larutan KOH  $0,1 \text{ M}$  direaksikan dengan  $100 \text{ cm}^3$  larutan HCl  $1 \text{ M}$  dalam kalorimeter. Suhu larutan naik dari  $30^\circ \text{C}$  menjadi  $38,5^\circ \text{C}$ . Jika larutan dianggap sama dengan

air dengan massa jenis = 1g/mL, dan kalor jenisnya = 4,2 J/g °C, maka  $\Delta H$  reaksi (per mol KOH) = ... kJ. (Ar K = 39, O = 16, H = 1, Cl = 35,5).

- A. 840  
B. 84  
C. -714  
D. -7,14  
E. -71,4

11. 10 gram zat X dilarutkan dalam 90 g air. Setelah zat X larut semua, suhu larutan mengalami penurunan dari 30 °C menjadi 25,5 °C. Jika kalor jenis air = 4,2 J/g °C dan kapasitas kalor dari kalorimeter 11,5 J/g °C, maka kalor reaksi dalam percobaan ini ... J. (Ingat, kalorimeter juga berperan dalam transfer kalor.)

- A. 1941,75  
B. 1890  
C. 1838  
D. -1890  
E. 1-941

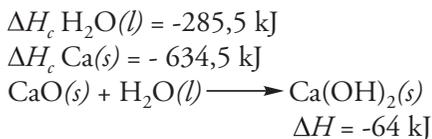
12. Diketahui bahwa kalor pembakaran besi menjadi  $\text{FeO}(s) = -272$  kJ. Kalor bakaran besi menjadi  $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) = -824,2$  kJ, sedang kalor penguraian  $\text{Fe}_3\text{O}_4(s) = +118,4$  kJ. Kalor reaksi untuk reaksi :  $\text{FeO}(s) + \text{Fe}_2\text{O}_3(s) \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(s)$  adalah ... kJ.

- A. -1074,0  
B. -22,2  
C. +249,8  
D. -2214,6  
E. +22,2

13. Kalor pembentukan gas  $\text{CO}_2 = -394$  kJ. Kalor pembakaran 2 mol gas  $\text{CO} = -569$  kJ. Kalor yang menyertai pembakaran 40 gram karbon monoksida (Ar C = 12, O = 16) adalah ... kJ.

- A. -547,5  
B. -406,43  
C. -175  
D. +175  
E. +219

14. Diketahui:



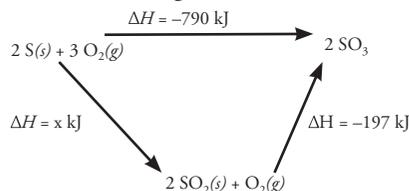
$\Delta H_c \text{Ca(OH)}_2(s)$  adalah ... kJ/mol.

- A. -984  
B. -1161  
C. +413  
D. +1904  
E. +1966

15. Bila  $\Delta H_f \text{H}_2\text{O}(l)$ ,  $\text{CO}_2(g)$ , dan  $\text{C}_2\text{H}_2(g)$  berturut-turut = -285 kJ/mol; -393 kJ/mol; dan -227 kJ/mol, maka jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 0,52 gram gas asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ , Mr = 26) adalah ... kJ.

- A. -15,6  
B. -25,96  
C. +18,1  
D. +25,96  
E. +90,50

16. Perhatikan diagram berikut.



Harga x pada diagram di atas adalah ... kJ.

- A. -197  
B. +197  
C. +583  
D. -593  
E. +1383

17. Dari suatu reaksi dihasilkan  $\Delta H_c$  dari karbon dan hidrogen berturut-turut = -393,5 kJ dan -283,8 kJ; sedang  $\Delta H_f \text{C}_2\text{H}_6(g) = 226,7$  kJ. Kalor reaksi dari reaksi:  $2\text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(g) + \frac{5}{2}\text{O}_2(g)$  adalah ... kJ.

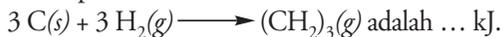
- A. +727,9  
B. -727,9  
C. -1297,5  
D. +1297,5  
E. +1861,1

18. Bila:  $\Delta H_c (\text{CH}_2)_3(g) = -p$  kJ

$$\Delta H_f \text{CO}_2(g) = -q \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f \text{H}_2\text{O}(g) = -r \text{ kJ}$$

Kalor pembentukan dari reaksi:



- A.  $p - 3q - 3r$   
B.  $p - 3q + 3r$   
C.  $p + 3q - 3r$   
D.  $p + q + r$   
E.  $-p - 3q - r$

19. Diketahui energi ikat rata-rata:

$$\text{H} - \text{H} = 104,2 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{Cl} - \text{Cl} = 57,8 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{H} - \text{Cl} = 103,2 \text{ kkal/mol}$$

Kalor yang dibebaskan untuk membentuk 4 mol HCl (Ar H=1, Cl=35,5) adalah ... kkal/mol.

- A. + 88,4                      D. +119,6  
 B. - 88,4                      E. +530,2  
 C. + 265,1

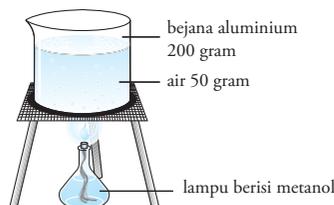
20. Jika proses penguraian  $H_2O$  menjadi atom-atomnya memerlukan energi sebesar 220 kkal/mol, maka besarnya ikatan rata-rata O-H adalah ... kkal/mol.  
 A. + 220                      D. - 110  
 B. - 220                      E. + 55  
 C. + 110

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Pada pembakaran 1 mol naftalena ( $C_{10}H_8$ )(s) dengan oksigen pada 25 °C dan volum tetap, telah membebaskan energi sebesar 1228,2 kkal. Hitunglah  $\Delta H_f$  untuk reaksi pembentukan  $C_{10}H_8$  pada tekanan tetap ( $\Delta H_f CO_2(g) = 94,05$  kkal/mol,  $\Delta H_f H_2O(g) = 57,80$  kkal/mol).
- Tuliskan persamaan termokimia untuk senyawa  $CH_4$ :  
 a.  $\Delta H_f$     b.  $\Delta H_c$     c.  $\Delta H_d$
- Bila diketahui entalpi pembentukan benzena ( $C_6H_6$ )(g) = + 49 kJ; Ar C=12, H=1, maka:  
 a. Tuliskan persamaan termokimianya.  
 b. Berapa g atom karbon yang diperlukan?
- Diketahui:  
 $\Delta H_f B_2O_3(s) = - 1272,8$  kJ/mol  
 $\Delta H_f COCl_2(g) = - 218,8$  kJ/mol  
 $\Delta H_f BC_{13}(g) = - 403,8$  kJ/mol  
 $\Delta H_f CO_2(g) = - 393,5$  kJ/mol  
 Hitunglah  $\Delta H$  reaksi untuk:  
 $B_2O_3(s) + 3 COCl_2(g) \longrightarrow 2 BC_{13}(g) + 3 CO_2(g)$
- Diketahui:  
 $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O(g) \Delta H = - 242$  kJ/mol  
 $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \Delta H = - 394$  kJ/mol  
 $2 C(s) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_2(g) \Delta H = 52$  kJ/mol  
 Hitunglah entalpi dari reaksi berikut.  
 a.  $C_2H_2(g) + \frac{5}{2} O_2(g) \longrightarrow 4 CO_2(g) + 2 H_2O(g)$   
 b. 130 g  $C_2H_2(s)$  (Ar C=12, H=1)
- Pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm, besarnya entalpi pembentukan molar dari

( $NH_4$ ) $NO_3$ (s);  $NO_2$ (g); dan  $H_2O$ (l) berturut-turut adalah - 87,93 kkal; - 19,40 kkal, dan -68,37 kkal. Hitunglah  $\Delta H$  dan  $\Delta E$  reaksi dari reaksi:  $(NH_4)NO_3(s) \longrightarrow NO_2(g) + 2 H_2O(l)$  (satuan dalam bentuk kJ).

- Hitung perubahan entalpi dari reaksi berikut.  
 $CH_2 = CH - CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3 - CHCl - CH_3$   
 Bila diketahui ikatan dari:  
 $C = C = 611$  kJ/mol;  $C - C = 345$  kJ/mol;  
 $C - H = 415$  kJ/mol;  $C - Cl = 330$  kJ/mol;  
 $H - Cl = 432$  kJ/mol.
- Diketahui energi ikatan dari:  
 $H - H = 104,32$  kkal  $mol^{-1}$ ;  $Cl - Cl = 57,8$  kkal  $mol^{-1}$ ;  $H - Cl = 103,1$  kkal  $mol^{-1}$ .  
 Hitunglah kalor yang digunakan untuk menguraikan 146 gram HCl (Ar H=1, Cl=35,5) menjadi unsur-unsurnya.
- Untuk mengetahui jumlah kalor yang dilepaskan oleh lampu metanol, dilakukan percobaan dengan data berikut.



Suhu awal = 30 °C, Suhu akhir = 40 °C,  
 Kalor jenis air = 4,2J/g °C, Kapasitas kalor aluminium = 910 J/°C.  
 Hitunglah kalor yang berpindah dari lampu (metanol) ke kalorimeter.

- Dalam industri rumah tangga, setiap harinya diperlukan tiga buah tabung gas LPG yang masing-masing berisi 13 kg gas. Pada suatu saat, gas yang berada di pasaran kosong, yang ada hanyalah karbon/arang. Berapa kilogramkah arang yang diperlukan?  
 Data yang ada: (Isi tabung dianggap berisi gas butana saja) 1 mol gas LPG ( $C_4H_{10}$ ) ~ - 2875 kJ, 1 mol karbon (C) ~ - 394 kJ, Ar C=12 dan Ar H=1

# Ulangan Tengah Semester Pertama

A Pilihlah jawaban yang tepat.

- Gagasan penggunaan tingkat energi elektron pada struktur atom dikenalkan oleh ....
  - Erwin Schrodinger
  - Louis de Broglie
  - Werner Heisenberg
  - Henrik David Bohr
  - Ernest Rutherford
- Unsur Ti dengan nomor atom 22 mempunyai konfigurasi  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$ . Penulisan konfigurasi di atas menggunakan aturan ....
  - Aufbau
  - Hund
  - Pauli
  - Orbital
  - Bohr
- Harga bilangan kuantum yang mungkin untuk elektron yang menempati sub kulit d adalah ....
  - $n = 2, l = 2, m = +1$  dan  $s = +1/2$
  - $n = 3, l = 2, m = +3$  dan  $s = +1/2$
  - $n = 3, l = 2, m = +2$  dan  $s = -1/2$
  - $n = 1, l = 1, m = 0$  dan  $s = +1/2$
  - $n = 4, l = 3, m = +2$  dan  $s = +1/2$
- Jumlah elektron maksimal dalam orbital f adalah ....
  - 2
  - 6
  - 10
  - 14
  - 18
- Jika unsur W ( $Z = 12$ ) berikatan dengan V ( $Z = 17$ ), rumus senyawa yang terbentuk adalah ....
  - WV
  - WV<sub>2</sub>
  - W<sub>2</sub>V
  - W<sub>2</sub>V<sub>3</sub>
  - W<sub>3</sub>V<sub>2</sub>
- Penulisan konfigurasi elektron di bawah ini tepat, **kecuali** ....
  - ${}_5\text{B} = (\text{He}) 2s^2 2p^1$
  - ${}_{17}\text{Cl} = (\text{Ne}) 3s^2 3p^5$
  - ${}_{20}\text{Ca} = (\text{Ar}) 4s^2$
  - ${}_{24}\text{Cr} = (\text{Ar}) 3d^6$
  - ${}_{47}\text{Ag} = 4d^{10} 5s^1$
- Pernyataan yang benar berkenaan dengan teori hibridisasi adalah ....
  - Teori ini disebut juga Teori Domain
  - Teori ini dikembangkan oleh ahli kimia Kanada, R.J. Gillespie
  - Teori ini menjelaskan gambaran ikatan atom dari PEB dan PEI
  - Teori ini menjelaskan penggabungan 2 atau lebih orbital atom
  - Teori ini menjelaskan tentang tolakan elektron
- Suatu unsur memiliki 4 pasangan elektron bebas dan 0 pasangan elektron terikat. Bentuk molekul yang terjadi adalah ....
  - tetrahedron
  - linear
  - bidang empat
  - segitiga planar
  - oktahedron
- Di bawah ini yang memiliki PEI berjumlah 2, **kecuali** ....
  - SO<sub>2</sub>
  - NH<sub>3</sub>
  - H<sub>2</sub>O
  - BeCl<sub>2</sub>
  - XeF<sub>2</sub>
- Bentuk molekul dari HgCl<sub>2</sub> adalah ....
  - oktahedral
  - tetrahedral
  - segitiga datar
  - linear
  - bidang empat
- Senyawa di bawah ini yang memiliki ikatan hidrogen adalah ....
  - CH<sub>4</sub>
  - CO<sub>2</sub>
  - HCl
  - NO<sub>2</sub>
  - H<sub>2</sub>O
- NH<sub>3</sub> tergolong senyawa polar karena ....
  - mempunyai perbedaan elektronegativitas = 0
  - mempunyai perbedaan elektronegativitas yang besar
  - merupakan unsur non logam
  - mempunyai massa molekul relatif yang besar
  - bentuk molekulnya simetris
- Senyawa di bawah ini yang mempunyai titik didih tertinggi adalah ....



# B a b IV

## Laju Reaksi



**D**Langit di malam hari, saat perayaan tahun baru atau hari-hari istimewa lainnya, menjadi lebih indah ketika nyala kembang api mulai kelihatan di angkasa. Tampak nyalanya gemerlapan menambah terang sinar rembulan. Sekejap kemudian, langit nampak redup kembali, cahaya gemerlap dari nyala kembang api tidak lagi kelihatan. Begitu cepatnya nyala itu hilang, berbeda tatkala kita menyalakan kayu bakar pada api unggun, membutuhkan waktu cukup lama.

Cepat dan lambatnya nyala api ini menunjukkan cepat atau lambatnya reaksi kimia dalam kembang api maupun dalam kayu bakar. Cepat dan lambatnya proses reaksi kimia yang berlangsung dinyatakan dengan laju reaksi. Lantas, apakah pengertian laju reaksi itu? Bagaimana cara mengukurnya? Apa saja faktor-faktor yang memengaruhinya? Apa manfaat memelajarinya bagi kehidupan kita? Kalian akan memperoleh jawabannya setelah mempelajari bab ini.

## Kata Kunci

- Laju reaksi
- Molaritas
- Tumbukan
- Konsentrasi
- Luas permukaan
- Suhu
- Katalis
- Orde reaksi



Cepatnya reaksi kimia dari kembang api dapat kita amati dari menyalnya kembang api hingga matinya. Begitu pula dengan beberapa reaksi kimia yang kita laksanakan di laboratorium. Selesaiannya sebuah reaksi ditandai dengan terbentuknya produk yang sebagian besar dapat kita amati. Nah, untuk mengetahui berapa kecepatan reaksi kimia yang kita lakukan, kita bisa mengetahui dari konsentrasi pereaksinya atau hasil reaksinya. Konsentrasi ini biasa dinyatakan dengan satuan molaritas.

Ada beberapa faktor yang memberikan pengaruh pada laju reaksi kimia. Faktor-faktor tersebut adalah konsentrasi, luas permukaan, suhu, dan katalis. Bagaimana masing-masing faktor memengaruhi laju suatu reaksi, dan bagaimana cara kita menganalisis faktor tersebut akan kita pelajari pula dalam bab ini. Selain hal-hal di atas, kita juga akan mempelajari tentang persamaan laju reaksi, waktu reaksi, dan orde reaksinya.

### A. Pengertian Laju Reaksi

Laju reaksi diartikan sebagai laju penurunan reaktan (pereaksi) atau laju bertambahnya produk (hasil reaksi). Laju reaksi ini juga menggambarkan cepat lambatnya suatu reaksi kimia, sedangkan reaksi kimia merupakan proses mengubah suatu zat (pereaksi) menjadi zat baru yang disebut sebagai produk. Reaksi kimia digambarkan seperti pada bagan berikut.



Beberapa reaksi kimia ada yang berlangsung cepat. Natrium yang dimasukkan ke dalam air akan menunjukkan reaksi hebat dan sangat cepat, begitu pula dengan petasan dan kembang api yang disulut. Bensin akan terbakar lebih cepat daripada minyak tanah. Namun, ada pula reaksi yang berjalan lambat. Proses pengamatan besi, misalnya, membutuhkan waktu sangat lama sehingga laju reaksinya lambat. Cepat lambatnya proses reaksi kimia yang berlangsung dinyatakan dengan **laju reaksi**.

Dalam mempelajari laju reaksi digunakan besaran konsentrasi tiap satuan waktu yang dinyatakan dengan molaritas. Apakah yang dimaksud molaritas? Simak uraian berikut.

#### 1. Molaritas sebagai Satuan Konsentrasi dalam Laju Reaksi

Molaritas menyatakan jumlah mol zat dalam 1 L larutan, sehingga molaritas yang dinotasikan dengan  $M$ , dan dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \frac{n}{V}$$

$n$  = jumlah mol dalam satuan mol atau mmol

$V$  = volume dalam satuan L atau mL

Bagaimana cara menggunakan dan menghitung molaritas? Kalian akan mengetahuinya dari contoh-contoh soal berikut.

### Contoh

1. Sebanyak 17,1 g sukrosa ( $M_r = 342$ ) dilarutkan dalam air hingga volume larutan 500 mL. Tentukan kemolaran sukrosa.



Gambar 4.1  
Reaksi pengamatan besi pada mobil membutuhkan waktu yang lama.

$$\text{mol} = \frac{\text{massa(gram)}}{\text{Mr/Ar(gram/mol)}}$$

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

Mr sukrosa = 342

Massa (m) sukrosa = 17,1 g

Volume larutan = 500 mL

**Ditanyakan:**

Molaritas sukrosa.

**Jawab:**

$$n \text{ sukrosa} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{17,1}{342} = 0,05 \text{ mol} = 50 \text{ mmol}$$

$$M \text{ sukrosa} = \frac{n}{V} = \frac{50 \text{ mmol}}{500 \text{ mL}} = 0,1 \text{ M}$$

Jadi, molaritas sukrosa tersebut adalah 0,1 M.

2. Berapa gram soda kue ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang diperlukan untuk membuat 150 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M? (Ar Na = 23, H = 1, C = 12, O = 16)

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

Molaritas  $\text{NaHCO}_3 = 0,5 \text{ M} = 0,5 \text{ mol/L}$

Volume larutan = 150 mL = 0,15 L

**Ditanyakan:**

Massa  $\text{NaHCO}_3$ .

**Jawab:**

$$n = M \times V \\ = 0,5 \text{ mol/L} \times 0,15 \text{ L} = 0,075 \text{ mol}$$

$$\text{massa} = \text{mol} \times \text{Mr} \\ = 0,075 \times 84 = 6,3 \text{ g}$$

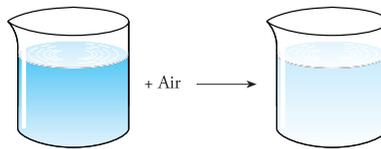
Jadi, massa soda kue tersebut adalah 6,3 g.

## Tugas

Hitunglah berapa gram massa NaCl yang harus dilarutkan dalam akuades untuk membuat 100 mL larutan garam NaCl dengan konsentrasi 1 M. Dari larutan NaCl 1 M yang telah kalian peroleh, buatlah larutan NaCl 0,5 M dan 0,1 M yang masing-masing volumenya 100 mL. Bekerjalah bersama teman sekelompok kalian di laboratorium. Laporkan hasil kerja kalian dalam laporan tertulis, lengkap beserta langkah kerja dan perhitungan yang telah kalian lakukan.



Pembuatan suatu larutan dapat juga dilakukan dengan mengencerkan larutan yang sudah ada, dengan catatan molaritas larutan yang akan dibuat lebih rendah dari molaritas larutan yang sudah ada. Misalnya di laboratorium hanya ada larutan HCl 1 M, sedangkan kita memerlukan larutan HCl 0,5 M sebanyak 100 mL, bagaimana kita mendapatkannya?



sebelum pengenceran	setelah pengenceran
$V = V_1$	$V = V_2$
$M = M_1$	$M = M_2$
$n = n_1$	$n = n_2$

Dalam pengenceran, jumlah zat terlarut tidak berubah sehingga jumlah molnya tetap. Jadi,  $n_1 = n_2$  atau  $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ . Rumus ini biasa disebut sebagai **rumus pengenceran**.

Dari gambaran cara tersebut, maka larutan HCl 0,5 M sebanyak 100 mL dapat dibuat dengan mengencerkan larutan HCl 1M. Volume HCl 1 M yang dibutuhkan dicari melalui rumus pengenceran.

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1 = 100 \times 0,5$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

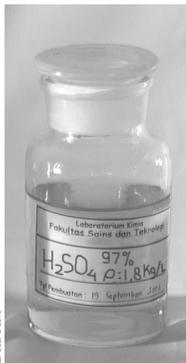
Jadi, kita bisa melakukannya dengan mengambil 50 mL HCl 1M, kemudian kita masukkan ke dalam labu ukur 100 mL lalu ditambahi air hingga tanda batas, dan 100 ml Larutan HCl 0,5 M telah selesai dibuat.

Apabila yang tersedia di laboratorium hanya larutan pekat yang diketahui massa jenis dan kadarnya tanpa diketahui konsentrasinya, misalnya larutan asam sulfat dengan kadar 97% dan massa jenisnya 1,8 kg/L, maka molaritas  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tersebut dapat ditentukan dengan rumusan berikut.

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \% \text{ massa}}{M_r}$$

Untuk menghitung molaritas larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan kadar 97% dan massa jenis 1,8 kg/L, kita tinggal memasukkan data ke dalam rumusan hingga diperoleh molaritas asam sulfat tersebut sebesar 17,82 M seperti pada perhitungan berikut.

$$M = \frac{1,8 \times 10 \times 97}{98} = 17,82 \text{ M}$$



Dok. PIM

Gambar 4.2  
Larutan asam sulfat 97%

## Tugas

Lihatlah zat-zat yang tersedia di laboratorium sekolah kalian. Apabila kalian menemukan zat-zat dengan info label pada botol berupa massa jenis dan kadarnya, hitunglah molaritas zat tersebut. Akan tetapi, sebelum kalian mengerjakannya, kerjakan dahulu perhitungan konsentrasi berikut.

1. Untuk mendapatkan larutan NaCl 0,05 M, maka dari 100 mL larutan NaCl 0,1 M harus kita encerkan menjadi berapa mililiter?
2. Suatu larutan amonia komersial mempunyai massa jenis 0,90 g/mL. Jika larutan tersebut mengandung 30% massa  $\text{NH}_3$ , berapa molaritas larutan tersebut?



## 2. Perumusan Laju Reaksi

Laju reaksi kimia bukan hanya sebuah teori, namun dapat dirumuskan secara matematis untuk memudahkan pembelajaran. Pada reaksi kimia:  $A \rightarrow B$ , maka laju berubahnya zat A menjadi zat B ditentukan dari jumlah zat A yang bereaksi atau jumlah zat B yang terbentuk per satuan waktu. Pada saat pereaksi (A) berkurang, hasil reaksi (B) akan bertambah. Perhatikan diagram perubahan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi pada Gambar 4.4.

Berdasarkan gambar tersebut, maka rumusan laju reaksi dapat kita definisikan sebagai:

- a. **berkurangnya jumlah pereaksi** (konsentrasi pereaksi) per satuan waktu, atau:  $r = -\frac{\Delta[R]}{\Delta t}$

dengan  $r$  = laju reaksi,  $-d[R]$  = berkurangnya reaktan (pereaksi), dan  $dt$  = perubahan waktu. Untuk reaksi :  $A \rightarrow B$ , laju berkurangnya zat A adalah:  $r_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$

- b. **bertambahnya jumlah produk** (konsentrasi produk) per satuan waktu, atau:  $r = +\frac{\Delta[P]}{\Delta t}$

dengan  $+\Delta[P]$  = bertambahnya konsentrasi produk (hasil reaksi). Untuk reaksi :  $A \rightarrow B$ , laju bertambahnya zat B adalah:  $r_B = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$

Bagaimana untuk reaksi yang lebih kompleks, semisal :  $pA + qB \rightarrow rC$   
 Untuk reaksi demikian, maka:  $r_A : r_B : r_C = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} : \frac{\Delta[B]}{\Delta t} : \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

Dalam perbandingan tersebut, tanda + atau - tidak perlu dituliskan karena hanya menunjukkan sifat perubahan konsentrasi. Oleh karena harga  $dt$  masing-masing sama, maka perbandingan laju reaksi sesuai dengan perbandingan konsentrasi. Di sisi lain, konsentrasi berbanding lurus dengan mol serta berbanding lurus pula dengan koefisien reaksi, sehingga perbandingan laju reaksi sesuai dengan perbandingan koefisien reaksi. Perbandingan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

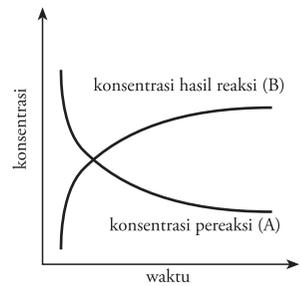
$$r_A : r_B : r_C = p : q : r$$

Perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh

Pada reaksi pembentukan gas  $SO_3$  menurut reaksi:  $2 SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2 SO_3(g)$ , sehingga diperoleh data sebagai berikut.

No	$[SO_3]$ mol/L	Waktu (s)
1	0,00	0
2	0,25	20
3	0,50	40



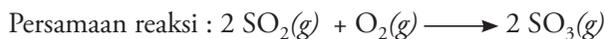
Gambar 4.3  
Perubahan konsentrasi pereaksi (A) dan hasil reaksi

Tentukanlah:

- Laju bertambahnya  $\text{SO}_3$
- Laju berkurangnya  $\text{SO}_2$
- Laju berkurangnya  $\text{O}_2$

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**



Data konsentrasi (pada tabel).

**Ditanyakan:**

- $r \text{SO}_3$ .
- $r \text{SO}_2$ .
- $r \text{O}_2$ .

**Jawab:**

$$\text{a. } \Delta[\text{SO}_3] = [\text{SO}_3]_3 - [\text{SO}_3]_2 = 0,50 - 0,25 = 0,25 \text{ M}$$

$$\Delta t = t_3 - t_2 = 40 - 20 = 20 \text{ s}$$

$$r \text{SO}_3 = + \frac{\Delta[\text{SO}_3]}{dt} = + \frac{0,25 \text{ mol/L}}{20 \text{ s}} = 0,0125 \text{ M/s}$$

Jadi, laju bertambahnya  $\text{SO}_3$  sebesar  $1,25 \times 10^{-2} \text{ M/s}$

- Karena koefisien  $\text{SO}_2 =$  koefisien  $\text{SO}_3$ , maka:

$$\begin{aligned} r \text{SO}_2 &= -r \text{SO}_3 \\ &= -0,0125 \text{ M/s} \end{aligned}$$

Jadi, laju berkurangnya  $\text{SO}_2$  sebesar  $-1,25 \times 10^{-2} \text{ M/s}$

- $r \text{O}_2 = -\frac{1}{2} \cdot r \text{SO}_3$

$$= -\frac{1}{2} \cdot 0,0125 = -0,00625 \text{ M/s}$$

Jadi, laju berkurangnya  $\text{O}_2$  sebesar  $-6,25 \times 10^{-3} \text{ M/s}$

## Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.**

- Sebanyak 0,4 g NaOH (Ar Na=23, O=16, H=1) dilarutkan dalam air hingga volume 250 mL. Hitunglah molaritas larutan tersebut.
- Berapa gram glukosa (Mr=180) yang harus dilarutkan untuk membuat 500 mL larutan glukosa 0,2 M?
- Berapa volume air yang harus ditambahkan pada 50 mL larutan NaOH 2 M untuk mendapatkan NaOH 0,4 M?
- Jika terdapat suatu reaksi:  $\text{P} + \text{Q} \longrightarrow \text{R}$ , bagaimana pengertian laju reaksi terhadap:
  - zat P
  - zat Q
  - zat R

- Pada reaksi pembentukan amonia:



Nomor	$[\text{NH}_3]$ (mol/L)	Waktu(s)
1	0,0	0
2	0,2	25
3	0,4	50
4	0,8	100

Hitunglah:

- Laju reaksi terhadap  $\text{NH}_3$
  - Laju reaksi terhadap  $\text{N}_2$
  - Laju reaksi terhadap  $\text{H}_2$
- Dalam ruang bervolume 2 Liter, 6 mol zat A terurai membentuk zat B



dan zat C menurut reaksi:  $3A \longrightarrow B + 2C$ .  
Pada 10 detik pertama dihasilkan 2 mol zat B,  
maka hitunglah laju reaksi untuk:

- zat B
- zat A
- zat C

7. Pada reaksi penguraian gas  $N_2O_4$  menjadi gas  $NO_2$ , dimasukkan 10 mL gas  $N_2O_4$ . Setelah 5 detik ternyata terbentuk 4 mol gas  $NO_2$ . Tentukanlah:

- Laju bertambahnya gas  $NO_2$
- Laju berkurangnya gas  $N_2O_4$

Setelah kalian mempelajari apa itu laju reaksi dan bagaimana menentukan besarnya laju reaksi zat dalam persamaan reaksi, maka dapat kalian simpulkan bagaimana cepat lambatnya suatu reaksi kimia berdasarkan laju reaksi zat tersebut. Jika laju reaksi zat itu besar, maka reaksi berlangsung cepat, dan sebaliknya, jika laju reaksi zat kecil, maka reaksi berlangsung lambat. Nah, sebenarnya apa yang memengaruhi cepat lambatnya laju reaksi kimia? Berikut ini akan kalian pelajari faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, termasuk di dalamnya teori tumbukan.

## B. Faktor-faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi suatu reaksi kimia dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi pereaksi, luas permukaan zat yang bereaksi, suhu pada saat reaksi kimia terjadi, dan ada tidaknya katalis. Sehubungan dengan proses reaksi kimia, maka ada satu hal penting yang harus dipelajari untuk menentukan berjalan tidaknya sebuah reaksi kimia, yakni tumbukan. Suatu reaksi kimia dapat terjadi bila ada tumbukan antara molekul zat-zat yang bereaksi. Apakah setiap tumbukan pasti menyebabkan berlangsungnya reaksi kimia? Akan kita ketahui jawabannya dengan mempelajari teori tumbukan dahulu sebelum melangkah pada pembahasan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi.

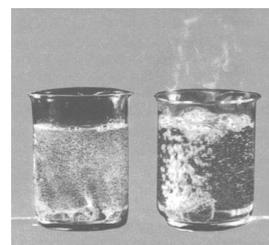
### 1. Tumbukan sebagai Syarat Berlangsungnya Reaksi Kimia

Tumbukan yang menghasilkan reaksi hanyalah tumbukan yang efektif. Tumbukan efektif harus memenuhi dua syarat, yaitu posisinya tepat dan energinya cukup. Bagaimanakah posisi tumbukan yang efektif?

Dalam wadahnya, molekul-molekul pereaksi selalu bergerak ke segala arah dan sangat mungkin bertumbukan satu sama lain. Baik dengan molekul yang sama maupun dengan molekul berbeda. Tumbukan tersebut dapat memutuskan ikatan dalam molekul pereaksi dan kemudian membentuk ikatan baru yang menghasilkan molekul hasil reaksi. Contoh tumbukan antarmolekul yang sama terjadi pada pereaksi hidrogen iodida berikut.



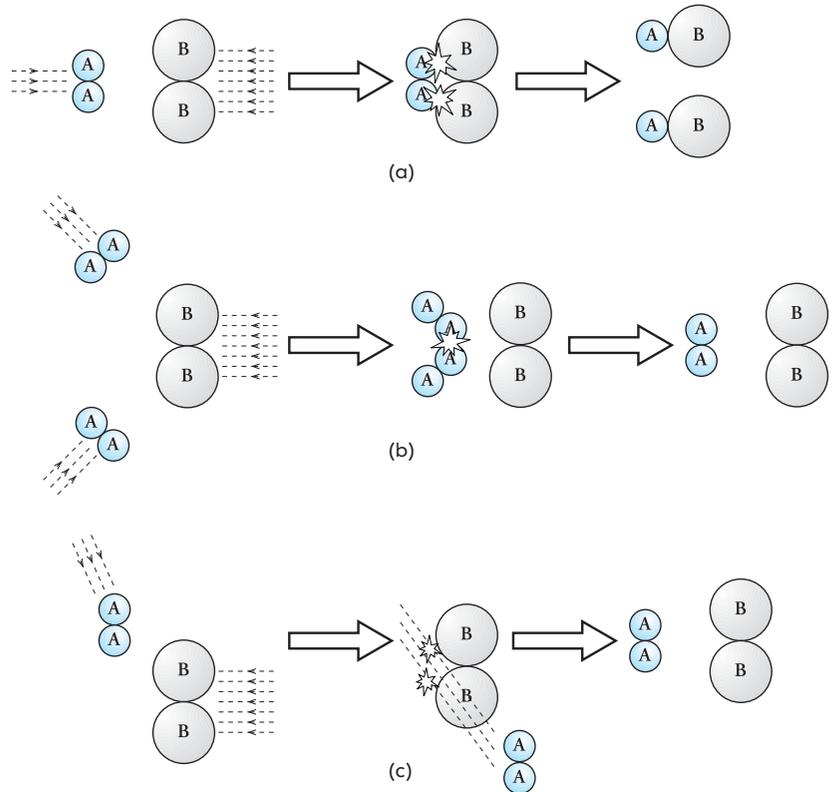
Secara umum, dituliskan:



**Gambar 4.4**  
Konsentrasi reaktan sangat berpengaruh pada laju reaksi seng dengan asam sulfat. Laju reaksi lambat dalam larutan berkonsentrasi rendah (kiri) dan cepat dalam larutan berkonsentrasi tinggi.

Oxoby, dkk., 2001, hlm. 416

Perhatikan Gambar 4.6.

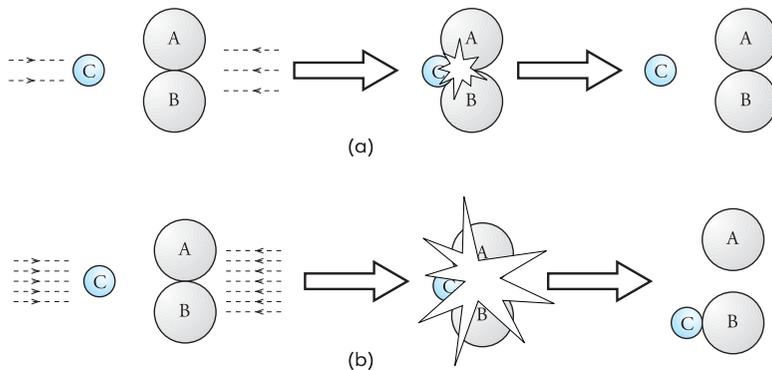


Gambar 4.5

(a) tumbukan yang efektif karena posisi tumbukan tepat, (b) tumbukan tidak efektif karena molekul yang bertabrakan sama (c) tumbukan tidak efektif karena posisinya tidak tepat

Tumbukan yang efektif terjadi bila keadaan molekul sedemikian rupa sehingga antara A dan B saling bertabrakan (Gambar 4.5(a)). Jika yang bertabrakan adalah atom yang sama, yaitu antara A dan A (Gambar 4.5(b)) atau atom A dan B namun hanya bersenggolan saja (Gambar 4.5(c)), maka tumbukan tersebut merupakan tumbukan yang tidak efektif.

Selanjutnya apa yang dimaksud energi tumbukan harus cukup? Jika kalian melemparkan batu pada kaca dan kacanya tidak pecah, berarti energi kinetik batu tidak cukup untuk memecahkan kaca. Demikian juga tumbukan antarmolekul pereaksi, meskipun sudah terjadi tumbukan dengan posisi tepat, namun apabila energinya kurang, maka reaksi tidak akan terjadi. Dalam hal ini diperlukan energi minimum tertentu yang harus dipunyai molekul-molekul pereaksi untuk dapat menghasilkan reaksi. Energi tersebut dinamakan energi aktivasi atau energi pengaktifan ( $E_a$ ). Perhatikan Gambar 4.6 tentang tumbukan dengan energi yang cukup dan tidak cukup.



**Gambar 4.6**  
 (a) energi cukup menghasilkan reaksi dan (b) energi tidak cukup tidak menghasilkan reaksi

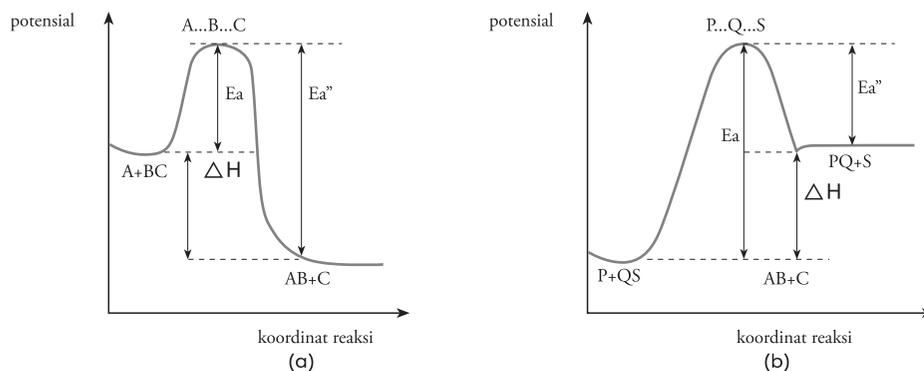
**Kilas BALIK**

Reaksi eksoterm adalah reaksi yang melepaskan kalor.  
 Reaksi endoterm adalah reaksi yang menyerap kalor.



Bila gerakan molekul AB dan C lambat, maka tidak akan terjadi ikatan antara B dan C saat bertumbukan. Akibatnya, keduanya terpental tanpa ada perubahan (Gambar 4.6(a)). Dengan mempercepat gerakan molekul, maka akan membuat tumpang tindih B dan C serta membuat ikatan, dan akhirnya terjadi ikatan kimia (Gambar 4.6(b)).

Dalam suatu reaksi terdapat tiga keadaan yaitu keadaan awal (pereaksi), keadaan transisi, dan keadaan akhir (hasil reaksi). Keadaan transisi disebut juga kompleks teraktivasi. Pada keadaan ini ikatan baru sudah terbentuk namun ikatan lama belum putus. Keadaan tersebut hanya berlangsung sesaat dan tidak stabil. Keadaan transisi ini selalu mempunyai energi lebih tinggi daripada keadaan awal dan akhir, sedangkan energi keadaan awal dapat lebih tinggi atau lebih rendah daripada energi keadaan akhir. Bila keadaan awal lebih tinggi energinya, reaksi menghasilkan kalor atau dinamakan reaksi eksoterm, dan bila yang terjadi adalah sebaliknya, dinamakan reaksi endoterm. Perhatikan Gambar 4.7 yang menggambarkan tentang energi aktivasi pada reaksi eksoterm dan reaksi endoterm.



**Gambar 4.7**  
 (a) diagram potensial reaksi eksoterm

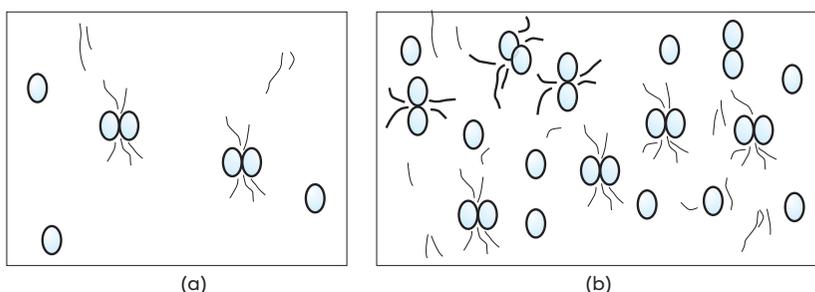
(b) diagram potensial reaksi endoterm

Dengan mengetahui teori tumbukan ini, kalian akan lebih mudah memahami penjelasan tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi. Percepatan gerakan molekul akan memperbesar kemungkinan

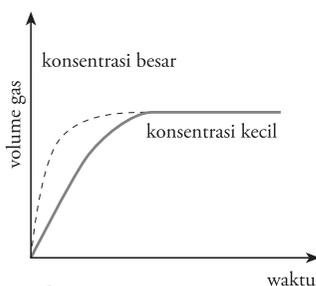
tumbukan efektif karena percepatan gerakan memberikan energi lebih besar. Percepatan gerakan molekul berarti percepatan laju reaksi. Dengan dipercepatnya laju reaksi menggunakan salah satu faktor-faktor berikut, diharapkan energi yang dibutuhkan untuk tumbukan dapat tercukupi sehingga bisa menghasilkan tumbukan yang efektif. Faktor-faktor tersebut akan segera diuraikan dalam penjelasan berikut ini.

## 2. Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi

Jika konsentrasi suatu larutan makin besar, larutan akan mengandung jumlah partikel semakin banyak sehingga partikel-partikel tersebut akan tersusun lebih rapat dibandingkan larutan yang konsentrasinya lebih rendah. Susunan partikel yang lebih rapat memungkinkan terjadinya tumbukan semakin banyak dan kemungkinan terjadi reaksi lebih besar. Makin besar konsentrasi zat, makin cepat laju reaksinya. Perhatikan Gambar 4.8 tentang pengaruh konsentrasi berikut.



**Gambar 4.8**  
(a) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi kecil, (b) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi besar

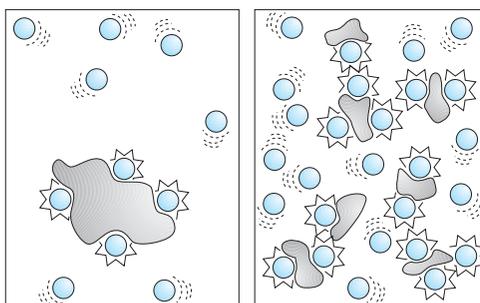


**Gambar 4.9**  
Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi

Apabila dibuat sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi dengan laju reaksi, maka dihasilkan grafik seperti pada Gambar 4.9. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi, semakin cepat pula laju reaksinya.

## 3. Pengaruh Luas Permukaan terhadap Laju Reaksi

Pada saat zat-zat pereaksi bercampur, maka akan terjadi tumbukan antarpartikel pereaksi di permukaan zat. Laju reaksi dapat diperbesar dengan memperluas permukaan bidang sentuh zat yang dilakukan dengan cara memperkecil ukuran zat pereaksi. Perhatikan Gambar 4.10.

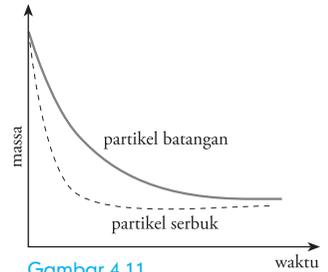


**Gambar 4.10**  
Tumbukan antar partikel pada (a) permukaan kecil dan (b) permukaan besar

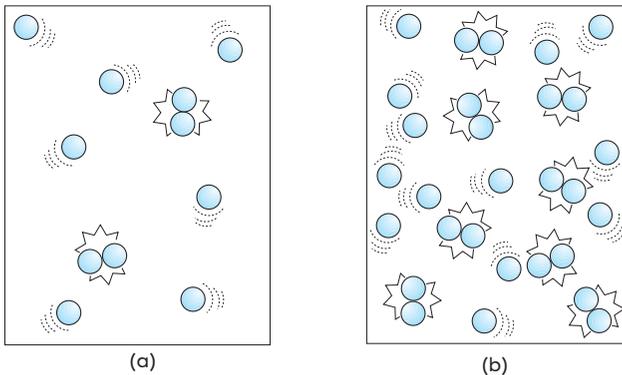
Semakin luas permukaan bidang sentuh zat, semakin besar laju reaksinya, seperti yang ditunjukkan oleh grafik hubungan luas permukaan dengan laju reaksi pada Gambar 4.11.

#### 4. Pengaruh Suhu terhadap Laju Reaksi

Partikel-partikel dalam zat selalu bergerak. Jika suhu zat dinaikkan, maka energi kinetik partikel-partikel akan bertambah sehingga tumbukan antarpartikel akan mempunyai energi yang cukup untuk melampaui energi pengaktifan. Hal ini akan menyebabkan lebih banyak terjadi tumbukan yang efektif dan menghasilkan reaksi (Gambar 4.12).



Gambar 4.11 Grafik pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi



Gambar 4.12 (a) tumbukan antarpartikel pada suhu rendah, (b) tumbukan antarpartikel pada suhu tinggi

Pada umumnya, setiap kenaikan suhu sebesar 10 °C, reaksi akan berlangsung dua kali lebih cepat. Dengan demikian, apabila laju reaksi awalnya diketahui, kita dapat memperkirakan besarnya laju reaksi berdasarkan kenaikan suhunya. Lebih mudahnya, lihat perumusan berikut.

$$r_t = (\Delta r)_{10}^{\frac{\Delta T}{10}} \cdot r_0$$

Karena besarnya laju berbanding terbalik dengan waktu yang ditempuh, maka perumusan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$t_t = \frac{1}{(\Delta r)_{10}^{\frac{\Delta T}{10}}} \cdot t_0$$

**Keterangan:**

- $\Delta r$  = kenaikan laju reaksi
- $\Delta T$  = kenaikan suhu =  $T_2 - T_1$
- $T_2$  = suhu akhir
- $T_1$  = suhu awal
- $t_0$  = waktu reaksi awal
- $t_t$  = waktu reaksi akhir

Agar lebih memahami perumusan di atas, perhatikanlah contoh soal berikut.

### Contoh

Suatu reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap suhu dinaikkan 10 °C. Apabila pada suhu 25 °C laju reaksi suatu reaksi adalah 2y M/s. Berapa laju reaksi pada suhu 75 °C?

### Penyelesaian:

#### Diketahui:

$$r_0 = 2y \quad T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta r = 2 \quad T_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### Ditanyakan:

$$r_t$$

#### Jawab:

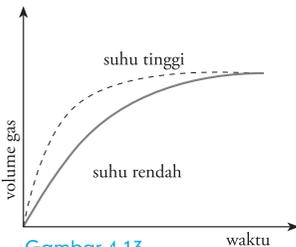
$$\begin{aligned} r_t &= (\Delta r)_{10}^{\frac{\Delta T}{10}} \cdot r_0 \\ &= (2)_{10}^{50} \cdot 2y \\ &= 25 \cdot 2y \\ &= 32 \cdot 2y \\ &= 64y \end{aligned}$$

Jadi, laju reaksinya adalah 64y.

Untuk lebih mudahnya, dapat kita buat dalam bentuk tabel.

Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	25	35	45	55	65	75
Laju reaksi (M/s)	2y	4y	8y	16y	32y	64y

Jadi, laju reaksinya sama, yaitu 64y



**Gambar 4.13**  
Grafik pengaruh suhu terhadap laju reaksi

Apabila pengaruh suhu terhadap laju reaksi ini dibuat grafik, akan tampak seperti pada Gambar 4.13. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa makin tinggi suhu, laju reaksi semakin besar.

## Tugas

Kerjakan soal berikut menggunakan perumusan di depan.

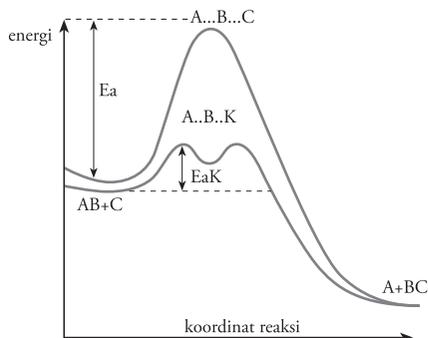
1. Suatu reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap suhu dinaikkan 10  $^\circ\text{C}$ . Apabila pada suhu 25  $^\circ\text{C}$  laju suatu reaksi adalah  $2 \times 10^{-3} \text{ M/s}$ , berapa laju reaksi pada suhu 105  $^\circ\text{C}$ ?
2. Pada suhu 5  $^\circ\text{C}$ , suatu reaksi berlangsung selama 30 detik. Berapa waktu reaksi yang dibutuhkan pada suhu 65  $^\circ\text{C}$ , bila reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap suhu dinaikkan 10  $^\circ\text{C}$ ?



## 5. Pengaruh Katalis terhadap Laju Reaksi

Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan memberi zat lain tanpa menambah konsentrasi atau suhu reaksi. Zat tersebut disebut **katalis**. Katalis dapat mempercepat laju reaksi, tetapi tidak mengalami perubahan kimia secara permanen sehingga pada akhir reaksi zat tersebut dapat diperoleh kembali.

Fungsi katalis dalam reaksi adalah menurunkan energi aktivasi sehingga jumlah molekul yang dapat melampaui energi aktivasi menjadi lebih besar. Gambar 4.14 menunjukkan peranan katalis dalam menurunkan energi aktivasi.



Gambar 4.14

Diagram energi potensial reaksi tanpa katalis dan dengan katalis. Energi aktivasi reaksi dengan katalis ( $E_{aK}$ ) lebih kecil dari reaksi tanpa katalis.

## Diskusi

Perhatikan Gambar 4.6(a) dan 4.6(b). Tampak pada gambar, molekul AB dan molekul C saling bertumbukan. Orientasi tumbukan keduanya sama dan posisinya sudah tepat. Namun, pada gambar (a) tidak tampak adanya produk yang berbeda, sedangkan pada gambar (b) menghasilkan produk berbeda, yaitu molekul BC dan molekul A. Apa yang membedakan keduanya? Bagaimana caranya agar pada (a) bisa terjadi reaksi seperti pada gambar (b)? Diskusikan jawaban kalian bersama teman-teman sekelompok. Pelajari tentang fungsi katalis dalam reaksi. Setelah kalian selesai berdiskusi dalam satu kelompok, presentasikan hasil diskusi kalian di depan teman-teman sekelas.



Katalis memiliki beberapa sifat, di antaranya:

1. Katalis tidak bereaksi secara permanen.
2. Jumlah katalis yang diperlukan dalam reaksi sangat sedikit.
3. Katalis tidak memengaruhi hasil reaksi.
4. Katalis tidak memulai suatu reaksi, tetapi hanya memengaruhi lajunya.
5. Katalis hanya bekerja efektif pada suhu optimum, artinya di atas atau di bawah suhu tersebut kerja katalis berkurang.
6. Suatu katalis hanya memengaruhi laju reaksi secara spesifik, artinya suatu katalis hanya memengaruhi laju satu jenis reaksi dan tidak dapat untuk reaksi yang lain.
7. Keaktifan katalis dapat diperbesar oleh zat lain yang disebut **promotor**.
8. Hasil suatu reaksi dapat bertindak sebagai katalis, sehingga zat tersebut disebut **autokatalis**.
9. Katalis dalam senyawa organik disebut **enzim**.
10. Terdapat katalis yang dapat memperlambat suatu reaksi, sehingga katalis itu disebut **katalis negatif** atau **inhibitor**.

Berdasarkan wujudnya, katalis dapat dibedakan dalam dua golongan, yaitu:

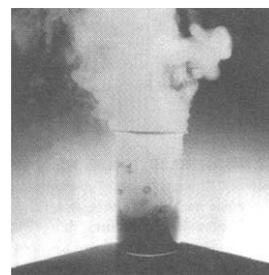
1. **Katalis homogen**, yaitu katalis yang mempunyai wujud sama dengan pereaksi. Katalis ini dapat berada dalam dua wujud:

## Khazanah

### Reaksi Kimia

Reaksi kimia dapat dimisalkan dengan pabrik kue yang mengubah bahan baku menjadi kue. Misalnya untuk membuat satu kue diperlukan 5 butir telur, 0,5 kg gula dan 1 kg tepung, maka kecepatan produksi pabrik dapat dinyatakan dari jumlah telur, jumlah gula, atau jumlah tepung yang habis, atau dapat juga dari jumlah kue yang dihasilkan. Cukup diambil salah satu saja dan tidak perlu keempatnya.

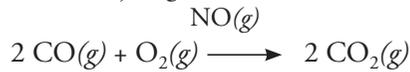
Syukri, 1999, hlm. 470



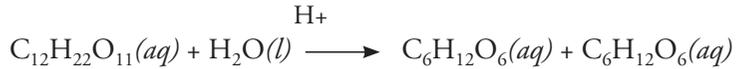
Osoby, dkk., 2001, hlm. 439

Gambar 4.15  
Dekomposisi  $H_2O_2$  dengan katalis  $MnO_2$  menjadi air dan oksigen

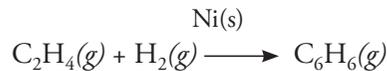
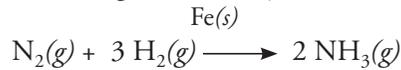
a. dalam wujud gas, contoh:



b. dalam wujud larutan, contoh:



2. **Katalis heterogen**, yaitu katalis yang mempunyai wujud berbeda dengan pereaksi. Biasanya katalis ini berwujud padat dan pereaksinya cair atau gas. Contohnya:



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

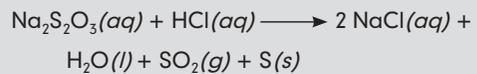
- Sebutkan faktor apa saja yang dapat memengaruhi laju reaksi. Bagaimana kecenderungan pengaruh masing-masing faktor terhadap tumbukan antarpartikel yang terjadi dan terhadap kemungkinan berlangsungnya reaksi?
- Lima buah tabung reaksi masing-masing berisi larutan:
  - HCl 0,2 M
  - HCl 0,3 M
  - HCl 0,3 M
  - HCl 0,4 M
  - HCl 0,5 M

Apabila ke dalam masing-masing tabung tersebut dimasukkan 1 g batu kapur, maka reaksi di tabung manakah yang akan berlangsung paling cepat? Mengapa? Jelaskan.

- Dalam suatu reaksi:
$$\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{MgCl}_2(aq) + 2 \text{H}_2(g)$$
Manakah dari perlakuan-perlakuan berikut yang dapat mempercepat terbentuknya gas hidrogen?
  - menambah konsentrasi HCl
  - menurunkan suhu

- mendinginkan campuran reaksi
- menghaluskan magnesium

- Dalam percobaan, reaksi antara natrium tiosulfat dengan asam klorida adalah sebagai berikut.



Untuk menentukan laju reaksi pada reaksi tersebut ditandai dengan terbentuknya suatu zat. Zat apakah itu?

- Suatu reaksi berlangsung 2 kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10 °C. Jika laju reaksi pada suhu 30 °C adalah  $2 \times 10^{-3} \text{ M/s}$ , maka berapa laju reaksi pada suhu 60 °C?
- Gambarkan diagram energi potensial dari reaksi kimia yang menggunakan katalisator maupun yang tidak. Apa beda keduanya?
- Simak kembali Gambar 4.14 pada materi ini. Jelaskan apa yang dimaksud dengan katalis dan energi pengaktifan. Apa perannya? Terangkan.



Beberapa faktor yang memengaruhi laju reaksi telah usai kalian pelajari. Untuk menganalisis lebih dalam kecenderungan peranan masing-masing faktor, lakukanlah aktivitas berikut.

# Aktivitas

## Menganalisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi

### A. Dasar Teori

Suatu reaksi kimia berlangsung apabila terjadi tumbukan yang efektif antarpartikel pereaksi. Cepat lambatnya suatu reaksi kimia dinyatakan dengan laju reaksi. Kecepatan laju reaksi ini dapat dikendalikan karena ada beberapa faktor yang memengaruhinya, yaitu konsentrasi pereaksi, luas permukaan partikel dari pereaksi, suhu saat reaksi, dan keberadaan katalis.

Konsentrasi pereaksi sebanding dengan laju reaksi. Artinya, semakin besar konsentrasi pereaksi, maka laju reaksi akan semakin cepat.

Begitu pula dengan luas permukaan dari partikel-partikel pereaksi. Semakin luas permukaan partikelnya, maka semakin cepat laju reaksinya. Mengenai suhu saat reaksi juga sebanding dengan laju reaksi. Jadi, semakin tinggi suhu reaksi, maka laju reaksinya semakin cepat. Adapun keberadaan katalis akan mempercepat laju reaksi tanpa bereaksinya katalis tersebut.

Syukri S, 1999, hlm. 472, 495, 502 (dengan pengembangan)

### B. Tujuan Percobaan

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi pada laju reaksi.
2. Mengetahui pengaruh luas permukaan pada laju reaksi.
3. Mengetahui pengaruh suhu pada laju reaksi.
4. Mengetahui pengaruh katalis pada laju reaksi penguraian  $H_2O_2$ .

### C. Alat dan Bahan Percobaan

Alat:

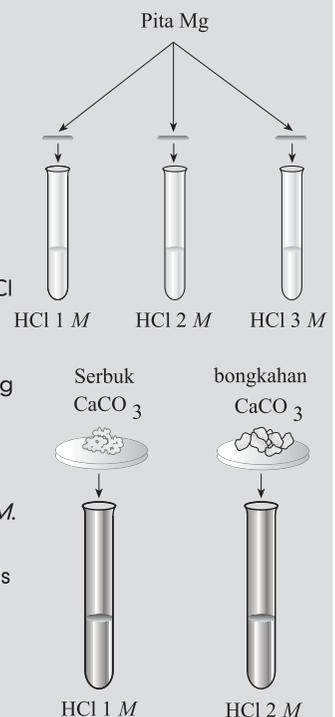
- tabung reaksi
- alat pemanas
- kertas kosong yang diberi tanda silang (X)
- stop watch
- termometer
- gelas kimia
- gelas ukur

Bahan:

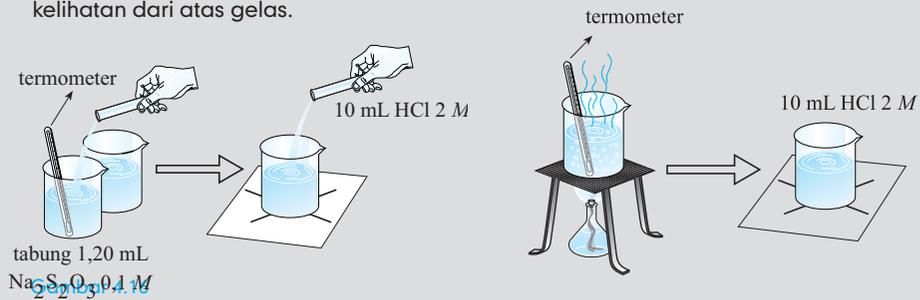
- pita magnesium
- batu pualam,  $CaCO_3$  (bongkahan dan serbuk)
- larutan HCl 1M, 2M, 3M
- larutan  $Na_2S_2O_3$  0,1M
- larutan hydrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 5%
- larutan besi(III) klorida ( $FeCl_3$ ) 0,1M
- larutan natrium klorida (NaCl) 0,1M

### D. Langkah Percobaan

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi pada laju reaksi
  - a. Siapkan 3 buah tabung reaksi masing-masing dengan 10 mL HCl 1 M, 10 mL HCl 2 M, dan 10 mL HCl 3 M.
  - b. Masukkan 1 cm pita magnesium ke tabung 1 dan catat waktunya mulai dari pita Mg dimasukkan sampai pita Mg habis bereaksi.
  - c. Ulangi langkah b untuk tabung 2 dan 3.
2. Mengetahui pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi
  - a. Siapkan 2 tabung reaksi masing-masing dengan 10 mL HCl 2 M.
  - b. Masukkan 1 g serbuk  $CaCO_3$  ke dalam tabung dan catat waktunya mulai  $CaCO_3$  dimasukkan sampai  $CaCO_3$  habis bereaksi dengan HCl.
  - c. Masukkan 1 g bongkahan  $CaCO_3$  ke dalam tabung dan catat waktunya mulai dari  $CaCO_3$  dimasukkan sampai  $CaCO_3$  habis bereaksi dengan HCl.



3. Pengaruh suhu terhadap laju reaksi
- Isilah 4 gelas kimia masing-masing dengan 20 mL larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Ukurlah suhunya masing-masing.
  - Letakkan gelas 1 di atas kertas bertanda silang. Masukkan 10 mL HCl 1 M dalam gelas kimia. Catat waktu saat HCl dimasukkan dalam gelas kimia sampai tanda silang pada kertas tidak kelihatan dari atas gelas.
  - Panaskan gelas 2, 3, dan 4 di atas pemanas sampai suhu larutan naik  $10^\circ\text{C}$  (gelas 2),  $20^\circ\text{C}$  (untuk gelas 3), dan  $30^\circ\text{C}$  (untuk gelas 4). Turunkan gelas dari pemanas dan letakkan di atas kertas bertanda silang. Segera masukkan 10 mL HCl 1 M ke dalam gelas dan catat waktu mulai dari HCl dimasukkan sampai tanda silang pada kertas tidak kelihatan dari atas gelas.



Langkah kerja untuk menganalisis faktor suhu yang mempengaruhi laju reaksi.

4. Pengaruh katalis terhadap laju reaksi  $\text{H}_2\text{O}_2$
- Isilah 3 buah gelas kimia masing-masing dengan 50 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$
  - Gelas 1 dibiarkan saja.
  - Pada gelas 2, tambahkan 20 tetes NaCl.
  - Pada gelas 3, tambahkan 20 tetes  $\text{FeCl}_3$ .
  - Amati reaksi yang terjadi pada setiap gelas dan catat hasilnya.

### E. Hasil Percobaan

Isikanlah data hasil percobaan kalian pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi

Tabung reaksi	Pita Mg	Konsentrasi HCl	Waktu (s)
1	1 cm	1 M	
2	1 cm	2 M	
3	1 cm	3 M	

Tabel 2. Pengaruh Luas Permukaan terhadap Laju Reaksi

Tabung	$\text{CaCO}_3$ 1 gram	Konsentrasi HCl	Waktu (s)
1	serbuk	2 M	
2	bongkahan	2 M	

Tabel 3. Pengaruh Suhu terhadap Laju Reaksi

Gelas Kimia	Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	V HCl 2 M	V $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 M	Waktu (s)
1	x =	10 mL	20 mL	
2	x + 10 =	10 mL	20 mL	
3	x + 20 =	10 mL	20 mL	
4	x + 30 =	10 mL	20 mL	



Tabel 4. Pengaruh Katalis terhadap Laju Reaksi

Gelas kimia	Larutan	Pengamatan
1	$\text{H}_2\text{O}_2$	
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaCl}$	
3	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{FeCl}_3$	

#### F. Pembahasan

Buatlah pembahasan tentang hasil percobaan dengan menjawab beberapa pertanyaan berikut.

- Mengetahui pengaruh konsentrasi pada laju reaksi.
  - Reaksi pada tabung mana yang paling cepat?
  - Reaksi pada tabung mana yang paling lambat?
  - Mengapa kecepatan reaksi keduanya berbeda?
  - Tentukanlah variabel bebas dan variabel kontrolnya.
  - Buatlah grafik fungsi konsentrasi vs waktu dari hasil percobaan kalian.
- Mengetahui pengaruh luas permukaan pada laju reaksi.
  - Reaksi pada tabung manakah yang lebih cepat selesai?
  - Faktor apakah yang memengaruhi cepat lambatnya reaksi-reaksi tersebut?
  - Tentukanlah variabel bebas dan variabel kontrolnya.
  - Buatlah grafik fungsi antara bentuk partikel zat vs waktu dari hasil percobaan kalian.
- Mengetahui pengaruh suhu pada laju reaksi.
  - Reaksi pada gelas manakah yang lebih cepat menghasilkan endapan belerang? (ditandai dengan larutan yang keruh dan tanda silang tidak kelihatan)
  - Faktor apa yang memengaruhi cepat lambatnya reaksi?
  - Tentukanlah variabel bebas dan variabel kontrolnya.
  - Buatlah grafik fungsi suhu Vs waktu dari hasil percobaan.
  - Berapa kalikah laju reaksi pada tabung 2 dibandingkan dengan tabung 1?
- Mengetahui pengaruh katalis pada laju reaksi.
  - Apa yang terjadi pada gelas kimia 1, 2, dan 3?
  - Apa yang berperan sebagai katalis?

#### G. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi dan kecenderungan pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap laju reaksi.

### Tugas

Carilah contoh beberapa katalis untuk berbagai reaksi kimia. Kalian dapat menemukannya dalam buku-buku kimia di perpustakaan sekolah.



## C. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi

Laju reaksi dalam suatu reaksi sangat bergantung pada konsentrasi pereaksi. Besarnya laju reaksi akan berkurang karena konsentrasi pereaksi makin kecil. Hubungan antara konsentrasi pereaksi dan laju reaksi tersebut dinyatakan dalam persamaan reaksi. Bagaimana kita menuliskan persamaan laju reaksi? Pelajari persamaan laju reaksi dan orde reaksi berikut.

## 1. Persamaan Laju Reaksi

Persamaan laju reaksi hanya dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi. Untuk reaksi secara umum:  $pA + qB \longrightarrow rC + sD$ , maka laju reaksinya ditulis:  $r = k [A]^m [B]^n$ . Dalam rumusan tersebut,  $r$  merupakan laju reaksi dengan satuan mol/Ls atau  $M/s$ ,  $k$  adalah konstanta laju reaksi, lambang  $[A]$  dan  $[B]$  merupakan konsentrasi molar zat A dan B, sedangkan pangkat  $m$  dan  $n$  merupakan angka-angka bilangan bulat (0, 1, 2, ...) dan disebut sebagai orde reaksi atau tingkat reaksi.  $m$  merupakan orde reaksi terhadap A,  $n$  orde reaksi terhadap B, dan  $m+n$  merupakan orde reaksi total. Besarnya  $m$  dan  $n$  tersebut tidak berhubungan dengan koefisien reaksi. Jika ternyata besarnya sama, maka itu suatu kebetulan saja karena orde reaksi hanya dapat ditentukan dari data percobaan.

Contoh beberapa persamaan reaksi dan cara menuliskan persamaan laju reaksinya serta tingkat reaksinya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Persamaan Laju Reaksi dan Tingkat Reaksinya

Reaksi tingkat satu	Rumus laju reaksi
$2 \text{N}_2\text{O}_5(g) \longrightarrow 4 \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$	$k [\text{N}_2\text{O}_5]$
$2 \text{H}_2\text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(g) + \text{O}_2(g)$	$k [\text{H}_2\text{O}_2]$
$\text{SO}_2\text{Cl}_2(g) \longrightarrow \text{SO}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$	$k [\text{SO}_2\text{Cl}_2]$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) + \text{HCl}(g)$	$k [\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}]$
Reaksi tingkat dua	
$\text{NO}(g) + \text{O}_3(g) \longrightarrow \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$	$k [\text{NO}][\text{O}_3]$
$2 \text{NO}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$	$k [\text{NO}_2]^2$
$\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$	$k [\text{NO}_2][\text{CO}]$
$\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2(aq) + 3 \text{KI}(aq) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) + 2 \text{KBr}(aq) + \text{KI}_3(aq)$	$k [\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2][\text{KI}]$
Reaksi tingkat tiga	
$2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NO}_2(g)$	$k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$
$2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NOCl}(g)$	$k [\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]$
$2 \text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NOBr}(g)$	$k [\text{NO}]^2 [\text{Br}_2]$
$2 \text{NO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g)$	$k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$

Keenan, dkk., 1999, hlm. 533

## 2. Penentuan Orde Reaksi

Pada Tabel 4.1 terlihat bahwa tingkat (orde) reaksi tidak berhubungan dengan koefisien pereaksi. Adapun langkah-langkah dalam penulisan persamaan laju reaksi dan penentuan orde reaksinya adalah sebagai berikut.

Langkah pertama, menuliskan persamaan laju reaksi secara umum, disesuaikan dengan jumlah pereaksinya.

Jika pereaksinya tunggal:  $A \longrightarrow \text{hasil}$ , maka,  $v = k[A]^m$

Jika pereaksinya dua:  $A + B \longrightarrow \text{hasil}$ , maka,  $v = k[A]^m[B]^n$

Jika pereaksinya tiga:  $A + B + C \longrightarrow \text{hasil}$ , maka,  $v = k[A]^m[B]^n[C]^o$

Langkah kedua, menentukan  $m$ ,  $n$ , dan  $o$  dari data percobaan. Untuk menentukan orde reaksi, perhatikanlah contoh berikut.

## Contoh

Dalam ruang tertutup, direaksikan gas  $\text{SO}_2$  dan gas  $\text{H}_2$  dengan persamaan reaksi berikut.



Berikut adalah data yang diperoleh dari percobaan.

Percobaan	$[\text{SO}_2] \text{ M}$	$[\text{H}_2] \text{ M}$	$r \text{ (M/s)}$
1	0,03	0,12	$1 \times 10^{-2}$
2	0,06	0,12	$2 \times 10^{-2}$
3	0,06	0,24	$8 \times 10^{-2}$

Tentukanlah:

- Persamaan laju reaksinya
- Konstanta laju reaksinya

**Jawab:**

Penulisan persamaan laju reaksinya:  $r = k[\text{SO}_2]^m [\text{H}_2]^n$

Untuk menentukan  $m$  dan  $n$  dapat dilakukan beberapa cara, yaitu:

### Cara 1

- Menentukan orde reaksi terhadap  $\text{SO}_2$  atau  $m$ . Kita ambil data pada konsentrasi  $\text{H}_2$  yang konstan, yaitu data 1 dan 2.

Percobaan	$[\text{SO}_2] \text{ M}$	$v \text{ (M/s)}$
1	0,03	$1 \times 10^{-2}$
2	0,06	$2 \times 10^{-2}$

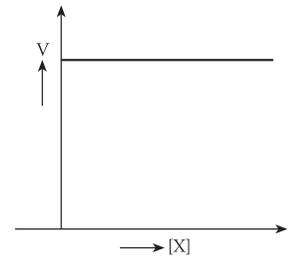
Pada data tersebut, jika  $[\text{SO}_2]$  dinaikkan 2 kali ternyata laju reaksi juga naik 2 kali. Jadi laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi A, ditulis  $r = k [A]$ . Konsentrasi A berpangkat satu atau orde reaksi terhadap A adalah 1. Jika dibuat grafik fungsi laju reaksi terhadap  $[A]$ , maka grafiknya berupa garis lurus, seperti terlihat pada Gambar 4.18.

- Menentukan orde reaksi terhadap  $\text{H}_2$  atau  $n$ . Kita ambil data pada konsentrasi  $\text{SO}_2$  yang konstan, yaitu data 2 dan 3

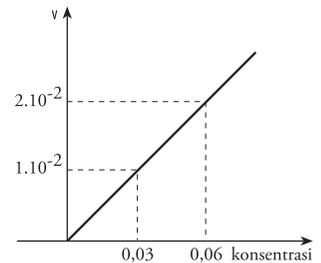
Percobaan	$[\text{H}_2] \text{ M}$	$r \text{ (M/s)}$
2	0,12	$2 \times 10^{-2}$
3	0,24	$8 \times 10^{-2}$

Dari data tersebut, jika  $[\text{H}_2]$  dinaikkan 2 kali ternyata laju reaksinya naik 4 kali. Jadi, laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi  $\text{H}_2$  pangkat 2, ditulis  $r = k [\text{H}_2]^2$ . Grafik fungsi laju reaksi terhadap  $[B]$  berupa parabola, seperti tampak pada Gambar 4.19.

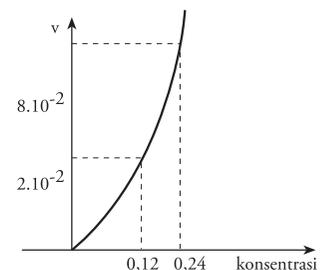
- Selanjutnya, persamaan laju reaksi secara keseluruhan dituliskan:  
 $r = k [A] [B]^2$ . Orde reaksi totalnya adalah  $m + n$  yaitu  $1 + 2 = 3$ .



Gambar 4.17  
Grafik Reaksi Orde Nol



Gambar 4.18  
Grafik Reaksi Orde 1



Gambar 4.19  
Grafik Reaksi Orde 2

## Cara 2

Cara yang kedua ini dilakukan dengan membandingkan persamaan reaksi pada data satu dengan data lainnya. Berikut penyelesaiannya.

- a. Menentukan orde reaksi terhadap  $\text{SO}_2$  pada data  $[\text{H}_2]$  yang konstan, yaitu data 2 dan 1

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k}{k} \left[ \frac{[\text{SO}_2]_2}{[\text{SO}_2]_1} \right]^m \left[ \frac{[\text{H}_2]_2}{[\text{H}_2]_1} \right]^n$$
$$\frac{2 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-2}} = \frac{k}{k} \left[ \frac{0,06}{0,03} \right]^m \left[ \frac{0,12}{0,12} \right]^n$$
$$2 = 2^m$$
$$m = 1$$

Jadi, orde reaksi terhadap  $\text{SO}_2$  adalah 1.

- b. Menentukan orde reaksi terhadap  $\text{H}_2$  pada data  $[\text{SO}_2]$  yang konstan, yaitu data 3 dan 2

$$\frac{r_3}{r_1} = \frac{k}{k} \left[ \frac{[\text{SO}_2]_3}{[\text{SO}_2]_2} \right]^m \left[ \frac{[\text{H}_2]_3}{[\text{H}_2]_2} \right]^n$$
$$\frac{8 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}} = \frac{k}{k} \left[ \frac{0,06}{0,06} \right]^m \left[ \frac{0,24}{0,12} \right]^n$$
$$4 = 2^n$$
$$n = 2$$

Jadi, orde reaksi terhadap hidrogen adalah 2.

- c. Persamaan laju reaksinya adalah  $r = k [\text{SO}_2] [\text{H}_2]^2$

Untuk menentukan harga  $k$  dapat digunakan salah satu data, kemudian dimasukkan dalam persamaan laju reaksi yang sudah dituliskan tersebut. Misalnya kita ambil data 1.

$$r_1 = k [\text{SO}_2] [\text{H}_2]^2$$
$$1 \times 10^{-2} \text{ M/s} = k (0,03 \text{ M}) (0,12 \text{ M})^2$$
$$1 \times 10^{-2} \text{ M/s} = 4,32 \cdot 10^{-4} k \text{ M}^3$$
$$k = \frac{10^{-2} \text{ M/s}^{-1}}{4,32 \cdot 10^{-4} \text{ M}^3}$$
$$k = 23,15 \text{ M}^{-2}/\text{s}$$

Jadi, konstanta laju reaksinya adalah  $23,15 \text{ M}^{-2}/\text{s}$ .

## Diskusi

Dari hasil suatu percobaan terhadap reaksi:

$2 \text{ NO}(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2 \text{ NOBr}(g)$ , diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	$[\text{NO}] \text{ M}$	$[\text{Br}_2] \text{ M}$	$v \text{ (M/s)}$
1	0,10	0,10	12
2	0,10	0,20	24
3	0,20	0,10	48
4	0,30	0,10	108



Melalui data di atas, cari tahulah bersama teman-teman kalian persamaan laju reaksinya, orde reaksinya, dan konstanta laju reaksi. Melalui jawaban yang telah kalian peroleh, tentukan pula waktu reaksinya. Ingat bahwa laju reaksi adalah berkurangnya reaktan per satuan waktu atau bertambahnya produk per satuan waktu. Dengan konsep ini kalian bisa menentukan besarnya waktu reaksi. Diskusikan dengan teman-teman kalian agar lebih mudah menemukan jawabannya.

Mudah bukan menentukan persamaan laju reaksi dan orde reaksinya? Nah, supaya lebih paham lagi, berlatihlah dengan mengerjakan soal-soal *Uji Kompetensi*.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Mengapa rumus laju reaksi tidak dapat ditulis berdasarkan koefisien pereaksinya?
- Data yang dihasilkan dari reaksi:  
 $2X + Y \longrightarrow \dots$ , hasil reaksinya adalah:

Percobaan	[X] M	[Y] M	V (M/s)
1	$3,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-6}$
2	$6,4 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$2,16 \times 10^{-5}$
3	$6,4 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$4,32 \times 10^{-5}$

Tentukan:

- Persamaan laju reaksinya
  - Harga k
- Untuk reaksi  $A + B \longrightarrow C$  diperoleh data:

No	[A] mol/L	[B] mol/L	Waktu (s)
1	0,1	0,05	81
2	0,1	0,15	27
3	0,3	0,15	9

Tentukanlah:

- Persamaan laju reaksinya
  - Orde reaksinya
- Gambarlah grafik fungsi konsentrasi vs laju reaksi yang menunjukkan reaksi:
    - tingkat nol
    - tingkat 1
    - tingkat 2



## D. Penerapan Laju Reaksi

Kalian pernah melarutkan gula dalam air bukan? Mungkin sewaktu kalian membuat teh manis, kopi, atau minuman lainnya. Bagaimana kira-kira larutnya gula dalam air jika yang dilarutkan bongkahan gula batu atau serbuk? Tentulah lebih cepat larut yang dalam bentuk serbuk. Itulah pengaruh luas permukaan pada laju reaksi yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam bidang industri, reaksi-reaksi yang terjadi selalu diusahakan berlangsung lebih cepat. Faktor laju reaksi yang sering digunakan adalah katalis. Seperti yang telah kalian pelajari tentang uraian katalis di depan, katalis merupakan zat yang mempercepat laju reaksi tetapi pada akhir reaksi didapatkan kembali seperti semula. Contoh industri yang menggunakan katalis adalah pembuatan amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Amonia merupakan bahan untuk membuat asam nitrat, pupuk, dan bahan peledak. Proses pembuatan amonia dikenal dengan nama **Proses Haber-Bosch** sesuai dengan nama penemunya, yaitu **Fritz Haber** dan **Karl Bosch**. Reaksi pembuatan amonia dari gas nitrogen dan gas hidrogen sebagai berikut:



Gambar 4.20

Laju reaksi yang berbeda pada pelarutan gula dengan luas permukaan berbeda

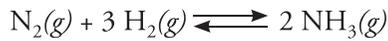
## Khazanah

www.bagail.com

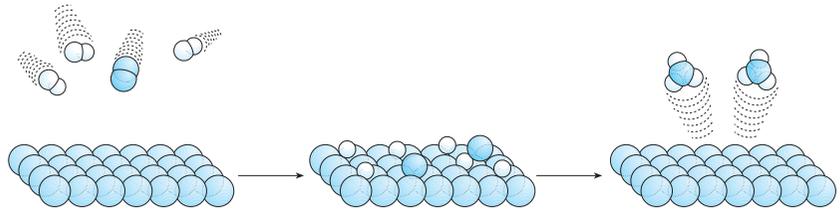


Fritz Haber (1868-1934) dikenal karena pengembangannya yang dilakukannya dalam metode sintesis amonia yang ekonomis. Prestasi terbesarnya diraih pada tahun 1913 dengan mereaksikan secara langsung nitrogen dan hidrogen untuk membuat amonia

Microsoft Encarta Premium 2006



$$\Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$$



Gambar 4.21  
Proses Haber pada pembentukan  $\text{NH}_3$

Ternyata reaksi tersebut sangat lambat pada suhu kamar, sehingga perlu dilakukan usaha-usaha untuk mempercepat laju reaksinya. Usaha itu harus dilakukan agar segera didapatkan hasil sebanyak-banyaknya dalam waktu sesingkat-singkatnya, sesuai prinsip ekonomi. Salah satu usaha yang dilakukan adalah dengan menambahkan katalis besi. Pada proses pembuatan asam sulfat yang sering dikenal dengan nama **proses kontak**, juga diperlukan katalis yaitu Vanadium pentoksida,  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

## Diskusi

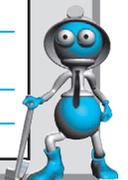
Dari pemaparan materi yang telah disampaikan, tentu kalian sudah mengetahui bahwa katalis telah banyak digunakan dalam reaksi-reaksi kimia yang ada. Baik reaksi di dalam tubuh, seperti beberapa macam enzim, reaksi dalam industri seperti dalam pembuatan amonia dan asam sulfat, ataupun reaksi dalam skala laboratorium, seperti penambahan asam pada reaksi dekomposisi  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Nah, sekarang diskusikan kemudian simpulkan peranan katalis dalam reaksi-reaksi tersebut. Apa keuntungan yang kita peroleh ketika katalis ditambahkan dalam reaksi tersebut?



## Tugas

### Teka-Teki Kimia: AKSARA BERMAKNA

No	Soal	Jawaban
1	Apakah <b>K</b> , yang mempercepat laju reaksi?	<u>K</u> _____
2	Apakah <b>T</b> , yang diperlukan untuk terjadinya suatu reaksi?	<u>T</u> _____
3	Apakah <b>M</b> , satuan yang menyatakan konsentrasi suatu zat?	<u>M</u> _____
4	Apakah <b>P</b> , zat yang ada setelah terjadinya suatu reaksi?	<u>P</u> _____
5	Apakah <b>S</b> , yang dapat menambah energi kinetik molekul-molekul pereaksi sehingga semakin mungkin terjadi tumbukan efektif?	<u>S</u> _____
6	Apakah <b>A</b> , suatu bahan baku untuk membuat pupuk urea?	<u>A</u> _____
7	Apakah <b>EA</b> , suatu jumlah energi minimum yang diperlukan oleh pereaksi untuk berubah menjadi hasil reaksi?	<u>EA</u> _____
8	Apakah <b>LR</b> , berkurangnya jumlah pereaksi atau bertambahnya jumlah hasil reaksi per satuan waktu?	<u>LR</u> _____
9	Apakah <b>OR</b> , yang menyatakan tingkatan suatu reaksi?	<u>OR</u> _____
10	Apakah <b>PK</b> , suatu cara pembuatan zat kimia yang memerlukan bantuan katalis $\text{V}_2\text{O}_5$ ?	<u>PK</u> _____



## Rangkuman

1. Laju reaksi menyatakan cepat lambatnya suatu reaksi kimia. Laju reaksi diartikan dengan berkurangnya pereaksi atau bertambahnya reaktan. Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi, luas permukaan pereaksi, suhu saat reaksi, dan ada tidaknya katalis.
2. Satuan konsentrasi yang digunakan dalam laju reaksi adalah molaritas ( $M$ ), dan rumusnya adalah  $M = n \times V$ , dengan  $n$  adalah mol dan  $V$  menunjukkan volume larutan.
3. Penulisan persamaan laju reaksi secara umum untuk reaksi:  
 $pA + qB \longrightarrow rC$  adalah  $r = k [A]^m [B]^n$ , dengan  $m$  orde reaksi terhadap A dan  $n$  orde reaksi terhadap B.
4. Orde reaksi adalah jumlah pangkat konsentrasi pereaksi dalam persamaan laju reaksi.
5. Penggunaan katalis dalam industri terlihat pada produksi senyawa  $NH_3$  dan  $H_2SO_4$ .



## Glosarium

**Autokatalis** Hasil suatu reaksi yang dapat bertindak sebagai katalis

**Energi aktivasi** Energi minimum yang harus dimiliki molekul-molekul pereaksi untuk dapat menghasilkan reaksi

**Enzim** Katalis yang berperan dalam reaksi-reaksi yang berlangsung dalam tubuh

**Inhibitor** Zat yang menghambat laju reaksi

**Katalis** Zat yang dapat mempercepat laju reaksi tetapi tidak mengalami perubahan secara per-

manen sehingga zat tersebut dapat diperoleh kembali di akhir reaksi

**Laju reaksi** Berkurangnya konsentrasi pereaksi (reaktan) per satuan waktu atau bertambahnya konsentrasi hasil reaksi (produk) per satuan waktu

**Molaritas** Jumlah mol zat dalam satu liter larutan

**Orde reaksi** Jumlah pangkat konsentrasi pereaksi dalam persamaan laju reaksi

**Promotor** Zat lain yang dapat memperbesar keaktifan katalis

## Ulangan Harian



A Pilihlah jawaban yang tepat.

1. Larutan  $CaCO_3$  (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16) mempunyai konsentrasi 0,5  $M$ . Artinya, dalam ....
  - A. 1 L larutannya terdapat 0,5 mol  $CaCO_3$
  - B. 1 L pelarutnya terdapat 5 g  $CaCO_3$
  - C. 2 L larutannya terdapat 2 mol  $CaCO_3$
  - D. 500 mL pelarutnya terdapat 50 g  $CaCO_3$
  - E. 500 mL larutannya terdapat 0,1 mol  $CaCO_3$
2. Laju reaksi:  $H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2 HI(g)$ , dapat dinyatakan sebagai ....
  - A. penambahan konsentrasi  $H_2$  per satuan waktu
  - B. penambahan konsentrasi  $HI$  per satuan waktu
  - C. penambahan konsentrasi  $I_2$  per satuan waktu
  - D. penambahan konsentrasi  $H_2$  dan  $I_2$  per satuan waktu
  - E. penambahan konsentrasi  $H_2$ ,  $I_2$ , dan  $HI$  persatuan waktu

3. Dari reaksi:  $A + B \longrightarrow C$ , diperoleh data sebagai berikut.

No	Konsentrasi C (M)	Waktu (s)
1	0,00	0
2	0,50	20
3	0,75	60

Maka laju reaksi terhadap C adalah ...

- A.  $-0,25 \text{ M/s}$   
 B.  $-0,00625 \text{ M/s}$   
 C.  $+0,00625 \text{ M/s}$   
 D.  $+0,25 \text{ M/s}$   
 E.  $+160 \text{ M/s}$
4. Pada ruangan 1 liter terdapat 0,2 mol zat B yang bereaksi dengan zat A menurut reaksi:  
 $A + B \longrightarrow AB$   
 Setelah 10 detik, ternyata zat B yang tersisa adalah 0,05 mol. Laju reaksi terhadap zat B adalah ...
- A.  $0,15 \text{ M/s}$                       D.  $0,015 \text{ M/s}$   
 B.  $0,05 \text{ M/s}$                       E.  $0,005 \text{ M/s}$   
 C.  $0,02 \text{ M/s}$
5. Faktor berikut yang tidak memengaruhi laju reaksi adalah ...
- A. benar semua  
 B. konsentrasi  
 C. katalisator  
 D. suhu  
 E. luas permukaan
6. Pada reaksi:  $X + Y \longrightarrow Z$ , diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	Zat A	Zat B	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Waktu (s)
1	2 g serbuk	0,2 M	27	10
2	2 g larutan	0,2 M	27	8
3	2 g keping	0,2 M	27	15
4	2 g larutan	0,4 M	27	5
5	2 g larutan	0,2 M	35	5

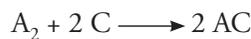
Berdasarkan data percobaan 1 dan 3, faktor yang memengaruhi laju reaksi adalah ...

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

7. Pada percobaan reaksi antara batu pualam ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan larutan asam klorida yang diharapkan berlangsung paling cepat adalah percobaan ....

Percobaan	1 gram $\text{CaCO}_3$	25 mL HCl
a	serbuk	0,1 M
b	serbuk	0,3 M
c	bongkahan	0,1 M
d	bongkahan	0,2 M
e	bongkahan	0,3 M

8. Kecepatan berlangsungnya reaksi antara natrium tiosulfat dengan asam klorida menurut reaksi:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{aq}) + \text{S}(\text{s})$ , dapat diamati dari ....
- A. terbentuknya  $\text{SO}_2$   
 B. terbentuknya endapan kuning dari S  
 C. terbentuknya NaCl  
 D. berkurangnya konsentrasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   
 E. berkurangnya konsentrasi HCl
9. Berikut adalah data percobaan reaksi:



Percobaan	$[A_2] \text{ M}$	$[C] \text{ M}$	$r \text{ (M/s)}$
1	0,1	0,1	2
2	0,1	0,2	8
3	0,2	0,2	16

Persamaan laju reaksi untuk reaksi tersebut adalah ...

- A.  $r = k [A_2][C]$   
 B.  $r = k [A_2]^0 [C]^2$   
 C.  $r = k [A_2][C]^2$   
 D.  $r = k [A_2]^2 [C]$   
 E.  $r = k [A_2][C]^0$

10. Data percobaan reaksi:  $A + 2 B \longrightarrow AB_2$ , menunjukkan bahwa apabila konsentrasi A dinaikkan 2 kali sedang konsentrasi B tetap, laju reaksinya naik 2 kali. Bila konsentrasi A tetap dan konsentrasi B dinaikkan 2 kali, maka laju reaksinya naik 2 kali pula. Persamaan laju reaksinya dapat dituliskan ....

- A.  $r = k [A]^2 [B]^3$   
 B.  $r = k [A]^2 [B]^2$

C.  $r = k [A] [B]^2$

D.  $r = k [A]^2 [B]$

E.  $r = k [A] [B]$

11. Reaksi:  $2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NOCl}(g)$   
 Pada suhu tertentu mempunyai persamaan laju reaksi  $r = k [\text{NO}]^2[\text{Cl}]$ , maka reaksi tersebut merupakan reaksi tingkat ....

- A. 0  
 B. 1  
 C. 2  
 D. 3  
 E. 4

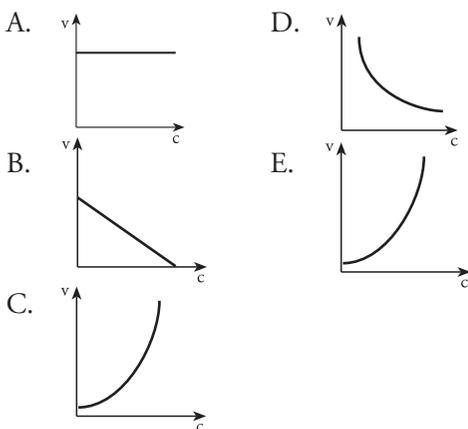
12. Gas brom dapat bereaksi dengan gas nitrogen monoksida menurut persamaan reaksi:  
 $2 \text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NOBr}(g)$ .  
 Dari reaksi tersebut diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi		Laju reaksi (M/s)
	NO	Br <sub>2</sub>	
1	0,1	0,05	0,02
2	0,1	0,10	0,04
3	0,2	0,15	0,36

Reaksi tersebut adalah reaksi tingkat (orde) ....

- A. 0  
 B. 1  
 C. 2  
 D. 3  
 E. 4

13. Pada reaksi penguraian:  $\text{AB}_2 \longrightarrow \text{A} + 2 \text{B}$ , diketahui bahwa reaksi tersebut berorde satu terhadap  $\text{AB}_2$ . Grafik di bawah ini yang menyatakan hubungan laju reaksi dengan konsentrasi  $\text{AB}_2$  adalah ....



14. Bila suhu suatu reaksi dinaikkan  $10^\circ \text{C}$ , maka laju reaksi akan menjadi dua kali lipat. Apabila pada suhu  $T^\circ \text{C}$  reaksi berlangsung

selama 160 menit, maka pada suhu  $(T + 40)^\circ \text{C}$  reaksi akan berlangsung selama ....

- A. 10 menit  
 B. 20 menit  
 C. 40 menit  
 D. 80 menit  
 E. 120 menit

15. Laju reaksi suatu reaksi akan bertambah menjadi dua kali lipat untuk kenaikan suhu  $10^\circ \text{C}$ . Maka, laju reaksi pada suhu  $75^\circ \text{C}$  dibanding pada suhu  $35^\circ \text{C}$  adalah ...

- A. 4 kali  
 B. 8 kali  
 C. 16 kali  
 D. 32 kali  
 E. 50 kali

16. Perhatikan diagram energi berikut.

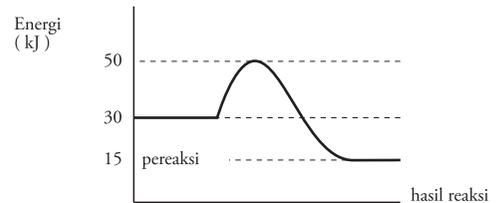


Diagram di atas menyatakan bahwa ....

- A. energi aktivasi 35 kJ  
 B. energi aktivasi 20 kJ  
 C. perubahan entalpi reaksi +15 kJ  
 D. perubahan entalpi reaksi -35 kJ  
 E. perubahan entalpi menyerap energi

17. Pernyataan tentang katalis berikut yang **tidak** benar adalah ....

- A. katalis tidak mengalami perubahan secara permanen selama reaksi berlangsung  
 B. hasil suatu reaksi dapat bertindak sebagai katalis yang disebut autokatalis  
 C. katalis sangat memengaruhi hasil akhir reaksi  
 D. keaktifan katalis dapat diperbesar zat lain yang disebut promotor  
 E. suatu katalis hanya memengaruhi laju reaksi secara spesifik

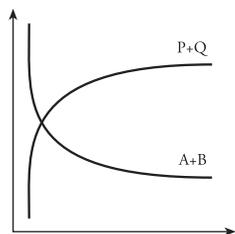
18. Energi minimum yang diperlukan untuk dapat berlangsungnya suatu reaksi disebut energi ....

- A. potensial
- B. kinetik
- C. reaksi
- D. kimia
- E. aktivasi

19. Katalis yang berperan dalam reaksi-reaksi yang berlangsung dalam tubuh kita sering kita sebut dengan ....
- A. enzim
  - B. hormon
  - C. sel
  - D. asam nukleat
  - E. kelenjar
20. Katalis yang digunakan dalam pembuatan asam sulfat dengan proses kontak adalah ....
- A.  $\text{MnO}_2$
  - B.  $\text{V}_2\text{O}_5$
  - C.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
  - D.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
  - E.  $\text{HCl}$

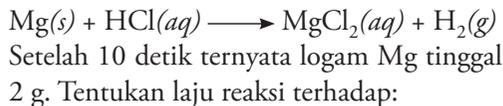
**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Grafik suatu reaksi adalah sebagai berikut.



Tuliskan persamaan reaksi untuk zat-zat yang ada dalam grafik di atas sesuai konsep laju reaksi.

2. Jelaskan pengertian:
- a. Molaritas
  - b. Laju reaksi
  - c. Tumbukan efektif
  - d. Energi aktivasi
3. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi dan jelaskan pengaruhnya masing-masing.
4. Dalam ruangan yang bervolume 2 L, 6 g logam magnesium ( $\text{Ar} = 24$ ) dilarutkan dalam larutan  $\text{HCl}$  0,1 M, menurut reaksi:



- a. logam Mg
  - b.  $\text{HCl}$
  - c.  $\text{H}_2$
5. Suatu persamaan reaksi tertulis:  
 $2 \text{A} + \text{B}_2 \longrightarrow 2 \text{AB}$ .  
 Persamaan laju untuk reaksi tersebut dituliskan sebagai:  $r = k [\text{A}][\text{B}]^2$ . Maka,
- a. berapa orde reaksi terhadap A?
  - b. berapa orde reaksi terhadap B?
  - c. berapa orde reaksi totalnya?
  - d. bagaimana perubahan laju reaksinya jika konsentrasi B tetap dan konsentrasi A diperbesar 3 kali?
  - e. Bagaimana perubahan laju reaksinya jika konsentrasi A tetap dan konsentrasi B diperbesar 2 kali?
6. Pada reaksi :  $\text{X} + \text{Y} \longrightarrow \text{XY}_2$ , diperoleh data percobaan sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi (M)		Laju reaksi (M/s)
	X	Y	
1	0,05	0,1	$4 \cdot 10^{-3}$
2	0,10	0,1	$8 \cdot 10^{-3}$
3	0,05	0,2	$16 \cdot 10^{-3}$

Tentukanlah:

- a. Orde reaksi total
  - b. Persamaan laju reaksinya
  - c. Harga k
7. Suatu reaksi akan menjadi dua kali lebih cepat jika suhu dinaikkan  $10^\circ\text{C}$ . Jika pada suhu  $30^\circ\text{C}$  reaksi berlangsung selama 2 menit 24 sekon, pada suhu berapa reaksi berlangsung selama 18 sekon? Berapa waktu yang dibutuhkan reaksi pada suhu  $90^\circ\text{C}$ ?
8. Sebutkan jenis katalisator dan berikan contohnya masing-masing.
9. Apakah katalisator itu? Apa pula fungsinya?
10. Berikan contoh penggunaan katalis dalam industri kimia.

# B a b V

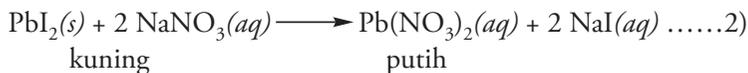
## Kesetimbangan Kimia



Dok. PIM

**P**engisian aki merupakan salah satu aktivitas yang sering dilakukan di bengkel. Tahukah kalian, bagaimana reaksi kimia yang terjadi saat pengisian aki? Reaksi tersebut berjalan dua arah, sehingga tercapai kesetimbangan pada kondisi tertentu. Bagaimanakah kondisi yang dimaksud? Apa sajakah faktor-faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan? Agar kalian tidak tambah penasaran, cermatilah uraian dalam bab ini.





Berdasarkan hasil reaksi pada reaksi 1 dan 2, diketahui bahwa pereaksi dapat berubah menjadi hasil reaksi, dan sebaliknya. Oleh karena itu, reaksi 1 dan 2 disebut reaksi bolak-balik (*reversible*). Persamaan reaksinya yaitu:



Adapun ciri-ciri reaksi bolak-balik adalah sebagai berikut.

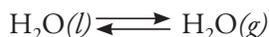
1. Antara pereaksi dan hasil reaksi dihubungkan dengan dua arah anak panah ( $\rightleftharpoons$ )
2. Reaksi ke kanan disebut reaksi maju, sedangkan reaksi ke kiri disebut reaksi balik.

Pada reaksi bolak-balik, reaksi maju mempunyai laju reaksi yang dilambangkan dengan  $r_1$ . Sementara itu, laju reaksi pada reaksi balik dilambangkan dengan  $r_2$ . Jika reaksi bolak-balik mencapai suatu keadaan, saat  $r_1 = r_2$ , maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut mencapai keadaan setimbang, sehingga disebut reaksi kesetimbangan.

Pada saat mencapai keadaan setimbang, reaksi dianggap selesai karena tidak terjadi perubahan yang dapat dilihat dengan mata, misalnya konsentrasi dan warna. Tetapi, secara mikroskopis, reaksi tersebut berlangsung terus menerus dan tidak berhenti. Maksudnya, pereaksi di sebelah kiri selalu membentuk hasil reaksi di sebelah kanan, dan sebaliknya. Keadaan itu berlangsung terus menerus dengan laju yang sama, sehingga dapat dikatakan bahwa reaksi tersebut mengalami **kesetimbangan dinamis**.

Kalian bisa menemukan contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, orang yang sedang menaiki tangga eskalator yang bergerak turun. Jika kecepatan naiknya orang tersebut sama dengan kecepatan turunnya eskalator, maka dikatakan mengalami kesetimbangan dinamis.

Selain contoh di atas, kita bisa memerhatikan peristiwa lain yaitu pemanasan air dalam wadah tertutup. Jika air sudah mendidih dan menguap, maka uap air berubah kembali menjadi air. Jika kecepatan terbentuknya uap air sama dengan kecepatan terbentuknya air dari uap air, maka termasuk kesetimbangan dinamis. Perhatikan reaksi berikut.

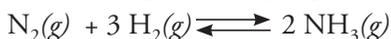


Suatu reaksi bolak-balik dapat berlangsung dalam berbagai wujud. Berdasarkan wujud zat yang terlibat dalam reaksi, reaksi kesetimbangan dibedakan menjadi dua, yaitu:

### 1. Kesetimbangan homogen

Artinya, seluruh zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud sama. Misalnya,

- a. Kesetimbangan antara gas-gas



Kesetimbangan reaksi banyak terjadi dalam tubuh organisme sehingga organisme tersebut dapat hidup dengan baik. Misalnya, keasaman dan kebasaaan darah dipertahankan dalam batas tertentu oleh beberapa reaksi yang berlawanan. Selain itu, kesetimbangan reaksi juga dilibatkan dalam proses fotosintesis pada tumbuhan.

Keenan, dkk., 1998, hlm. 556



**Gambar 5.1**  
Seorang wanita sedang menaiki tangga eskalator yang bergerak turun.



**Gambar 5.2**  
Uap air akan berubah kembali menjadi air.

b. Kestimbangan antara ion-ion dalam larutan

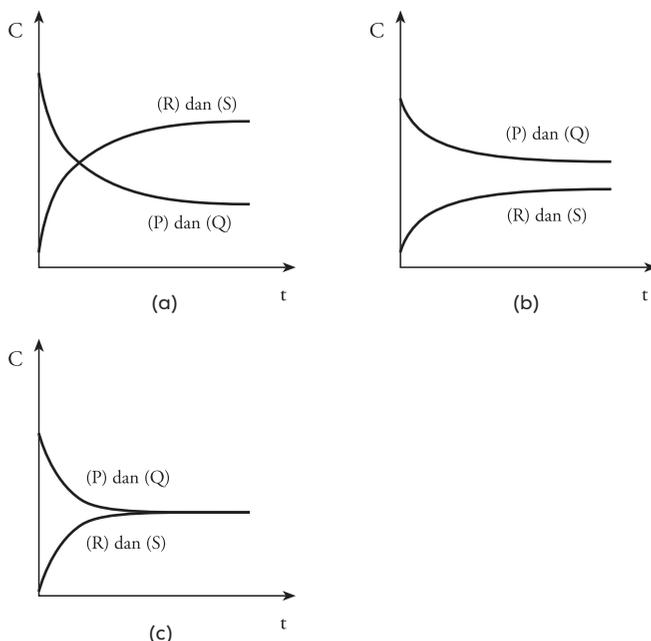


## 2. Kestimbangan heterogen

Artinya, zat-zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud berbeda-beda. Misalnya,



Pada saat terjadi kestimbangan reaksi, ada beberapa kemungkinan perubahan konsentrasi pada pereaksi dan hasil reaksi. Beberapa kemungkinan yang terjadi pada kestimbangan  $\text{P} + \text{Q} \rightleftharpoons \text{R} + \text{S}$  dapat kalian pelajari pada Gambar 5.3 berikut.



**Gambar 5.3** Grafik kemungkinan keadaan pereaksi dan hasil reaksi pada saat tercapai keadaan setimbang.

Pada gambar 5.3, diketahui 3 kemungkinan yang terjadi pada pereaksi dan hasil reaksi saat tercapai keadaan setimbang, yaitu:

1. Konsentrasi hasil reaksi lebih besar daripada konsentrasi pereaksi (Gambar 5.3a)
2. Konsentrasi hasil reaksi lebih kecil daripada konsentrasi pereaksi (Gambar 5.3b)
3. Konsentrasi hasil reaksi sama dengan konsentrasi pereaksi (Gambar 5.3c)

Dari Gambar 5.3 juga terlihat bahwa pada saat setimbang, jumlah pereaksi dan hasil reaksi adalah konstan, sehingga perbandingannya juga konstan. Bagaimana bentuk perbandingan tersebut? Kalian akan mendapatkan jawabannya dengan mempelajari subbab berikutnya. Tetapi sebelum itu, jawablah soal-soal berikut.



Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan pengertian reaksi satu arah (*irreversible*) dan reaksi bolak-balik (*reversible*) beserta contohnya.
2. Sebutkan ciri-ciri reaksi satu arah (*irreversible*) dan reaksi bolak-balik (*reversible*).
3. Bagaimana kita bisa mengetahui bahwa suatu reaksi telah mencapai kesetimbangan dinamis?
4. Berdasarkan wujud zat yang terlibat dalam

reaksi, reaksi kesetimbangan dibedakan menjadi dua. Sebutkan dan jelaskan jawaban kalian.

5. Dari reaksi-reaksi berikut, manakah yang termasuk kesetimbangan homogen dan heterogen?
  - a.  $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
  - b.  $\text{CaCO}_3(s) + \text{CaO}(s) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g)$
  - c.  $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$

## B. Tetapan Kesetimbangan

Dalam keadaan setimbang, perbandingan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi tergantung pada suhu dan jenis reaksi kesetimbangan. **Cato Maximilian Guldberg dan Peter Waage**, dua ahli kimia dari Norwegia, menyatakan bahwa dalam reaksi kesetimbangan berlaku hukum kesetimbangan.

### Bunyi Hukum Kesetimbangan:

Dalam keadaan setimbang pada suhu tertentu, hasil perkalian konsentrasi hasil reaksi dibagi perkalian konsentrasi pereaksi yang masing-masing dipangkatkan koefisiennya mempunyai nilai konstan.

Sementara itu, tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi ( $K_c$ ) adalah hasil perkalian konsentrasi hasil reaksi dibagi perkalian konsentrasi pereaksi yang masing-masing dipangkatkan koefisiennya.

Dalam kesetimbangan homogen, rumusan  $K_c$  dihitung dari konsentrasi semua zat yang terlibat dalam reaksi. Perhatikan reaksi berikut.



Untuk menghitung besar  $K_c$  pada kesetimbangan homogen, dipergunakan rumus berikut.

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

Sedangkan untuk kesetimbangan heterogen, rumusan  $K_c$  dihitung dari:

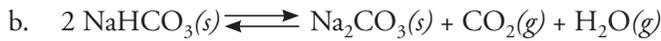
1. Untuk campuran gas dengan padat, yang diperhitungkan hanya zat yang berfasa gas.
2. Untuk campuran larutan dengan padat, yang diperhitungkan hanya larutan saja.

Berdasarkan uraian di atas, kalian tentu sudah bisa menentukan harga  $K_c$ , bukan? Agar kalian dapat menghitung harga  $K_c$  dengan tepat, perhatikan contoh berikut.

## Contoh



$$K_c = \frac{[\text{I}_2] [\text{CO}_2]^5}{[\text{CO}]^5}$$



$$K_c = [\text{CO}_2] [\text{H}_2\text{O}]$$



$$K_c = [\text{H}_2\text{O}]$$

- d. Pada suhu 200 °C, dalam ruang yang bervolume 1 liter terdapat sistem kesetimbangan berikut.



Jika pada kesetimbangan terdapat 0,01 mol H<sub>2</sub> dan 0,01 mol I<sub>2</sub>, tentukan harga K<sub>c</sub> dari reaksi tersebut.

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Mol H<sub>2</sub> = 0,01 mol

Mol I<sub>2</sub> = 0,01 mol

**Ditanyakan:** Harga K<sub>c</sub>.

**Jawab:**

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[0,01M][0,01M]}{[0,02M]^2} \\ &= \frac{10^{-4}}{4 \cdot 10^{-4}} = 0,25. \end{aligned}$$

Jadi, harga K<sub>c</sub> reaksi di atas adalah 0,25.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Tentukan harga K<sub>c</sub> untuk reaksi-reaksi berikut.
  - $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$
  - $2 \text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$
  - $\text{H}_2(g) + \text{S}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(g)$
- 0,3 mol HI dimasukkan ke dalam labu 1 liter. Setelah mencapai kesetimbangan, I<sub>2</sub> yang terbentuk sebanyak 0,6 mol. Reaksi yang terjadi yaitu:  
 $2 \text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$

Hitunglah tetapan kesetimbangan untuk reaksi di atas.

- Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



Dalam ruang 1 liter, dimasukkan 0,2 mol NO<sub>2</sub>. Jika tetapan kesetimbangan reaksi di atas adalah 0,1, hitunglah jumlah mol N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.



## C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pergeseran Kesetimbangan

Suatu sistem kesetimbangan dapat berubah, jika mendapat pengaruh dari luar. Perubahan tersebut bertujuan untuk mencapai kesetimbangan baru, sehingga disebut pergeseran kesetimbangan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Henry Louis Le Chatelier.

## Asas Le Chatelier menyatakan bahwa:

Jika suatu sistem kesetimbangan mendapat pengaruh dari luar, maka sistem akan bergeser, sehingga dapat meminimalisir pengaruh dari luar. Dengan demikian, sistem akan mencapai kesetimbangan kembali.

Faktor apa saja yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan? Untuk menemukan jawabannya, lakukan aktivitas berikut.

# Aktivitas

## Pengaruh Konsentrasi terhadap Kesetimbangan

### A. Dasar teori

Reaksi antara dua zat atau lebih dalam suatu reaksi kimia menghasilkan produk (hasil reaksi). Jika jumlah pereaksi sama dengan jumlah hasil reaksi, maka reaksi dikatakan dalam keadaan setimbang. Dengan demikian, reaksi tersebut dinamakan reaksi kesetimbangan.

Reaksi kesetimbangan dapat mengalami pergeseran kesetimbangan. Salah satu faktor yang menyebabkan pergeseran kesetimbangan yaitu perubahan konsentrasi. Kesetimbangan akan bergeser dari arah zat yang konsentrasinya diperbesar, sehingga terbentuklah kesetimbangan baru.

Oxtoby, 2001, hlm. 279

### B. Tujuan Percobaan

Mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap pergeseran kesetimbangan.

### C. Alat dan Bahan Percobaan

#### Alat percobaan

Pipet tetes  
Gelas beker  
Tabung reaksi  
Rak tabung reaksi  
Gelas ukur

#### Bahan percobaan

Larutan  $\text{FeCl}_3$  1 M  
Larutan  $\text{KSCN}$  1 M  
Kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$



Dok. PIM

### D. Langkah Percobaan

1. Lakukanlah percobaan ini dengan berkelompok dua atau tiga orang.
2. Buatlah pembagian kerja sebagai berikut. Siswa pertama bertugas menyiapkan alat dan bahan percobaan. Siswa kedua bertugas melaksanakan percobaan. Siswa ketiga bertugas mengamati hasil percobaan dan mencatatnya dalam tabel hasil percobaan.
3. Untuk percobaan pergeseran kesetimbangan, ikuti langkah kerja berikut.
  - a. Masukkan 50 mL air ke dalam gelas beker.
  - b. Tambahkan 4 tetes  $\text{FeCl}_3$  1 M dan 4 tetes larutan  $\text{KSCN}$  1 M. Kemudian, aduk campuran tersebut sampai warnanya bercampur.
  - c. Bagilah larutan b ke dalam 5 tabung reaksi dengan volume yang sama.
  - d. Berilah perlakuan pada 5 tabung reaksi tersebut sebagai berikut.



- Tabung 1 tidak ditambah apapun (digunakan sebagai pembanding).
- Tabung 2 ditambah 1 tetes  $\text{FeCl}_3$  (ion  $\text{Fe}_3^+$ ).
- Tabung 3 ditambah 1 tetes  $\text{KSCN}$  (ion  $\text{SCN}^-$ ).
- Tabung 4 ditambah kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .
- Tabung 5 ditambah 5 mL air.

### E. Hasil Percobaan

Tuliskan hasil pengamatan pada tabel berikut.

Tabung Reaksi	Perlakuan	Pengamatan
1	Air 50 ml + 4 tetes $\text{FeCl}_3$ + 4 tetes $\text{KSCN}$	
2	Tabung 2 + 1 tetes $\text{FeCl}_3$	
3	Tabung 3 + 1 tetes $\text{KSCN}$	
4	Tabung 4 + kristal $\text{Na}_2\text{HPO}_4$	
5	Tabung 5 + 5 ml air	

### F. Pembahasan

Agar kalian lebih memahami tujuan percobaan, jawablah pertanyaan berikut.

- Bagaimana warna larutan pada tabung 2,3, dan 4 dibandingkan warna larutan pada tabung 1? Ke arah manakah kesetimbangan bergeser?

- Apakah terjadi perubahan warna pada tabung 5?

### G. Kesimpulan

Diskusikan hasil percobaan dengan teman-teman kalian, kemudian buatlah kesimpulan dari percobaan ini dan presentasikan di depan kelas.

Dengan melakukan percobaan di atas, kalian tentu telah mengetahui beberapa faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan, bukan? Nah teman-teman, agar pemahaman kalian terhadap materi semakin meningkat, simaklah uraian berikut.

## 1. Pengaruh Konsentrasi terhadap Kesetimbangan

Berdasarkan percobaan di atas, kalian mengetahui bahwa perubahan konsentrasi memengaruhi pergeseran kesetimbangan. Perubahan konsentrasi terjadi karena konsentrasi pereaksi ditambah atau dikurangi. Apabila konsentrasi pereaksi ditambah, reaksi bergeser ke kanan atau ke arah produk. Sedangkan jika konsentrasi pereaksi dikurangi, reaksi bergeser ke arah kiri atau ke arah pereaksi, sehingga konsentrasi pereaksi bertambah.

### Contoh



Jika konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  ditambah, maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$  (kanan). Sebaliknya, jika konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  dikurangi, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  (kiri), sehingga konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  bertambah dan terbentuk kesetimbangan baru.

Untuk mengisi dan meningkatkan pemahaman kalian terhadap konsep di atas, kerjakanlah rubrik *Tugas* berikut.

## Tugas

Diketahui reaksi kesetimbangan sebagai berikut.



- Jika konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$  ditambah, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser? Jelaskan jawaban kalian.
- Jika konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$  dikurangi, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser? Jelaskan alasan kalian.

Tulislah jawaban kalian pada buku tugas, lalu konsultasikan kepada guru kalian.



Selain konsentrasi, masih ada faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan. Kalian akan mengetahui faktor tersebut, setelah melakukan percobaan di rubrik *Aktivitas*.

## Aktivitas

### Pengaruh Suhu terhadap Kesetimbangan

#### A. Dasar teori

Untuk mempermudah dalam memahami pengaruh suhu terhadap kesetimbangan, perhatikan reaksi berikut.



coklat            tidak berwarna

Jika reaksi tersebut dituliskan dalam persamaan termokimia, maka reaksi yang ke kanan merupakan reaksi eksotermik dan yang ke kiri merupakan reaksi endotermik



Pada reaksi di atas, apabila suhu diturunkan, gas menjadi tidak berwarna, karena kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{N}_2\text{O}_4$  yang tidak berwarna (ke arah eksotermik). Sedangkan jika suhu dinaikkan, gas menjadi berwarna coklat karena kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NO}_2$  yang berwarna coklat (ke arah endotermik).

Oxtoby, 2001, hlm. 281

#### B. Tujuan Percobaan

Mengetahui pengaruh perubahan suhu pada pergeseran kesetimbangan

#### C. Alat dan Bahan Percobaan

##### Alat Percobaan

- 3 buah gelas beker 500 mL
- 4 buah tabung reaksi dan tutup tabung berlubang
- pipa bengkok
- alat pemanas

##### Bahan Percobaan

Kristal  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

#### D. Langkah Percobaan

1. Buatlah gas  $\text{NO}_2$  dengan cara memasukkan kristal  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  pada tabung reaksi, lalu tutupilah tabung dengan karet berlubang yang telah dipasangi pipa bengkok. Ujung pipa bengkok yang menghadap ke luar dimasukkan ke tabung reaksi yang lain untuk menampung gas  $\text{NO}_2$ .
2. Panaskan tabung berisi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  tersebut sampai terbentuk gas berwarna coklat.
3. Bila tabung penampung gas sudah penuh berisi gas, ganti dengan tabung lain sehingga 3 tabung terisi gas semua.
4. Berilah perlakuan pada 3 tabung berisi gas sebagai berikut.
  - a. Tabung 1 dimasukkan dalam gelas beker berisi air sebagai pembanding.
  - b. Tabung 2 dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi es batu.
  - c. Tabung 3 dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi air mendidih.



Tabung reaksi 1 dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi air biasa.

Tabung reaksi 2 dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi es batu.

Tabung reaksi 3 dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi air panas.

#### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Tabung reaksi	Suhu	Pengamatan
1	25 °C	
2	0 °C	
3	100 °C	

#### F. Pembahasan

Setelah melakukan percobaan, jawablah soal-soal berikut.

- a. Apa warna gas  $\text{NO}_2$  pada suhu 25 °C (suhu kamar)?
- b. Bagaimana warna gas bila suhu diturunkan? Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?

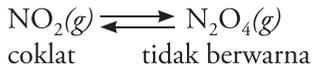
- c. Bagaimana warna gas bila suhu dinaikkan? Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?

#### G. Kesimpulan

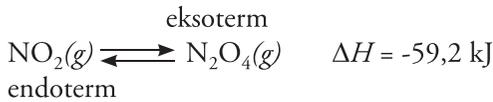
Diskusikan hasil percobaan dengan teman-teman kalian, kemudian buatlah kesimpulan dari percobaan ini dan presentasikan di depan kelas.

## 2. Pengaruh Suhu

Kalian telah mempelajari pengaruh konsentrasi terhadap pergeseran kesetimbangan. Selain pengaruh konsentrasi, kesetimbangan reaksi juga dapat bergeser karena pengaruh suhu. Perhatikan reaksi berikut.



Jika reaksi tersebut dituliskan dalam persamaan termokimia, maka reaksi yang ke kanan merupakan reaksi eksoterm dan yang ke kiri merupakan reaksi endoterm.

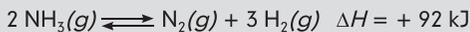


Pada reaksi di atas, apabila suhu diturunkan, gas menjadi tidak berwarna, karena kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{N}_2\text{O}_4$  yang tidak berwarna (ke arah eksoterm dengan cara melepaskan kalor) dan apabila suhu dinaikkan, gas menjadi berwarna coklat, karena kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NO}_2$  yang berwarna coklat (ke arah endoterm dengan cara menyerap kalor).

Pergeseran kesetimbangan tersebut sesuai dengan **Hukum Van't Hoff** yang menyatakan bahwa bila suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi eksoterm. Sebaliknya, jika suhu dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi endoterm.

### Tugas

Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser jika,

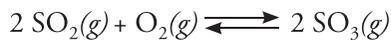
- suhu dinaikkan.
- suhu diturunkan.

Jawablah soal di atas pada buku catatan, lalu tunjukkan kepada guru kalian agar dinilai, sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan kalian dalam menguasai materi.



Agar kalian lebih memahami pergeseran kesetimbangan karena pengaruh suhu, pahami contoh berikut.

### Contoh



Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser, jika suhu dinaikkan?

**Jawab:**

Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm. Dengan demikian, reaksi bergeser ke kiri.

Selain konsentrasi dan suhu, ternyata tekanan dan volume juga memengaruhi pergeseran kesetimbangan. Bagaimana kita bisa membuktikan bahwa tekanan dan volume memengaruhi kesetimbangan? Temukan jawabannya dengan mengikuti rubrik Aktivitas berikut.

## Aktivitas

### Pengaruh Tekanan/Volume terhadap Kesetimbangan

#### A. Dasar teori

Sistem kesetimbangan gas mempunyai tekanan dan volume tertentu. Bila tekanan sistem diperbesar atau diperkecil, maka terjadi pergeseran kesetimbangan. Jika tekanan diperbesar/volume diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien yang kecil. Sebaliknya,

jika tekanan diperkecil/volume diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien yang besar. Sementara itu, bila jumlah koefisien sama, perubahan tekanan/volume tidak akan menggeser kesetimbangan.

Oxtoby, 2001, hlm. 280

#### B. Tujuan Percobaan

Mengetahui pengaruh tekanan/volume pada pergeseran kesetimbangan.

#### C. Alat dan Bahan Percobaan

Alat: alat suntik

Bahan: gas  $N_2O_4$

#### D. Langkah Percobaan

1. Buatlah gas  $NO_2$  seperti pada percobaan sebelumnya.
2. Masukkan gas tersebut ke dalam alat suntik.
3. Berilah tekanan pada alat suntik sampai gas  $NO_2$  menjadi tidak berwarna.

#### E. Hasil Percobaan

Tuliskan hasil percobaan pada tabel berikut.

Keadaan gas	Pengamatan
1. saat dimasukkan alat suntik	
2. setelah diberi tekanan lebih besar	

#### F. Pembahasan

Untuk memperjelas tujuan percobaan, jawablah pertanyaan berikut.

1. Ketika tekanan diperbesar, gas apakah yang terbentuk?
2. Tuliskan persamaan reaksi yang terbentuk pada saat reaksi setimbang.
3. Perhatikan koefisien gas-gas dalam keadaan setimbang. Berapakah koefisien gas di ruas kiri? Berapa pula koefisien gas di ruas kanan?

4. Sebelum gas diberi tekanan lebih besar, ke arah manakah kesetimbangan bergeser?
5. Setelah gas diberi tekanan lebih besar ke arah mana kesetimbangan bergeser?

#### G. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan dari percobaan ini dengan mendiskusikannya bersama teman-teman sekelompok.

### 3. Pengaruh tekanan atau volume

Sistem kesetimbangan gas mempunyai tekanan dan volume total tertentu. Jika tekanan sistem diperbesar atau diperkecil, ada kesetimbangan yang terganggu dan ada pula yang tidak terganggu, tergantung pada jumlah koefisien pereaksi dan hasil reaksi.

Jika tekanan diperbesar atau volume diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien yang kecil. Sebaliknya, jika tekanan diperkecil atau volume diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien yang besar. Tetapi, jika jumlah koefisien pereaksi sama dengan koefisien hasil reaksi, perubahan tekanan atau volume tidak akan menggeser kesetimbangan. Perhatikan contoh berikut.

## Contoh



Berdasarkan reaksi di atas, diketahui bahwa jumlah koefisien pereaksi adalah  $1 + 2 = 3$ , sedangkan jumlah koefisien hasil reaksi adalah 2.

Dengan demikian, jika tekanan diperbesar atau volume diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah hasil reaksi (ke kanan). Sebaliknya, jika tekanan diperkecil atau volume diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah pereaksi (ke kiri).

## Kilas BALIK

Sesuai Hukum Boyle, jika tekanan diperbesar berarti volumenya diperkecil. Sebaliknya, jika tekanan diperkecil, berarti volumenya diperbesar.

## Diskusi

Untuk menguji pemahaman kalian, kerjakan soal berikut.



- Jika tekanan diperkecil, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser? Jelaskan jawaban kalian.
- Jika volume diperkecil, bagaimana pergeseran kesetimbangannya? Diskusikan jawaban soal di atas dengan teman-teman kalian, lalu presentasikan di depan kelas.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Diketahui reaksi kesetimbangan sebagai berikut.

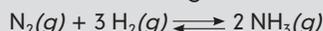


- Jika konsentrasi  $\text{SbCl}_3$  dan  $\text{Cl}_2$  ditambah, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?
  - Jika konsentrasi  $\text{SbCl}_3$  dan  $\text{Cl}_2$  dikurangi, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?
- Perhatikan reaksi berikut.



- Ke arah manakah reaksi akan bergeser, jika suhu dinaikkan?
- Ke arah manakah reaksi akan bergeser, jika suhu diturunkan?

- Pada kesetimbangan reaksi:



- Jika tekanan diperkecil, ke arah manakah kesetimbangan reaksi akan bergeser?
  - Jika volume diperkecil, ke arah manakah kesetimbangan reaksi akan bergeser?
- Diketahui reaksi kesetimbangan sebagai berikut.



- Jika tekanan diperbesar, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?
- Jika volume diperbesar, ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser?



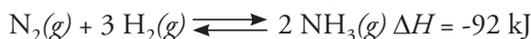
## D. Kesetimbangan dalam Industri

Penerapan sistem kesetimbangan reaksi antara lain dilakukan dalam industri kimia. Agar industri tersebut menguntungkan secara ekonomi, maka diterapkan prinsip tertentu yaitu menghasilkan produk sebanyak-banyaknya dengan waktu sesingkat mungkin. Oleh karena itu, harus dihindari terjadinya reaksi bolak-balik, karena akan menyebabkan produk kembali lagi menjadi bahan baku, sehingga pabrik kimia mengalami kerugian besar. Dengan demikian, faktor-faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan harus diperhatikan, agar pergeseran kesetimbangan selalu menuju ke arah terbentuknya produk.

Bagaimana contoh penerapan sistem kesetimbangan dalam industri kimia? Simaklah penjelasannya baik-baik.

### 1. Pembuatan amonia ( $\text{NH}_3$ ) menurut Proses Haber – Bosch

Proses pembuatan amonia ditemukan oleh **Karl Bosch** dan **Fritz Haber** dibuat melalui reaksi sebagai berikut.



Gas  $\text{N}_2$  pada reaksi di atas diperoleh dari udara, sedangkan gas  $\text{H}_2$  diperoleh dari hasil reaksi gas alam dan air. Untuk menghindari reaksi bolak-balik, kesetimbangan reaksi harus diusahakan bergeser ke arah terbentuknya  $\text{NH}_3$ . Sesuai Asas Le Chatelier, maka harus dilakukan usaha-usaha berikut.

- Memperbesar tekanan  
Koefisien produk ( $\text{NH}_3$ ) lebih kecil daripada koefisien pereaksi ( $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ ). Agar kesetimbangan selalu bergeser ke arah terbentuknya produk ( $\text{NH}_3$ ), maka tekanan harus diperbesar. Tekanan yang biasa digunakan adalah 150-300 atm.
- Menurunkan suhu  
Reaksi ke kanan (ke arah terbentuknya produk) merupakan reaksi eksoterm. Supaya reaksi selalu bergeser ke kanan, suhu harus diturunkan. Karena suhu rendah menyebabkan reaksi berlangsung lambat, maka dipilihlah suhu optimum, yaitu suhu 400–500 °C. Pemilihan suhu optimum bertujuan memaksimalkan laju reaksi dan mencegah reaksi bergeser ke kiri.
- Menambahkan katalis  
Katalis yang digunakan yaitu  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang mengandung  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{SiO}_2$ . Penggunaan katalis dimaksudkan agar reaksi ke kanan berlangsung cepat.  
Walaupun sudah diatur dengan maksimal, ternyata hanya 15% amonia yang bisa diambil. Sementara itu, 85% sisa amonia kembali lagi ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  yang akan bereaksi lagi membentuk  $\text{NH}_3$ . Secara sederhana, proses pembuatan amonia digambarkan dalam skema berikut.

**Khazanah**



**Carl Bosch** (1870-1940)  
Menerima hadiah Nobel karena perannya dalam menemukan dan mengembangkan metode-metode tekanan tinggi.

Microsoft Encarta Premium 2006

www.nobelprize.org

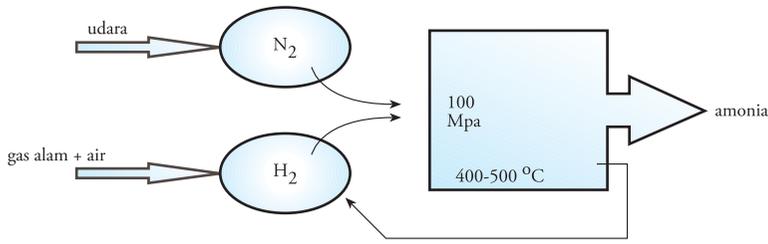
**Khazanah**



**Fritz Haber** (1868-1934)  
Menerima hadiah Nobel karena berhasil mensintesis amonia dari unsur-unsurnya, yaitu nitrogen dan hidrogen.

Microsoft Encarta Premium 2006

www.fritzhaber.com



Gambar 3.17 Skema pembuatan gas amonia

Adapun kegunaan amonia di antaranya adalah untuk pembuatan pupuk urea, bahan peledak, dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ).

## Diskusi

Untuk memaksimalkan kualitas produk, pabrik-pabrik yang bergerak dalam industri kimia melakukan beberapa kebijakan. Salah satu kebijakan tersebut adalah memilih suhu optimum yang tepat, yaitu suhu 400–500 °C. Selain itu, pabrik-pabrik juga memilih tekanan 150–300 atm, walaupun ada juga yang menggunakan tekanan mencapai 900 atm. Namun, pada tekanan yang sangat tinggi, hasil amonia biasanya hanya 15–20% karena tetapan kesetimbangannya kecil. Untuk menanggulangi hal ini, pabrik yang memproduksi amonia menggunakan proses siklik. Nah, tugas kalian adalah mencari informasi tentang mekanisme proses siklik tersebut. Kalian bisa mendapatkannya dari internet dan buku-buku penunjang lainnya. Agar pengetahuan kalian semakin lengkap, diskusikan dengan teman-teman dan tuliskan hasil diskusi dalam 2 lembar kertas kuarto. Setelah itu, presentasikan di depan kelas.



## 2. Pembuatan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Asam sulfat merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, sebagai bahan campuran dalam deterjen, cat, zat warna, fiber, plastik, industri logam, dan sebagainya.

Dalam industri, pembuatan asam sulfat dikenal dengan proses kontak. Proses ini melalui beberapa tahap sebagai berikut.

- a) Belerang dibakar dengan oksigen menghasilkan belerang dioksida.

Reaksi yang terjadi yaitu:



- b) Belerang dioksida ( $\text{SO}_2$ ) direaksikan dengan oksigen membentuk gas belerang trioksida. Reaksi yang terjadi yaitu:



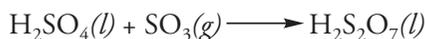
Reaksi di atas berlangsung sangat lambat, sehingga harus diberi katalis. Katalis yang digunakan adalah vanadium pentoksida ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). Selain itu, reaksi harus terjadi pada suhu optimum (450 °C).

## Khazanah

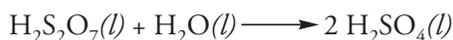
Salah satu perusahaan di Indonesia yang memproduksi asam sulfat terletak di Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Melalui pembakaran belerang dan konsentrat tambang tembaga yang mengandung belerang ( $\text{CuS}$ ), setiap tahun perusahaan tersebut mampu memproduksi 600.000 ton asam sulfat *food grade*.

[www.petrokimia-gresik.com](http://www.petrokimia-gresik.com)

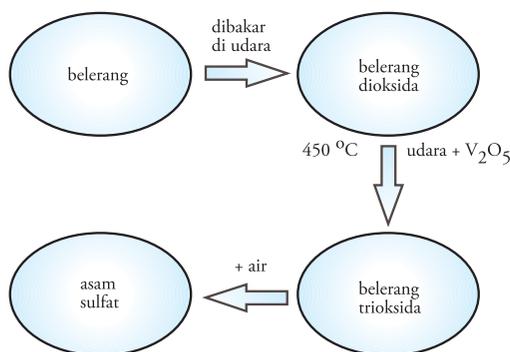
- c) Gas  $\text{SO}_3$  direaksikan dengan asam sulfat pekat menghasilkan asam disulfat atau asam piro-sulfat (oleum). Perhatikan reaksi di bawah ini.



- d) Asam piro-sulfat ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ) dilarutkan dalam air menghasilkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
Persamaan reaksi yang terjadi:



Agar lebih mudah memahami pembuatan asam sulfat dengan proses tersebut, perhatikan skema berikut.



Gambar 4.8 Skema pembuatan asam sulfat

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Dalam industri kimia, mengapa harus dihindari terjadinya reaksi bolak-balik?
- Gambarkan dan jelaskan skema pembuatan amonia dalam industri kimia.
- Pada proses pembuatan amonia, ada beberapa hal yang harus dilakukan agar kesetimbangan bergeser ke arah terbentuknya amonia.
- Sebutkan dan jelaskan jawaban kalian.
- Jelaskan kegunaan amonia dan asam sulfat dalam kehidupan sehari-hari.
- Dalam industri, proses pembuatan asam sulfat dikenal dengan proses kontak. Gambarkan dan jelaskan proses kontak tersebut.



## E. Hubungan Kuantitatif antara Pereaksi dan Hasil Reaksi

Pada subbab sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa pada suhu tetap terdapat hubungan antara konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi terhadap tetapan kesetimbangan ( $K$ ). Kalian akan mengetahui harga tetapan kesetimbangan dengan memahami uraian berikut.

### 1. Tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi ( $K_c$ )

Harga  $K$  berdasarkan konsentrasi dinyatakan dengan  $K_c$ . Rumusan  $K_c$  tergantung pada wujud zat dalam kesetimbangan reaksi. Nah, bagaimana cara menentukan harga  $K_c$  secara kuantitatif, jika diketahui konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi? Kalian tentu masih ingat bahwa Tetapan ke-

setimbangan berdasarkan konsentrasi ( $K_c$ ) adalah hasil perkalian konsentrasi hasil reaksi dibagi perkalian konsentrasi pereaksi yang masing-masing dipangkatkan koefisiennya.

Sebelum kalian menentukan harga  $K_c$  dari suatu reaksi, simaklah aturan-aturan berikut.

- Harga  $K_c$  bisa ditentukan setelah konsentrasi zat-zat dalam kesetimbangan diketahui.
- Konsentrasi zat-zat selalu tertulis dalam satuan molar (mol L<sup>-1</sup>). Oleh karena itu, perhatikan volume tiap-tiap zat.
- Untuk zat-zat di ruas kiri berlaku hubungan sebagai berikut.  
Zat pada kesetimbangan = zat mula-mula – zat yang bereaksi  
Sedangkan untuk zat-zat di ruas kanan berlaku hubungan sebagai berikut.  
Zat pada kesetimbangan = zat yang bereaksi pada ruas kiri (zat mula-mula biasanya tidak ada).
- Perbandingan mol pada kesetimbangan disesuaikan dengan koefisien tiap-tiap zat.

Perhatikan tabel berikut, agar kalian semakin memahami cara perhitungan harga  $K$  pada tiap-tiap reaksi kimia.

	m A + n B $\rightleftharpoons$ p C + q D			
Mula-mula	a	b		
Bereaksi	c	d	e	e
setimbang	g	h	f	f

a = mol zat A mula-mula

b = mol zat B mula-mula

c = mol zat A yang bereaksi (terurai)

d = mol zat B yang bereaksi

e = mol zat C yang terbentuk (sama dengan pada saat kesetimbangan)

f = mol zat D yang terbentuk (sama dengan pada saat kesetimbangan)

g = a – c = mol zat A pada kesetimbangan

h = b – d = mol zat B pada kesetimbangan

Perbandingan c : d : e : f sesuai dengan perbandingan m : n : p : q, sehingga harga c, d, e, dan f disebut jalur koefisien.

Dalam menyelesaikan soal kesetimbangan menggunakan tabel di atas, perhatikan urutan langkah-langkah berikut.

- Masukkan mol zat yang diketahui dalam soal ke dalam tabel.
- Lengkapi jalur koefisien berdasarkan perbandingan koefisien (baris ke dua).
- Lengkapi mol zat-zat pada kesetimbangan (baris paling bawah).
- Mol zat-zat pada kesetimbangan dibagi volume tiap-tiap zat untuk memperoleh konsentrasi dalam molar.
- Gunakan rumus  $K_c$ .

## Contoh

- 0,2 mol HI dimasukkan dalam labu 1 liter dan terurai menjadi H<sub>2</sub> dan I<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi adalah:



Jika  $\text{I}_2$  yang terbentuk adalah 0,02 mol, hitunglah tetapan kesetimbangan reaksi.

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Mol HI mula-mula = 0,2 mol

Mol  $\text{I}_2$  terbentuk = 0,02 mol

Volume = 1 liter

**Ditanyakan:** Harga  $K_c$

**Jawab:**

	$2 \text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$		
Mula-mula	0,2		
Terurai	0,04	0,02	0,02
Setimbang	0,2-0,04 = 0,06	0,02	0,02

$$K_c = \frac{[\text{H}_2] [\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

$$K_c = \frac{(0,02) (0,02)}{(0,06)^2} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$= \dots$$

Jadi, harga  $K_c = \dots$

2. Dalam ruangan 5 liter, terjadi suatu reaksi sebagai berikut.



Jika diketahui tetapan kesetimbangan reaksi adalah  $\frac{1}{4}$ , berapa jumlah mol A yang harus dicampurkan dengan 4 mol B, agar menghasilkan 1 mol  $\text{AB}_2$ ?

**Jawab:**

Kita misalkan mol A mula-mula = x

	$\text{A} + 2 \text{B} \rightleftharpoons \text{AB}_2$		
Mula-mula	x	4	
Bereaksi	1	2	1
setimbang	x-1	4 - 2 = 2	1

Konsentrasi zat-zat dalam setimbang:

$$[\text{A}] = \frac{x-1}{5} M \quad [\text{AB}_2] = \frac{1}{5} M$$

$$[\text{B}] = \frac{2}{5} M$$

$$\text{Dengan demikian, } K_c = \frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}] [\text{B}]^2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{(x-1)}{5} \left(\frac{2}{5}\right)^2}$$

$$x - 1 = 25$$

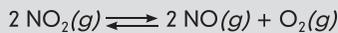
$$x = \dots$$

Jadi, jumlah mol A yang harus dicampurkan adalah  $\dots$  mol.

Untuk lebih memahami cara menentukan harga  $K_c$ , jawablah soal-soal berikut.

## Tugas

1. Dalam ruang 2 liter, 1 mol gas  $\text{NO}_2$  dipanaskan pada suhu tertentu. Perhatikan reaksi di bawah ini.



Jika pada kesetimbangan terdapat 0,2 mol  $\text{O}_2$ . Tentukan harga  $K_c$ .

2. Satu mol gas  $\text{SO}_3$  dimasukkan ke dalam wadah 1 liter, sehingga terbentuk kesetimbangan sebagai berikut.



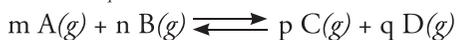
Setelah tercapai kesetimbangan, jumlah mol  $\text{SO}_3$  sama dengan mol  $\text{O}_2$ . Hitunglah harga  $K_c$ .



## 2. Tetapan Kesetimbangan Parsial ( $K_p$ )

Tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan ( $K_p$ ) adalah hasil perkalian tekanan parsial gas-gas hasil reaksi dibagi perkalian tekanan parsial gas-gas pereaksi yang masing-masing dipangkatkan koefisiennya.

Agar kalian lebih mudah memahami pengertian tetapan kesetimbangan parsial ( $K_p$ ), perhatikan reaksi berikut.



Pada saat setimbang, gas A, B, C, dan D bercampur dalam satu ruang tertentu dan menimbulkan tekanan yang disebut tekanan total dari campuran gas-gas tersebut. Sedangkan jika di dalam sebuah ruangan hanya terdapat satu gas dan menimbulkan tekanan, maka disebut tekanan parsial. Dengan demikian, jika tekanan total adalah P dan tekanan gas adalah PA, PB, PC, dan PD, maka  $P = PA + PB + PC + PD$ .

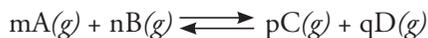
Tekanan parsial berbanding lurus dengan jumlah mol tiap gas, sehingga tekanan parsial suatu gas dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$\text{Tekanan gas parsial} = \frac{\text{Mol gas tersebut}}{\text{Mol seluruh gas}} \times \text{tekanan total}$$

Sedangkan rumusan  $K_p$  untuk reaksi di atas yaitu:

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

Lalu, adakah hubungan antara  $K_p$  dengan  $K_c$ ? Harga  $K_p$  dan  $K_c$  suatu kesetimbangan tidak selalu sama, tetapi saling berhubungan. Maksudnya, jika konsentrasi dan tekanan parsial salah satu gas diketahui, maka gas yang lain dapat dihitung. Marilah kita lihat hubungan antara  $K_p$  dengan  $K_c$  pada uraian berikut.



$$K_p = \frac{P_C^p \cdot P_D^q}{P_A^m \cdot P_B^n} \quad K_c = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$$

Masih ingatkah kalian dengan persamaan gas ideal,  $PV = nRT$ ? Jika penentuan harga  $K_p$  dan  $K_c$  di hubungkan dengan persamaan gas ideal, maka:

$$\frac{n}{v} = \frac{P}{RT}, \text{ dimana } \frac{n}{v} \text{ adalah konsentrasi zat}$$

Jadi, konsentrasi tiap-tiap zat dalam kesetimbangan adalah sebagai berikut.

$$[A] = \frac{n_A}{V} = \frac{P_A}{RT} \longrightarrow P_A = [A] RT$$

$$[B] = \frac{n_B}{V} = \frac{P_B}{RT} \longrightarrow P_B = [B] RT$$

$$[C] = \frac{n_C}{V} = \frac{P_C}{RT} \longrightarrow P_C = [C] RT$$

$$[D] = \frac{n_D}{V} = \frac{P_D}{RT} \longrightarrow P_D = [D] RT$$

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{[C]^p (RT)^p [D]^q (RT)^q}{[A]^m (RT)^m [B]^n (RT)^n} \\ &= \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n} RT^{(p+q)-(m+n)} \\ &= K_c (RT)^{\Delta ng} \end{aligned}$$

**Keterangan:**

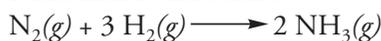
$\Delta ng$  : jumlah koefisien ruas kanan – ruas kiri

R : tetapan Rydberg ( 0,082 atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

T : suhu (Kelvin)

## Contoh

- Perhatikan reaksi berikut.



Pada suhu 25 °C, harga  $K_p = 6,02 \cdot 10^5$ . Tentukan harga  $K_c$  pada suhu tersebut.

**Penyelesaian:**

**Diketahui** : Harga  $K_p = 6,02 \cdot 10^5$

**Ditanyakan** : Harga  $K_c$

**Jawab:**

$$\Delta ng = 2 - 4 = -2 \quad T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

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

$$K_c = \frac{6,02 \cdot 10^5}{(RT)^{\Delta ng}} = \frac{6,02 \cdot 10^5}{(0,082 \cdot 298)^{-2}} = 3,6 \cdot 10^8$$

Jadi, harga  $K_c$  adalah  $3,6 \cdot 10^8$

2. Dalam ruangan bertekanan 2 atm terdapat 0,1 mol gas A, 0,15 mol gas B, dan 0,25 mol gas C. Reaksi kesetimbangan gas yang terjadi yaitu:  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ . Tentukan tetapan kesetimbangan parsial ( $K_p$ ).

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Mol gas A = 0,1 mol.  
Mol gas B = 0,15 mol.  
Mol gas C = 0,25 mol.

**Ditanyakan:** Harga  $K_p$

**Jawab:**

Mol gas total = 0,1 + 0,15 + 0,25 = 0,5 mol.

$$P_A = \frac{\text{Mol A}}{\text{Mol total}} \times \text{tekanan total}$$

$$P_A = \frac{0,1}{0,5} \times 2 = 0,4 \text{ atm}$$

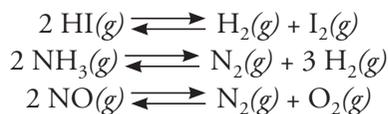
$$P_B = \frac{0,15}{0,5} \times 2 = 0,6 \text{ atm}$$

$$P_C = \frac{0,25}{0,5} \times 2 = 1 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B} = \frac{1}{(0,4)(0,6)} = \frac{1}{0,24} = 4,17.$$

### 3. Derajat Disosiasi

Disosiasi merupakan peristiwa penguraian suatu zat menjadi zat lain yang lebih sederhana. Disosiasi termasuk reaksi kesetimbangan, sehingga hasil reaksi penguraian dapat berbalik menjadi pereaksi kembali. Beberapa contoh kesetimbangan disosiasi adalah sebagai berikut.



Jumlah zat yang terdisosiasi dinyatakan dengan derajat disosiasi. Jadi, **derajat disosiasi** merupakan perbandingan jumlah mol zat yang terurai dengan jumlah mol zat mula-mula. Derajat disosiasi dilambangkan dengan  $\alpha$ .

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

Jika  $\alpha = 0$ , berarti reaksi tidak berlangsung, dan

Jika  $\alpha = 1$ , berarti reaksi berlangsung sempurna.

Dalam reaksi kesetimbangan, harga  $\alpha$  berada di antara 0 sampai 1 atau  $0 < \alpha < 1$ . Kalian akan semakin memahami perhitungan derajat disosiasi dengan mempelajari contoh soal berikut.

## Contoh

1. 4 mol  $A_2B_2$  dimasukkan dalam suatu wadah sehingga terurai menjadi zat A dan B. Jika terbentuk 2 mol A, berapa derajat disosiasi zat tersebut?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Mol  $A_2B_2$  mula-mula = 4 mol  
Mol A yang terbentuk = 2 mol

**Ditanyakan:** Derajat disosiasi

**Jawab:**

Reaksi yang terjadi yaitu:

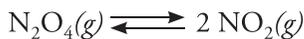


	$A_2B_2 \rightleftharpoons 2A + 2B$	
Mula-mula	4	
Terurai	1	2
setimbang	$4-1 = 3$	2

$$\text{Mol terurai} \frac{\text{Mol terurai}}{\text{Mol mula-mula}} = \frac{1}{4}$$

Jadi, derajat disosiasi zat tersebut adalah  $\frac{1}{4}$ .

2. Pada temperatur tertentu,  $N_2O_4$  terurai menjadi  $NO_2$ . Perhatikan reaksi berikut.



Jika pada keadaan setimbang mol  $N_2O_4$  sama dengan mol  $NO_2$ , berapa derajat disosiasi  $N_2O_4$ ?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Pada keadaan setimbang, mol  $N_2O_4$  = mol  $NO_2$ .

**Ditanyakan:** Derajat disosiasi  $N_2O_4$

**Jawab:**

Pada keadaan setimbang, mol  $N_2O_4$  = mol  $NO_2$  dimisalkan x

	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	
Mula-mula	$1 \frac{1}{2} x$	
Terurai	$\frac{1}{2} \cdot x = \frac{1}{2} x$	x
setimbang	x	x

$$N_2O_4 \text{ mula-mula} = N_2O_4 \text{ setimbang} + N_2O_4 \text{ terurai}$$

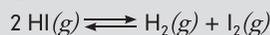
$$= x + \frac{1}{2} x = 1 \frac{1}{2} x$$

$$\alpha = \frac{\text{mol terurai}}{\text{mol mula-mula}} = \frac{\frac{1}{2} x}{1 \frac{1}{2} x} =$$

Jadi, derajat disosiasi  $N_2O_4$  adalah  $\frac{1}{3}$ .

## Tugas

0,06 mol HI, 0,01 mol  $H_2$ , dan 0,04 mol  $I_2$  terdapat dalam suatu keseimbangan reaksi. Tentukan derajat disosiasi HI, jika persamaan reaksinya sebagai berikut.



## Uji Kompetensi



Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Pada suhu tertentu, 0,6 mol gas  $\text{NO}_2$  dimasukkan ke dalam wadah 3 liter, sehingga terurai sesuai dengan reaksi kesetimbangan berikut.



Jika konsentrasi  $\text{NO}_2$  dan  $\text{NO}$  pada saat kesetimbangan adalah  $x$ , tentukan harga tetapan kesetimbangan reaksi tersebut.

2. Dalam wadah 1 liter, 3 mol A direaksikan dengan 3 mol B sesuai dengan reaksi berikut.



Jika pada kesetimbangan terdapat 1 mol A, tentukan harga tetapan kesetimbangan pada reaksi tersebut.

3. Pada suhu tertentu terjadi reaksi kesetimbangan sebagai berikut.



Jika diketahui  $P_A = 0,6$  atm,  $P_B = 0,2$  atm, dan tekanan total ruangan 2 atm, hitunglah harga  $K_p$  reaksi di atas.

4. Senyawa  $\text{NH}_3$  sebanyak 0,1 mol terurai dalam ruangan 3 liter. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

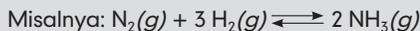


Jika pada kesetimbangan terdapat 0,03 mol gas  $\text{H}_2$ , tentukan derajat disosiasi gas  $\text{NH}_3$ .

## Rangkuman

1. Berdasarkan wujud zat yang terlibat dalam reaksi, reaksi kesetimbangan dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Kesetimbangan homogen. Maksudnya, seluruh zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud sama.



b. Kesetimbangan heterogen. Maksudnya, seluruh zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud yang berbeda.



2. Faktor-faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan, yaitu:

a. Konsentrasi

Jika konsentrasi pereaksi ditambah, reaksi bergeser ke kanan. Sebaliknya, jika konsentrasi pereaksi dikurangi, reaksi bergeser ke kiri.

b. Suhu

Jika suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah eksoterm. Sebaliknya, jika suhu dinaikkan, kesetimbangan bergeser ke arah endoterm.

c. Tekanan

Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah koefisien

yang kecil. Sebaliknya, jika tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah koefisien yang besar.

d. Volume

Jika volume diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah koefisien yang kecil. Sebaliknya, jika volume diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah koefisien yang besar.

3. Penerapan prinsip kesetimbangan reaksi dalam industri antara lain:

a. Pembuatan amonia menggunakan proses Haber-Bosch

b. Pembuatan asam sulfat menggunakan proses kontak

4. Tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi ( $K_c$ ) dan tekanan ( $K_p$ ) pada reaksi berikut, yaitu:



$$K_p = \frac{P_C^p \cdot P_D^q}{P_A^m \cdot P_B^n} \quad K_c = \frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n}$$

5. Disosiasi merupakan peristiwa penguraian suatu zat menjadi zat lain yang lebih sederhana. Banyaknya zat yang terdisosiasi dinyatakan dengan derajat disosiasi ( $\alpha$ ).





**Keseimbangan dinamis** Keadaan sistem yang setimbang tetapi di dalamnya terjadi perubahan yang terus menerus

**Keseimbangan heterogen** Suatu kesetimbangan kimia, jika fasa zat-zat yang terlibat di dalamnya tidak sama

**Keseimbangan homogen** Suatu kesetimbangan kimia, bila semua zat pereaksi dan hasil reaksinya berfasa sama

**Konstanta kesetimbangan konsentrasi**

Hasil perkalian konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi perkalian zat pereaksi dan masing-masing dipangkatkan koefisiennya

**Konstanta kesetimbangan tekanan** Sama dengan konstanta kesetimbangan konsentrasi tetapi konsentrasi zat diganti dengan tekanan parsial

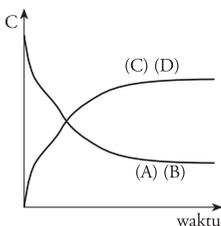
**Tekanan parsial** Tekanan yang diberikan oleh gas dalam campurannya dengan gas-gas lain

## Ulangan Harian



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Suatu sistem dikatakan telah mencapai keadaan setimbang, jika ....
  - massa zat pereaksi = massa zat hasil reaksi
  - reaksi telah selesai
  - jumlah mol zat pereaksi = jumlah mol zat hasil reaksi
  - laju reaksi ke kanan = laju reaksi ke kiri
  - salah satu pereaksi habis bereaksi
- Keseimbangan dinamis terjadi bila ....
  - reaksi berlangsung terus-menerus dalam dua arah secara mikroskopis
  - reaksi berlangsung terus-menerus dalam dua arah secara makroskopis
  - koefisien reaksi ruas kiri = ruas kanan
  - perubahan kesetimbangan berlangsung terus-menerus
  - jumlah mol ruas kiri = ruas kanan
- Keadaan setimbang pada reaksi  $A + B \rightleftharpoons C + D$  ditunjukkan pada gambar berikut.



Pernyataan yang sesuai gambar di atas adalah ....

- hasil reaksi = pereaksi
  - konsentrasi hasil reaksi = konsentrasi pereaksi
  - konsentrasi hasil reaksi > konsentrasi pereaksi
  - konsentrasi hasil reaksi < konsentrasi pereaksi
  - mol hasil reaksi = mol pereaksi
- Reaksi kesetimbangan yang termasuk kesetimbangan homogen yaitu ....
    - $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$
    - $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$
    - $\text{Ni}(s) + 4 \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{CO})_4(g)$
    - $\text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(l)$
    - $\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{SCN}^-(aq) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(aq)$
  - Reaksi kesetimbangan yang tergolong kesetimbangan heterogen yaitu ....
    - $\text{CaO}(s) + \text{SO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CaSO}_3(s)$
    - $2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$
    - $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
    - $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$
    - $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$
  - Faktor-faktor yang **tidak** memengaruhi pergeseran kesetimbangan adalah ....
    - konsentrasi
    - suhu
    - tekanan
    - luas permukaan
    - volume

7. Penambahan gas hidrogen pada reaksi kesetimbangan:  
 $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$  akan menyebabkan ....
- kesetimbangan bergeser ke kanan
  - kesetimbangan bergeser ke kiri
  - reaksi menjadi tidak setimbang
  - reaksi menjadi terhenti
  - tidak berpengaruh pada kesetimbangan reaksi
8. Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.  
 $\text{Fe}_3\text{O}_4(s) + 4 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 3 \text{Fe}(s) + 4 \text{H}_2\text{O}(l)$   
 $\Delta H = -x \text{ kJ}$   
 Kesetimbangan akan bergeser ke kanan, jika ....
- tekanan diperbesar
  - suhu diturunkan
  - ditambah Fe
  - volume diperkecil
  - ditambah air
9. Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.  
 $2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$   
 Jika tekanan diperbesar, maka ....
- reaksi bergeser ke kanan
  - reaksi bergeser ke kiri
  - tidak akan terbentuk kesetimbangan reaksi
  - kesetimbangan reaksi tidak berubah
  - reaksi menjadi terhenti
10. Diketahui sistem kesetimbangan sebagai berikut.  
 $\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(g) \Delta H = -y \text{ kJ}$   
 Kesetimbangan tidak akan terganggu jika ....
- ditambah gas  $\text{N}_2$
  - ditambah gas NO
  - volume diperkecil
  - suhu dinaikkan
  - suhu diturunkan
11. Perhatikan reaksi pembuatan amonia berikut.  
 $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g) \Delta H = -22 \text{ kJ}$   
 Kondisi yang tidak mendukung terbentuknya amonia adalah ....
- tekanan diperbesar
  - suhu dipilih optimum  $\pm 450^\circ \text{C}$
  - volume diperbesar
  - amonia yang terbentuk segera dipisahkan
  - ditambah katalis besi
12. Suhu optimum yang digunakan pada proses pembuatan amonia adalah ....
- $300 - 350^\circ \text{C}$
  - $350 - 400^\circ \text{C}$
  - $400 - 500^\circ \text{C}$
  - $500 - 600^\circ \text{C}$
  - $600 - 650^\circ \text{C}$
13. Pembuatan asam sulfat dalam industri dilakukan pada suhu rendah dan tekanan tinggi. Keadaan ini diperlukan untuk tahap reaksi:
- $\text{S}(s) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_2(g)$
  - $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$
  - $\text{SO}_3(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(l)$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4(l) + \text{SO}_3(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7(l)$
  - $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_4(l)$
14. Katalis yang digunakan pada proses kontak adalah ....
- Pt
  - Ni  $\text{Fe}_3\text{O}_4$
  - $\text{V}_2\text{O}_5$
  - $\text{NO}_2$
  - E.
15. Harga konstanta kesetimbangan untuk reaksi berikut adalah ....  
 $2 \text{N}_2\text{O}_5(g) \rightleftharpoons 4 \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$
- $K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]^2}{[\text{NO}_2]_4 [\text{O}_2]}$
  - $K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{O}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_5]^2}$
  - $K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]}{[\text{NO}_2][\text{O}_2]}$
  - $K_c = \frac{[\text{NO}_2] [\text{O}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$
  - $K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]}{[\text{NO}_2]^4 [\text{O}_2]}$
16. Harga tetapan kesetimbangan parsial ( $K_p$ ) untuk reaksi:  
 $4 \text{NH}_3(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4 \text{NO}(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(l)$  adalah ....
- $K_p = \frac{P_{\text{NH}_3} \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{NO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}$
  - $K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^4 \cdot P_{\text{O}_2}^5}{P_{\text{NO}}^4 \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}^6}$
  - $K_p = \frac{P_{\text{NO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{NH}_3} \cdot P_{\text{O}_2}}$



# Ulangan Akhir Semester Pertama

A Pilihlah jawaban yang tepat.

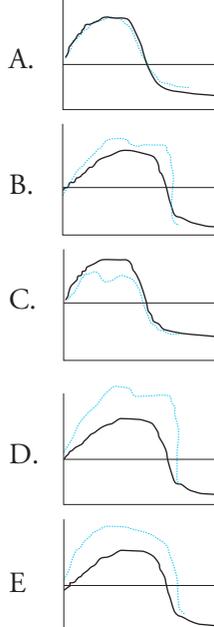
- Daerah kebolehjadian ditemukan elektron pada suatu titik di sekitar inti atom disebut ....
  - radiasi
  - spektrum
  - tingkat energi
  - orbital
  - orbit
- Elektron terakhir unsur W menempati bilangan kuantum  $n = 3$ ,  $l = 1$ ,  $m = 0$  dan  $s = -1/2$ . Nomor atom unsur W adalah ....
  - 12
  - 14
  - 15
  - 17
  - 19
- Konfigurasi elektron yang tepat untuk unsur V dengan nomor atom 31 adalah ....
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 4p^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2 4p^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^0 4p^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^1 4p^3$
- Unsur di bawah ini yang cenderung bersifat elektropositif adalah ....
  - ${}_8\text{A}$
  - ${}_{11}\text{B}$
  - ${}_{16}\text{C}$
  - ${}_{35}\text{D}$
  - ${}_{53}\text{E}$
- Suatu unsur X mempunyai bilangan kuantum  $n = 3$ ,  $l = 2$ ,  $m = -2$ , dan  $s = +1/2$ . Letak unsur X dalam sistem periodik unsur pada ....
  - golongan I periode 2
  - golongan II periode 3
  - golongan III periode 4
  - golongan IV periode 5
  - golongan V periode 6
- Apabila diketahui unsur-unsur  ${}_{12}\text{V}$ ,  ${}_{13}\text{W}$ ,  ${}_{14}\text{X}$ ,  ${}_{20}\text{Y}$ , dan  ${}_{31}\text{Z}$ , maka unsur-unsur yang terdapat dalam satu golongan adalah ....
  - V dan W
  - W dan X
  - X dan Y
  - Y dan Z
  - Z dan W
- Berikut adalah hal-hal yang benar mengenai Teori VSEPR, **kecuali** ....
  - teori ini disebut juga sebagai Teori Domain
  - teori ini menjelaskan gambaran ikatan atom dari PEB dan PEI
  - teori ini dikembangkan oleh ahli kimia Kanada, R.J. Gillespie
  - teori ini menjelaskan bentuk geometri
  - teori ini menjelaskan penggabungan 2 atau lebih orbital atom
- Suatu unsur memiliki 4 pasangan elektron bebas dan 1 pasangan elektron terikat. Bentuk molekul yang terjadi adalah ....
  - tetrahedron
  - linear
  - bidang empat
  - segitiga planar
  - oktahedron
- Di bawah ini yang memiliki PEB berjumlah 2 adalah ....
  - $\text{SO}_2$
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{TeCl}_4$
  - $\text{XeF}_2$
- Bentuk molekul dari  $\text{BCl}_3$  adalah ....
  - oktahedral
  - tetrahedral
  - segitiga datar
  - linear
  - bidang empat

11. Suatu senyawa yang memiliki ikatan hidrogen adalah ....
- $F_2$
  - $NH_3$
  - $CO_2$
  - $NaCl$
  - $NO_2$
12.  $H_2O$  tergolong senyawa polar karena ....
- mempunyai perbedaan elektronegativitas = 0
  - mempunyai perbedaan elektronegativitas yang besar
  - merupakan unsur non logam
  - mempunyai massa molekul relatif yang besar
  - bentuk molekulnya simetris
13. Senyawa di bawah ini yang mempunyai titik didih terendah adalah ....
- n-heptana
  - 3-metilheksana
  - 4-metilheksana
  - 2-etil-3-metilbutana
  - 2,2-dimetilpentana
14. Termokimia merupakan cabang ilmu termodinamika yang dipelopori oleh ....
- Faraday
  - Kekule
  - Hess
  - Barzelius
  - Wohler
15. Besarnya entalpi suatu reaksi tergantung dari hal-hal berikut, **kecuali** ....
- jumlah mol zat pereaksi
  - wujud zat padat, cair, atau gas
  - keadaan dari sistem
  - konsentrasi pereaksi
  - kelarutan pereaksi
16. Jika 1 liter atm = 101,2 joule dan 1 kalori = 4,18 joule, maka 2,5 liter atm sama dengan ... kalori.
- 60,53
  - 6,53
  - 30,26
  - 10,45
  - 1,45
17. Pada pelarutan 10 g kristal  $NaOH$  ( $Ar Na = 23, O = 16, H = 1$ ) dalam 100 mL air terjadi kenaikan suhu dari  $27^\circ C$  menjadi  $35^\circ C$ . Jika kalor jenis larutan dianggap sama dengan kalor jenis air =  $4,2 J/g^\circ C$  dan kalor wadah diabaikan, maka entalpi pelarutan  $NaOH$  adalah ....
- 33,6 kJ/mol
  - 36,96 kJ/mol
  - 3,69 kJ/mol
  - 3,69 kJ/mol
  - 36,96 kJ/mol
18. Bila  $\Delta H_f H_2O(l)$ ,  $CO_2(g)$ , dan  $C_2H_2(g)$  berturut-turut =  $-285 kJ/mol$ ;  $-393 kJ/mol$ ; dan  $=227 kJ/mol$ , maka jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 10,4 g gas asetilen ( $C_2H_2$ ,  $Mr = 26$ ) adalah ... kJ.
- 519,2
  - 519,2
  - 51,92
  - 1298
  - 1298
19. Pembakaran 88 gram gas elpiji ( $C_3H_8$ ) menghasilkan kalor 444 kJ. Pembakaran 2 kg gas elpiji menghasilkan kalor .... ( $Ar H = 1, C = 12$ )
- 10,09 kJ
  - $10,09 \times 10^3$  kJ
  - $20,18 \times 10^3$  kJ
  - $5,04 \times 10^3$  kJ
  - 20,18 kJ
20. Bila:  $\Delta H_c C_2H_2(g) = -p kJ$   
 $\Delta H_c CO_2(g) = -q kJ$   
 $\Delta H_f H_2O(g) = -r kJ$   
 Kalor pembentukan dari reaksi:  $2 C(s) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_2(g)$  adalah ....
- $p - 2q - r$
  - $p - 2q - r$
  - $p + 2q - r$
  - $p + 2q - r$
  - $-p - 2q - r$
21. Dalam reaksi  $A + 2 B \longrightarrow AB_2$  adalah reaksi sederhana, maka penulisan rumus laju reaksinya yang benar adalah ....
- $r_A = + \Delta[A]/\Delta t$
  - $r_B = + \Delta[B]/\Delta t$

- C.  $r_{AB} = + \Delta[AB_2]/\Delta t$   
 D.  $r_{AB} = - \Delta[AB_2]/\Delta t$   
 E.  $r_A = + \Delta([A] + [B]) / \Delta t$
22. Dalam laboratorium tersedia larutan NaOH 0,5 M sebanyak 500 mL. Apabila kita akan membuat larutan NaOH 0,2 M dari larutan tersebut sebanyak 250 mL, maka caranya adalah ....
- ambil 100 mL NaOH, ditambah air hingga volume 250 mL
  - ambil 250 mL NaOH, ditambah air hingga volume 625 mL
  - ambil 100 mL NaOH, ditambah air hingga volume 500 mL
  - ambil 250 mL NaOH, ditambah air hingga volume 500 mL
  - ambil 25 mL NaOH, ditambah air hingga volume 100 mL
23. Peristiwa berikut yang mempunyai laju reaksi paling cepat adalah ....
- pembakaran kertas
  - peledakan bom
  - pembentukan minyak bumi
  - pembentukan fosil
  - pembakaran kembang api
24. Persamaan laju reaksi suatu reaksi:  $P + Q \longrightarrow \text{hasil}$ , adalah  $r = k [M]^2 [N]$ . Jika pada suhu yang sama konsentrasi M diperbesar dua kali dan konsentrasi N tetap, maka laju reaksinya menjadi ....
- delapan kali lebih besar
  - enam kali lebih besar
  - empat kali lebih besar
  - dua kali lebih besar
  - tidak berubah
25. Dalam reaksi kimia, katalis berfungsi sebagai ....
- pengubah letak kesetimbangan kimia
  - memperbesar kalor reaksi
  - salah satu komponen reaksi
  - supaya campuran menjadi serba sama
  - memperbesar laju reaksi
26. Jika dalam suatu reaksi, konsentrasi zat X dinaikkan 2 kali, ternyata laju maksimumnya menjadi 4 kali lebih cepat, maka orde reaksi terhadap zat X tersebut adalah ....

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

27. Hubungan katalisator dengan energi pengaktifan dapat digambarkan dalam grafik berikut:



28. Suatu reaksi :  $A_2 + 2 B \longrightarrow 2 AB$   
 Reaksi tersebut tingkat nol terhadap zat B. Hal ini berarti ....
- reaksi akan berlangsung terus sampai zat B habis
  - laju reaksi awal adalah nol
  - reaksi tersebut dapat berlangsung tanpa zat B
  - konsentrasi zat B tidak mempengaruhi laju reaksi
  - laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi
29. Menurut teori tumbukan, kenaikan suhu akan menyebabkan ....
- tekanan molekul pereaksi menjadi lebih besar
  - energi kinetik molekul pereaksi menjadi lebih besar
  - luas permukaan zat menjadi lebih besar

- D. konsentrasi molekul pereaksi menjadi lebih besar  
 E. energi pengaktifan menjadi lebih besar
30. Data percobaan untuk reaksi:  $2X + Y + Z \longrightarrow$  hasil, adalah sebagai berikut.

[X] M	[Y] M	[Z] M	Waktu (s)
0,4	0,24	0,1	152
0,8	0,24	0,1	76
0,4	0,48	0,1	150
0,4	0,12	0,1	152
0,4	0,24	0,2	75
0,4	0,24	0,3	50

Pernyataan yang benar adalah ....

- A. orde reaksi terhadap X adalah 2  
 B. orde reaksi terhadap Y adalah 1  
 C. orde reaksi terhadap Z adalah 1  
 D. orde reaksi total adalah 3  
 E. persamaan reaksinya adalah  $r = k[X]^2[Y][Z]$
31. Peristiwa dalam keseharian berikut yang merupakan kesetimbangan dinamis adalah ....  
 A. memasak nasi di wadah tertutup  
 B. mendidihkan air di wadah tertutup  
 C. kendaraan yang melaju cepat dan tiba-tiba direm mendadak  
 D. dua anak yang bermain jungkat-jungkit  
 E. terjadinya hujan
32. Pada reaksi kesetimbangan:  $2X(g) + Y_2(g) \longrightarrow 2XY(g)$ , kesetimbangan akan cepat tercapai apabila ....  
 A. ditambahkan zat X  
 B. ditambahkan zat Y  
 C. tekanan diperbesar  
 D. volume diperbesar  
 E. ditambahkan katalis
33. Kesetimbangan berikut:  $NO(g) + O_2(g) \longrightarrow NO_2(g)$ , setelah disetarakan, maka harga  $K_c$  yang benar adalah ....  
 A.  $\frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 [O_2]}$   
 B.  $\frac{[NO_2]^2 [O_2]}{[NO]^2}$

C.  $\frac{[NO_2]}{[NO][O_2]}$

D.  $\frac{[NO][O_2]}{[NO_2]}$

E.  $\frac{[NO_2]}{[NO][O_2]^2}$

34. Pada reaksi kesetimbangan:  $HBr(g) \longrightarrow H_2(g) + Br_2(g) \Delta H = +25 \text{ kkal}$ . Faktor yang tidak menggeser kesetimbangan tersebut adalah ....  
 A. menaikkan suhu  
 B. menambahkan konsentrasi HBr  
 C. memperbesar tekanan  
 D. menambahkan katalis  
 E. menurunkan suhu
35. Dalam suatu bejana terdapat kesetimbangan gas dengan susunan 0,05 mol  $SO_3$ , 0,01 mol  $SO_2$ , dan 0,005 mol  $O_2$  yang berasal dari penguraian gas  $SO_3$  murni. Derajat disosiasi penguraian  $SO_3$  murni adalah ....  
 A.  $1/6$   
 B.  $1/5$   
 C.  $1/4$   
 D.  $1/3$   
 E.  $1/2$
36. Dalam industri pembuatan amoniak dengan reaksi:  
 $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$   
 biasanya digunakan katalisator besi untuk ....  
 A. untuk mengubah letak kesetimbangan reaksi  
 B. mengubah konsentrasi zat-zat dalam reaksi  
 C. menurunkan konsentrasi zat-zat dalam reaksi  
 D. mempercepat tercapainya kesetimbangan  
 E. menggeser kesetimbangan
37. Suatu reaksi kesetimbangan  
 $A + B \xrightleftharpoons[V_2]{V_1} C + D$   
 Keadaan setimbang tercapai jika ....  
 A. reaksi berhenti  
 B.  $r_1 = r_2$

- C.  $r_1 > r_2$   
 D. mol pereaksi = mol hasil reaksi  
 E. mol pereaksi > mol hasil reaksi
38. Pada suhu tertentu, tekanan parsial  $\text{PSO}_2 = 4,5 \text{ atm}$ ,  $\text{PO}_2 = \text{PSO}_3 = 2,25 \text{ atm}$ , maka harga  $K_p$  untuk reaksi:  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2 \text{SO}_3(g)$  adalah ....
- A.  $9/2 \text{ atm}^{-1}$   
 B.  $2/9 \text{ atm}$   
 C.  $2/9 \text{ atm}^{-1}$   
 D.  $1/9 \text{ atm}$   
 E.  $1/9 \text{ atm}^{-1}$
39. Pada reaksi kesetimbangan:  
 $\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{SCN}(aq) \longrightarrow \text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(aq)$ .  
 Kesetimbangan bergeser ke kanan jika ....
- A. konsentrasi  $\text{Fe}^{3+}$  dikurangi  
 B. konsentrasi  $\text{SCN}$  dikurangi  
 C. konsentrasi  $\text{Fe}^{3+}$  ditambah  
 D. konsentrasi  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  ditambah  
 E. konsentrasi  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  ditambah
40. Jika tetapan kesetimbangan untuk reaksi:  
 $\text{A}(g) + 2 \text{B}(l) \longrightarrow 4 \text{C}(g)$  adalah 0,25, maka tetapan kesetimbangan untuk reaksi  $2 \text{C}(g) \longrightarrow \frac{1}{2} \text{A}(g) + \text{B}(l)$  adalah ....
- A. 0,5  
 B. 2,0  
 C. 1,25  
 D. 4,0  
 E. 16

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Diketahui jumlah proton dan neutron dari beberapa unsur sebagai berikut.  
 Unsur A dengan 20 proton dan 20 neutron  
 Unsur B dengan 35 proton dan 35 neutron  
 Unsur C dengan 44 proton dan 44 neutron  
 Tentukan:
  - konfigurasi elektron masing-masing unsur
  - letak unsur dalam sistem periodik unsur
- Sebutkan empat bilangan kuantum yang berhubungan dengan kedudukan elektron.
- Tentukan bentuk molekul dari  $\text{CCl}_4$  berdasarkan teori VSEPR atau teori hibridisasi.

- Jelaskan larangan Pauli yang berhubungan dengan bilangan kuantum.
- Apakah yang dimaksud dengan gaya tarik London? Jelaskan.
- Bagaimana hubungan antara massa relatif molekul dengan titik didihnya? Terangkan.
- Tentukan jumlah pasangan elektron bebas dan pasangan elektron ikatan dari molekul  $\text{CH}_2$ ,  $\text{HBr}$ , dan  $\text{NH}_3$ .
- Sebutkan 2 macam energi yang selalu dimiliki oleh sebuah materi. Jelaskan pengertian masing-masing energi.
- Dalam industri rumah tangga, setiap harinya memerlukan lima buah tabung LPG yang tiap tabungnya berisi 12 kg gas tersebut. Pada suatu saat, gas yang berada di pasaran kosong, yang ada hanyalah karbon/arang. Berapa kilogramkah arang yang diperlukan? Data yang ada: Isi tabung dianggap berisi gas butana saja, 1 mol LPG ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) = 2875 kJ, 1 mol karbon (C) = 394 kJ, Ar C = 12 dan Ar H = 1.
- Sistem adalah bagian dari keseluruhan yang kita pelajari. Sistem dibedakan menjadi 2 macam, sebut dan jelaskan.
- Dalam suatu percobaan, batu kapur dimasukkan ke dalam larutan HCl dan banyaknya gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dalam setiap menit dipakai sebagai penunjuk untuk mengukur besarnya laju reaksi. Ternyata lama kelamaan laju reaksinya berkurang. Jelaskan definisi laju reaksi berdasarkan percobaan tersebut.
- Dalam sebuah reaksi dikenal adanya inhibitor. Apakah inhibitor itu? Apa fungsinya? Jelaskan.
- Pada reaksi.  $\text{P} + \text{Q} + \text{R} \longrightarrow \text{hasil}$ 
  - Jika konsentrasi awal P dinaikkan dua kali pada konsentrasi Q dan R yang tetap, maka laju reaksi menjadi dua kali lebih besar.
  - Jika konsentrasi awal P dan Q masing-masing dinaikkan dua kali laju reaksinya menjadi delapan kali lebih besar.

- c. Jika konsentrasi R dinaikkan 4 kali pada konsentrasi P dan Q yang tetap, laju reaksinya tidak berubah.

Tuliskan persamaan laju reaksi untuk reaksi tersebut.

14. Persamaan laju reaksi suatu reaksi adalah  $r = k[Y]$ . Pada suhu tertentu harga  $k = 2$ , maka:
- Isilah tabel berikut

[Y] (M)	V (M/s)
0,2	
0,4	
0,6	

- Buatlah grafik laju reaksi vs konsentrasi Y
  - Tentukan orde reaksi terhadap Y dan berikan penjelasan.
15. Pada suhu  $27^\circ\text{C}$  laju reaksi  $P \longrightarrow Q$  adalah  $6 \times 10^{-3} \text{ M/s}$ , sedangkan waktu reaksinya 10 s. Jika laju reaksinya menjadi dua kali setiap kenaikan  $10^\circ\text{C}$ , maka tentukanlah:
- laju reaksi pada suhu  $57^\circ\text{C}$
  - waktu yang diperlukan pada suhu  $67^\circ\text{C}$

16. Jelaskan perbedaan reaksi searah dan reaksi dua arah (bolak-balik).

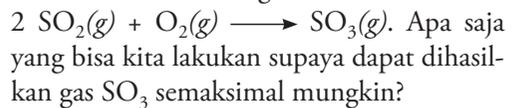
17. Apabila suatu reaksi kesetimbangan telah mencapai keadaan setimbang, maka reaksi tersebut dianggap selesai tetapi sebenarnya reaksinya tidak berhenti. Jelaskan pernyataan tersebut.

18. Pada pemanasan 0,2 mol HI dalam ruang 1 liter terjadi kesetimbangan:



Jika derajat disosiasi 25%, hitunglah harga konstanta kesetimbangan,  $K_c$ .

19. Gas  $\text{SO}_3$  dibuat dari gas-gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$  secara eksotermik dengan reaksi:



20. Ke dalam 1 L bejana dimasukkan a mol CO dan a mol uap  $\text{H}_2\text{O}$ . Setelah tercapai kesetimbangan:  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$ , ternyata ada 0,25 a mol  $\text{CO}_2$ . Tentukan harga  $K_c$ .

# B a b VI

## Teori Asam Basa



Kalian tentu pernah melihat, bahkan mungkin menggunakan jeruk dan daun sirih. Jeruk, apabila kita cicipi akan terasa masam, dan ketika mengenai tangan terasa kesat. Berbeda dengan daun sirih, apabila terkena di tangan terasa licin dan kalau kita cicipi rasanya sepat/ pahit.

Jeruk merupakan salah satu contoh asam, sedangkan daun sirih adalah basa. Mengapa bahan-bahan tersebut mempunyai sifat asam dan basa? Apa sebenarnya larutan asam itu? Apa pula larutan basa? Bagaimana membedakan antara asam dan basa? Kalian akan mengetahui jawabannya setelah mempelajari bab ini.

## Kata Kunci

- Asam
- Basa
- Netral
- pH
- Titrasi



Dengan mempelajari materi asam basa, kalian akan mengetahui pengetahuan asam basa menurut beberapa pakar, baik Arrhenius, Bronsted Lowry maupun Lewis. Dengan pengertian asam basa ini, kalian bisa mengidentifikasi air jeruk dan daun sirih termasuk asam atau basa, begitu juga dengan senyawa yang lain. Dengan bantuan indikator, proses identifikasi akan lebih mudah dilakukan.

Apabila diperiksa dengan indikator, air jeruk dan larutan asam yang lain akan memberikan warna yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan asam masing-masing berbeda. Kekuatan asam ini sangat erat kaitannya dengan derajat pengionan dan tetapan asam atau basa larutan tersebut.

## A. Teori Asam Basa Arrhenius

Seorang ilmuwan kimia dari Swedia bernama **Svante August Arrhenius** (1884) telah berhasil mengemukakan konsep asam dan basa yang memuaskan hingga teori tersebut dapat diterima sampai sekarang.

Jauh sebelum Arrhenius, berabad-abad yang lalu, para ilmuwan telah mendefinisikan asam dan basa atas dasar sifat-sifatnya dalam air. Asam diartikan sebagai suatu senyawa yang berasa masam, memerahkan lakmus biru, larutannya dalam air mempunyai pH lebih kecil dari 7, dan dapat menetralkan larutan basa. Basa didefinisikan sebagai senyawa yang mempunyai sifat berasa pahit/kesat dan dapat membirukan lakmus merah.

Pada tahun 1777 Lavoisier menyimpulkan bahwa penyebab asam adalah oksigen. Namun, teori ini dibantah oleh Davy (1981) yang menyatakan hidrogen sebagai penyebab asam. Dalam sejarah perkembangan ilmu kimia, telah dikemukakan beberapa konsep asam-basa yang memuaskan oleh pakar-pakar terkemuka. Mereka adalah Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis. Bagaimana mereka mengemukakan teorinya tentang asam basa? Kalian akan tahu setelah membaca penjelasan berikut.

### 1. Asam

Menurut Arrhenius, larutan bersifat asam jika senyawa tersebut melepaskan ion hidronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) saat dilarutkan dalam air. Sebagai contohnya, asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) yang dilarutkan dalam air melepaskan ion hidronium seperti reaksi berikut.



Untuk memudahkan dalam pembahasan, biasanya digunakan  $\text{H}^+$  sebagai kependekan dari ion hidronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dan penghilangan molekul air yang melarutkan senyawa tersebut sehingga reaksi di atas dapat ditulis seperti di bawah ini.



Berdasarkan teori Arrhenius, yang menyebabkan asam suatu larutan adalah ion  $\text{H}^+$  yang dihasilkan saat proses ionisasi. Jumlah ion  $\text{H}^+$  dari ionisasi 1 mol asam disebut **valensi asam**, sedangkan anionnya disebut sebagai **ion sisa asam**.

## Khazanah



**Svante August Arrhenius** (1859-1927)

Ahli kimia dari Swedia ini diangkat menjadi profesor pada tahun 1859.

Microsoft Encarta Premium 2006



**Gambar 6.1**

Jeruk dan air jeruk bersifat asam

## 2. Basa

Menurut Arrhenius, basa adalah senyawa yang dapat melepaskan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) jika dilarutkan dalam air. Sebagai contohnya adalah larutan natrium hidroksida berikut.



Arrhenius menyimpulkan bahwa ion  $\text{OH}^-$  yang dihasilkan saat proses ionisasi merupakan penyebab basa suatu larutan. Jumlah ion  $\text{OH}^-$  dari ionisasi 1 mol basa disebut sebagai **valensi basa**. Kalian akan lebih paham dengan penjelasan asam basa Arrhenius setelah kalian kerjakan tugas berikut.

### Tugas

Menurut teori Arrhenius, ion hidronium adalah penyebab sifat asam dan ion hidroksida adalah penyebab sifat basa. Bagaimana agar kita tahu suatu larutan mengandung ion  $\text{H}^+$  ataukah  $\text{OH}^-$  hingga ia bisa dikatakan larutan asam atau basa? Selanjutnya, lengkapi baris dan kolom yang kosong pada tabel berikut.

Rumus Senyawa	Reaksi Ionisasi	Nama Senyawa
....	$\text{HF} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$	Asam fluorida
HBr	....	....
$\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 2 \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$	....
....	....	Asam sulfat
$\text{H}_3\text{PO}_4$	....	....
....	$\text{KOH} \longrightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$	Kalium hidroksida
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^-$	....
....	....	Kalsium hidroksida
....	....	Aluminium hidroksida



Dengan dasar pengetahuan kalian tentang teori asam basa Arrhenius serta pengetahuan dari tabel di atas, ujilah kemampuan kalian dengan mengerjakan soal-soal di bawah ini.

### Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Jelaskan pengertian asam-basa menurut Arrhenius.
- Jelaskan, apa yang dimaksud dengan valensi asam, valensi basa, dan ion sisa asam?
- Di antara larutan berikut ini.
  - Air kapur
  - Air sungai
  - Cuka

- Air jeruk
- Larutan gula
- Larutan sabun

- Manakah larutan yang dapat memerahkan lakmus biru? Jelaskan.
- Reaksi ionisasi terjadi pada  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{NaOH}$ . Tuliskan persamaan reaksinya.



## B. Sifat Asam dan Basa, $pH$ , dan $pOH$

Apakah suatu larutan bersifat asam atau basa dapat kita ketahui kalau kita mempunyai alat untuk mendeteksinya. Dalam pendeteksian ini, ada beberapa alat yang dapat digunakan. Agar kalian tahu lebih jelas tentang alat itu, simak penjelasan.

### 1. Menunjukkan Sifat Asam dan Basa dengan Menggunakan Indikator

Sifat asam dan basa dapat diketahui dengan mencicipinya, namun amat berbahaya untuk zat-zat kimia di laboratorium. Selain dengan mencicipi, kita juga dapat mengetahui sifat asam atau basa dari pengaruhnya terhadap indikator.

Indikator adalah suatu zat kimia yang warnanya tergantung pada keasaman atau kebasaan larutan. Indikator yang biasa digunakan adalah kertas lakmus. Apabila dicelupkan ke dalam larutan basa, kertas lakmus merah akan berubah warna menjadi biru, sedangkan kertas lakmus biru akan berwarna merah jika dicelupkan ke dalam larutan asam.

Warna lakmus semakin merah tua dengan nilai  $pH$  semakin kecil, sedangkan warna lakmus semakin biru tua dengan nilai  $pH$  semakin besar, meskipun konsentrasi larutannya sama. Hal ini menunjukkan kekuatan asam dan basa tiap-tiap larutan berbeda.

Referensi kalian akan lebih lengkap setelah melakukan kegiatan di bawah ini. Bekerjasamalah dengan teman-teman kalian apabila menemui kesulitan.

### Tugas

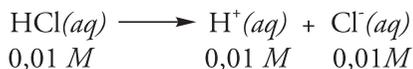
Lengkapilah tabel indikator berikut.

Indikator	Larutan Asam	Larutan Basa	Larutan Netral
Lakmus Merah	Merah	....	....
Lakmus Biru	....	Biru	....
Metil Merah	....	....	Kuning
Metil Jingga	Merah	....	....
Fenolftalin	....	....	Tidak Berwarna
Timol Biru	Merah - Kuning	....	....
Bromtimol Biru	Kuning	....	Biru



### 2. Menghitung $pH$ Larutan

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa sifat asam suatu larutan ditentukan oleh adanya ion  $H^+$  yang ada pada senyawa ketika dilarutkan dalam air. Dengan demikian, tingkat keasaman suatu larutan tergantung pada konsentrasi ion  $H^+$  tersebut. Sebagai contoh, larutan  $0,01M$   $HCl$  akan terionisasi menjadi:



Konsentrasi ion  $\text{H}^+$  di atas  $0,01 M$ . Konsentrasi ini didapatkan dari perbandingan koefisien, di mana koefisien  $\text{H}^+$  = koefisien  $\text{HCl}$ , sehingga konsentrasi ion  $\text{H}^+$  = konsentrasi  $\text{HCl}$  =  $0,01 M$ .

Larutan  $0,01 M \text{HCl}$  sering ditulis dengan larutan  $p\text{H}$  2 bukan larutan  $p\text{H}$  0,01; padahal konsentrasi ion  $\text{H}^+$ -nya  $0,01 M$ . Mengapa demikian?

Konsentrasi ion  $\text{H}^+$  seringkali memiliki nilai yang kecil sehingga seorang ilmuwan kimia dari Denmark yang bernama Sorensen mengusulkan untuk penulisan tingkat keasaman suatu larutan ditulis dengan  $p\text{H}$  agar menyatakan konsentrasi ion  $\text{H}^+$ . Nilai  $p\text{H}$  sama dengan negatif logaritma konsentrasi ion  $\text{H}^+$ . Secara matematis, untuk mencari  $p\text{H}$  suatu larutan dirumuskan sebagai berikut.

$$p\text{H} = -\log [\text{H}^+]$$

Dari perumusan di atas, maka  $p\text{H}$  larutan dapat dicari dengan perhitungan berikut.

$$p\text{H } 0,01 M \text{HCl} = -\log 1 \times 10^{-2} = 2$$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa **semakin besar konsentrasi larutannya, maka nilai  $p\text{H}$ -nya semakin kecil dan tingkat keasamannya bertambah besar**. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil konsentrasi larutan, semakin besar nilai  $p\text{H}$ -nya tetapi tingkat keasamannya semakin menurun. Selanjutnya, kerjakanlah tugas berikut untuk menambah penguasaan kalian terhadap materi ini.

## Tugas

Carilah konsentrasi  $\text{H}^+$  dari larutan dengan  $p\text{H}$  berikut.

- |        |                 |
|--------|-----------------|
| a. 4,0 | d. $2 - \log 5$ |
| b. 4,3 | e. 2,0          |
| c. 3,4 |                 |

Kerjakan dalam buku kalian dan konsultasikan kepada guru bila menemukan kesulitan.



### 3. Menghitung $p\text{OH}$ Larutan

Untuk mencari  $p\text{OH}$  suatu larutan basa, caranya sama dengan mencari  $p\text{H}$  larutan asam. Analog dengan  $p\text{H}$ , konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  dapat ditulis dengan  $p\text{OH}$  sehingga diperoleh persamaan berikut.

$$p\text{OH} = -\log [\text{OH}^-]$$

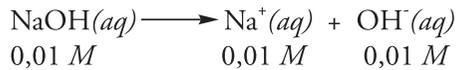
Contoh soal berikut akan membuat kalian lebih paham.

## Contoh

Berapakah  $pOH$  larutan  $NaOH$   $0,01M$ ?

Jawab:

Jika dilarutkan dalam air, larutan  $NaOH$  akan mengalami ionisasi sebagai berikut.



Koefisien  $OH^-$  sama dengan koefisien  $NaOH$ , sehingga konsentrasi ion  $OH^-$  juga sama, yaitu  $0,01 M$  dan  $pOH$ nya  $= -\log 1 \times 10^{-2}$   
 $= 2$ .

Jadi,  $pOH$  larutan  $NaOH$  adalah 2.

Untuk melatih ketrampilan dan kecepatan kalian dalam menghitung  $pOH$ , kerjakan tugas berikut.

## Tugas

Carilah konsentrasi  $H^+$  dari larutan dengan  $pH$  berikut.

- a. 5,0    b.  $3-\log 2$     c. 3,0    d.  $2-\log 5$     e. 4,3

Kerjakan dalam buku kalian dan konsultasikan kepada guru bila mengalami kesulitan.



Gambar 6.2  
Air dari sumur biasanya bening dan bersifat netral

## 4. Kesetimbangan Air

Air sumur yang terasa tawar memiliki nilai  $pH = 7$  atau bersifat netral. Mengapa demikian? Setelah diteliti dan diukur, ternyata air murni mengandung ion dalam jumlah yang kecil sekali. Hal ini disebabkan terjadinya reaksi asam basa sesama molekul air dan membentuk kesetimbangan berikut ini.



Menurut hukum kesetimbangan, maka  $K_c = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$

Karena derajat disosiasi ( $\alpha$ ) air sangat kecil, maka jumlah air yang terion dapat diabaikan sehingga konsentrasi air yang tidak terion dapat dianggap konstan. Persamaan kesetimbangan di atas menjadi:

$$K_c [H_2O] = [H^+] [OH^-]$$

$$K_c [H_2O] = K_w$$

sehingga dapat ditulis:  $K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$

$K_w$  adalah konstanta ionisasi air pada suhu kamar ( $25^\circ C$ ) dan mempunyai nilai  $10^{-14}$ , sehingga dalam air murni terdapat ion-ion dengan konsentrasi berikut.

$$\begin{aligned} 10^{-14} &= [H^+] [OH^-] \\ [H^+] &= [OH^-] = 10^{-7} \\ pH &= -\log 10^{-7} = 7. \end{aligned}$$

Jadi, air memiliki  $pH$  7 atau netral.

# Tugas

Lengkapilah tabel ketergantungan harga  $K_w$  pada berbagai suhu berikut ini.

Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	$K_w$
0	$0,114 \times 10^{-14}$
10	....
20	....
25	$1,01 \times 10^{-14}$
30	$47 \times 10^{-14}$
40	....
50	....
60	....



Dalam persamaan kesetimbangan di atas, tertulis konsentrasi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ .  $[\text{H}^+]$  dapat dinyatakan dengan  $\text{pH}$  dan  $[\text{OH}^-]$  dapat dinyatakan dengan  $\text{pOH}$ . Adakah hubungan antara  $\text{pH}$  dengan  $\text{pOH}$ ? Simak uraian berikut.

## 5. Hubungan $\text{pH}$ dengan $\text{pOH}$

Nilai  $K_w = 10^{-14}$  tidak hanya untuk air murni, tetapi juga berlaku untuk larutan asam atau basa karena adanya kesetimbangan ion. Perhatikan reaksi ini.



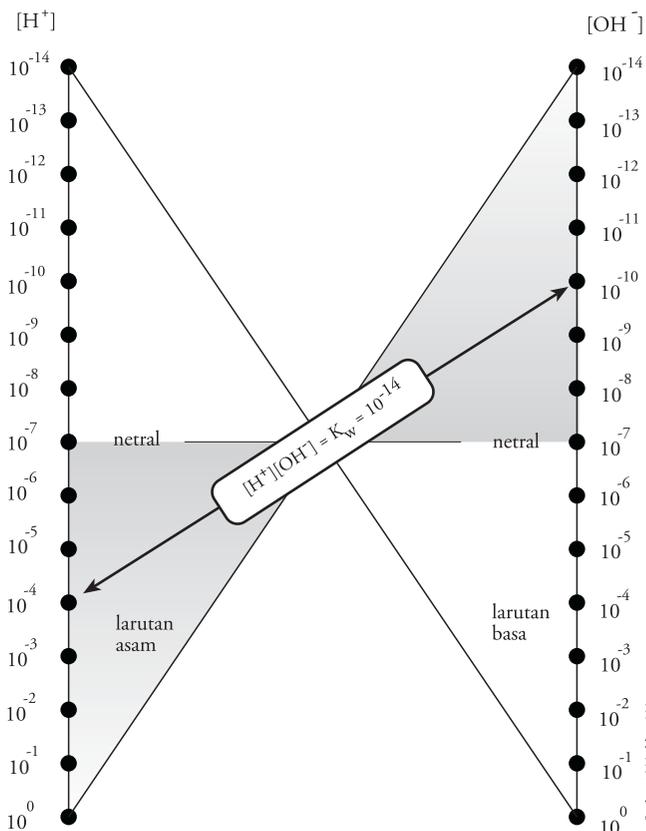
Jika larutan mengandung asam, berarti menambah jumlah  $\text{H}^+$  dan akan menggeser kesetimbangan ke kiri sampai tercapai kesetimbangan baru. Pada kesetimbangan baru jumlah konsentrasi  $\text{H}^+$  lebih besar daripada konsentrasi  $\text{OH}^-$ , tetapi hasil perkalian  $[\text{H}^+]$  dan  $[\text{OH}^-]$  tetap  $10^{-14}$ . Hal yang sama akan terjadi jika air ditambah basa sehingga dicapai kesetimbangan baru dengan nilai  $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$  dan hasil perkaliannya pun tetap  $10^{-14}$ .

Berdasarkan perbedaan jumlah konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , maka larutan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

Larutan asam :  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$

Larutan netral:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$

Larutan basa :  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$



Gambar 6.3 Hubungan nilai  $[\text{H}^+]$  dan  $[\text{OH}^-]$  dalam larutan. Hasil perkaliannya selalu sesuai dengan harga  $K_w$  ( $10^{-14}$ ).



Dari contoh soal yang telah dibahas, kita dapat mengetahui bahwa harga kekuatan asam dan basa ditentukan oleh besar kecilnya konsentrasi ion  $H^+$  dalam larutan. Semakin besar konsentrasi ion  $H^+$  dalam larutan, semakin kecil harga  $pH$ -nya. Begitu pula sebaliknya, semakin besar konsentrasi ion  $OH^-$  dalam larutan, semakin kecil konsentrasi ion  $H^+$ , sehingga semakin kecil harga  $pH$ -nya. Agar kalian lebih menguasai materi ini, kerjakan soal-soal berikut.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan ini.

- Berapakah  $pH$  larutan yang dibuat dari 0,001 mol KOH dalam 10 L air?
- 0,4 g NaOH dilarutkan hingga volume larutan menjadi 500 mL<sup>3</sup>. Berapakah  $pH$  larutan tersebut? (Ar. Na = 23; O = 16; H=1)
- Suatu larutan HCl diketahui memiliki konsentrasi 0,01 M. Berapakah  $pH$  larutan HCl tersebut?
- Pada suatu suhu tertentu harga tetapan kesetimbangan air ( $K_w$ ) =  $9 \times 10^{-14}$ . Tentukan konsentrasi ion  $OH^-$  dalam air murni pada suhu tersebut.
- Sebanyak 20 mL HCl 0,1 M ditambahkan dengan 30 mL HCl 0,2 M. Tentukan  $pH$  larutan campuran tersebut.



Larutan elektrolit akan terionkan dalam air menjadi ion-ionnya. Sewaktu pengionan, belum tentu semua zat terionkan. Ada sebagian zat yang terionkan sempurna, ada yang terionkan sebagian besar, dan ada pula yang terionkan sebagian kecilnya saja. Apakah besarnya pengionan ini memengaruhi  $pH$  larutan? Simak materi berikut, dan kalian akan tahu jawabannya.

### C. Hubungan antara Kekuatan Asam Basa dengan Derajat Ionisasi dan Kesetimbangan Ionisasinya

Elektrolit kuat dapat memiliki daya hantar listrik yang kuat karena mengalami ionisasi sempurna. Apa yang dimaksud dengan ionisasi sempurna? Suatu larutan dapat mengalami ionisasi sempurna jika derajat ionisasinya mendekati satu. Derajat ionisasi adalah perbandingan antara jumlah zat yang mengion dengan jumlah zat yang dilarutkan. Derajat ionisasi dilambangkan dengan  $\alpha$  dan dirumuskan sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{\text{jumlah zat yang mengion}}{\text{jumlah mula-mula zat yang dilarutkan}}$$

Beberapa contoh larutan elektrolit kuat adalah HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, KOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, dan Ca(OH)<sub>2</sub>. Bagaimanakah mencari  $pH$  masing-masing larutan? Perhatikanlah penjelasan berikut.

#### 1. Asam Kuat

HCl, HBr, HNO<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah asam kuat dan tergolong elektrolit kuat sehingga akan mengalami ionisasi sempurna dan reaksi ionnya berkesudahan, tidak bolak-balik. Secara umum, apabila suatu asam kuat

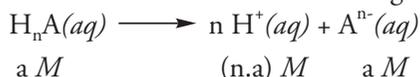
## Khazanah

### Ionisasi dan Disosiasi

Istilah ionisasi sering digunakan untuk reaksi penguraian senyawa ion menjadi ion-ionnya, sedangkan disosiasi digunakan untuk penguraian semua zat menjadi zat yang lebih sederhana. Tidak hanya senyawa ion, tetapi molekulpun bisa menghasilkan ion ketika bereaksi dengan air membentuk elektrolit. Karena hal inilah, istilah disosiasi lebih sering dipakai tanpa membedakan pengionan dari elektrolit ion maupun molekul.

Brady, 1999, hlm. 175

dilarutkan dalam air, maka reaksi yang terjadi adalah reaksi ionisasi dari asam kuat tersebut dan dituliskan sebagai berikut.



Dengan  $a$  = konsentrasi asam

$M$  = molaritas larutan

$n$  = jumlah ion  $\text{H}^+$  yang dihasilkan dari proses ionisasi asam

Sebagai contoh adalah reaksi ionisasi asam klorida berikut.



pH larutan asam klorida di atas dapat ditentukan apabila konsentrasi asamnya diketahui. Secara umum, untuk asam kuat, konsentrasi  $\text{H}^+$  dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$[\text{H}^+] = M \times \text{valensi asam}$$

dengan  $M$  = konsentrasi larutan asam

Perhatikan contoh soal di bawah ini agar kalian lebih jelas memahaminya.

## Contoh

Hitunglah konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan pH dari larutan HCl 0,01 M.

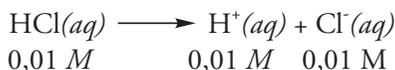
**Penyelesaian:**

**Diketahui:**  $[\text{HCl}] = 0,01 \text{ M}$

**Ditanyakan:**  $[\text{H}^+]$ .

pH.

**Jawab:**



Konsentrasi ion  $\text{H}^+ = 0,01 \text{ M} \times 1 = 0,01 \text{ M}$

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

Jadi, konsentrasi  $\text{H}^+$  dari HCl 0,01 M adalah 0,01 M dan pH-nya 2.

Asam yang mengion sempurna memiliki derajat ionisasi 1 dan disebut sebagai asam kuat. Untuk mencari pH asam kuat digunakan rumus berikut.

$$\text{pH} = -\log n [\text{H}^+]$$

dengan  $n$  = valensi asam

Selanjutnya, diskusikan permasalahan berikut.

## Diskusi

Asam kuat merupakan asam yang terionisasi sempurna dalam larutannya. Apabila asam kuat terlarut dalam air, maka kesetimbangan air akan terganggu. Mengapa demikian? Diskusikan dengan teman-teman kalian. Berikan gambaran yang jelas beserta reaksinya.



Dari perumusan di atas dapat dinyatakan bahwa  $pH$  asam kuat hanya ditentukan oleh banyaknya konsentrasi ion  $[H^+]$ . Bagaimana halnya dengan basa kuat?

## 2. Basa Kuat

$NaOH$ ,  $KOH$ ,  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$ , dan  $Ba(OH)_2$  merupakan basa kuat dan termasuk dalam elektrolit kuat sehingga jika dilarutkan dalam air akan terionisasi sempurna menjadi ion-ionnya. Sama halnya dengan asam kuat, reaksi ini adalah reaksi berkesudahan. Salah satu contohnya adalah reaksi ionisasi  $NaOH$  berikut.



Untuk menentukan  $pH$   $NaOH$ , perlu menghitung  $pOH$ -nya terlebih dahulu.  $pOH$  yaitu konsentrasi ion  $OH^-$  yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$[OH^-] = M \times \text{valensi basa}$$

Sebagai contoh, simaklah soal di bawah ini.

### Contoh

Hitunglah konsentrasi ion  $OH^-$  dan  $pH$  dalam larutan  $NaOH$   $0,01 M$

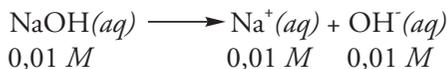
**Penyelesaian:**

**Diketahui** :  $[NaOH] = 0,01 M$

**Ditanyakan** :  $[OH^-]$  dan  $pH$ .

**Jawab:**

Kita tuliskan dulu persamaan ionisasinya sebagai berikut.



Konsentrasi ion  $OH^-$  kita hitung berdasarkan rumus di atas.

$$[OH^-] = 0,01 M \times 1 = 0,01 M$$

Karena valensi basa = 1, maka konsentrasi hidroksida dikalikan dengan angka 1. Dari nilai  $[OH^-]$  maka  $pOH$  dapat dihitung sebagai berikut.

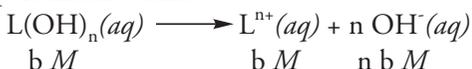
$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 10^{-2} = 2$$

$$\text{Karena} : pH + pOH = pK_w = 14$$

$$\text{Maka} : pH = pK_w - pOH = 14 - 2 = 12$$

Jadi,  $[OH^-]$  dalam  $NaOH$  adalah  $0,01 M$  dan  $pH$ -nya 12.

Selanjutnya, untuk penentuan  $pH$  larutan basa dengan valensi berapa pun dapat dilakukan tanpa menghitung  $pOH$  terlebih dahulu. Perhatikanlah persamaan berikut.



dengan  $b$  = konsentrasi basa,  $M$  = molaritas,  $n$  = jumlah ion  $OH^-$  yang dihasilkan dari proses ionisasi basa.



Gambar 6.4

$Mg(OH)_2$  merupakan basa kuat yang berupa serbuk putih dan larut dalam air. Biasanya digunakan pada pemurnian gula dan sebagai zat penetral asam.

Karena :  $pH + pOH = pK_w = 14$   
Maka :  $pH = pK_w - pOH$   
Dengan :  $pOH = -\log [OH^-]$   
Maka :  $pH = pK_w - (-\log [OH^-])$   
Dan dikarenakan  $pK_w = 14$ , maka  $pH$  dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$pH = 14 - (-\log [OH^-])$$

Agar kalian memiliki wawasan luas tentang larutan basa terutama basa kuat, diskusikan permasalahan ini dengan rekan-rekan kalian.

## Diskusi

Basa kuat merupakan basa yang terionisasi sempurna dalam larutannya. Apabila basa kuat terlarut dalam air, maka keseimbangan air akan terganggu. Namun perhitungan  $pH$  basa kuat hanya tergantung dari  $[OH^-]$  basa saja, tidak dari  $[OH^-]$  air. Mengapa demikian? Diskusikan dengan teman-teman kalian. Tanyakan kepada guru apabila kalian ragu-ragu atau belum jelas.



Perhitungan untuk asam kuat dan basa kuat melibatkan konsentrasi asam/basanya dan valensi asam/basanya. Akan lain halnya dengan asam dan basa lemah. Bagaimana cara perhitungan mereka?

### 3. Asam Lemah

Golongan elektrolit lemah adalah zat yang memiliki derajat disosiasi antara  $0 < \alpha < 1$  dan apabila dilarutkan dalam air hanya terurai sebagian. Salah satu contoh asam lemah adalah  $CH_3COOH$ . Selanjutnya bagaimanakah menentukan  $pH$  asam elektrolit lemah?

Tentu saja lain antara perhitungan asam elektrolit lemah dengan asam elektrolit kuat. Asam lemah hanya mengalami ionisasi sebagian. Sehingga dalam pelarutan asam lemah terjadi kesetimbangan reaksi antara ion yang dihasilkan asam dengan molekul asam yang terlarut dalam air, jadi bukan reaksi berkesudahan.

Dalam reaksi kesetimbangan akan diperoleh tetapan kesetimbangan apabila reaksi sudah setimbang. Dengan kata lain, konsentrasi reaktan sudah berkurang ketika mengalami reaksi. Banyaknya konsentrasi yang bereaksi/mengion sangat tergantung pada derajat ionisasi ( $\alpha$ ), dan dirumuskan sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{\text{jumlah zat yang mengion}}{\text{jumlah mula-mula zat yang dilarutkan}}$$

Jumlah zat yang mengion =  $\alpha \times$  jumlah mula-mula zat yang dilarutkan. Secara umum, reaksi kesetimbangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



## Khazanah

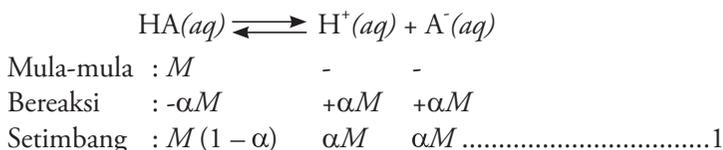
### Reaksi Kesetimbangan dan Reaksi Berkesudahan

Reaksi berkesudahan merupakan reaksi searah sehingga penulisannya menggunakan tanda panah searah, sedangkan reaksi kesetimbangan merupakan reaksi bolak-balik sehingga pada penulisannya menggunakan tanda panah 2 arah, baik ke arah produk maupun ke arah reaktan.

Brady, 1999, hlm. 173-174

Sesuai perumusan matematika,  $x - \alpha x = x(1 - \alpha)$

Jika konsentrasi HA mula-mula =  $M$ , maka jumlah zat yang mengion atau bereaksi adalah  $\alpha \times M = \alpha M$ , sehingga reaksi di atas dapat ditulis sebagai berikut.

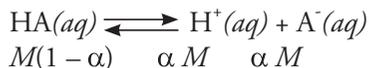


Tetapan kesetimbangan untuk reaksi ionisasi asam disebut **tetapan ionisasi asam** ( $K_a$ ) sehingga tetapan kesetimbangan reaksi di atas dapat dinyatakan sebagai berikut.

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

$$K_a = \frac{\alpha m \times \alpha m}{M(1 - \alpha)} \dots\dots\dots 2$$

Dalam larutan asam lemah terdapat dua macam kesetimbangan, yaitu kesetimbangan asam lemah dan kesetimbangan air. Kesetimbangan asam lemah dituliskan berikut.



Sedangkan kesetimbangan air dituliskan sebagai persamaan berikut.



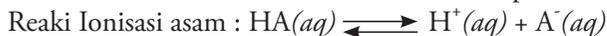
Ion  $\text{H}^+$  yang berasal dari HA lebih besar dibandingkan  $\text{H}^+$  yang berasal dari air sehingga kesetimbangan air bergeser ke kiri. Sebagai akibatnya  $[\text{H}^+]$  dari air makin kecil dan dapat diabaikan terhadap  $\text{H}^+$  yang berasal dari HA. Karena  $\alpha$  sangat kecil maka  $(1 - \alpha) \approx 1$  sehingga persamaan kesetimbangannya menjadi:

$$K_a = \frac{\alpha m \times \alpha m}{M} \quad \text{atau} \quad K_a = \alpha^2 M$$

$$\alpha^2 = \frac{K_a}{M} \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{M}}$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa derajat disosiasi sangat berpengaruh terhadap tetapan ionisasi asam. Semakin besar derajat disosiasinya, semakin besar pula kekuatan asam tersebut.

Selanjutnya, bagaimanakah menghitung  $pH$  larutan asam lemah? Seperti telah kita ketahui, besarnya konsentrasi ion  $\text{H}^+$  sangat dipengaruhi oleh nilai derajat disosiasi ( $\alpha$ ) dan tetapan kesetimbangan ionisasi ( $K_a$ ). Dengan demikian, untuk menghitung besarnya  $pH$  kalian harus memperhatikan kembali reaksi ionisasi asam dan tetapan kesetimbangannya.



Tetapan Kesetimbangan:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad ; \quad K_a = \frac{\alpha m \times \alpha m}{M(1 - \alpha)} \dots\dots\dots 3$$

**Khazanah**

**Tetapan Ionisasi Asam ( $K_a$ )**

Harga  $K_a$  merupakan gambaran kekuatan asam. Semakin besar harga  $K_a$ , berarti semakin besar ion  $\text{H}^+$  yang dihasilkan, atau semakin asam larutan tersebut.

Mulyono, 2006, hlm. 410

**Khazanah**

**Kekuatan Relatif Asam**

Asam	
HClO <sub>4</sub>	Asam kuat ↓ kekuatan menurun ↓ Asam lemah
HCl	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
HNO <sub>3</sub>	
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	
HF	
HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
H <sub>2</sub> S	
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
HCN	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
HS <sup>-</sup>	
H <sub>2</sub> O	
NH <sub>3</sub>	
OH <sup>-</sup>	

Keenan, 1999, hlm. 413

Derajat ionisasi ( $\alpha$ ) asam sangat kecil mendekati nol, sehingga konsentrasi asam HA tetap. Karena  $[H^+] = [A^-]$ , maka tetapan kesetimbangan pada persamaan 3 dapat dituliskan:

$$K_a = \frac{[H^+][H^+]}{HA} ; K_a = \frac{[H^+]^2}{HA}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } [H^+]^2 &= K_a \times [HA] & [H^+] &= \sqrt{K_a \times [HA]} ; \\ [HA] &= M \text{ (karena konsentrasinya tetap), sehingga} \end{aligned}$$

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

Untuk memperjelas uraian di atas, perhatikan baik-baik contoh soal berikut.

### Contoh

Jika kesetimbangan ionisasi asam asetat  $1 \times 10^{-5}$ , maka berapakah pH larutan  $CH_3COOH$   $0,001 M$ .

**Penyelesaian:**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : K_a CH_3COOH = 1 \times 10^{-5} \\ & [CH_3COOH] = 0,001 M \end{aligned}$$

**Ditanyakan** : pH

**Jawab** :

Mula-mula kita cari konsentrasi ion  $H^+$

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

$$[H^+] = \sqrt{K_a \times [CH_3COOH]}$$

$$= \sqrt{1 \times 10^{-5} \times 0,001} = \sqrt{1 \times 10^{-8}} = 10^{-4}$$

Dari konsentrasi ion  $H^+$  kita hitung pH-nya

$$pH = -\log [H^+] = -\log 10^{-4} = 4$$

Jadi pH dari  $CH_3COOH$   $0,001 M$  adalah 4.

Untuk melatih keterampilan kalian dalam menghitung pH asam lemah ini, kerjakan tugas berikut.

### Tugas

Hitunglah pH dan derajat ionisasi dari:

- $C_6H_5COOH$   $0,01 M$  ( $K_a = 6,3 \times 10^{-5}$ )
- $C_6H_5OH$   $0,01 M$  ( $K_a = 1 \times 10^{-10}$ )
- $H_2CO_3$   $0,002 M$  ( $K_a = 4,5 \times 10^{-7}$ )

Tentukan nilai  $K_a$  dari asam lemah berikut:

- $CH_3COOH$   $0,1 M$  dengan pH 3
- $HF$   $0,2 M$  dengan pH  $2 - \log 1,2$



## 4. Basa Lemah

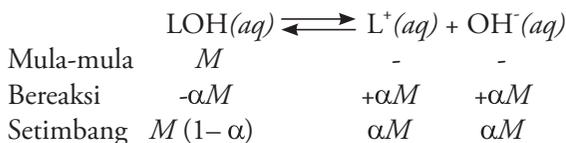
Basa lemah yaitu suatu basa yang jika dilarutkan dalam air hanya akan terurai sebagian saja. Karena hanya sedikit yang terurai, maka dalam

pelarutan basa lemah terjadi kesetimbangan reaksi antara ion OH<sup>-</sup> yang dihasilkan basa dengan molekul basa yang terlarut dalam air. Menghitung basa lemah pada prinsipnya sama dengan menghitung asam lemah.

Reaksi kesetimbangan dalam basa lemah dapat digambarkan sebagai berikut.



Jika konsentrasi LOH mula-mula =  $M$ , maka jumlah zat yang mengion/ bereaksi adalah  $\alpha \times M = \alpha M$  sehingga reaksi di atas dapat ditulis sebagai berikut.



Berdasarkan persamaan kesetimbangan di atas, maka tetapan ionisasi basa ( $K_b$ ) bisa dirumuskan sebagai berikut.

$$K_b = \frac{[\text{LOH}][\text{OH}^-]}{[\text{LOH}]} = \frac{\alpha m \times \alpha m}{M(1-\alpha)}$$

Karena  $\alpha$  sangat kecil, maka  $(1-\alpha) \approx 1$  sehingga persamaan kesetimbangannya menjadi:

$$K_b = \frac{\alpha m \times \alpha m}{M} \text{ atau } K_b = \alpha^2 M$$

$$\alpha^2 = \frac{K_b}{M}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{M}}$$

Selanjutnya, bagaimanakah menghitung pH larutan basa lemah? Karena besarnya konsentrasi ion OH<sup>-</sup> sangat dipengaruhi oleh nilai derajat disosiasi ( $\alpha$ ) dan tetapan kesetimbangan ionisasi ( $K_b$ ), maka perhitungannya sebagai berikut.

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times [\text{LOH}]}; [\text{LOH}] = M$$

$$\text{Karena konsentrasinya tetap, maka } [\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times M}$$

$$p\text{OH} = -\log \sqrt{K_b \times M}$$

Agar kalian lebih mengerti tentang langkah-langkah perhitungan pH basa lemah ini, perhatikan sungguh-sungguh contoh soal berikut. Namun sebelumnya diskusikan dahulu permasalahan dalam rubrik diskusi.

## Diskusi

Perhatikan data dari hasil percobaan berikut.

No	Larutan 0,1 M	pH	$K_a$	$\alpha$
1.	H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64	$4,3 \times 10^{-7}$	...
2.	CH <sub>3</sub> COOH	3	$10^{-5}$	...
3.	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,56	$7,5 \times 10^{-3}$	...

Berdasarkan data di atas, apa yang dapat kalian simpulkan mengenai hubungan kekuatan asam dengan  $K_a$ . Carilah harga  $\alpha$ -nya dan hubungkan pula dengan pH yang terukur. Diskusikan dengan teman-teman kalian untuk memperoleh jawaban yang tepat.



Dok. PIM

**Gambar 6.5**  
Amonium hidroksida merupakan basa lemah dengan derajat ionisasi 0,04



## Contoh

Hitunglah  $pH$  larutan  $AgOH$   $0,011 M$  ( $K_b = 1,1 \times 10^{-4}$ ).

**Penyelesaian:**

**Diketahui** :  $[AgOH] = 0,011 M$   
 $K_b = 1,1 \times 10^{-4}$

**Ditanyakan** :  $pH$ .

**Jawab** :

$AgOH$  merupakan basa lemah karena memiliki  $K_b$ . Mula-mula kita hitung  $[OH^-]$ nya dahulu.

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

$$[OH^-] = \sqrt{1,1 \times 10^{-4} \times 0,011 M} = \sqrt{121 \times 10^{-8} M}$$

$$[OH^-] = 11 \times 10^{-4} = 1,1 \times 10^{-3} M$$

Dengan harga  $[OH^-]$  yang kita peroleh, kemudian kita cari nilai  $pOH$ nya.

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log 1,1 \times 10^{-3} = 3 - \log 1,1$$

Karena:  $pH + pOH = 14$ , maka

$$pH = 14 - pOH = 14 - (3 - \log 1,1)$$

$$pH = 11 + \log 1,1$$

Jadi, harga  $pH$  dari  $0,011 M AgOH$  adalah  $11 + \log 1,1$ .

Selanjutnya kerjakanlah latihan soal berikut agar kalian bisa menguji kemampuan menghitung  $pH$  pada asam kuat, basa kuat, asam lemah, maupun basa lemah.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Berapakah  $pH$  larutan  $25 \text{ mL } CH_3COOH$   $0,2 M$  ( $K_a = 1.10^{-5}$ )
- Suatu larutan basa lemah  $MOH$  mempunyai konsentrasi  $0,1 M$ . Jika  $K_b$  basa lemah  $1.10^{-5}$ . Berapakah  $pH$  larutan tersebut?
- Berapakah konsentrasi larutan  $CH_3COOH$  ( $K_a = 2 \times 10^{-5}$ ) yang mempunyai  $pH$  sama dengan
- larutan  $2 \times 10^{-3} M HCl$ ?
- Suatu asam  $HA$   $0,01 M$  akan memberikan warna yang sama dengan larutan  $HCl$   $0,0001 M$  jika diukur dengan indikator universal. Hitunglah  $K_a$   $HA$  tersebut.
- Hitunglah konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan  $HCl$   $0,01 M$ .



Menghitung  $pH$  larutan dengan rumus dapat dilakukan kalau konsentrasi larutannya diketahui. Lantas bagaimana cara memperkirakan  $pH$  suatu larutan yang tidak diketahui konsentrasinya?

### D. Memperkirakan $pH$ Larutan dengan Beberapa Indikator

Teman-teman masih ingat bukan, bahwa untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu larutan dapat dilakukan dengan menggunakan indikator. Salah satu contoh indikator yang sudah kalian ketahui adalah kertas lakmus.

Suatu indikator bekerja pada trayek  $pH$  tertentu dan akan memberikan suatu warna gradasi disekitar trayek  $pH$  tersebut. Sebagai contoh indikator bromtimol biru yang memiliki trayek  $pH$  antara 6,0 – 7,6 dengan perubahan warna indikator dari kuning menjadi biru. Bagaimanakah jika larutan yang ditetesi dengan indikator itu tidak memberikan warna? Berapakah  $pH$  larutan tersebut? Bagaimanakah cara kita menentukan  $pH$ -nya? Untuk itu diperlukan beberapa indikator sehingga  $pH$  larutan dapat ditentukan. Agar kalian lebih paham lakukanlah kegiatan di rubrik *Aktivitas* berikut.

## Aktivitas

### Mengukur $pH$ Larutan

#### A. Dasar Teori

Indikator adalah alat untuk mengetahui apakah larutan bersifat asam atau basa. Indikator merupakan zat warna larut yang perubahan warnanya tampak jelas dalam rentang  $pH$  yang sempit. Indikator yang baik mempunyai intensitas warna sedemikian rupa sehingga untuk mengetahui perubahan  $pH$  pada larutan uji hanya memerlukan beberapa tetes indikator encer. Konsentrasi indikator yang sangat rendah ini hampir tidak berpengaruh terhadap  $pH$  larutan.

Ada berbagai macam indikator, mulai dari yang sintetis sampai zat pewarna alami yang ditemukan pada buah-buahan, sayur-sayuran, dan bunga. Beberapa indikator sintetis dan jangkauan warnanya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel **Jangkauan Warna Beberapa Indikator**

Indikator	Perubahan Warna	Trayek $pH$
metil merah	merah ke kuning	4,2 – 6,2
metil jingga	merah ke kuning	3,1 – 4,4
fenolftalin	tak berwarna ke merah ungu	8,0 – 9,6
ekstrak kol merah	merah-ungu-kuning	

Oxtoby, 2001, hlm. 304 (dengan pengembangan).

#### B. Tujuan Percobaan

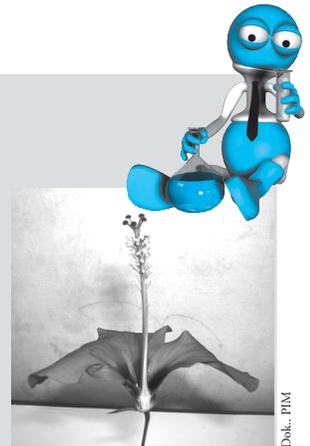
Memperkirakan  $pH$  suatu larutan menggunakan beberapa indikator

#### C. Alat dan Bahan

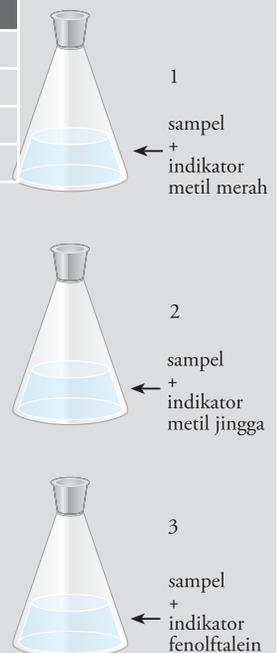
<b>Alat:</b>	Erlenmeyer 25 mL	Gelas ukur 20 mL	Pipet tetes
<b>Bahan:</b>	Air sabun	Air sumur	
	Air jeruk	Indikator metil merah	
	Air kapur	Indikator metil jingga	
	Larutan cuka	Indikator fenolftalein	

#### D. Langkah Percobaan

- Ambillah 20 mL larutan sabun, kemudian tuangkan ke dalam tiga erlenmeyer.
- Tambahkan ke dalam masing-masing erlenmeyer tersebut 2 tetes indikator berturut-turut.
  - erlenmeyer 1 dengan metil merah
  - erlenmeyer 2 dengan metil jingga
  - erlenmeyer 3 dengan fenolftalein



**Gambar 6.6**  
Mahkota bunga sepatu merah dapat digunakan sebagai indikator asam basa.



**Gambar 6.7**  
Memperkirakan  $pH$  sampel dengan 3 macam indikator.

- Amati perubahan warna yang terjadi dan catatlah.
- Lakukan langkah percobaan seperti 1-3 terhadap larutan lainnya.

#### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut ini sesuai dengan hasil pengamatan.

No.	Larutan	Perubahan Warna yang Terjadi		
		Metil Merah	Metil Jingga	Fenolftalein
1	air sabun			
2	air jeruk			
3	air kapur			
4	larutan cuka			
5	air sumur			

#### F. Pembahasan

Dari hasil pengamatan yang telah kalian lakukan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Perkirakanlah  $pH$  dari masing-masing larutan.

Kalian bisa melihat tabel indikator dan jangkauan warnanya pada dasar teori untuk membantu menentukan  $pH$  larutan.

- Klasifikasikan larutan-larutan tersebut ke dalam golongan asam, basa, atau netral.
- Bagaimana sifat-sifat asam dan basa berdasarkan percobaan ini?

#### G. Kesimpulan

Diskusikan hasil percobaan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan.

Dari hasil kegiatan di atas, kita bisa mengetahui bahwa untuk menentukan  $pH$  suatu larutan tidak bisa hanya menggunakan 1 indikator. Minimal kita membutuhkan dua indikator. Sebagai penjeles, coba perhatikan contoh penentuan  $pH$  berikut.

### Contoh

Suatu larutan setelah ditetesi dengan metil merah (4,2 – 6,3/merah-kuning) memberikan warna kuning, sedangkan setelah ditetesi fenolftalein (8,3-9,6/tak berwarna-merah) tak berwarna. Berapakah  $pH$  larutan tersebut? Terangkan.

#### Jawab:

Saat ditetesi metil jingga, larutan itu berwarna kuning sehingga  $pH > 6,3$ . Saat ditetesi fenolftalein tak berwarna, sehingga  $pH < 8,3$ . Dari perubahan yang terjadi setelah ditetesi dua indikator, maka  $pH$  larutan tersebut adalah  $6,3 < pH < 8,3$ .

Dengan mengetahui konsentrasi larutan, kita akan tahu  $pH$  suatu larutan secara tepat. Pengukuran  $pH$  dilakukan pada larutan asam maupun basa. Apabila larutan asam ditambahkan pada larutan basa, maka akan terjadi suatu reaksi. Bagaimanakah reaksinya? Apa yang terjadi selanjutnya? Semuanya akan kita bahas pada subbab reaksi asam dan basa.

## E. Reaksi Asam dan Basa

Kalian tentu pernah mencicipi rasa garam dapur (NaCl), bukan? Kalian juga telah mempelajari reaksi ionisasi asam dan basa. Tentunya kalian tahu dari reaksi apa garam dihasilkan? Suatu asam dalam air akan terionisasi menghasilkan ion  $H^+$ , sedangkan suatu basa dalam air akan terionisasi menghasilkan ion  $OH^-$ . Bagaimanakah reaksi ionisasi asam dan basa? Untuk mengetahuinya, kita lihat reaksi ionisasi dari HCl dan NaOH berikut.

Dalam air HCl akan terionisasi menjadi:



NaOH akan terionisasi dalam air sebagai berikut.



Jika HCl dan NaOH tersebut direaksikan, ion  $H^+$  dan  $OH^-$  akan membentuk air, sedangkan ion positif dari sisa basa ( $Na^+$ ) dan ion negatif dari sisa asam ( $Cl^-$ ) membentuk suatu garam (NaCl). Reaksi tersebut dapat dituliskan dengan:



Atau dituliskan dengan persamaan berikut.



Asam            basa                            garam            air

Amatilah hasil reaksi antara asam dan basa. Dari reaksi tersebut dihasilkan garam dan air. Oleh karena itulah, reaksi antara asam dan garam disebut **reaksi penggaraman** (menghasilkan garam) atau **reaksi penetralan**. Meskipun reaksi antara asam dan basa disebut reaksi penetralan, namun hasil reaksi tidak selamanya bersifat netral, tergantung kekuatan asam dan basa yang direaksikan. Pada bab ini hanya akan dibahas untuk asam kuat dan basa kuat saja, sedangkan untuk campuran antara asam atau basa lemah akan dipelajari pada bab selanjutnya. Lakukanlah kegiatan berikut agar lebih paham.

### Aktivitas

#### Mengidentifikasi Hasil Reaksi antara Asam dan Basa

##### A. Dasar teori

Reaksi asam basa dapat berlangsung dalam keadaan padat, gas, serta dalam larutan cair. Namun demikian, reaksi asam basa dalam larutan cair lebih mudah dipelajari daripada yang lain. Reaksi asam basa sering disebut sebagai reaksi penetralan.

Reaksi penetralan atau penggaraman yang terjadi antara asam dan basa menghasilkan garam dan air. Inti reaksi penetralan adalah reaksi antar sebuah ion  $H^+$  dengan ion  $OH^-$ , yang kemudian bergabung menjadi molekul air. Pada reaksi penetralan ini tentu akan terjadi perubahan  $pH$  larutan campuran. Perubahan  $pH$  larutan dapat dibaca dengan indikator.

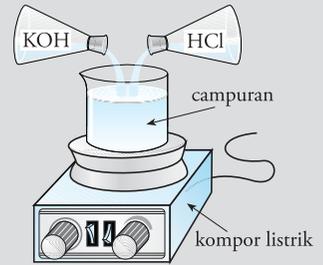
Brady, 1999, hlm. 128 (dengan pengembangan)

##### B. Tujuan Percobaan

Mengetahui hasil reaksi antara asam dengan basa

### C. Alat dan Bahan

<b>Alat:</b>	Gelas beker 100 mL	Kertas Saring
	Erlenmeyer 25 mL	Oven
	Gelas ukur 50 mL	Pengaduk
	Kompur listrik	
<b>Bahan:</b>	HCl 0,1 M	Kertas Lakmus
		KOH 0,1 M



### D. Langkah Percobaan

1. Ambil 25 mL HCl 0,1 M, kemudian tuangkan ke dalam erlenmeyer. Ujilah dengan kertas lakmus. Catat perubahan warna yang terjadi. Ulangi hal yang sama untuk KOH 0,1 M
2. Tuangkan kedua larutan tersebut ke dalam gelas beker. Aduklah hingga rata, kemudian ujilah dengan kertas lakmus. Catat perubahan warna yang terjadi.
3. Panaskanlah campuran tersebut. Uapkan hingga volumenya menjadi 20 mL.
4. Saringlah kristal yang terbentuk, kemudian panaskan dengan oven hingga kering.
5. Setelah kering cicipi kristal tersebut.



### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut ini sesuai dengan hasil pengamatan.

No.	Larutan	Perubahan Warna yang Terjadi		Sifat
		Lakmus Merah	Lakmus Biru	
1	HCl 0,1 M			
2	KOH 0,1 M			
3	campuran dingin			
4	campuran panas			
5	kristal			

### F. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

1. Apakah sifat dari hasil campuran di atas? Jelaskan.
2. Tuliskan reaksi yang terjadi.

### G. Kesimpulan

Diskusikan hasil percobaan dengan kelompok kalian. Lalu, tuliskan dalam laporan kegiatan.

Pencemaran tanah, banyak terjadi di mana-mana. Ada pencemaran udara, pencemaran tanah maupun pencemaran air. Dahulu, pencemaran hanya diakibatkan oleh mikroorganisme, tetapi pencemaran sekarang banyak disebabkan oleh zat-zat kimia dan logam-logam berat yang berbahaya sehingga butuh cara baru dan khusus untuk menanganinya. Selanjutnya kita akan mempelajari pencemaran yang terjadi dalam perairan. Simak baik-baik uraian berikut agar wawasan kalian bertambah luas.

## F. Pencemaran Air

Air merupakan sumber kehidupan yang terpenting bagi manusia. Namun, dengan banyaknya industri dan kurang sadarnya masyarakat tentang lingkungan, saat ini sulit untuk mendapatkan air yang bersih dan sehat. Pencemaran air akibat limbah industri semakin mengkhawatirkan, sehingga air sudah banyak tercemar dan tidak layak lagi untuk dikonsumsi. Ada beberapa limbah yang menjadi sumber pencemaran, antara lain:

### 1. Limbah Rumah Tangga

Biasanya sumber pencemaran dari rumah tangga berasal dari limbah deterjen, sabun, dan minyak. Deterjen mengandung bahan aktif yang sukar diuraikan oleh mikroorganisme sehingga akan mengganggu ekosistem air.

### 2. Limbah Industri

Limbah yang berasal dari industri, selain mencemari air juga sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia. Seringkali limbah tersebut seperti senyawa raksa, dapat masuk dalam tubuh manusia melalui rantai makanan, yakni dari mikroorganisme yang hidup di air.

Selanjutnya, bagaimanakah cara kita agar dapat mengetahui ciri-ciri air yang baik? Secara fisik air yang berkualitas tidak berwarna. Air yang berkualitas juga tidak berbau dan tidak berasa.

Sementara itu, secara kimia, air yang berkualitas mempunyai  $pH$  antara 6,7 sampai 8,6. Artinya air yang  $pH$ -nya  $< 7$  akan menyebabkan rasa asam dan menyebabkan korosif, sedangkan jika  $pH$ -nya  $> 7$  menyebabkan rasa air menjadi sepat. Selain parameter secara fisik dan kimia, air bersih juga dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang terlarut dalam air (*Dissolved Oxygen* = DO). Semakin tinggi tingkat pencemarannya, maka kandungan oksigen yang terlarut semakin kecil, bahkan dapat mencapai nol. Hal ini terjadi karena oksigen yang terlarut dalam air dipakai oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan pencemar yang ada. Jika DO air sampai mencapai 0, biasanya air berubah warna menjadi hitam pekat dan berbau busuk. Untuk batasan kehidupan ikan di perairan minimal kandungan oksigen terlarut (DO) 3 mg/L.

Berdasarkan pengetahuan yang telah kalian peroleh ini, cobalah untuk melakukan kegiatan kecil bersama teman-teman kalian, menganalisis suatu sampel air, seperti pada *Tugas* berikut.

### Tugas

Carilah sampel air bersama teman-teman kalian dari sungai yang terdekat dengan sekolah/rumah kalian. Dari sampel air tersebut, identifikasikan ciri fisiknya, meliputi: warna, rasa dan baunya. Kemudian identifikasi secara kimia dengan mengukur  $pH$ nya menggunakan indikator atau pHmeter. Ukur pula kandungan oksigennya (BOD). Tuliskan dalam laporan praktikum hasil pengamatan kalian dan simpulkan apakah sampel air yang kalian ambil layak untuk kehidupan. Gunakan teori pada materi di atas sebagai salah satu acuan dalam mengambil kesimpulan.



Gambar 6.8  
Limbah deterjen yang mencemari air sungai



Gambar 6.9  
Limbah pabrik yang mencemari air sungai

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Perkirakan pH larutan jika larutan tersebut berwarna kuning ketika ditetesi indikator metil merah (4,2 –6,3 /merah-kuning) dan berwarna biru ketika ditetesi bromtimol biru (6,0-7,6/kuning-biru).
- Tuliskan contoh reaksi asam basa yang berasal dari asam lemah dengan basa kuat.
- Sebutkan sumber-sumber pencemaran air dan bahaya yang diakibatkannya.
- Sebutkan ciri-ciri kimia dan fisik dari air bersih.
- Pernahkah kalian mendengar tentang bencana Minamata? Apa penyebabnya? Jelaskan.

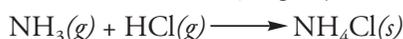


## G. Teori Asam-Basa Bronsted-Lowry dan Lewis

Sesudah teori asam basa dari Arrhenius yang cukup memuaskan, ada 2 pakar lagi yang teorinya tentang asam basa diakui dan digunakan sampai sekarang. Para pakar tersebut adalah **Bronsted-Lowry** dan **Lewis**. Bagaimana masing-masing mengutarakan teorinya? Simak saja uraian di bawah ini.

### 1. Teori Asam Basa Bronsted-Lowry

Kalian telah mengetahui pengertian asam dan basa menurut Arrhenius bukan? Jika dilarutkan dalam air, asam akan menghasilkan ion  $H_3O^+$ , sedangkan basa dalam air akan menghasilkan ion  $OH^-$ . Apabila amonia pekat dan HCl pekat ditempatkan pada botol yang terbuka, maka di atas botol-botol tersebut terbentuklah kristal-kristal halus dari ammonium klorida ( $NH_4Cl$ ). Kristal  $NH_4Cl$  yang terjadi merupakan reaksi antara HCl dan gas  $NH_3$ . HCl lolos dari dalam larutan pekat asam klorida dan  $NH_3$  lolos dari larutan amonia dalam air. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

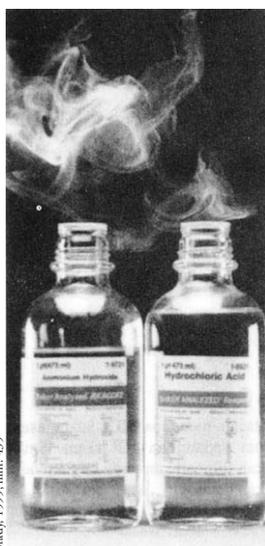


Hasil reaksi ini akan sama jika kita mencampur larutan amonium hidoksida dengan larutan HCl. Berikut reaksi yang terjadi.



Karena hasil reaksi antara HCl dengan  $NH_3$  sama, baik dalam bentuk gas maupun larutan, maka dapat dikatakan bahwa kedua reaksi ini adalah reaksi asam basa. Apabila menengok definisi asam basa Arrhenius, maka sifat asam dan basa larutan dicirikan dengan dihasilkannya ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam air. Namun, pada kenyataannya ada reaksi dalam bentuk gas yang tidak menghasilkan ion  $H^+$  atau ion  $OH^-$  tetapi tergolong reaksi asam basa. Karena alasan inilah, maka diperlukan lagi teori asam basa yang lebih luas dan umum.

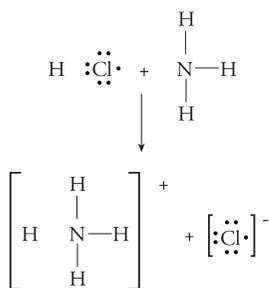
Berdasarkan kenyataan tersebut, kemudian seorang ahli kimia Denmark bernama Bronsted dan ahli kimia dari Inggris bernama Lowry secara terpisah mengusulkan bahwa yang dimaksud asam adalah suatu zat yang memberikan proton (ion hidrogen,  $H^+$ ) pada zat lain, sedangkan basa adalah suatu zat yang menerima proton dari asam. Berdasarkan definisi ini, maka reaksi antara gas  $NH_3$  dan HCl dapat ditulis memakai struktur Lewis seperti pada Gambar 6.11.



Brady, 1999, Ilm., 499

Gambar 6.10

Gas HCl dan gas amonia yang terbuka akan menghasilkan ammonium klorida berupa gumpalan asap putih.



Gambar 6.11

Proton ( $H^+$ ) pindah dari HCl ke  $NH_3$  membentuk ikatan koordinasi. Reaksi ini terjadi dalam keadaan gas.

Dari Gambar 6.11 terlihat bahwa HCl bersifat asam karena donor proton, sedangkan NH<sub>3</sub> adalah basanya karena menerima proton. Jadi, menurut Bronsted-Lowry, setiap ada reaksi yang di dalamnya terjadi suatu perpindahan proton dari partikel satu ke partikel yang lain, disebut reaksi asam basa meskipun tidak mengikutsertakan ion H<sup>+</sup> atau ion OH<sup>-</sup> dan bereaksi tanpa ada suatu pelarut.

Untuk menambah pemahaman kalian tentang apa yang baru saja kalian pelajari, sekaligus untuk mengantarkan pada pelajaran selanjutnya, berdiskusilah dahulu dengan teman-teman kalian tentang permasalahan berikut.

## Diskusi

Beberapa molekul dan ion dapat bertindak sebagai asam maupun basa, tergantung pada kondisi reaksinya. Molekul atau ion ini disebut sebagai **amfoter**. Sebagai contoh yang paling umum adalah air. Nah, sekarang diskusikan dengan teman-teman kalian kapan air berperan sebagai asam, kapan pula berperan sebagai basa? Berikan reaksinya agar lebih jelas.

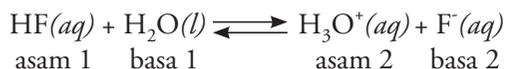


## 2. Asam Basa Konjugasi

Sekarang perhatikan reaksi ionisasi asam fluorida (HF) berikut. Reaksi ini adalah reaksi asam lemah dalam air dan akan mengalami ionisasi sebagai berikut.

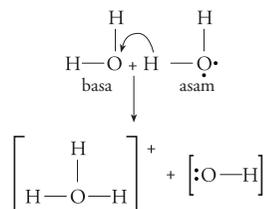


Dari reaksi di atas, H<sub>2</sub>O merupakan basa karena menerima ion H<sup>+</sup> (akseptor proton) dari HF sehingga berubah menjadi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, sedangkan HF merupakan asam karena memberikan ion H<sup>+</sup> (donor proton) kepada H<sub>2</sub>O dan berubah menjadi ion F<sup>-</sup>. Jika asam HF bereaksi, maka akan terbentuk basa F<sup>-</sup>, sedangkan H<sub>2</sub>O bertindak sebagai basa dan membentuk asam H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Dari reaksi kesetimbangan tersebut terdapat dua asam dan dua basa, masing-masing satu pada setiap sisi dari panah.



Pasangan antara HF dan F<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O dan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> disebut pasangan asam basa konjugasi. F<sup>-</sup> adalah basa konjugasi dari HF, sedangkan HF adalah asam konjugasi dari F<sup>-</sup>. Pada kesetimbangan ini kita juga melihat bahwa H<sub>2</sub>O merupakan basa konjugasi dari H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> adalah asam konjugasi dari H<sub>2</sub>O.

Contoh lain reaksi asam basa Bronsted-Lowry juga terjadi pada larutan amonia dalam air dan ionisasi ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Reaksi yang terjadi adalah:



**Gambar 6.12**  
H<sub>2</sub>O sebagai amfoter, yang dapat bersifat sebagai asam maupun basa.

Reaksi ionisasi ion  $\text{NH}_4^+$ :



Perhatikan reaksi di atas. Ternyata  $\text{H}_2\text{O}$  dapat bersifat asam maupun basa. Zat seperti ini disebut amfoter, yaitu zat yang dapat bersifat asam maupun basa.

Konsep asam basa Bronsted-Lowry ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan teori asam basa Arrhenius. Kelebihan tersebut adalah:

- Konsep asam basa Bronsted-Lowry tidak terbatas dalam pelarut air, tetapi juga menjelaskan reaksi asam basa dalam pelarut lain
- Asam basa Bronsted-Lowry dapat berupa kation dan anion, tidak terbatas pada molekul. Konsep asam basa Bronsted-Lowry dapat menjelaskan mengapa suatu senyawa atau molekul atau ion bersifat asam.

Sebelum melangkah pada materi berikutnya, cobalah berdiskusi dengan teman-teman kalian dahulu mengenai permasalahan berikut.

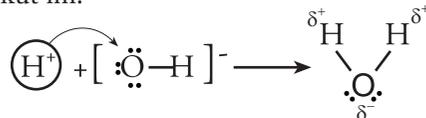
## Diskusi

Dalam konsep asam basa Bronsted dan Lowry, yang disebut asam kuat adalah spesi yang mudah melepas proton, sedangkan basa kuat adalah spesi yang kuat menarik proton. Ada hubungan antara kekuatan asam dengan basa konjugasinya. Bagaimanakah hubungan tersebut? Diskusikan jawabannya dengan teman-teman kalian. Tanyakan kepada guru bila kesulitan.



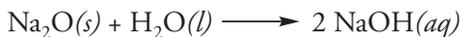
### 3. Teori Asam Basa Lewis

Teori asam basa yang dikemukakan oleh Bronsted-Lowry lebih umum daripada Arrhenius karena telah meniadakan pembatasan teori yang hanya berlaku untuk larutan dalam air. Tetapi masih ada beberapa reaksi yang tidak sesuai dengan konsep Bronsted-Lowry. Konsep dari Bronsted dan Lowry hanya melibatkan pertukaran proton saja. Perhatikan reaksi antara ion hidrogen dan ion hidroksida yang digambarkan dalam struktur Lewis berikut ini:

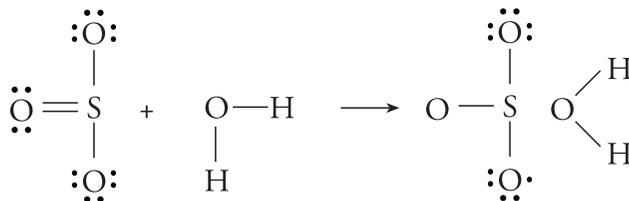
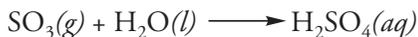


Ion hidroksida memberikan sepasang elektron kepada hidrogen yang dipakai bersama membentuk ikatan kovalen koordinasi dan menghasilkan molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Karena ion  $\text{OH}^-$  memberikan sepasang elektron, maka oleh Lewis disebut basa, sedangkan ion hidrogen yang menerima sepasang elektron disebut asam lewis. Jadi menurut Lewis, yang dimaksud dengan asam adalah suatu senyawa yang mampu menerima pasangan elektron atau **akseptor elektron**, sedangkan basa adalah suatu senyawa yang dapat

memberikan pasangan elektron kepada senyawa lain atau **donor elektron**. Contoh lain adalah reaksi antara natrium oksida dengan sulfur trioksida. Natrium oksida termasuk oksida logam. Bila dilarutkan dalam air, natrium oksida akan menghasilkan hidroksida sehingga bersifat basa. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



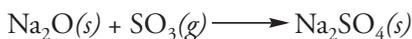
Sulfur trioksida termasuk dalam oksida non logam. Jika dilarutkan dalam air akan membentuk asam dan reaksi yang terjadi ialah:



Gambar 6.18

Struktur asam lewis pada pembentukan asam sulfat.  $\text{H}_2\text{O}$  memberikan pasangan elektronnya kepada sulfat sehingga  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai basa dan sulfat sebagai asamnya.

Jika kedua senyawa tersebut dicampur, maka akan terbentuk suatu garam karena kedua senyawa tersebut berasal dari asam dan basa. Reaksi yang terjadi seperti di bawah ini.



Perhatikan reaksi di atas. Pembentukan garam tersebut terjadi tanpa adanya air sehingga menurut Arrhenius,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{SO}_3$  bukan basa dan asam karena tidak menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}^+$ , serta pembentukan garamnya tidak dalam larutan air. Reaksi antara  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{SO}_3$  menggambarkan keterbatasan teori Bronsted Lowry, karena untuk membentuk ion sulfat proton tidak diikutsertakan. Oleh karenanya, dapat disimpulkan bahwa teori asam basa yang dapat menjelaskan lebih kompleks dan berlaku untuk setiap reaksi adalah teori asam basa Lewis.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

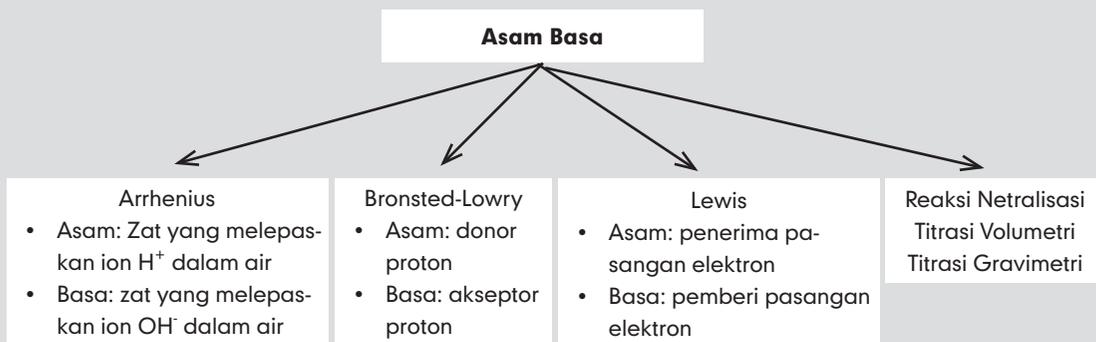
- Diketahui reaksi :  

$$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2(aq) + \text{OH}^-(aq)$$
 Tentukan pasangan asam basa-konjugasinya.
- Sebutkan definisi asam basa menurut Lewis.
- Apabila amonia dilarutkan dalam air, maka akan terbentuk pasangan asam basa konjugasi. Tuliskan persamaan reaksinya dan tentukan pasangan asam basanya.
- Sebutkan kelebihan teori asam basa Bronsted-Lowry atas teori Arrhenius dan kelebihan teori Lewis atas teori Bronsted-Lowry.
- Mengapa suatu senyawa dapat bersifat sebagai amfoter dalam asam basa konjugasi? Jelaskan.



# Rangkuman

Ada beberapa teori asam basa yang perlu dipelajari, seperti yang tercantum pada bagan berikut.



Kisaran pH suatu larutan dapat diketahui melalui indikator. Besarnya pH larutan asam dan basa, baik lemah maupun kuat juga dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut.

Asam Kuat :  $pH = -\log [H^+]$   
Basa Kuat :  $pH = 14 - (-\log [OH^-])$   
Asam Lemah :  $[H^+] = \sqrt{K_a \times M}$   
Basa Lemah :  $pOH = -\log \sqrt{K_b \times M}$



## Glosarium

**Amfoter** Molekul dan ion yang dapat bertindak sebagai asam maupun basa, tergantung pada kondisi reaksinya

**Derajat ionisasi** Adalah perbandingan antara jumlah zat yang mengion dengan jumlah zat yang dilarutkan

**Indikator** Zat warna larut yang perubahan warnanya tampak jelas dalam rentang pH yang sempit

**Ionisasi sempurna** Semua molekul terurai menjadi ion-ionnya

**Ion sisa asam** Ion negatif yang terbentuk dari asam setelah melepas ion  $H^+$

**Valensi asam** Jumlah ion  $H^+$  dari ionisasi 1 mol asam

**Valensi basa** Jumlah ion  $OH^-$  dari ionisasi 1 mol basa

## Ulangan Harian

A Pilihlah jawaban yang tepat.

- Di antara pernyataan berikut yang tepat untuk mendefinisikan basa menurut Arrhenius adalah ....
  - donor proton
  - donor elektron

- menghasilkan ion  $H^+$
- menghasilkan ion  $OH^-$
- terurai semuanya

- Ketika dicelupi kertas lakmus, larutan cuka memberikan warna merah. Indikator ini akan berwarna biru ketika berada dalam ....



- A. larutan gula  
B. larutan sabun  
C. larutan garam dapur  
D. air jeruk  
E. air teh
3. Di antara asam berikut yang memiliki  $pH$  paling kecil dalam konsentrasi yang sama adalah ....  
A. HCl  
B.  $CH_3COOH$   
C.  $H_2SO_4$   
D.  $HNO_3$   
E.  $HClO_3$
4. Untuk mengukur derajat keasaman larutan asam atau basa, paling tepat digunakan indikator ....  
A. fenoftalein  
B. metilen biru  
C. metil merah  
D. universal  
E. bromtimol biru
5. Di antara kelompok asam berikut yang ber-  
valensi dua adalah ....  
A. asam nitrat, asam cuka, asam fosfat  
B. asam sulfat, asam sulfida, asam karbonat  
C. asam sulfat, asam fosfat, asam nitrat  
D. asam nitrat, asam klorida, asam sulfat  
E. asam sulfat, asam karbonat, asam asetat
6.  $pH$  suatu asam lemah monoprotik adalah 4. Konsentrasi ion  $OH^-$  dalam larutan tersebut adalah ...  $M$ .  
A.  $1 \times 10^{-10}$   
B.  $1 \times 10^{-14}$   
C.  $1 \times 10^{-4}$   
D.  $1 \times 10^{-3}$   
E.  $1 \times 10^{-2}$
7.  $pH$  2 liter larutan  $Ca(OH)_2$  0,2  $M$  jika terionisasi sempurna adalah .... ( $\log 2 = 0,301$ )  
A. 13,8  
B. 13,6  
C. 13,4  
D. 12,6  
E. 10,9
8. Larutan HCl 0,1  $M$  sebanyak 200 mL mempunyai  $pH$  sebesar ....  
A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4  
E. 5
9. Asam lemah HA 0,1  $M$  mengurai dalam air sebanyak 3%, maka tetapan ionisasi asam lemah tersebut adalah ....  
A.  $3 \cdot 10^{-3}$   
B.  $3 \cdot 10^{-4}$   
C.  $9 \cdot 10^{-3}$   
D.  $9 \cdot 10^{-4}$   
E.  $9 \cdot 10^{-5}$
10. Dari larutan-larutan di bawah ini:  
1. HCl  
2. NaOH  
3.  $CH_3COOH$   
4.  $NH_4OH$   
5.  $Mg(OH)_2$   
Yang merupakan pasangan asam kuat dan basa lemah adalah ....  
A. 1 dan 2  
B. 1 dan 3  
C. 1 dan 4  
D. 2 dan 5  
E. 3 dan 5
11. Untuk mengubah  $pH$  HCl dari 4 menjadi 5 diperlukan pengenceran sebanyak ... kali.  
A. 20  
B. 10  
C. 3  
D. 2  
E. 1
12. Berapakah  $pH$  larutan  $Ba(OH)_2$  0,05  $M$ ?  
A. 13.  
B. 12.  
C.  $10 - \log 5$ .  
D. 5.  
E.  $5 - \log 2$ .
13. Suatu larutan akan memberikan warna kuning ketika diberi indikator metil jingga (2,9 – 4,0/merah-kuning) dan menjadi berwarna biru ketika ditetesi bromtimol biru (6,0 – 7,6/kuning-biru). Maka,  $pH$  larutan yang paling memungkinkan sekitar ....  
A. 2  
B. 6  
C. 7  
D. 8  
E. 5
14. Syarat air bersih yaitu ....  
A. DO tinggi, BOD tinggi,  $pH > 7$   
B. DO tinggi, BOD tinggi,  $pH < 7$   
C. DO tinggi, BOD rendah,  $pH = 7$   
D. DO rendah, BOD rendah,  $pH = 7$   
E. DO rendah, BOD rendah,  $pH < 7$
15. Campuran antara 50 mL larutan NaOH ( $pH = 10$ ) dengan 50 mL larutan HCl ( $pH = 2$ ) diperoleh larutan dengan ....  
A.  $pH = 2$   
B.  $pH = 3$   
C.  $2 < pH < 3$   
D.  $3 < pH < 4$   
E.  $4 < pH < 5$

16. Yang merupakan pasangan asam-basa konjugasi dari reaksi :  $\text{HCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$  adalah ....
- $\text{HCl}$  dan  $\text{Cl}^-$
  - $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{HCl}$
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{Cl}^-$
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  dan  $\text{HCl}$
  - $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Cl}^-$
17. Di bawah ini adalah asam menurut Bronsted-Lowry, **kecuali** ....
- $\text{NH}_4^+$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{CO}_3^{2-}$
  - $\text{HCO}_3^-$
  - $\text{H}_2\text{CO}_3$
18. Basa konjugasi dari  $\text{HSO}_4^-$  adalah ....
- $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{HSO}_4^-$
  - $\text{H}^+$
  - $\text{H}_3\text{O}^-$
  - $\text{SO}_4^{2-}$
19. Dari reaksi-reaksi asam basa menurut Bronsted-Lowry di bawah ini:
- $\text{RNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{RNH}_3^+ + \text{OH}^-$
  - $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
  - $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{OH}^-$
- $\text{H}_2\text{O}$  yang bersifat asam terdapat pada reaksi ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 1 dan 2
  - 1 dan 3
20. Larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$   $0,001 \text{ M}$  ( $K_a = 10^{-5}$ ) mempunyai  $\text{pH}$  sebesar ....
- 1
  - 4
  - 2
  - 5
  - 3

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Sebutkan kelemahan teori asam basa Arrhenius dan Bronsted Lowry dibandingkan dengan teori Lewis.
- Mengapa dalam penentuan asam basa digunakan dua indikator? Jelaskan.
- Hitung  $\text{pH}$  dan  $\text{pOH}$  larutan berikut.
  - $\text{NaOH}$   $0,01 \text{ M}$
  - $\text{Ba}(\text{OH})_2$   $10^{-6} \text{ M}$
  - $\text{HNO}_3$   $10^{-3} \text{ M}$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,05 \text{ M}$
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$   $0,05 \text{ M}$
- Mengapa larutan asam mempunyai  $\text{pH}$  lebih kecil dari 7 sedangkan basa mempunyai  $\text{pH}$  lebih besar dari 7? Jelaskan.
- Sebutkan syarat-syarat air yang layak dikonsumsi. Sebutkan pula sumber-sumber pencemaran air.
- Hitunglah derajat disosiasi asam asetat  $0,02 \text{ M}$  yang mempunyai  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ .
- Hitunglah  $\text{pH}$  larutan berikut.
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$   $0,1 \text{ M}$  ( $K_a = 10^{-5}$ )
  - $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$   $4 \times 10^{-2} \text{ M}$  ( $K_a = 10^{-6}$ )
  - $\text{NH}_4\text{OH}$   $0,001 \text{ M}$  ( $K_a = 10^{-5}$ )
- Pada suhu dan tekanan tertentu, harga tetapan kesetimbangan air,  $K_w = 5 \times 10^{-13}$ . Pada suhu dan tekanan tersebut, berapa  $\text{pH}$  larutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   $0,0025 \text{ M}$ ?
- Tuliskan contoh reaksi asam basa menurut Lewis.
- Sebutkan contoh keunggulan teori asam basa Lewis yang tidak dapat dijelaskan oleh teori asam basa Arrhenius dan Bronsted Lowry.

# B a b VII

## Stoikiometri Larutan



**K**alian pernah melihat benda-benda pada gambar di atas bukan? Kapur tulis yang biasa digunakan untuk menulis di papan tulis, juga batu kapur yang biasa dijadikan sebagai bahan bangunan. Batu kapur dan kapur tulis sama-sama mengandung kapur yang berwarna putih. Nah, tahukah kalian dari bahan apa kapur terbentuk?

Kapur, yang dalam bahasa kimianya disebut sebagai kalsium karbonat, bisa dihasilkan dari pencampuran antara larutan kalsium klorida dan natrium karbonat. Berapakah jumlah masing-masing yang diperlukan agar dapat dihasilkan kapur? Kalian akan memperoleh jawabannya setelah mempelajari materi tentang stoikiometri larutan berikut.

## Kata Kunci

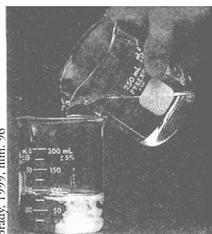
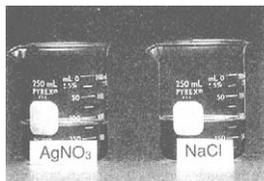
- Reaksi antara ion-ion
- Elektrolit
- Persamaan ionik
- Reaksi asam basa
- Reaksi penetralan
- Reaksi pengendapan
- Reaksi pembentukan gas
- Stoikiometri larutan
- Titrasi



## Kilas BALIK

Menurut Arrhenius, larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang dapat bergerak bebas. Ion-ion itulah yang menghantarkan arus listrik melalui larutan.

Zat elektrolit dapat berupa senyawa ion maupun senyawa kovalen polar. Zat elektrolit yang terurai penuh atau hampir penuh menjadi ion-ionnya disebut elektrolit kuat, sedangkan yang sedikit terurai disebut elektrolit lemah.



Gambar 7.1

Gumpalan putih yang terlihat merupakan endapan AgCl produk dari reaksi.

Setelah belajar materi stoikiometri ini, kalian akan bisa mengamati dan mengkomunikasikan tentang beberapa reaksi dalam larutan elektrolit, menggunakan konsep mol, konsentrasi, dan volume larutan untuk perhitungan kimia pada reaksi dalam larutan. Selain itu, kalian juga bisa melakukan percobaan titrasi asam-basa, menggunakan data titrasi pada reaksi penetralan untuk menghitung konsentrasi asam atau basa, membuat grafik titrasi, menuliskan laporan hasil percobaan secara menyeluruh dan mengomunikasikannya, serta memeriksa kadar asam asetat dalam contoh cuka untuk dibandingkan hasilnya dengan kadar yang tercantum pada label di botol.

## A. Reaksi Antar-ion

Larutan berdasarkan bentuk partikel zatnya dibedakan menjadi dua, yakni larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Zat elektrolit dalam larutan akan terurai menjadi ion-ionnya, sedangkan zat non elektrolit tidak terurai menjadi ion-ionnya, tetapi tetap berbentuk sebagai molekul.

Pada bab stoikiometri ini, pembelajaran kita terfokus pada larutan elektrolit dari hasil titrasi asam basa. Oleh karena zat elektrolit dalam larutan terurai menjadi ion-ionnya, maka hal yang pertama perlu dipelajari adalah reaksi antara ion-ion zat elektrolit tersebut.

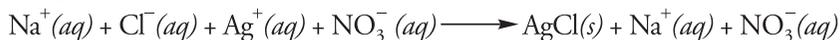
Reaksi pembuatan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan salah satu contoh reaksi yang dihasilkan dari larutan elektrolit kuat, yaitu dari kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) yang bersifat basa dan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), garam yang mudah larut dalam air. Persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.



Selain reaksi di atas, masih banyak reaksi-reaksi yang melibatkan larutan elektrolit yang mudah larut dalam air. Dikarenakan larutan-larutan tersebut mengalami ionisasi ketika berada dalam larutan, maka reaksinya disebut reaksi ion, dan persamaan reaksinya disebut persamaan ion. Salah satu contoh reaksi yang khas dalam reaksi ion adalah reaksi antara natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) dan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Reaksi tersebut jika dituliskan sebagai berikut.



Persamaan reaksi di atas disebut persamaan molekuler, sebab semua pereaksi dan hasil reaksi ditulis dalam bentuk molekul. Sebenarnya zat-zat ionik seperti  $\text{NaCl}$ ,  $\text{AgNO}_3$ , dan  $\text{NaNO}_3$ , baik dalam keadaan padat maupun larutan, tidak berbentuk molekul. Selanjutnya, bagaimana penulisan reaksi yang lebih tepat seperti yang sesungguhnya terjadi jika zat terlarut dilarutkan dalam air? Untuk menunjukkan zat-zat yang seluruhnya terdisosiasi (terurai) dalam reaksi ini, maka penulisan persamaan reaksi adalah sebagai berikut.

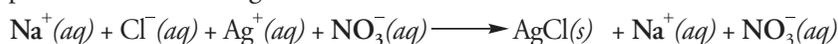


Metatesis disebut juga perubahan rangkap, terjadi bila dalam suatu reaksi terjadi perubahan tempat dari anion dan kation. Misalnya pada reaksi antara NaCl dan AgNO<sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup> menggantikan ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> menggantikan ion Cl<sup>-</sup>.

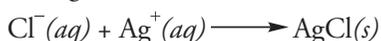
Brady, 1999, hlm. 186

Persamaan reaksi ini disebut persamaan ionik karena menuliskan rumus setiap elektrolit yang larut dalam bentuk terdisosiasi dan rumus yang tidak larut dalam bentuk molekuler (pada reaksi di atas, ditunjukkan oleh molekul AgCl).

Perhatikan persamaan ionik di atas, ion-ion yang dicetak tebal yaitu ion Na<sup>+</sup> dan ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tidak mengalami perubahan sebelum dan sesudah reaksi. Ion-ion ini sebenarnya hanya ikut dalam perjalanan reaksi. Ion-ion yang tidak mengalami perubahan selama reaksi disebut ion bebas. Dalam penulisan persamaan ion, kita dapat menghilangkan ion bebas sehingga perhatian kita terpusat hanya pada ion-ion yang terlibat dalam reaksi. Untuk reaksi antara natrium klorida dan perak nitrat akan menghasilkan persamaan ionik sebagai berikut.



Dengan penghilangan ion bebas, diperoleh hasil akhir persamaan ionik sebagai berikut.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimana kita membedakan antara larutan elektrolit dengan non-elektrolit? Bagaimana pula cara membedakan antara elektrolit lemah dengan elektrolit kuat? Jelaskan.
2. Perubahan fisik apa yang terjadi sewaktu larutan natrium klorida dituangkan pada larutan perak nitrat? Jelaskan.
3. Tuliskan persamaan reaksi ion dari larutan elektrolit berikut ini.
  - a. HBr
  - b. HCl
  - c. MgCO<sub>3</sub>
4. Apa perbedaan antara penulisan persamaan ionik untuk ionisasi dari elektrolit kuat dan elektrolit lemah? Berikan contohnya.
5. Apa beda reaksi molekuler dengan reaksi ionik? Jelaskan.



Reaksi ionik dalam larutan elektrolit dapat dituliskan dengan penghilangan ion-ion pemirsanya. Bagaimana langkah-langkah yang mudah untuk menuliskan persamaan ionik dari suatu reaksi sampai didapatkan hasil akhir persamaan ioniknya? Perhatikanlah baik-baik penjelasan berikutnya.

## B. Penulisan Hasil Akhir Persamaan Ionik

Untuk bisa menuliskan persamaan reaksi ionik yang benar, coba perhatikan langkah-langkah penyelesaian berikut.

### Contoh

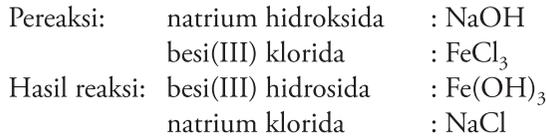
Jika suatu larutan natrium hidroksida ditambahkan ke dalam larutan besi(III) klorida, maka akan dihasilkan endapan besi(III) hidroksida dan larutan natrium klorida yang mudah larut. Tuliskan persamaan molekuler, persamaan ionik, dan hasil reaksi ioniknya.

### Penyelesaian:

Untuk menyelesaikannya dengan mudah, ikutilah langkah-langkah berikut.

#### Langkah 1 Menuliskan rumus-rumus kimia yang benar

Penulisan dilakukan baik untuk pereaksi maupun hasil reaksi.



#### Langkah 2 Menuliskan persamaan molekulernya

Persamaan molekuler dituliskan dengan menuliskan persamaan reaksi dalam bentuk molekulnya, sehingga dituliskan sebagai berikut.



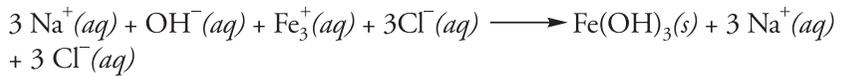
#### Langkah 3 Menyetarakan persamaan reaksi molekuler

Persamaan reaksi molekuler di atas belum setara karena jumlah atom Cl sebelah kanan dan kiri belum sama. Untuk menyamakannya, ditambahkan koefisien 3 di depan molekul NaCl. Sebagai akibatnya, maka atom Na di sebelah kiri juga harus dikalikan 3, sehingga ditambahkan koefisien 3 di depan molekul NaOH. Persamaan telah setara dan hasilnya dituliskan sebagai berikut.



#### Langkah 4 Menuliskan persamaan ioniknya

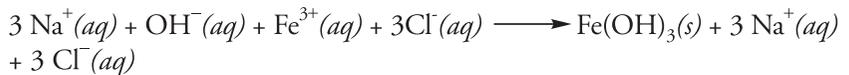
Tidak semua molekul dapat ditulis dalam persamaan ioniknya, karena ada senyawa yang tidak larut dalam air sehingga tetap ditulis dalam bentuk molekulernya, seperti Fe(OH)<sub>3</sub>. Persamaan ioniknya dituliskan seperti di bawah ini.



Untuk mempermudah penulisan persamaan akhir reaksi, tulisan (aq) dapat dihilangkan untuk rumus ion-ionnya, sedangkan tanda (s) tetap ditulis di belakang Fe(OH)<sub>3</sub> yang menandakan bahwa senyawa tersebut mengendap dan tidak larut dalam air.

#### Langkah 5 Menghilangkan ion bebas dari persamaan ioniknya

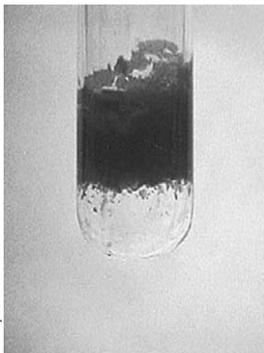
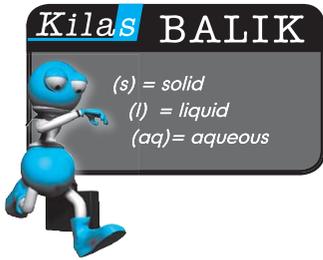
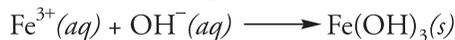
Ion-ion yang tidak berubah dapat dilihat, yaitu ion-ion yang masih ada dalam bentuk yang sama di ruas kiri dan kanan, yakni ion Na<sup>+</sup> dan ion Cl<sup>-</sup>.



Setelah keduanya dihilangkan, maka diperoleh hasil akhir persamaan ionik seperti yang tertulis pada Langkah 6.

#### Langkah 6 Menuliskan hasil akhir persamaan ionik

Hasil akhir persamaan ioniknya dapat dituliskan sebagai berikut.



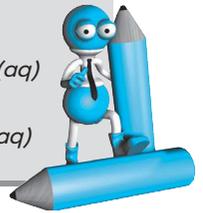
Gambar 7.2  
Endapan Fe(OH)<sub>3</sub> dari Fe<sup>3+</sup>  
dan OH<sup>-</sup>

Ketika kita perhatikan, hasil akhir persamaan ionik terlihat lebih sederhana daripada persamaan sebelumnya. Hal ini akan memudahkan kita untuk mengetahui ion-ion yang terlibat secara langsung. Agar kalian lebih menguasai penulisan hasil akhir persamaan ionik ini, kerjakanlah soal-soal berikut.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa perbedaan antara persamaan reaksi ionik dan hasil akhir persamaan ionik? Jelaskan.
2. Tuliskan persamaan reaksi ionik dan hasil akhir persamaan ionik antara larutan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
3. Sebutkan pentingnya hasil akhir dari hasil akhir persamaan ionik.
4. Dalam pencampuran larutan kalium klorida dengan perak fluorida dihasilkan perak klorida yang tidak larut dalam air. Tuliskan reaksi molekuler ionik dan hasil akhir persamaan ioniknya.
5. Tuliskan persamaan ionik dan hasil akhir persamaan ionik untuk persamaan molekuler berikut.
  - a.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow$   
 $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{NaNO}_3(\text{aq})$
  - b.  $2 \text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \longrightarrow$   
 $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s}) + 2 \text{KNO}_3(\text{aq})$
  - c.  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow$   
 $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) + 2 \text{HNO}_3(\text{aq})$



## C. Reaksi-reaksi dalam Larutan Elektrolit

Kalian pernah melakukan banyak reaksi di laboratorium, bukan? Di antara reaksi-reaksi yang pernah kalian lakukan tentu saja ada yang melibatkan zat elektrolit yang dilarutkan dalam air. Apa saja reaksi-reaksi yang melibatkan larutan elektrolit? Berikut adalah beberapa reaksi tersebut.

1. Reaksi asam basa
2. Reaksi penetralan
3. Reaksi pengendapan
4. Reaksi pembentukan gas

Bagaimana reaksi-reaksi di atas berlangsung? Simak penjelasan berikut.

### 1. Reaksi Asam Basa

Asam dan basa telah diketahui dan dicirikan sejak zaman dahulu. Kalian tentu masih ingat bahwa asam maupun basa juga tergolong dalam elektrolit, baik kuat maupun lemah. Secara umum, yang termasuk elektrolit kuat adalah asam dan basa yang kuat, antara lain  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KOH}$ , dan  $\text{MgCl}_2$ , sedangkan yang termasuk elektrolit lemah adalah asam dan basa lemah, di antaranya  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , dan  $\text{HCN}$ .

Bagaimana dengan air? Dalam air murni, terdapat ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) dalam jumlah yang sama, yang timbul dari ionisasi partial air. Menurut Arrhenius, asam adalah zat yang bila dilarutkan dalam air akan menambah jumlah hidrogen yang sudah ada dalam air murni, sedangkan basa didefinisikan sebagai zat yang bila dilarutkan dalam air akan menambah ion hidroksida dalam air murni tersebut.



**Gambar 7.3**

Stalagtit dan stalakmit dalam gua kapur, merupakan produk reaksi asam basa

## Kilas BALIK

- Bronsted Lowry
  - Asam: pemberi proton
  - Basa: penerima proton
- Asam-Basa Konjugasi
  - Asam konjugasi: asam yang kelebihan 1 H<sup>+</sup> terhadap basanya
  - Basa konjugasi: basa yang kekurangan 1 H<sup>+</sup> terhadap asamnya
- Lewis
  - Asam: penerima pasangan elektron bebas
  - Basa: pemberi pasang-an elektron bebas



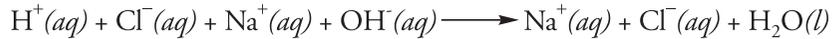
Adapaun reaksi asam basa dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

### a. Reaksi antara asam dengan basa

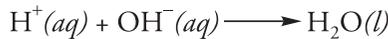
Contoh reaksi asam basa yang termasuk dalam larutan elektrolit yaitu reaksi antara asam klorida dengan natrium hidroksida. Persamaan reaksi molekulernya dituliskan sebagai berikut.



Persamaan reaksi ionnya:



Persamaan akhir ioniknya dituliskan sebagai berikut.

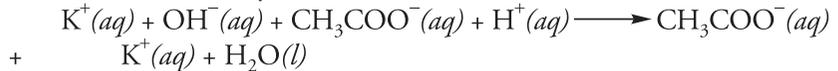


### b. Reaksi antara oksida asam dengan basa

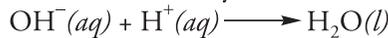
Contoh reaksinya antara kalium hidroksida dengan asam asetat. Persamaan reaksi molekulernya dapat dituliskan sebagai berikut.



Persamaan reaksi ionnya:



Persamaan akhir ioniknya:



## Diskusi

Cobalah cari contoh-contoh lain, untuk tiap jenis reaksi asam basa, kemudian diskusikan dengan teman-teman satu kelompok. Tuliskan persamaan molekuler, persamaan reaksi ion, dan persamaan akhir ioniknya. Selanjutnya, dengan panduan guru, presentasikan di depan kelas.



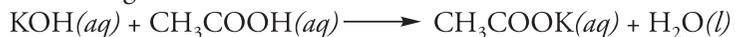
## 2. Reaksi Penetralan

Ketika asam direaksikan dengan basa tentu akan terbentuk garam. Reaksi ini disebut reaksi netralisasi atau penggaraman. Zat yang semula bersifat asam, ketika direaksikan dengan basa akan menghasilkan produk yang bersifat netral, begitu pula sebaliknya dengan zat yang bersifat basa bila direaksikan dengan asam akan menghasilkan produk netral pula.

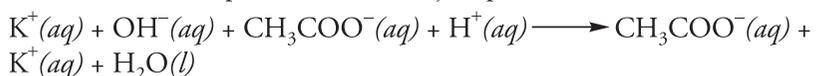
Dalam larutan air, netralisasi yang terjadi antara suatu asam kuat dengan basa kuat akan menghasilkan hasil akhir persamaan ion sebagai berikut.



Sebagai contoh reaksi penetralan yang umum, yaitu reaksi antara kalium hidroksida dengan asam asetat. Persamaan reaksi molekulernya dapat dituliskan sebagai berikut.



Dari hasil ionisasi molekul elektrolit dalam larutannya, maka persamaan molekuler dapat dituliskan menjadi persamaan ion berikut ini.



Dengan penghilangan ion-ion pemirsa didapatkan persamaan akhir ionik sebagai berikut.



Berbekal penjelasan singkat di atas, sekarang kerjakan tugas berikut supaya kalian lebih paham.

## Tugas

Dengan prinsip reaksi penetralan ini, maka karat besi dapat dihilangkan dari permukaan baja sebelum akhirnya diberi lapisan pelindung. Buatlah reaksi karat besi dengan asam. Carilah referensi bila menemui kesulitan.



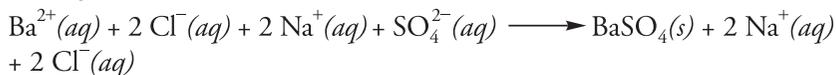
Reaksi asam basa dan reaksi penetralan, keduanya melibatkan larutan asam dan basa. Bagaimana dengan reaksi pengendapan? Kalian akan tahu setelah menyimak penjelasan berikut.

### 3. Reaksi Pengendapan

Reaksi pengendapan dapat terjadi apabila dua larutan yang bereaksi mempertemukan dua ion yang kemudian menghasilkan senyawa yang sukar larut. Karena sukar larut, maka zat hasil reaksi tersebut kemudian mengendap. Sebagai contoh, reaksi antara barium klorida dengan natrium sulfat. Persamaan reaksi molekulernya dapat dituliskan sebagai berikut.



Sedangkan persamaan reaksi ion dituliskan:



Dari reaksi-reaksi di atas terbentuk endapan  $\text{BaSO}_4$  karena adanya ion  $\text{Ba}^{2+}$  dan ion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Kedua ion tersebut jika berada dalam air sukar larut.

Terbentuk atau tidaknya endapan suatu garam bila larutan-larutan pereaksi dicampurkan tergantung dari konsentrasi-konsentrasi ion-ion yang membentuk garam tersebut. Bila konsentrasi ionnya cukup banyak untuk membuat campuran reaksi menjadi lewat jenuh terhadap kelarutan garam tersebut, maka akan terbentuk endapan. Bila campuran tidak lewat jenuh, maka endapan tidak akan terbentuk.

Setelah mempelajari reaksi pengendapan di atas, kita tahu bahwa kelarutan suatu senyawa sangat penting untuk menentukan terjadinya suatu endapan atau tidak. Agar lebih paham, kerjakanlah tugas berikut.

## Tugas

Carilah informasi tentang aturan kelarutan dari garam, baik garam-garam yang larut maupun yang tidak larut. Tulislah dalam buku tugas dan cocokkan dengan teman-teman kalian untuk klarifikasi kebenarannya.



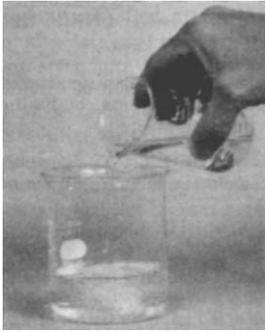
## Khazanah

Kalium Hidroksida (KOH) Merupakan basa kuat, berupa padatan putih yang menyerap air dan gas  $\text{CO}_2$ , mudah larut dalam air, dan biasa digunakan untuk pembuatan sabun mandi. Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) Merupakan zat cair yang berwarna dengan bau menusuk hidung. Untuk larutan encer (20-25%) digunakan sebagai penyedap rasa makanan, selainnya untuk pewarnaan tekstil, pengawet sayur dan buah, serta untuk penggumpalan getah karet.

Mulyono, 2006, hlm. 29 dan 208



Gambar 7.4  
Kristal NaCl



**Gambar 7.5**  
HCl yang ditambahkan pada kalsium karbonat menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang terlihat

## 4. Reaksi Pembentukan Gas

Sebuah reaksi pasti akan menghasilkan suatu produk. Pada reaksi-reaksi di atas, produk sebagian besar berbentuk padat (solid) dan cair. Bentuk lain dari hasil reaksi kimia selain padat dan cair adalah gas. Terjadinya gas disebabkan oleh reaksi yang terurai menjadi zat gas atau reaksi tersebut menghasilkan gas. Gas yang terbentuk ini kemudian akan menguap ke udara. Sebagai contohnya, kalian simak reaksi berikut.

### a. Reaksi yang menghasilkan gas

Reaksi yang terjadi antara kalsium karbonat dengan asam klorida menghasilkan gas karbon dioksida seperti yang terlihat pada gambar di samping. Gas CO<sub>2</sub> yang terbentuk kemudian akan menguap ke udara. Reaksi yang terjadi dituliskan sebagai berikut.



### b. Reaksi yang terurai menjadi gas

Dalam salah satu reaksi penguraian, amonium klorida yang bereaksi dengan natrium hidroksida akan terurai menjadi gas amonia (NH<sub>3</sub>) yang kemudian akan menguap ke udara, seperti reaksi berikut.



Agar lebih memahami reaksi pembentukan gas ini, kerjakanlah tugas berikut.

## Tugas

Gas-gas yang biasa terbentuk dari reaksi-reaksi pembentukan gas adalah CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, NO, dan NO<sub>2</sub>. Untuk gas NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub>, contoh reaksi pembentukannya sudah ada di atas. Nah, sekarang kalian carilah reaksi yang khas pada pembentukan gas-gas yang lain.



Dengan bekal penjelasan reaksi-reaksi yang melibatkan larutan elektrolit di atas, dan dengan pengetahuan tambahan dari pengerjaan tugas serta diskusi dari kalian, ujilah seberapa dalam kalian memahami materi dengan mengerjakan soal-soal berikut.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Tuliskan definisi serta sifat-sifat asam dan basa.
2. Tuliskan persamaan ionik antara Ca(OH)<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
3. Sebutkan perbedaan asam kuat dengan asam lemah.
4. Tuliskan reaksi antara belerang trioksida dengan larutan magnesium hidroksida.
5. Tuliskan reaksi netralisasi asam lambung HCl dengan magnesium hidroksida.
6. Bagaimana hasil akhir persamaan reaksi ionik dari reaksi asam kuat dan basa kuat? Jelaskan.
7. Tuliskan hasil akhir persamaan reaksi antara NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dengan Ba(OH)<sub>2</sub>.



Setelah kalian tahu zat penyusun kapur, seperti apa reaksi yang terjadi, tentu kalian masih ingin tahu bagaimana menentukan masing-masing jumlah pereaksi agar terjadi reaksi yang sempurna, bukan? Nah, dengan bekal pengetahuan kalian tentang reaksi-reaksi ion serta penulisannya, ditambah pengetahuan tentang reaksi-reaksi yang melibatkan larutan elektrolit, kalian akan lebih mudah mempelajarinya. Agar segera tahu caranya, langsung saja simak penjelasan mengenai stoikiometri larutan.

## D. Stoikiometri Larutan

Seperti yang telah diutarakan di depan, batu kapur maupun kapur tulis tersusun atas kalsium karbonat. Kalsium karbonat dibuat dari kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) yang ditambahkan ke dalam natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sesuai reaksi berikut.



Bagaimanakah menentukan jumlah zat reaktan yang dibutuhkan agar reaksi berjalan sempurna? Soal-soal mengenai materi ini dapat diselesaikan dengan cara hitungan kimia sederhana yang menyangkut hubungan kuantitas antara suatu komponen dengan komponen lain dalam suatu reaksi.

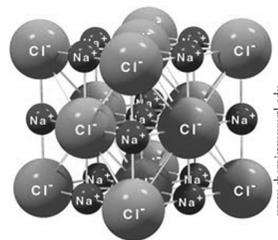
Agar perhitungan benar, maka perhatikanlah langkah-langkah berikut.

1. Menuliskan persamaan reaksinya  
Semua reaktan dan produk disertakan. Persamaan ditulis dalam bentuk persamaan molekuler.
2. Menyetarakan persamaan reaksi  
Penyetaraan dilakukan dengan menambahkan koefisien yang sesuai agar tidak ada atom yang hilang
3. Menghitung jumlah mol yang diketahui  
Mol dapat dihitung dengan rumus-rumus dasar yang sudah diberikan, semisal rumus berikut.  
Mol = gram / Mr  
Mol = volum x molaritas
4. Memahami bahwa perbandingan koefisien reaksi menyatakan perbandingan mol  
Dalam hal ini dinyatakan bahwa koefisien sebanding dengan jumlah mol, artinya molekul dengan koefisien sama memiliki mol yang sama pula.
5. Menghitung senyawa yang ditanyakan  
Dengan rumus-rumus dasar, kalian bisa menghitung hasil akhirnya.

Agar kalian lebih paham dengan langkah-langkah yang sudah dijelaskan di atas, coba perhatikan contoh soal berikut ini.

### Contoh

Berapa mL  $\text{CaCl}_2$  0,25 M yang dibutuhkan untuk dapat bereaksi secara sempurna dengan 50 mL larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,15 M.



Gambar 7.4  
Struktur kristal NaCl

### Jawab:

Untuk menjawabnya kita ikuti langkah-langkah seperti dijelaskan di depan.

#### Langkah 1 Menuliskan persamaan reaksinya.

Semua pereaksi dan hasil pereaksi dituliskan dalam persamaan reaksi sehingga menghasilkan persamaan molekuler sebagaimana tertulis di bawah ini.



#### Langkah 2 Menyetarakan persamaan reaksinya.

Kita lihat, reaksi belum setara karena jumlah ion Na dan ion Cl di sebelah kanan dengan sebelah kiri belum sama. Kita tambahkan koefisien 2 di depan NaCl agar reaksi setara.



#### Langkah 3 Menghitung jumlah mol zat yang diketahui.

Karena zat yang terlibat dalam reaksi berada dalam bentuk larutan, maka mol larutan dapat dinyatakan sebagai:

$$n = V \cdot M \quad \text{dimana: } n = \text{jumlah mol} \\ V = \text{volume (liter)} \\ M = \text{molaritas larutan}$$

$$\text{Mol Na}_2\text{CO}_3 = V \times M \\ = 50 \text{ mL} \times 0,15 \text{ M} = 7,5 \text{ mmol}$$

#### Langkah 4 Memahami bahwa perbandingan koefisien reaksi menyatakan perbandingan mol.

Karena koefisien  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sama, maka jumlah molnya juga sama sehingga mol  $\text{CaCl}_2 = \text{mol Na}_2\text{CO}_3 = 7,5 \text{ mmol}$

#### Langkah 5 Menghitung jumlah zat yang ditanyakan.

$$\text{Volume CaCl}_2 = \text{mol} : M \\ = 7,5 : 0,25 \\ = 30 \text{ mL}$$

### Kilas BALIK

- Mol = gram : Mr
- Dalam keadaan standar, liter STP = mol  $\times$  22,4
- $PV = n \times R \times T$  dengan P = tekanan gas (atm), V = volum gas (L), n = jumlah mol gas, R = tetapan gas (0,082 L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), T = suhu mutlak gas (K) = 273 + suhu Celcius



Dengan dasar pengetahuan stoikiometri dan hukum-hukum serta rumus-rumus dasar yang telah kalian peroleh dari pengerjaan tugas, ujilah kemampuan kalian dengan soal-soal berikut.

## Uji Kompetensi

### Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Hitunglah volume larutan 0,05 M HCl yang diperlukan untuk melarutkan 2,4 g logam magnesium (Ar = 24).
2. Tentukan volume gas dari 1,5 mol gas nitrogen dan 1,25 mol gas oksigen dalam keadaan standar.
3. Tentukan jumlah mol zat dari 90 g urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .
4. Massa 5,6 L gas pada keadaan standar

adalah 18 g Tentukan massa molekul relatif gas tersebut.

5. Jika diketahui massa atom relatif O = 16 dan tetapan Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$ , maka berapa jumlah atom oksigen yang dapat dijumpai dalam 8 gram oksigen? Uraikan perhitungannya.
6. Berapa mol oksigen dibutuhkan untuk mengoksidasi 4 mol sulfur dioksida menjadi sulfur trioksida.



Dalam sebuah persamaan reaksi seperti yang telah tertulis di atas, minimal ada 2 pereaksi dalam setiap reaksi. Dengan bekal stoikiometri larutan, kita bisa menghitung mol pereaksi dan hasil reaksi. Masing-masing pereaksi tidak selalu memiliki jumlah mol yang sama untuk menghasilkan suatu produk. Apabila perbandingan mol pereaksi tidak sama apa yang akan terjadi? Pada uraian berikut ini kita bisa menemukan jawabannya.

## E. Menentukan Pereaksi Pembatas dalam Stoikiometri

Dalam contoh di atas telah diketahui bahwa perbandingan jumlah molnya ekuivalen sehingga zat tersebut akan habis bereaksi semua. Namun ada reaksi yang perbandingan jumlah molnya tidak ekuivalen sehingga ada zat yang habis lebih dulu. Zat yang akan habis terlebih dahulu disebut pereaksi pembatas. Bagaimana menentukan pereaksi pembatas dan menghitung zat akhir reaksi? Untuk mengetahui caranya, perhatikan langkah-langkah berikut.

1. Menuliskan persamaan reaksinya
2. Menyetarakan persamaan reaksi
3. Menghitung jumlah mol yang diketahui
4. Membandingkan jumlah mol dengan koefisien reaksinya
5. Menentukan pereaksi pembatas, yaitu zat yang hasil bagi antara jumlah mol dengan koefisien reaksi paling kecil
6. Menghitung senyawa yang ditanyakan dengan menentukan jumlah molnya berdasarkan perbandingan koefisien reaksi dengan pereaksi pembatas.

Agar kalian lebih paham dengan langkah-langkah sederhana di atas, berikut diberikan contoh soal dan penjelasan dari masing-masing langkah tersebut.

### Contoh

Berapa gram endapan AgBr yang terbentuk jika 50 mL AgNO<sub>3</sub> 0,16 M direaksikan dengan 50 mL CaBr<sub>2</sub> 0,1 M? (Mr AgBr = 187,8)

Jawab:

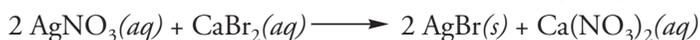
**Langkah 1** Menuliskan persamaan reaksinya.

Reaksi yang terjadi dituliskan dalam bentuk persamaan molekuler sebagai berikut.



**Langkah 2** Menyetarakan persamaan reaksinya.

Dari perhitungan jumlah atom pada persamaan reaksi molekuler antara ruas kanan dengan ruas kiri, maka jumlah atom Br di ruas kanan dan ruas kiri belum sama sehingga ditambahkan koefisien 2 di depan molekul AgBr. Sebagai akibatnya, atom Ag di sebelah kiri juga harus dikalikan 2 dengan menambahkan koefisien 2 di depan molekul AgNO<sub>3</sub>.



### Khazanah

Suatu reaktan disebut sebagai pereaksi pembatas (*limiting reaction*) karena bila habis tidak ada reaksi lebih lanjut yang dapat terjadi dan tidak ada lagi produk yang terbentuk.

Oxtoby, 2001, hlm. 46

### Khazanah

AgBr

Perak bromida merupakan garam perak yang berwujud padatan kristal, berwarna kuning muda, dan menghitam bila dipanaskan, sehingga digunakan sebagai bahan peka cahaya dalam bidang fotografi.

Mulyono, 1997, hlm. 327

Sekarang jumlah semua atom pada ruas kanan dan kiri telah sama, artinya persamaan telah setara dan dilanjutkan langkah ketiga.

**Langkah 3** Menghitung jumlah mol yang diketahui.

$$\begin{aligned} \text{mol AgNO}_3 &= \text{volume AgNO}_3 \times \text{molaritas AgNO}_3 \\ &= 50 \text{ mL} \times 0,16 \text{ M} = 8 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol CaBr}_2 &= \text{volume CaBr}_2 \times \text{molaritas CaBr}_2 \\ &= 50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 5 \text{ mmol} \end{aligned}$$

**Langkah 4** Membandingkan jumlah mol dengan koefisien reaksinya.

$$\text{Perbandingan mol AgNO}_3 \text{ dengan koefisien} = 8 \text{ mmol} : 2 = 4 \text{ mmol}$$

$$\text{Perbandingan mol CaBr}_2 \text{ dengan koefisien} = 5 \text{ mmol} : 1 = 5 \text{ mmol}$$

**Langkah 5** Menentukan pereaksi pembatas, yaitu zat yang hasil bagi antara jumlah mol dengan koefisien reaksinya paling kecil.

Karena perbandingan hasil bagi antara jumlah mol dengan koefisien reaksi  $\text{AgNO}_3 < \text{CaBr}_2$ , maka pereaksi pembatas adalah  $\text{AgNO}_3$  sebesar 4 mmol.

**Langkah 6** Menghitung senyawa yang ditanyakan dengan menentukan jumlah molnya berdasarkan perbandingan koefisien reaksi dengan pereaksi pembatas.

Banyaknya mol  $\text{AgBr}$  adalah perkalian koefisien dengan pereaksi pembatas, sehingga jumlahnya adalah  $2 \times 4 \text{ mmol} = 8 \text{ mmol}$ .

$$\text{Massa AgBr} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 8 \text{ mmol} \times 187,8 = 1,5024 \text{ gram.}$$

Untuk lebih singkatnya, langkah-langkah di atas dapat juga dituliskan sebagai berikut.



<b>Mula-Mula</b>	8 mmol	5 mmol	-	-
<b>mol: koefisien</b>	8 mmol : 2 = 4 mmol	5 mmol : 1 = 5 mmol		
<b>Pereaksi Pembatas</b>	4 mmol (4 < 5)			
<b>Bereaksi (koefisien x mol pembatas)</b>	2 x 4 = 8 mmol	1 x 4 mmol = 4 mmol	2 x 4 mmol = 8 mmol	
<b>Sisa</b>	-	5 - 4 = 1 mmol	8 mmol = 8 x 187,8 = 1,5024 g	

Nah, dengan mengetahui pereaksi pembatas dan dengan mempelajari perhitungan di atas, kalian dapat menghitung jumlah mol suatu molekul untuk bereaksi. Agar lebih menguasai materi, kerjakan soal-soal di bawah ini.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan apa yang kalian ketahui tentang pereaksi pembatas.
2. Jelaskan fungsinya mengetahui pereaksi pembatas dalam sintesis suatu senyawa.
3. Sebanyak 3 mol logam Cu direaksikan dengan 2 mol larutan asam nitrat pekat menghasilkan larutan Tembaga(II) nitrat, gas nitrogen, dan air. Tuliskan persamaan reaksinya, kemudian setarakan persamaannya, dan tentukan pereaksi pembatasnya.
4. Pada reaksi  $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$ , masing-masing reaktan berjumlah 1 mol. Manakah reaksi pembatasnya? Berapa mol produk yang terbentuk?
5. Etilena,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , terbakar di udara membentuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Berapa gram  $\text{CO}_2$  yang terbentuk jika campuran ini mengandung 2,86 g  $\text{C}_2\text{H}_4$  dan 11,84 g  $\text{O}_2$  yang terbakar? Uraikan jawaban kalian.
6. Misalkan 10 mL larutan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,1 M ditambahkan pada 15 mL larutan  $\text{BaCl}_2$  0,4 M dan menghasilkan endapan  $\text{BaSO}_4$ .
  - a. Tuliskan hasil akhir persamaan ionnya.
  - b. Berapa gram  $\text{BaSO}_4$  akan terbentuk dari reaksi ini?
  - c. Berapa konsentrasi ion-ion yang tinggal dalam campuran sesudah reaksi sempurna terjadi?



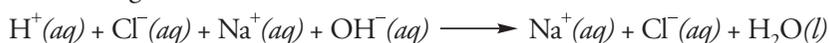
Pada reaksi-reaksi di atas, masing-masing pereaksi telah diketahui jumlah konsentrasi ataupun jumlah molnya. Bagaimana dengan senyawa yang tidak diketahui konsentrasinya padahal kita harus mengetahuinya? Dengan apa kita mengukurnya? Pelajari uraian berikut ini.

### F. Titrasi

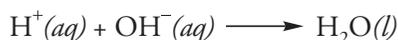
Titration adalah cara analisis yang memungkinkan kita untuk mengukur jumlah pasti dari suatu larutan dengan mereaksikannya dengan larutan lain yang telah diketahui konsentrasinya.

Setelah mempelajari materi stoikiometri larutan dan penentuan pereaksi pembatas, maka kita bisa mempelajari titrasi dengan lebih mudah.

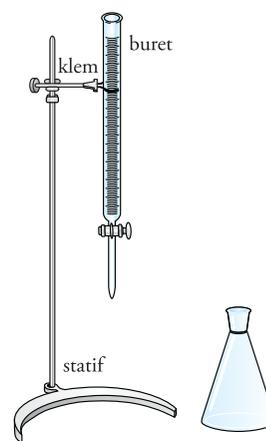
Kalian telah mengetahui bukan bahwa reaksi antara asam dan basa akan membentuk garam dan air. Apabila HCl direaksikan dengan NaOH, maka akan terbentuk garam NaCl dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi ionisasinya bisa dituliskan sebagai berikut.



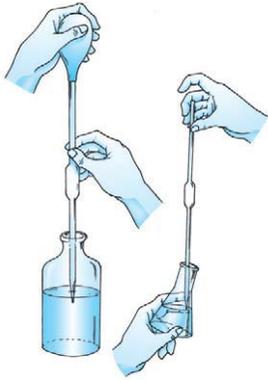
NaCl akan mengalami ionisasi sempurna sehingga tidak akan mengalami perubahan, dan dalam larutan berbentuk ion. Reaksi di atas juga dapat disebut sebagai reaksi pembentukan air atau sering disebut sebagai reaksi netralisasi.



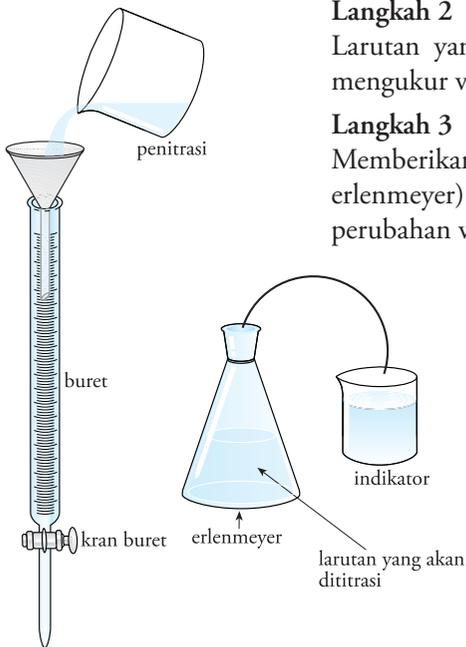
Reaksi netralisasi dapat dipakai untuk menentukan konsentrasi larutan asam atau basa, yaitu dengan menambahkan setetes demi setetes larutan asam ke dalam larutan basa atau sebaliknya. Setiap asam yang ditetaskan akan bereaksi dengan basa, dan penetesan dihentikan pada saat jumlah mol  $\text{H}^+$  (ion  $\text{H}^+$  dari asam) setara dengan mol  $\text{OH}^-$  (ion  $\text{OH}^-$  dari basa). Pada saat itu, larutan bersifat netral (sudah terbentuk air) dan dise-



Gambar 7.7  
Alat-alat titrasi



**Gambar 7.8**  
Mengukur volume larutan dengan pipet gondok



**Gambar 7.9**  
Beberapa langkah titrasi dan alatnya

but titik ekuivalen. Cara seperti ini disebut titrasi. Analisis ini juga disebut analisis volumetri karena yang diukur adalah volume dari asam/basa yang terpakai dalam titrasi.

Tahu tentang pengertian titrasi saja tidak cukup. Bagaimana cara melakukan titrasi yang benar sangat penting untuk diketahui. Untuk itu simak baik-baik langkah-langkah titrasi berikut.

## 1. Cara Titrasi

Untuk lebih mudah belajar cara titrasi, coba kalian perhatikan langkah-langkah berikut ini.

### Langkah 1

Larutan yang akan diteteskan dimasukkan ke dalam buret (pipa panjang berskala). Larutan dalam buret disebut penitrasi.

### Langkah 2

Larutan yang akan dititrasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan mengukur volumenya terlebih dahulu memakai pipet gondok.

### Langkah 3

Memberikan beberapa tetes indikator pada larutan yang dititrasi (dalam erlenmeyer) menggunakan pipet tetes. Indikator yang dipakai adalah yang perubahan warnanya sekitar titik ekuivalen.

### Langkah 4

Proses titrasi, yaitu larutan yang berada dalam buret diteteskan secara perlahan-lahan melalui kran ke dalam erlenmeyer. Erlenmeyer digoyang-goyang sehingga larutan penitrasi dapat larut dengan larutan yang berada dalam erlenmeyer. Penambahan larutan penitrasi ke dalam erlenmeyer dihentikan ketika sudah terjadi perubahan warna dalam erlenmeyer. Perubahan warna ini menandakan telah tercapainya titik akhir titrasi (titik ekuivalen).

### Langkah 5

Mencatat volume yang dibutuhkan larutan penitrasi dengan melihat volume yang berkurang pada buret setelah dilakukan proses titrasi.

## 2. Menentukan Titik Akhir Titrasi

Kurva titrasi dapat dibuat dengan menghitung  $pH$  larutan asam/basa pada beberapa titik berikut.

1. Titik awal sebelum penambahan asam/basa.
2. Titik-titik setelah ditambah asam/basa sehingga larutan mengandung garam yang terbentuk dan asam/basa yang berlebih.
3. Titik ekivalen, yaitu saat larutan hanya mengandung garam, tanpa ada kelebihan asam atau basa. Pada saat ini, berlaku rumus berikut:

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

Keterangan:  $N_1$  = normalitas larutan yang dititrasi (titran)  
 $V_1$  = volume titran  
 $N_2$  = normalitas larutan yang menitrasi (penitrasi)  
 $V_2$  = volume penitrasi  
 $N = n \times M$  (dengan  $n$  = valensi asam/basa dan  $M$  molaritas larutan)

4. Daerah lewat ekuivalen, yaitu larutan yang mengandung garam dan kelebihan asam/basa.

Untuk memperjelas uraian di atas, simaklah contoh soal titrasi asam kuat dengan basa kuat di bawah ini.

### Contoh

Untuk menetralkan 50 mL larutan HCl diperlukan 20 mL larutan 0.25 M NaOH. Tentukan kemolaran larutan HCl.

Jawab:



$$\text{mol HCl} = 20 \times 0,25 = 5 \text{ mmol}$$

Berdasarkan koefisien reaksi di atas, maka

$$\text{mol HCl} = \text{mol NaOH} = 5 \text{ mmol}$$

$$M \text{ HCl} = n/V = 5 \text{ mmol}/50\text{mL}$$

$$= 0.1 \text{ M}$$

Besarnya perubahan pH dapat diamati dengan melihat kurva titrasi. Bentuk kurva dari masing-masing titrasi berlainan tergantung pada kekuatan asam dan basa yang digunakan. Berdasarkan kekuatan asam-basanya, maka titrasi asam basa dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Titrasi asam kuat dengan basa kuat  
 Contoh titrasi asam kuat dengan basa kuat adalah titrasi 25 mL larutan HCl 0,1 M dengan NaOH 0,1M. Kurva titrasinya akan memperlihatkan bahwa di sekitar titik ekuivalen terlihat garis kurva naik tajam, yang mengartikan bahwa pada daerah tersebut, penambahan sedikit NaOH telah menimbulkan perubahan pH yang besar. Oleh karena itu, indikator dimasukkan pada larutan asam yang akan dititrasi bukan pada larutan basa
2. Titrasi asam lemah dengan basa kuat  
 Contoh titrasi asam lemah dengan basa kuat adalah titrasi 25 mL CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dengan larutan NaOH 0,1. Kurva titrasi memperlihatkan bahwa setelah titik ekuivalen, pH larutan cenderung naik
3. Titrasi basa lemah dengan asam kuat  
 Contoh titrasi antara basa lemah dengan asam kuat adalah titrasi 25 mL NH<sub>4</sub>OH dengan HCl 0,1M. Titrasi ini mirip dengan titrasi asam lemah dengan basa kuat, tetapi kurva yang terjadi kebalikannya, cenderung turun.

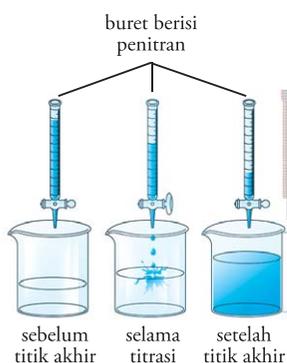
Titrasi dilakukan untuk larutan asam dan basa. Apa yang terjadi selama penambahan penetran ke dalam larutan asam ataupun basa? Kalian akan segera tahu setelah membaca uraian berikut.

Jika kalian perhatikan saat melakukan kegiatan di atas, larutan yang berada di dalam erlenmeyer adalah basa, sehingga  $pH$ -nya  $> 7$ . Saat dititrasi dengan asam, tentu  $pH$  akan turun sampai terjadi titik ekuivalen. Perubahan  $pH$  larutan secara visual dapat dilihat dengan semakin samarnya warna pink dari larutan dalam erlenmeyer hingga akhirnya menjadi bening.

Besarnya perubahan  $pH$  dapat diamati dengan melihat kurva titrasi. Bentuk kurva dari masing-masing titrasi berlainan tergantung pada kekuatan asam dan basa yang digunakan. Kurva titrasi dapat dibuat dengan menghitung  $pH$  larutan asam/basa pada beberapa titik berikut.

1. Titik awal sebelum penambahan asam/basa.
2. Titik-titik setelah ditambah asam/basa sehingga larutan mengandung garam yang terbentuk dan asam/basa yang berlebih.
3. Titik ekuivalen, yaitu saat larutan hanya mengandung garam, tanpa ada kelebihan asam atau basa.
4. Daerah lewat ekuivalen, yaitu larutan yang mengandung garam dan kelebihan asam/basa.

Kalian akan lebih paham dan jelas dengan memperhatikan contoh perhitungan dan *Aktivitas* berikut ini.



Gambar 7.10  
Penentuan titik akhir titrasi

## Contoh

Untuk menetralkan 50 mL larutan HCl diperlukan 20 mL larutan 0.25 M NaOH. Tentukan kemolaran larutan HCl.

Jawab:



$$\text{mol HCl} = 20 \times 0.25 = 5 \text{ m mol}$$

Berdasarkan koefisien reaksi di atas, maka

$$\text{mol HCl} = \text{mol NaOH} = 5 \text{ m mol}$$

$$M \text{ HCl} = n/V = 5 \text{ m mol}/50\text{mL} = 0.1 \text{ M}$$

## Aktivitas

### Menentukan Konsentrasi Larutan NaOH

#### A. Dasar teori

Titrasi merupakan analisis yang digunakan untuk mengukur jumlah (konsentrasi) suatu larutan. Salah satu reaksi yang sering digunakan dalam titrasi adalah netralisasi asam basa. Dalam pelaksanaan titrasi, indikator sangat diperlukan untuk mengetahui titik ekuivalen.

Indikator adalah zat kimia yang warnanya tergantung keasaman dan

dan kebasaannya. Indikator ada beberapa macam. Penggunaan indikator harus sesuai dengan tingkat keasaman larutan yang diukur konsentrasinya. Indikator akan memberikan warna yang lain ketika berada dalam keadaan asam dan basa. Indikator yang biasa digunakan dalam laboratorium adalah fenolftalein. Fenolftalein dalam suasana asam tak berwarna, sedangkan dalam suasana basa berwarna merah muda/pink.



Brady, 1999, hlm. 218

## B. Tujuan Percobaan

1. Menentukan konsentrasi larutan NaOH yang dititrasi dengan HCl.
2. Membuat grafik titrasi.

## C. Alat dan Bahan Percobaan

### Alat

erlenmeyer 250 mL      pipet gondok 25 mL  
pipet tetes              buret 25 mL

### Bahan

Larutan NaOH 0,1 M      Indikator fenolftalein (PP)  
Larutan HCl 0,1 M

## D. Langkah Percobaan

1. Masukkan larutan HCl 0,1 M ke dalam buret sampai angka nol.
2. Ambil 25 mL NaOH kemudian masukkan ke dalam erlenmeyer.
3. Berikan tiga tetes fenolftalein ke dalam erlenmeyer sehingga tampak berwarna pink.
4. Menitrasi tetes demi tetes sambil erlenmeyer terus digoyang. Hentikan sementara titrasi ketika volume penitran (HCl 0,1 M) mencapai 5 mL dan kelipatannya (volume penitran ini dapat dilihat dari skala buret). Ukur pH larutan titran dengan pH meter.
5. Ketika warna larutan titran sudah mendekati bening, pengukuran pH dilakukan untuk setiap penambahan 1 mL penitran.
6. Hentikan kembali titrasi ketika tercapai titik ekuivalen, yaitu ketika larutan berwarna menjadi bening. Catat volume penitran.
7. Pengukuran pH titran kembali dilakukan untuk setiap penambahan 1 mL penitran, hingga 3 kali pengukuran. Catat pH dan volume penitrannya.
8. Pengukuran pH titran dilanjutkan untuk setiap penambahan 5 mL penitran, hingga 3 kali pengukuran. Catat pH dan volume penitrannya.
9. Mengulangi langkah 1-8 sebanyak 3 kali, kemudian menghitung rata-rata volume HCl yang digunakan.
10. Hitunglah konsentrasi NaOH yang dititrasi.
11. Buatlah grafik titrasi volume HCl versus pH dari data percobaan.

## E. Hasil Percobaan

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Volume penitran (mL)	pH titran
0	
5	
10	
...	
...	

## F. Pembahasan

Untuk memperjelas dan lebih memahami kalian terhadap percobaan ini, jawablah pertanyaan berikut.

1. Tuliskan reaksi yang terjadi antara HCl dengan NaOH.
2. Tentukan jumlah mol HCl yang digunakan.
3. Tentukan jumlah mol dan konsentrasi NaOH.  
(Gunakan perumusan yang telah diterangkan).
4. Cermati grafik yang telah kalian buat, kemudian analisislah.

### G. Kesimpulan

Apa kesimpulan yang dapat kalian tarik dari percobaan ini?  
Diskusikan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan, kemudian presentasikan hasilnya di depan kelas.

Beberapa macam titrasi asam basa telah kalian pelajari. Agar kalian lebih menguasai materi ini, berdiskusilah dengan teman-teman kalian tentang permasalahan di bawah ini, kemudian lanjutkan dengan mengerjakan *Aktivitas* dan latihan-latihan soal di bawahnya.

## Diskusi

Kalian telah mempelajari beberapa titrasi asam basa, bukan? Coba diskusikan dengan teman kalian, mengapa tidak ada titrasi antara asam lemah dengan basa lemah. Carilah beberapa buku di perpustakaan sebagai referensi dalam menyelesaikan permasalahan ini.



## Aktivitas

### Menentukan Kadar Cuka Perdagangan

#### A. Dasar teori

Titrasi merupakan analisis yang digunakan untuk mengukur jumlah (konsentrasi) suatu larutan. Salah satu reaksi yang sering digunakan dalam titrasi adalah netralisasi asam basa. Dalam pelaksanaan titrasi, indikator sangat diperlukan untuk mengetahui titik ekuivalen.

Asam asetat yang dalam bahasa dagangnya dikenal sebagai cuka, merupakan suatu asam lemah dengan rumus senyawa  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Produk cuka dari suatu perusahaan yang satu dengan yang lain pasti berbeda kadar asetatnya. Untuk mengetahuinya, maka cara yang mudah dilakukan adalah dengan titrasi.

Berdasarkan reaksi netralisasi, analisis volumetrik dibedakan menjadi asidimetri dan alkalimetri. Keduanya dibedakan pada larutan standarnya. Salah satu contoh analisis alkalimetri adalah titrasi basa terhadap asam cuka (asam asetat). Reaksi antara natrium hidroksida dengan asam asetat akan menghasilkan garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat, sehingga titik ekuivalen diperoleh pada  $\text{pH} > 7$ . Analisis asam asetat dalam cuka perdagangan bermanfaat untuk memperoleh informasi apakah kadar yang tertulis pada label botol sesuai dengan kenyataannya.

Brady, 1999, hlm. 218 (dengan pengembangan)



**B. Tujuan Percobaan**

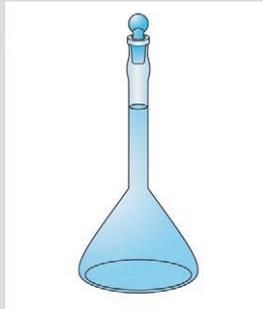
Menentukan kadar asam cuka perdagangan.

**C. Alat dan Bahan Percobaan****Alat**

erlenmeyer 250 mL  
pipet  
pipet gondok 25 mL  
buret 25 mL  
labu ukur  
corong gelas

**Bahan**

NaOH 0,1 M  
asam cuka perdagangan  
fenolftalein  
aquades



Gambar 7.12

Labu ukur dengan garis di tengah leher sebagai tanda batas. Ukuran labu bermacam-macam, dari 10, 25, 50, 100, 250, 500 hingga 1000ml.



Gambar 7.11

Asam asetat dengan nama dagang asam cuka

**D. Langkah Percobaan**

1. Ambil 10 mL larutan asam cuka perdagangan dengan pipet gondok kemudian masukkan ke dalam labu ukur 100 mL, encerkan hingga volume tanda batas.
2. Ambil 10 mL larutan encer (dari labu ukur), kemudian masukkan ke dalam erlenmeyer 25 mL dan tambahkan 2 tetes indikator fenolftalein ke dalamnya.
3. Lakukan titrasi dengan larutan standar NaOH 0,1M hingga terjadi perubahan warna menjadi merah muda (hati-hati dalam meneteskan, jangan sampai kelebihan sehingga warnanya menjadi merah tua).
4. Catat volume NaOH yang dibutuhkan.
5. Lakukan langkah 2-4 sebanyak 3 kali.

**E. Hasil Percobaan**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Titrasi	Volume NaOH yang digunakan (mL)	Volume asam cuka encer yang diambil (mL)
I		
II		
III		
Rerata		

**F. Pembahasan**

Untuk memperjelas percobaan ini, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut. (Cara mengerjakan sesuai dengan contoh pada titrasi asam kuat basa kuat).

1. Tuliskan reaksi yang terjadi antara asam cuka dengan NaOH.
2. Hitunglah kadar asam cuka perdagangan (dalam g/100mL).  
Caranya, gunakan rumus berikut.

$$\text{Kadar cuka (m garam)} = \frac{100}{10} \times 0,1 \times \bar{v} \text{NaOH} \times 60$$

dengan  $\bar{v}$  = volume rerata NaOH yang digunakan

60 = massa relatif (Mr) asam asetat

0,1 = konsentrasi NaOH

= faktor pengenceran asam cuka 10 mL menjadi 100 mL

### G. Kesimpulan

Apa kesimpulan dari percobaan ini? Diskusikan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan. Jangan

lupa menyertakan hasil kegiatan kalian dalam menghitung kadar cuka yang sebenarnya, apakah sesuai dengan labelnya ataukah jauh dari nilai yang tertulis padanya.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Sebanyak 0.56 gram kalsium oksida tepat dapat dinetralkan dengan 20 mL larutan 0.30 M HCl. Tentukan kemurnian kalsium oksida (Ar: O=16; Ca=56).
2. Jelaskan apa yang kalian ketahui tentang: (a) buret, (b) titrasi, (c) penitrasi, dan (d) titik ekuivalen.
3. Apakah fungsi indikator? Jelaskan perbedaan warna fenolftalein dalam larutan asam dan basa.
4. Suatu tablet aspirin  $\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4$  dianalisis dengan memakai NaOH 0,1 M. Dibutuhkan natrium hidroksida sebanyak 21,50 ml sampai tercapainya titik ekuivalen. Berapa gram aspirin yang terdapat dalam sampel? Jabarkan. (Mr aspirin 180,2)
5. Untuk menetralkan 25 mL larutan HCl diperlukan 40 mL larutan 0.25 M NaOH. Tentukan kemolaran larutan HCl.



Melalui percobaan pertama kita bisa menentukan konsentrasi suatu senyawa yang belum diketahui dengan metode titrasi. Ada aktivitas kedua yang akan menguji kemampuan dan keahlian kalian dalam melakukan titrasi.

## Rangkuman

1. Stokiometri mempelajari hubungan antarmassa dalam suatu senyawa dan antar zat dalam suatu reaksi.
2. Jika larutan yang mengalami ionisasi ketika berada dalam larutan, maka reaksinya disebut reaksi ion dan persamaan reaksinya disebut persamaan ionik.
3. Persamaan ionik menuliskan rumus setiap elektrolit yang larut dalam bentuk ion dan rumus yang tidak larut dalam bentuk molekuler.
4. Hasil akhir persamaan ionik ditulis dengan menghilangkan ion-ion pemirsanya dari persamaan ioniknya.
5. Reaksi asam basa, penetralan, pengendapan dan pembentukan gas merupakan reaksi yang tergolong larutan elektrolit.
6. Titrasi adalah cara analisis yang memungkinkan kita untuk mengukur jumlah pasti dari suatu larutan dengan mereaksikannya dengan larutan lain yang telah diketahui konsentrasinya.





## Glosarium

**Asam** Senyawa berasa masam, memerahkan lakmus biru, larutannya dalam air mempunyai pH lebih kecil dari 7 dan dapat menetralkan larutan basa

**Basa** Senyawa yang mempunyai sifat berasa pahit/kesat dan dapat membirukan lakmus merah.

**Disosiasi** Proses penguraian suatu zat menjadi beberapa zat yang lebih sederhana

**Indikator** Zat kimia yang warnanya tergantung dari keasaman dan kebasaannya

**Ion bebas** Ion yang tidak mengalami perubahan selama reaksi

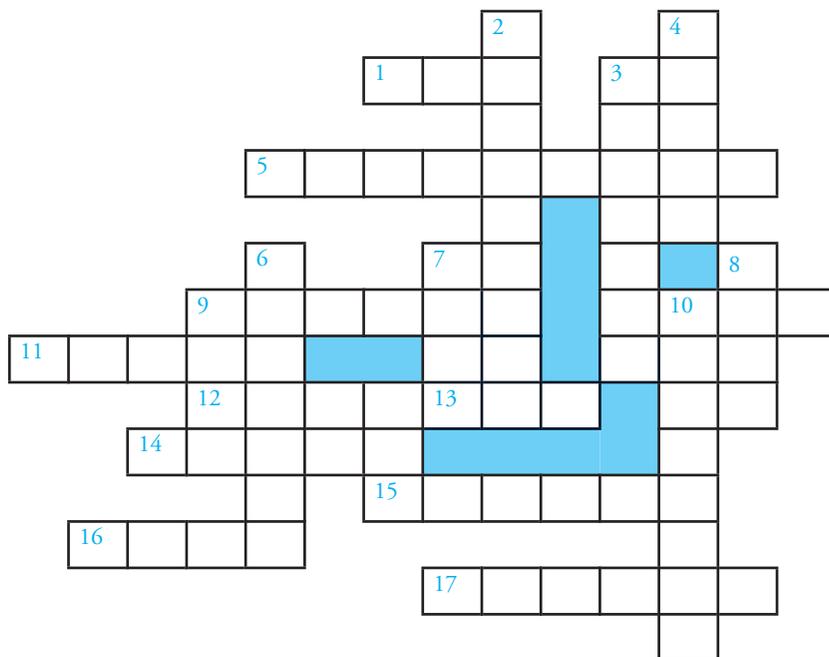
**Produk** Zat hasil reaksi

**Reagen** Zat pereaksi

**Titik ekuivalen** Titik kesetimbangan

## Teki-teki Kimia

Setelah belajar tentang stoikiometri, rasanya mungkin sedikit jenuh. Kalian bisa bermain-main dulu dengan teka-teki silang di samping.



## Mendatar

1. Hasil perkalian antara molaritas dan volume
5. Bahan yang dipakai untuk membedakan asam dan basa
9. Reaksi antara asam dan basa
11. Hasil padat dari reaksi penggaraman
12. Hasil cair reaksi penggaraman
13. Satuan tekanan
14. Tempat penitrasian
15. Ion positif
16. Nama dagang asam asetat
17. Berwarna merah dalam suasana asam dan berwarna biru dalam suasana basa

## Menurun

2. Zat yang terionkan bila dilarutkan dalam air
3. Metode analisis untuk mengukur konsentrasi suatu larutan dengan larutan lain yang telah diketahui konsentrasinya
4. Ion negatif
6. Ion yang hanya menyertai reaksi tanpa mengalami perubahan
7. NaOH, NH<sub>4</sub>OH, KOH
8. HCl, H<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
10. Teori tentang asam basa, dimana asam penambah H<sup>+</sup> dalam larutannya



# Ulangan Harian

## A Pilihlah jawaban yang tepat

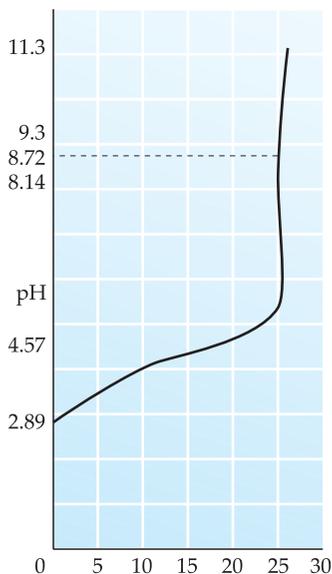
1. Berikut ini adalah hasil reaksi ionik antara asam asetat dan kalium hidroksida adalah....
  - A.  $\text{KOH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOK}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
  - B.  $\text{K}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}^+(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{K}^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
  - C.  $\text{OH}^-(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}^+(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
  - D.  $\text{K}^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}^+(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{K}^+(aq)$
  - E.  $\text{K}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{K}^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
2. Reaksi berikut ini yang membentuk endapan adalah ....
  - A.  $\text{HCl}(aq) + \text{NaOH}(aq) \longrightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
  - B.  $\text{CaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$
  - C.  $\text{BaCl}_2(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) \longrightarrow \text{BaSO}_4(s) + 2\text{NaCl}(aq)$
  - D.  $\text{KOH}(aq) + \text{CH}_3\text{COOH}(aq) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOK}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
  - E.  $\text{NH}_4\text{Cl}(s) + \text{NaOH}(aq) \longrightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{NH}_3(g)$
3. Suatu zat padat dilarutkan ke dalam air, ternyata larutannya dapat menghantarkan listrik. Pernyataan yang tepat untuk menerangkan peristiwa ini adalah ....
  - A. di dalam air, zat padat itu terurai menjadi molekul-molekulnya
  - B. di dalam air, zat padat itu terurai menjadi ion-ionnya
  - C. di dalam air, zat padat itu tetap dalam bentuk semula
  - D. air mudah menghantarkan listrik
  - E. air akan terionisasi bila ada zat terlarut di dalamnya
4. Jumlah ion yang dihasilkan dari ionisasi HCl, CH<sub>3</sub>COOH, dan CaCl<sub>2</sub>, berturut-turut adalah ....
  - A. 2, 2, 3
  - B. 2, 3, 2
  - C. 2, 2, 2
  - D. 1, 2, 3
  - E. 1, 1, 2
5. Volume 14 g gas (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> pada keadaan standar adalah 5,6 L. Jika Ar H = 1, C = 12, maka nilai n adalah ....
  - A. 5
  - B. 4
  - C. 3
  - D. 2
  - E. 1

6. Magnesium oksida merupakan senyawa hasil reaksi magnesium dengan oksigen yang perbandingannya 3:2. Jika magnesium oksida yang dihasilkan 30 gram, maka massa magnesium dan oksigen berturut-turut adalah... g dan ... g.
- A. 12 dan 18                      D. 16 dan 14  
B. 18 dan 12                      E. 30 dan 20  
C. 36 dan 24
7. Jika gas hidrogen dialirkan melalui tembaga(II) oksida panas, reaksi yang terjadi sebagai berikut:
- $$\text{H}_2(g) + \text{CuO}(s) \longrightarrow \text{Cu}(s) + \text{H}_2\text{O}(g)$$
- Massa tembaga yang dihasilkan dari 2,0 gram tembaga(II) oksida adalah ... g (Ar Cu = 63,5; O = 16)
- A. 0,16                              D. 1,60  
B. 0,32                              E. 3,20  
C. 0,64
8. Suatu campuran gas terdiri atas 8 g gas metana (CH<sub>4</sub>) dan 8 g oksigen. Jika semua oksigen yang ada digunakan untuk mengoksidasi CH<sub>4</sub> dengan sempurna menjadi CO<sub>2</sub>, berapa gram CO<sub>2</sub> yang dihasilkan?
- A. 4,0 g                              D. 11,0 g.  
B. 5,5 g                              E. 22,0 g.  
C. 8,0 g.
9. Untuk membuat 4 gram besi(III) sulfat (Mr = 400) dari besi(III) oksida, diperlukan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 M sebanyak ... mL.
- A. 10                                  D. 300  
B. 30                                  E. 600  
C. 100
10. Reaksi yang terjadi antara KClO<sub>3</sub> dan HCl sebagai berikut.
- $$\text{KClO}_3(aq) + 6 \text{HCl}(aq) \longrightarrow \text{KCl}(aq) + 3 \text{H}_2\text{O}(aq) + 3 \text{Cl}_2(aq)$$
- Berapa gram KClO<sub>3</sub> yang diperlukan untuk mendapatkan 142 g Cl<sub>2</sub>. (Ar K = 39; Cl = 35,5; O = 16; H = 1)
- A. 163,3 g.                          D. 61,7 g.  
B. 122,5 g.                          E. 40,8 g.  
C. 81,7 g.
11. Volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 M yang diperlukan untuk tepat menetralkan 50 mL NaOH 0,03 M adalah ... mL.
- A. 3                                      D. 12  
B. 6                                      E. 120  
C. 30
12. Suatu indikator memberikan warna biru pada air sabun. Indikator ini akan memberikan warna yang sama untuk larutan ....
- A. asam jawa                      D. sari buah  
B. gula                                E. cuka  
C. air kapur
13. Jika 1,71 g M(OH)<sub>2</sub> dinetralkan dengan 100 mL HCl 0,2 M, maka massa atom relatif M .... (Ar O = 16; H=1)
- A. 68,5                                D. 139  
B. 85,5                                E. 171  
C. 137
14. Jika suatu basa Al(OH)<sub>3</sub> sebanyak 15,6 g tepat dinetralkan dengan 29,4 g asam H<sub>2</sub>A, maka Mr H<sub>2</sub>A adalah...g/mol. (Ar Al = 27; H = 1; O = 16)
- A. 114                                D. 90  
B. 106                                E. 82  
C. 735
15. 40 mL HCl 0,1 M dicampur dengan 60 mL NaOH 0,05 M. Untuk menetralkan campuran ini dibutuhkan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 0,05 M ... mL.
- A. 2                                      D. 15  
B. 5                                      E. 20  
C. 10
16. Saat titrasi 20 mL 0,2 M larutan NaOH dibutuhkan 12 mL larutan asam bervalensi tiga yang mengandung 10,8 g/L. Berat molekul asam tersebut adalah ....
- A. 324                                D. 36  
B. 32,4                                E. 20  
C. 97,2
17. Jika Ar H = 1; O = 16; Mg = 24 dan Cl = 35,5, maka jumlah HCl yang diperlukan untuk tepat bereaksi dengan 5,8 g Mg(OH)<sub>2</sub> adalah ... g.
- A. 3,65                                D. 7,50  
B. 4,21                                E. 9,15  
C. 7,30
18. Volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 M yang diperlukan

untuk tepat menetralkan 525 mL KOH 0,06 M adalah ... L.

- A. 1,26                      D. 0,22  
 B. 0,47                      E. 0,79  
 C. 0,63

19. Gambar di bawah adalah kurva perubahan pH pada titrasi ....



- A. asam kuat dengan basa kuat  
 B. asam kuat dengan basa lemah  
 C. asam lemah dengan basa kuat  
 D. asam lemah dengan basa lemah  
 E. asam lemah dengan basa sedang

20. Saat penetapan kadar asam cuka perdagangan sebaiknya digunakan indikator ...

- A. metil orange  
 B. bromtimol biru  
 C. metil merah  
 D. fenolftalein  
 E. amilum

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Apakah yang dimaksud dengan persamaan ionik? Berikan contoh reaksinya.
- Tuliskan persamaan reaksi yang menghasilkan gas.

- Berapa gram  $H_2SO_4$  yang terdapat dalam 100 mL larutan  $H_2SO_4$ , 0,5 M.
- Pada suhu dan tekanan yang sama, massa 2 liter gas X =  $\frac{1}{2}$  massa 1 liter gas  $SO_2$  (Mr (64), maka tentukan Mr gas X tersebut.
- Bilamana terjadi reaksi pengendapan? Jelaskan beserta contoh reaksinya.
- Jika 40 mL HCl 0,01 M dicampur dengan 50 mL NaOH 0,08 M, maka berapakah pH larutan yang terjadi?
- Sebanyak 40,5 g aluminium direaksikan dengan 14,7 g asam sulfat.
  - Tuliskan persamaan reaksinya
  - Berapa g aluminium yang tidak bereaksi
- Mengapa reaksi asam basa dan reaksi penetralan tergolong dalam larutan elektrolit? Terangkan.
- Dari percobaan titrasi asam kuat HCl dengan basa kuat NaOH didapatkan data sebagai berikut.

Volume HCl (mL)	Volume Penambahan NaOH (mL)	Volume total (mL)	pH
25,00	0,00	25,00	1,15
25,00	10,00	35,00	1,58
25,00	24,00	49,00	5,23
25,00	25,00	50,00	7
25,00	25,01	50,01	9,80
25,00	26,00	51,00	0,90
25,00	50,00	75,00	2,67

Bila diketahui molaritas NaOH 0,2 M, tentukan:

- Mol NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam klorida
  - Konsentrasi larutan HCl
  - Kurva titrasinya
10. Jika 12 g oksigen direaksikan dengan 40 g gas oksigen dihasilkan senyawa karbon dioksida 44 g dan terdapat sisa oksigen 8 g, tentukan perbandingan karbon dan oksigennya.

# B a b VIII

## Larutan Buffer



Dok. PIM

Setiap hari kalian makan. Makanan yang masuk ke tubuh kalian tak hanya akan berhubungan dengan organ mulut, kerongkongan, lambung, dan usus saja. Pada pelajaran biologi kalian telah mempelajari proses transportasi makanan dalam tubuh, bukan? Makanan akan mengalami serangkaian proses metabolisme di dalam tubuh dan hasilnya akan diedarkan ke seluruh tubuh melalui darah. Tahukah kalian bahwa hasil metabolisme dapat bersifat asam ataupun basa, tergantung dari sifat makanan yang kita konsumsi? Nah, tentu saja hal ini akan berpengaruh terhadap  $pH$  darah. Padahal, agar dapat bekerja dengan baik,  $pH$  darah harus tetap stabil. Oleh karena itulah darah memiliki sistem buffer untuk dapat mempertahankan  $pH$ -nya. Lalu apakah buffer itu? Bagaimana sifatnya? Bagaimana peranannya dalam tubuh? Simaklah penjelasannya dalam bab ini.

## Kata Kunci

- Larutan buffer
- larutan bukan buffer
- $pH$
- $K_a$
- $K_b$



## Kilas BALIK

Suatu reaksi kesetimbangan berlangsung dalam dua arah yang berlawanan dan selama reaksi berlangsung, pembentukan zat-zat ruas kanan selalu disertai oleh pembentukan kembali zat-zat ruas kiri. Karena reaksi kesetimbangan dapat melibatkan molekul-molekul atau ion-ion maka pada sistem buffer juga berlaku prinsip kesetimbangan.



Sistem larutan buffer sangat berperan dalam tubuh makhluk hidup. Oleh karena itu, darah yang berperan penting dalam metabolisme harus merupakan suatu larutan buffer yang dapat mempertahankan  $pH$ -nya, sehingga  $pH$  darah tetap stabil dengan adanya zat asam atau basa yang terlibat dalam metabolisme. Lain halnya dengan larutan bukan buffer yang tidak dapat mempertahankan  $pH$ -nya. Kerusakan organ tubuh atau bahkan kematian dapat terjadi jika darah bukan merupakan suatu larutan buffer.

Di dalam tubuh atau lingkungan sekitar kita terdapat banyak sistem larutan. Untuk menganalisis suatu larutan merupakan larutan buffer atau bukan buffer, dapat diketahui dengan mengukur perubahan  $pH$  pada penambahan sedikit asam, sedikit basa atau pengenceran. Selain dengan pengukuran,  $pH$  larutan buffer juga dapat diketahui dengan cara menghitungnya melalui rumus yang diturunkan berdasarkan prinsip kesetimbangan.

### A. Pengertian Larutan Buffer

Dalam tubuh kita,  $pH$  darah berkisar 7,35-7,45. Agar  $pH$  darah tidak banyak berubah, maka di dalamnya terdapat sistem buffer. Begitu juga enzim pemecah protein, yang hanya dapat bekerja dengan baik pada  $pH = 3$ . Agar  $pH$  cairan dalam lambung selalu berada dalam kisaran 3, maka dalam lambung terdapat larutan buffer. Apa sih sebenarnya larutan buffer itu? Apa perbedaan larutan buffer dengan yang bukan? Untuk memahami konsep larutan buffer, lakukanlah dahulu *Aktivitas* berikut.

## Aktivitas

### Mempelajari Sifat Larutan Buffer

#### A. Dasar Teori

$pH$  suatu larutan, jika ditambah dengan asam,  $pH$ -nya akan turun karena konsentrasi ion  $H^+$  semakin besar. Sebaliknya, jika ditambah dengan basa,  $pH$  akan meningkat karena konsentrasi ion  $OH^-$  bertambah. Begitu pula, jika diencerkan dengan larutan asam atau basa  $pH$  akan berubah karena konsentrasi asam atau basanya semakin mengecil. Namun, ada larutan yang jika ditambah sedikit asam atau basa,

bahkan diencerkan, tidak mengalami perubahan  $pH$  secara berarti. Larutan ini disebut larutan buffer.

Ada dua macam larutan buffer, yaitu larutan buffer asam dan larutan buffer basa. Larutan buffer asam mempertahankan  $pH$ -nya pada kisaran  $< 7$  (daerah asam), sedangkan larutan buffer basa mempertahankan  $pH$ -nya pada kisaran  $> 7$  (daerah basa).

Syukri, 1999, Hlm. 481

#### B. Tujuan Percobaan

Menentukan  $pH$  larutan setelah ditambah sedikit asam, sedikit basa, dan diencerkan

#### C. Alat dan Bahan Percobaan

Alat percobaan:

- Gelas beker 100 mL
- Pipet tetes
- $pH$  meter
- Gelas ukur 25 mL

Bahan percobaan:

- NaOH 0,1 M
- HCl 0,1 M
- NH<sub>4</sub>Cl
- CH<sub>3</sub>COOH
- CH<sub>3</sub>COONa
- NH<sub>4</sub>OH
- Akuades

#### D. Langkah Percobaan

1. Siapkan 3 buah gelas beker, kemudian masukkan ke dalamnya masing-masing 10 mL larutan HCl 0,1 M dan 10 mL larutan NaOH 0,1 M.
2. Ukurlah pH yang terjadi dengan pH meter.
3. Masukkan 1 mL larutan HCl 0,1 M ke dalam gelas beker pertama, 1 mL NaOH 0,1 M ke dalam gelas beker kedua, dan 20 mL akuades pada gelas beker ketiga. Ukurlah pH ketiga larutan tersebut.
4. Dengan volume yang sama, ulangi langkah 1-3 untuk campuran CH<sub>3</sub>COOH dan CH<sub>3</sub>COONa, serta campuran NH<sub>4</sub>OH dan NH<sub>4</sub>Cl.

#### WARNING

HCl adalah asam kuat dan NaOH ialah basa kuat. Keduanya bisa menyebabkan iritasi bila mengenai kulit. Gunakan sarung tangan pada saat mengambilnya

#### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut berdasarkan hasil pengamatan kalian.

No.	Larutan	pH			
		Mula-mula	Setelah Ditambah HCl 0,1 M	Setelah Ditambah HCl 0,1 M	Setelah Ditambah Akudes
1.	HCl + NaOH				
2.	CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> COONa				
3.	NH <sub>4</sub> OH + NH <sub>4</sub> Cl				

#### F. Pembahasan

Untuk memperjelas percobaan ini, coba jawablah pertanyaan berikut.

1. Larutan manakah yang banyak mengalami perubahan pH?
2. Larutan manakah yang sedikit mengalami perubahan pH?

#### G. Kesimpulan

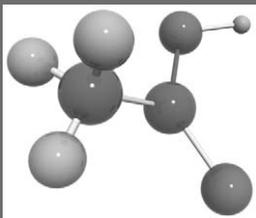
Larutan mana yang merupakan larutan buffer dan bukan buffer?

Diskusikan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan.

Kemudian, presentasikan hasilnya di depan kelas.-



Dari percobaan di atas, tentu kalian dapat menyimpulkan apa yang dimaksud dengan larutan buffer. Dilihat dari komponennya, ada dua jenis larutan buffer, yaitu larutan buffer yang terbentuk dari campuran asam lemah dengan basa konjugasinya (garamnya) dan larutan buffer yang terbentuk dari campuran basa lemah dengan asam konjugasinya (garamnya). Pasangan asam-basa konjugasi tersebut mampu menangkap ion H<sup>+</sup> atau ion OH<sup>-</sup> yang ditambahkan ke dalam larutan buffer, sehingga pH larutan dapat dipertahankan selama jumlah asam atau basa yang ditambahkan hanya sedikit. Bagaimana larutan buffer dapat mempertahankan pH-nya? Reaksi apa yang terjadi di dalamnya? Untuk mengetahui jawabannya, simaklah uraian berikut.



CH<sub>3</sub>COOH adalah asam organik lemah yang lazim dijumpai dalam cuka dengan konsentrasi larutan 3–5% berdasarkan massa.

Oxtoby, 2001, hlm. 161

## B. Jenis-jenis Larutan Buffer

Campuran antara CH<sub>3</sub>COOH dengan CH<sub>3</sub>COONa atau NH<sub>4</sub>OH dengan NH<sub>4</sub>Cl pada rubrik *Aktivitas* yang telah kalian ikuti merupakan contoh larutan buffer. Dinamakan larutan buffer karena larutan ini mampu mempertahankan (menyangga) pH-nya. Tetapi, apakah semua larutan dapat bersifat sebagai buffer? Larutan apa saja yang dapat bersifat sebagai buffer? Simaklah penjelasan lengkapnya.

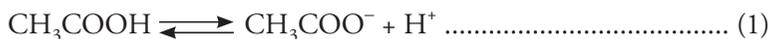
### 1. Larutan buffer dari asam lemah dan basa konjugasinya

Campuran antara CH<sub>3</sub>COOH dan CH<sub>3</sub>COONa seperti pada percobaan di atas dapat berperan sebagai larutan buffer. Campuran tersebut merupakan hasil reaksi antara CH<sub>3</sub>COOH dengan NaOH.



Jika NaOH habis bereaksi, maka dalam kesetimbangan akan terbentuk campuran CH<sub>3</sub>COONa dengan CH<sub>3</sub>COOH sisa. Dalam air, kedua campuran tersebut akan mengalami reaksi ionisasi sebagai berikut.

Reaksi ionisasi dalam air:



Dari persamaan (1) didapat kesetimbangan asam:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \dots\dots\dots (3)$$

Dari persamaan (3) dapat kita peroleh harga [H<sup>+</sup>]:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \dots\dots\dots (4)$$

Dari persamaan (4) kita dapat menentukan rumus umum untuk menentukan harga [H<sup>+</sup>] dari suatu larutan buffer, yaitu:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a [\text{sisa asam}]}{[\text{garam}]} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{sisa asam}]}{[\text{garam}]}$$

Jika konsentrasi dinyatakan sebagai banyaknya mol per liter, maka dari persamaan (5) dapat ditulis:

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{\text{mol sisa asam}}{\text{mol garam}} \dots\dots\dots (6)$$

### Contoh

1. Hitung pH larutan buffer yang dibuat dari campuran 50 mL larutan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dengan 100 mL larutan CH<sub>3</sub>COONa 0,1 M. (*K<sub>a</sub>* CH<sub>3</sub>COOH = 1,76 × 10<sup>-5</sup>)

### Penyelesaian:

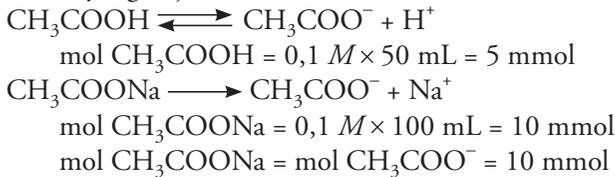
#### Diketahui:

$$\begin{array}{ll} V \text{HNO}_2 & = 50 \text{ mL} & V \text{NaOH} & = 100 \text{ mL} \\ M \text{HNO}_2 & = 0,1 \text{ M} & M \text{NaOH} & = 0,1 \text{ M} \\ K_a \text{CH}_3\text{COOH} & = 1,76 \times 10^{-5} & & \end{array}$$

Ditanyakan:  $pH$  campuran

#### Jawab:

Reaksi yang terjadi:



Sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= K_a \cdot \frac{\text{mol sisa asam}}{\text{mol garam}} \\ &= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{5 \text{ mmol}}{10 \text{ mmol}} \\ &= 8,8 \times 10^{-6} \text{ M} \\ pH &= -\log [\text{H}^+] \\ &= -\log 8,8 \times 10^{-6} \\ &= 5,05 \end{aligned}$$

Jadi,  $pH$  campuran tersebut adalah 5,05.

2. Sebanyak 100 mL  $\text{HNO}_2$  0,1 M direaksikan dengan 40 mL  $\text{NaOH}$  0,1 M, maka:
- Apakah larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer?
  - Berapakah  $pH$  larutan yang terbentuk ( $K_a = 4,6 \times 10^{-4}$ )?

### Penyelesaian:

#### Diketahui:

$$\begin{array}{ll} V \text{HNO}_2 = 100 \text{ mL} & V \text{NaOH} = 40 \text{ mL} \\ M \text{HNO}_2 = 0,1 \text{ M} & M \text{NaOH} = 0,1 \text{ M} \\ K_a \text{HNO}_2 = 5 \times 10^{-4} & \end{array}$$

#### Ditanyakan:

- Apakah larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer?
- $pH$ ?

#### Jawab:

- Untuk mengetahui apakah terbentuk larutan buffer atau tidak, kalian harus menghitung terlebih dahulu mol masing-masing.

$$\text{mol HNO}_2 \text{ mula-mula} = 100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 10 \text{ mmol}$$

$$\text{mol NaOH mula-mula} = 40 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 4 \text{ mmol}$$

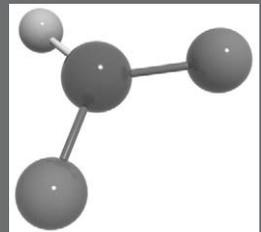


$$\text{Mula-mula: } \quad 10 \quad 4$$

$$\text{Bereaksi: } \quad 4 \quad 4 \quad 4$$

$$\text{Sisa: } \quad 6 \quad - \quad 4 \quad 4$$

## Khazanah



Asam nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) merupakan asam anorganik yang bersifat hipotetik (dianggap tidak ada/tidak dikenal) karena ketika terbentuk segera terurai menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{NO}$ . Yang dikenal hanyalah dalam bentuk garamnya, seperti  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ .

Mulyono, 2006, hlm. 39

Karena mmol NaOH lebih kecil, maka NaOH berfungsi sebagai reaktan pembatas. Sehingga tidak ada sisa basa kuat NaOH, sebab yang tersisa adalah asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Karena syarat terbentuknya larutan buffer adalah adanya sisa asam lemah atau basa lemah, maka larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer.

b. Dengan melihat penyelesaian pada poin (a), maka:

$$[\text{HNO}_2]_{\text{sisa}} = \frac{6 \text{ mmol}}{140 \text{ mL}} = 0,04 \text{ M}$$

$$[\text{NaNO}_2]_{\text{terbentuk}} = \frac{4 \text{ mmol}}{140 \text{ mL}} = 0,03 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{HNO}_2]}{[\text{NaNO}_2]}$$

$$= 4,6 \times 10^{-4} \cdot \frac{0,04}{0,03}$$

$$= 6,13 \times 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\log 6,13 \times 10^{-4}$$

$$\text{pH} = 3,21$$

Jadi, larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer dan mempunyai  $\text{pH} = 3,21$ .

Pelajarilah kembali contoh soal di atas dan pahami setiap langkahnya, lalu kerjakan soal-soal berikut untuk berlatih.

## Tugas

Hitunglah pH yang terbentuk dari campuran di bawah ini:

- 200 mL larutan  $\text{HNO}_2$  0,3 M dicampurkan dengan 300 mL  $\text{NaNO}_2$  0,2 M
- 100 mL asam asetat 0,1 M dengan 75 mL NaOH 0,1 M.  
( $K_a \text{ HNO}_2 = 4,6 \times 10^{-4}$ ,  $K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 1,76 \times 10^{-5}$ )



Selain dari asam lemah dan basa konjugasinya, larutan buffer dapat dibuat dari basa lemah dengan asam konjugasinya. Bagaimanakah reaksinya? Bagaimana cara menghitung  $[\text{OH}^-]$ ? Perhatikan baik-baik uraian berikut.

## 2. Larutan buffer dari basa lemah dan asam konjugasinya

Bentuk kedua dari larutan buffer adalah larutan buffer yang berasal dari basa lemah dan asam konjugasinya. Seperti halnya pada larutan buffer dari asam lemah dan basa konjugasinya, maka jenis larutan buffer ini juga mengalami kesetimbangan. Dengan cara yang sama, kita dapat memperoleh harga kesetimbangan larutan buffer dari basa lemah dan asam konjugasinya, yaitu:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_b [\text{sisabasa}]}{[\text{garam}]}$$

$$p\text{OH} = pK_b - \log \frac{[\text{sisabasa}]}{[\text{garam}]}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{\text{molsisabasa}}{\text{molgaram}}$$

## Contoh

Suatu larutan buffer dibuat dengan mencampurkan 400 mL  $\text{NH}_3$  0,1 M dan 100 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 M. Jika diketahui  $K_b \text{NH}_3 = 1,76 \times 10^{-5}$ , hitunglah pH larutan buffer tersebut.

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

$$\text{mol NH}_3 = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{mol NH}_4^+ = 0,02 \text{ mol}$$

$$K_b = 1,76 \times 10^{-5}$$

**Ditanyakan:** pH campuran

**Jawab:**

Reaksi yang terjadi:



$$\text{mol NH}_4\text{OH} = 400 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 40 \text{ mmol}$$



$$\text{mol NH}_4\text{Cl} = 100 \text{ mL} \times 0,2 \text{ M} = 20 \text{ mmol}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{\text{mol basa}}{\text{mol garam}}$$

$$= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{40 \text{ mmol}}{20 \text{ mmol}}$$

$$= 3,52 \times 10^{-5}$$

$$p\text{OH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$= -\log 3,52 \times 10^{-5} = 4,45$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH}$$

$$= 14 - 4,45 = 9,55$$

Jadi, pH campuran yang terbentuk adalah 9,55.

Dengan melihat contoh soal di atas, kalian sudah paham cara menghitung pH larutan buffer, bukan? Untuk melatih kecakapan kalian dalam menghitung pH larutan buffer, kerjakanlah soal-soal berikut.

## Tugas

1. Sebanyak 400 mL  $\text{NH}_2\text{OH}$  0,1 M direaksikan dengan 250 mL  $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$  0,1 M. Hitunglah pH yang terbentuk dari campuran tersebut jika diketahui  $K_b = 1 \times 10^{-5}$ .
2. Berapa pH yang terbentuk dari campuran 100 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,2 M dengan 100 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 M?

Kerjakan soal-soal di atas pada buku tugas kalian, kemudian kumpulkan hasil pekerjaan kalian kepada Bapak/Ibu guru di kelas.



## Khazanah

Larutan amonia dalam air kadang-kadang disebut sebagai amonium hidroksida. Namun, sebenarnya reaksi ini tidak ada.

Brady, 1999, hlm. 183



Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apakah yang dimaksud dengan larutan buffer? Jelaskan dan beri contohnya.
2. Jelaskan bagaimana cara membuat larutan buffer.
3. Hitunglah berapa  $pH$  larutan yang diperoleh dari pencampuran 50 mL  $CH_3COOH$  0,01  $M$  dengan 100 mL larutan  $CH_3COONa$  0,1  $M$ .
4. Hitunglah berapa  $pH$  larutan buffer yang diperoleh dari pelarutan 200 mL larutan  $NH_3$  0,1  $M$  dengan 100 mL larutan  $HCl$  0,1  $M$ .
5. Untuk membentuk larutan buffer dengan  $pH = 5$ , maka berapa larutan  $NaOH$  0,1  $M$  yang harus dicampurkan dengan 100 mL larutan  $HCN$  0,2  $M$ ?
6. Perbandingan volume pencampuran antara larutan  $NaOH$  0,1  $M$  dengan  $CH_3COOH$  0,1  $M$  adalah 1 : 3. Berapakah  $pH$  larutan hasil pencampuran yang terbentuk?  
( $K_a CH_3COOH = 1,76 \times 10^{-5}$ ,  $K_a HCN = 1 \times 10^{-5}$ ,  $K_b NH_4OH = 1,76 \times 10^{-5}$ )

Seperti telah disebutkan pada awal bab ini, larutan buffer dapat mempertahankan  $pH$ -nya. Tahukah kalian bahwa kemampuan larutan buffer untuk mempertahankan  $pH$ -nya berkaitan dengan sifat reaksi yang dimiliki oleh larutan buffer tersebut? Bagaimanakah sifat reaksi larutan buffer? Ikutilah penjelasan berikut.

## C. Sifat-sifat Larutan Buffer

Dari hasil percobaan di depan, tentu kalian masih ingat bahwa larutan buffer mempunyai sifat dapat mempertahankan  $pH$  terhadap penambahan sedikit asam atau basa, begitu juga terhadap pengenceran. Bagaimana larutan buffer dapat mempertahankan  $pH$ -nya? Coba perhatikanlah uraian berikut.

### 1. Pengaruh Penambahan Sedikit Asam atau Basa

Penambahan sedikit asam atau basa ke dalam larutan buffer sebenarnya menimbulkan sedikit perubahan, hanya saja perubahan tersebut sangatlah kecil, sehingga  $pH$  larutan dianggap konstan. Untuk membuktikan pernyataan ini, perhatikan contoh soal berikut.

#### Contoh

Campuran terdiri atas 200 mL  $CH_3COOH$  0,1  $M$  dan 200 mL  $CH_3COONa$  0,1  $M$ . Dengan harga  $K_a = 1,76 \times 10^{-5}$ , tentukan besarnya:

- a.  $pH$  campuran buffer
- b.  $pH$  campuran setelah ditambah 5 mL  $CH_3COOH$  0,1  $M$
- c.  $pH$  campuran setelah ditambah 5 mL  $NH_4OH$  0,1  $M$

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 V CH_3COOH &= 200 \text{ mL} & V CH_3COONa &= 200 \text{ mL} \\
 M CH_3COOH &= 0,1 \text{ M} & M CH_3COONa &= 0,1 \text{ M} \\
 K_a &= 1,76 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

**Ditanyakan:**

- pH campuran
- pH setelah ditambah 5 mL CH<sub>3</sub>COOH
- pH setelah ditambah 5 mL NH<sub>4</sub>OH

**Jawab:**

- mol CH<sub>3</sub>COOH = 200 mL × 0,1 M = 20 mmol  
mol CH<sub>3</sub>COONa = 200 mL × 0,1 M = 20 mmol

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= K_a \cdot \frac{[\text{asam}]}{[\text{garam}]} \\ &= K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COONa}]} \\ &= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{20 \text{ mmol}}{20 \text{ mmol}} \\ &= 1,76 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ &= -\log 1,76 \times 10^{-5} = 4,75 \end{aligned}$$

Jadi, pH yang terbentuk adalah 4,75.

- Saat ditambah 5 mL CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M  
mol penambahan CH<sub>3</sub>COOH = 5 × 0,1 = 0,5 mmol  
mol mula-mula CH<sub>3</sub>COOH = 20 mmol

sehingga dalam campuran mol CH<sub>3</sub>COOH berubah, yaitu menjadi:  
(20 + 0,5) = 20,5 mmol

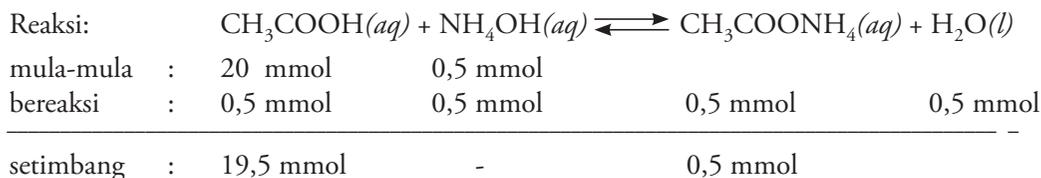
$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{20,5 \text{ mmol}}{20 \text{ mmol}} \\ &= 1,80 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log 1,80 \times 10^{-5} \\ &= 5 - \log 1,80 \\ &= 5 - 0,26 \\ &= 4,74 \end{aligned}$$

Jadi, pH campuran setelah ditambah 5 mL CH<sub>3</sub>COOH adalah 4,74.

- Saat ditambah 5 mL NH<sub>4</sub>OH 0,1 M, terjadi reaksi antara CH<sub>3</sub>COOH dengan NH<sub>4</sub>OH.

$$\begin{aligned} \text{mol mula-mula CH}_3\text{COOH} &= 20 \text{ mmol} \\ \text{mol mula-mula CH}_3\text{COO}^- &= 20 \text{ mmol} \\ \text{mol NH}_4\text{OH yang bereaksi} &= 5 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 0,5 \text{ mmol} \end{aligned}$$



Dari hasil reaksi di atas, mol CH<sub>3</sub>COOH berkurang 0,5 mmol menjadi 19,5 mmol, sedangkan ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> bertambah 0,5 mmol menjadi (20 + 0,5) = 20,5 mmol, sehingga:

$$\begin{aligned}
[\text{H}^+] &= K_a \cdot \frac{[\text{sisa asam}]}{[\text{garam}]} \\
&= K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \\
&= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{19,5 \text{ mmol}}{20,5 \text{ mmol}} \\
&= 1,67 \times 10^{-5} \\
\text{pH} &= -\log 1,67 \times 10^{-5} \\
&= 5 - \log 1,67 \\
&= 5 - 0,22 = 4,78
\end{aligned}$$

Jadi, pH campuran setelah ditambah 5 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  adalah 4,78.

Dari contoh 1 dan 2 tersebut, terbukti bahwa penambahan sedikit asam atau sedikit basa tidak mengubah harga pH secara signifikan atau dengan kata lain pH tetap. Bagaimana dengan pengenceran? Simaklah uraian tentang materi tersebut.

## 2. Pengaruh Pengenceran

Pengenceran larutan buffer, seperti halnya penambahan sedikit asam atau basa, tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan pH larutan buffer. Perhatikanlah contoh soal berikut.

### Contoh

Suatu larutan buffer sebanyak 1 L dibuat dengan mereaksikan 0,1 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan 0,2 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan 300 mL akuades. Jika  $K_a = 1,76 \times 10^{-5}$ , maka tentukan:

- Larutan buffer sebelum ditambah akuades (sebelum pengenceran)
- pH larutan setelah pengenceran

#### Penyelesaian:

##### Diketahui:

$$\begin{aligned}
V \text{ campuran} &= 1 \text{ L} & M \text{ CH}_3\text{COOH} &= 0,1 \text{ M} \\
K_a &= 1,76 \times 10^{-5} & M \text{ CH}_3\text{COONa} &= 0,2 \text{ M}
\end{aligned}$$

##### Ditanyakan:

- pH larutan sebelum pengenceran
- pH larutan setelah pengenceran

##### Jawab:

$$\begin{aligned}
\text{a. } [\text{H}^+] &= K_a \cdot \frac{[\text{asam}]}{[\text{garam}]} \\
&= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{0,1 \text{ M}}{0,2 \text{ M}} \\
&= 8,8 \times 10^{-6} \\
\text{pH} &= 6 - \log 8,8 = 5,05
\end{aligned}$$

## Khazanah

Dalam setiap larutan buffer terdapat persaingan antara kecenderungan asam menyumbangkan ion hidrogen pada air (menaikkan keasaman) dan kecenderungan basa menerima ion hidrogen dari air (menaikkan kebasaaan). pH yang dihasilkan tergantung pada  $K_a$ . Jika  $K_a$  lebih besar dari  $10^{-7}$ , ionisasi asam akan menang dan keasaman akan naik.

Oxtoby, 2001, hlm. 313

Akuades berasal dari bahasa Latin *aquadestilata*, yang berarti 'air suling'. Air suling diperoleh pada pengembunan uap air akibat penguapan atau pendidihan air.

Mulyono, 2006, hlm. 24

- b. Volume larutan sebelum diencerkan =  $V_1 = 1 \text{ L}$   
 Volume setelah diencerkan =  $V_2 = 1 \text{ L} + 0,3 \text{ mL} = 1,3 \text{ mL}$

Rumus pengenceran:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{V_1 \cdot M_1}{V_2} = \frac{1,0,1}{1,3} = 0,08 \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = \frac{V_1 \cdot M_2}{V_2} = \frac{1,0,2}{1,3} = 0,15 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COONa}]}$$

$$= 1,76 \times 10^{-5} \cdot \frac{0,08}{0,15} = 9,39 \times 10^{-6}$$

$$\text{pH} = -\log 9,39 \times 10^{-6}$$

$$= 6 - \log 9,39$$

$$= 6 - 0,97$$

$$\text{pH} = 5,03$$

Jadi, perubahan  $\text{pH} = 5,05 - 5,03 = 0,02$ . Karena perubahan  $\text{pH}$  sangat kecil, maka harga ini dapat diabaikan, sehingga pengenceran praktis tidak mengubah harga  $\text{pH}$ .

Setelah kalian mempelajari contoh soal di atas, diskusikanlah soal berikut bersama teman-teman kalian.

## Diskusi



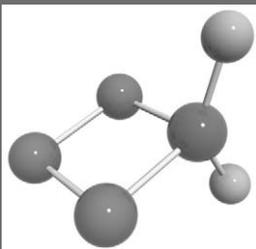
Seorang laboran ingin membuat suatu larutan dari campuran  $\text{NH}_3$  dan  $\text{HCl}$ . Apabila laboran itu menggunakan 20 mL  $\text{NH}_3$  0,4 M dan 40 mL  $\text{HCl}$  0,1 M, maka tentukan:

- Apakah larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer?
  - $\text{pH}$  larutan yang terbentuk
  - $\text{pH}$  campuran setelah ditambah dengan 1 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1 M
  - $\text{pH}$  campuran setelah ditambah dengan 1 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M
  - $\text{pH}$  campuran setelah diencerkan dengan 50 mL akuades
- Dari hasil diskusi kalian, apa yang dapat kalian simpulkan?

Telah disebutkan pada contoh di depan bahwa darah dalam tubuh kita mempunyai sistem buffer sehingga  $\text{pH}$  darah dapat dipertahankan. Apakah sistem buffer hanya berperan dalam darah saja? Bagian apa saja dari sistem organisme kita yang mempunyai sistem buffer? Berikut diuraikan lebih lanjut tentang peranan larutan buffer dalam tubuh.

## D. Peranan Larutan Buffer

Makanan yang kita konsumsi sehari-hari masuk ke dalam tubuh dan mengalami suatu proses fisika dan kimia. Reaksi kimia yang terjadi dalam



Asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) adalah asam diprotik lemah yang dibentuk dari  $\text{CO}_2$  yang tersolvasi (air terkarbonasi).

Oxtoby, 2001, hlm. 321



Gambar 8.1

Es kering (karbon dioksida padat) yg terlarut membentuk asam karbonat.



Gambar 8.2

Larutan asam amino

tubuh merupakan reaksi enzimatik, yaitu reaksi yang melibatkan enzim sebagai katalisator. Enzim sebagai katalisator hanya dapat berfungsi dengan baik pada  $pH$  tertentu atau biasa disebut  $pH$  optimum.  $pH$  yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi, sehingga akan menurunkan aktivitas enzim.

Agar  $pH$  optimum tetap terjaga, maka dalam tubuh manusia selalu terdapat pasangan asam-basa konjugasinya. Hal ini terjadi karena cairan dalam tubuh manusia membentuk sistem larutan buffer. Seperti apa larutan buffer dalam tubuh manusia? Inilah penjelasannya.

## 1. Larutan buffer karbonat dalam darah ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ dengan $\text{HCO}_3^-$ )

Makanan yang kita konsumsi akan disalurkan ke seluruh tubuh, salah satunya melalui darah. Darah memiliki  $pH$  yang relatif tetap, yakni berkisar 7,0–8,0.  $pH$  darah relatif stabil dan tetap karena kandungan larutan buffer karbonat dalam darah mempunyai komposisi yang selalu tetap. Lantas bagaimana cara larutan buffer karbonat mempertahankan  $pH$  darah? Berikut gambaran mengenai proses tersebut.

Jika yang dihasilkan oleh metabolisme adalah suatu basa, maka ion  $\text{OH}^-$  akan bereaksi dengan asam bikarbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) menurut reaksi:



Sebaliknya, jika hasil metabolisme adalah suatu asam, maka ion  $\text{H}^+$  dari asam tersebut akan diikat oleh ion  $\text{HCO}_3^-$  menurut reaksi:

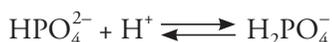


Dengan adanya kedua reaksi di atas, maka perbandingan konsentrasi karbonat dan bikarbonat selalu tetap, sehingga  $pH$  darah relatif tetap.

## 2. Larutan buffer fosfat dalam cairan intrasel ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ dengan $\text{HPO}_4^{2-}$ )

Cairan intrasel dalam tubuh makhluk hidup berperan sebagai media terjadinya metabolisme yang melibatkan cairan yang bersifat asam atau basa. Akibatnya,  $pH$  cairan intrasel dapat berubah menjadi asam atau basa, tergantung dari asam atau basa yang dilibatkan dalam metabolisme tubuh. Metabolisme ini dipercepat oleh suatu zat yang disebut dengan enzim. Enzim hanya dapat bekerja secara optimal dalam  $pH$  tertentu yang disebut dengan  $pH$  optimum.

Bagaimanakah cara untuk mempertahankan agar  $pH$  cairan intrasel tetap dalam keadaan optimum? Agar  $pH$  cairan intrasel tetap optimum, dalam tubuh makhluk hidup terdapat larutan buffer fosfat. Larutan buffer fosfat ini berasal dari asam lemah difosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) dan basa konjugasinya ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Apabila dalam proses metabolisme dihasilkan zat asam lebih banyak, maka asam tersebut akan bereaksi dengan ion  $\text{HPO}_4^{2-}$  menurut reaksi:



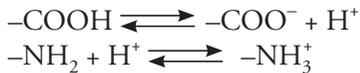
Begitu pula sebaliknya, apabila proses metabolisme menghasilkan basa lebih banyak, maka basa tersebut akan bereaksi dengan ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  menurut reaksi:



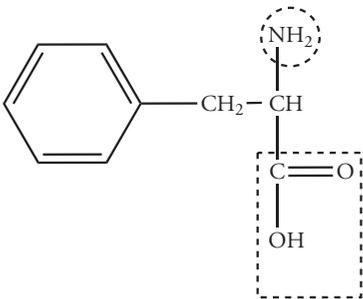
Adanya kedua reaksi di atas menyebabkan perbandingan antara  $\text{HPO}_4^{2-}$  dengan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  tetap, sehingga harga  $p\text{H}$  pada cairan intrasel selalu tetap.

### 3. Larutan buffer asam amino

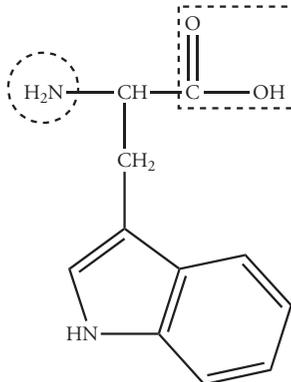
Asam amino adalah asam karboksilat yang mempunyai gugus amino. Asam amino merupakan komponen protein yang mempunyai gugus  $-\text{NH}_2$  pada atom  $\alpha$  dari posisi gugus  $-\text{COOH}$ . Apabila asam amino larut dalam air, maka gugus karboksilat akan melepaskan ion  $\text{H}^+$ , sedangkan gugus amina akan menerima ion  $\text{H}^+$ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



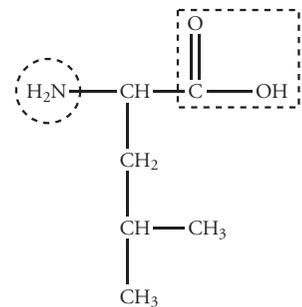
Karena kedua gugus tersebut dapat membentuk ion positif (asam) dan membentuk ion negatif (basa), maka asam amino memiliki zwitter ion (besifat amfoter). Apabila tubuh kelebihan asam, maka kelebihan ion  $\text{H}^+$  akan diikat oleh gugus basa, begitu pula sebaliknya. Karena kelebihan asam atau basa dinetralkan oleh asam atau basa dari gugus asam amino, maka  $p\text{H}$  asam amino relatif bersifat tetap. Berikut struktur beberapa asam amino.



Gambar 8.3 Struktur Fenilalanin



Gambar 8.4 Struktur Triptofan



Gambar 8.5 Struktur Leusin

## Diskusi

Carilah fungsi larutan buffer dalam tubuh selain yang telah diuraikan di atas. Bagaimanakah mekanisme larutan buffer dalam tubuh makhluk hidup jika ada penambahan asam atau basa ke dalam tubuh? Diskusikanlah bersama teman kalian, buat ringkasannya, lalu presentasikan hasilnya di depan kelas.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan bagaimana larutan buffer dapat mempertahankan pH-nya.
2. Suatu larutan buffer dibuat dari campuran 200 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,05 M dengan 300 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M. Tentukan:
  - a. Berapa pH campuran yang terbentuk?
  - b. Berapa pH campuran setelah ditambah dengan 3 mL HCl?
  - c. Berapa pH campuran setelah ditambah dengan 3 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$ ?
3. Bagaimanakah peranan larutan buffer dalam darah?
4. Cairan intrasel, yang merupakan media berlangsungnya metabolisme, dapat terganggu dengan adanya asam atau basa yang terlibat dalam proses metabolisme apabila di dalamnya tidak terdapat sistem buffer. Jelaskan bagaimana cairan intrasel mempertahankan pH-nya.
5. Apakah yang disebut dengan zwitter ion? Jelaskan peranannya dalam mempertahankan pH asam amino.



## Rangkuman

1. Larutan buffer adalah larutan yang dapat mempertahankan pH-nya meskipun ditambah dengan sedikit asam, sedikit basa, atau diencerkan.
2. Ada dua jenis larutan buffer:
  - a. Larutan buffer dari asam lemah dan basa konjugasinya (garamnya)  
Contoh:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ;  
 $\text{HNO}_2$  dengan  $\text{NaNO}_2$
  - b. Larutan buffer dari basa lemah dan asam konjugasinya (garamnya)  
Contoh:  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$
3. Banyaknya  $\text{H}^+$  atau  $\text{OH}^-$  dari larutan buffer dapat dihitung dengan rumus:

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

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_b[\text{sis basa}]}{[\text{garam}]}$$

atau

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{sis asam}]}{[\text{garam}]}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b - \log \frac{[\text{sis basa}]}{[\text{garam}]}$$

4. Larutan buffer sangat berperan dalam tubuh, antara lain dalam darah, dalam cairan intrasel dan dalam asam amino yang terdapat di dalam tubuh.



## Glosarium

**Amina** Senyawa organik sebagai turunan dari amonia

**Asam amino** Monomer (unit terkecil) dari suatu peptida atau protein

**Biokimia** Cabang ilmu kimia yang mengkaji zat dan proses kimia dalam tubuh makhluk hidup

**Cairan intrasel** Cairan yang berada di dalam sel

**Denaturasi** Proses atau peristiwa rusaknya struktur suatu zat, dan tidak dapat kembali ke bentuk semula; membuat tidak alamiah

**Enzim** Suatu protein yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi kimia dalam makhluk hidup atau sering disebut biokatalis

**Gugus** Bagian dari senyawa organik yang bersifat reaktif terhadap zat atau pereaksi tertentu

**Ionisasi** Peristiwa atau proses pembentukan ion dari atom atau molekul netral yang dapat terjadi karena sifat kimia (kecenderungan) partikel itu sendiri

**Katalisator** Zat yang dapat memengaruhi laju suatu reaksi, namun tidak mengalami perubahan secara permanen selama reaksi dan dapat diperoleh kembali pada akhir reaksi

**Metabolisme** Perubahan molekul suatu zat dalam sel dari bentuk sederhana ke bentuk kompleks atau

sebaliknya; terdiri dari anabolisme (membutuhkan energi) dan katabolisme (menghasilkan energi).

**pH** Ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan atau bahan

**Reaksi enzimatis** Suatu reaksi yang melibatkan enzim sebagai katalisator dan hanya dapat berlangsung dengan adanya enzim

**Zwitter ion** Ion yang dapat bermuatan, baik positif maupun negatif

## Ulangan Harian



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Suatu larutan buffer dapat dibuat dari ....
  - asam lemah dengan basa konjugasinya
  - asam kuat dengan basa konjugasinya
  - basa kuat dengan asam konjugasinya
  - asam lemah dengan basa lemah
  - asam kuat dengan basa lemah
- Sifat larutan buffer antara lain ....
  - pH-nya tetap meski ditambah sedikit asam, sedikit basa atau diencerkan
  - pH-nya tetap meski ditambah dengan sedikit asam atau sedikit basa, tetapi berubah drastis bila diencerkan
  - pH-nya mudah berubah dengan penambahan sedikit asam yang disertai dengan pemanasan
  - berapapun jumlah asam atau basa yang ditambahkan, pH-nya tetap tidak berubah
  - dengan penambahan sedikit asam pH-nya tetap, namun dengan penambahan sedikit basa pH berubah
- Larutan buffer dapat mempertahankan pH-nya karena ....
  - pasangan asam basa konjugasinya cukup stabil terhadap ion  $H^+$  dan  $OH^-$
  - pasangan asam basa konjugasinya dapat menangkap ion  $H^+$  dan  $OH^-$
  - pasangan asam basa konjugasinya tidak cukup reaktif dengan adanya ion  $H^+$  dan  $OH^-$
  - mempunyai kekuatan asam/basa yang sangat kuat, sehingga tidak terpengaruh dengan adanya  $H^+$  atau  $OH^-$  dari luar
  - komponen asam lemah/basa lemah dapat mengusir ion  $H^+$  atau  $OH^-$  yang berasal dari luar
- Campuran berikut yang dapat membentuk larutan buffer adalah ...
  - 50 mL NaOH 0,1 M + 50 mL HCl 0,1 M
  - 50 mL NaOH 0,1 M + 100 mL HCN 0,1 M
  - 100 mL NaCN 0,1 M + 100 mL HCl 0,1 M
  - 25 mL  $H_2SO_4$  0,2 M + 50 mL  $NH_4OH$  0,1 M
  - 25 mL  $H_2SO_4$  0,2 M + 50 mL  $Na_2SO_4$  0,1 M

5. Peranan larutan buffer dalam tubuh makhluk hidup antara lain ....
- mempertahankan  $pH$  tubuh agar selalu tetap
  - menjaga agar denyut jantung tetap stabil
  - menjaga agar tekanan darah tetap stabil
  - mengatur kadar gula dalam darah
  - mempertahankan suhu tubuh
6. Larutan buffer yang dapat berperan mempertahankan  $pH$  darah adalah ....
- $CH_3COOH$  dengan  $CH_3COO^-$
  - $H_2CO_3$  dengan  $HCO_3^-$
  - $HCO_3^-$  dengan  $CO_3^{2-}$
  - $H_2PO_4^-$  dengan  $HPO_4^{2-}$
  - $HPO_4^{2-}$  dengan  $PO_4^{3-}$
7. Apabila hasil metabolisme menghasilkan ion  $H^+$  lebih banyak, maka di dalam cairan intrasel akan terjadi reaksi dengan ....
- $HCO_3^-$
  - $H_2CO_3$
  - $H_2O$
  - $HPO_4^{2-}$
  - $H_2PO_4^-$
8. Apabila dalam darah manusia banyak mengandung gas  $CO_2$ , maka gas ini akan bereaksi dengan ....
- $HCO_3^-$
  - $H_2CO_3$
  - $H_2O$
  - $HPO_4^{2-}$
  - $H_2PO_4^-$
9. Yang dimaksud dengan zwitter ion adalah ion yang ....
- memiliki dua gugus fungsi, asam dan basa
  - memiliki dua gugus fungsi asam dan garam
  - memerahkan kertas lakmus biru
  - terionisasi sebagian saat dilarutkan dalam air
  - terionisasi sempurna, sebab berasal dari asam kuat dan basa kuat
10. Berikut ini yang dapat membentuk suatu larutan buffer adalah ....
- $NaH_2PO_4$  dan  $Na_2HPO_4$
  - $NH_4OH$  dan  $NH_4Cl$
  - $(NH_4)_2SO_4$  dan  $Na_2SO_4$
  - $KNO_3$  dan  $NaNO_3$
  - $NaHSO_4$  dan  $Na_2SO_4$
11. Untuk mendapatkan larutan buffer dengan  $pH = 5$ , maka perbandingan volume  $CH_3COONa$  dengan  $CH_3COOH$  .... ( $K_a$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ )
- 3 : 2
  - 3 : 1
  - 2 : 1
  - 1 : 1
  - 1 : 2
12. Pada suhu tertentu suatu larutan buffer yang terdiri atas campuran  $CH_3COOH$  0,01 M ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) dan  $CH_3COOK$  0,01 M memiliki  $pH = 7$ . Perbandingan volume  $CH_3COOH$  :  $CH_3COONa$  adalah ....
- 1 : 100
  - 100 : 1
  - 10 : 1
  - 1 : 10
  - 1 : 1
13. Berapa volume  $NaOH$  yang diperlukan jika direaksikan dengan 150 mL  $CH_3COOH$  1 M untuk membentuk larutan buffer dengan  $pH = 4,7$ ? ( $K_a$   $CH_3COOH$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ )
- 300 mL.
  - 200 mL.
  - 100 mL.
  - 50 mL.
  - 25 mL.
14.  $pH$  suatu larutan berubah dari 2 menjadi 9. Berapa  $NH_4OH$  0,01 M yang diperlukan, jika larutan mula-mula yang dimaksud adalah 100 mL  $HCl$ ? ( $K_b$   $NH_4OH$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ )

- 200 mL.
  - 100 mL.
  - 75 mL
  - 50 mL
  - 25 mL
15. Larutan asam lemah HA 0,2 M memiliki  $pH = 3$ . Bila 100 mL larutan tersebut dicampur dengan 50 mL NaOH 0,2 M, maka larutan tersebut mempunyai  $pH$  ....
- 5
  - $6 - \log 5$
  - $5 - \log 4$
  - 6
  - 9
16.  $pH$  hasil pencampuran 200 mL HCl 0,2 M dengan 200 mL  $NH_3$  0,4 M ( $K_b$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ ) adalah ....
- 8
  - 9
  - 10
  - 11
  - 12
17.  $pH$  hasil pencampuran asam propionat 0,2 M dengan natrium propionat 0,1 M adalah 5. Perbandingan volume pencampuran tersebut adalah .... ( $K_a$  asam propionat =  $2 \times 10^{-5}$ ).
- 1 : 1
  - 1 : 2
  - 1 : 4
  - 2 : 1
  - 4 : 1
18. Sistem larutan buffer dapat dibuat dengan mencampurkan 100 mL larutan  $CH_3COOH$  0,1 M dengan larutan ....
- 50 mL HCl 0,1 M
  - 80 mL NaOH 0,1 M
  - 100 mL NaOH 0,1 M
  - 120 mL NaOH 0,1 M
  - 120 mL HCl 0,1 M
19.  $pH$  suatu larutan buffer yang dibuat dari pencampuran antara  $H_2SO_4$  0,1 M dengan  $NH_3$  0,1 M adalah 9. Berapa perbandingan

volume pencampuran, jika  $K_b NH_3$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ ?

- 1 : 1.
  - 1 : 2.
  - 1 : 4.
  - 2 : 1.
  - 2 : 3.
20. Untuk membuat larutan dengan  $pH = 7$ , ke dalam 100 mL  $NH_4OH$  0,1 M ( $K_b$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ ) harus ditambahkan  $NH_4Cl$  sebanyak ....
- 0,001 mol
  - 0,01 mol
  - 0,1 mol
  - 0,15 mol
  - 1,0 mol

#### B Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Jelaskan mengapa penambahan sedikit asam, sedikit basa, atau pengenceran tidak berpengaruh terhadap  $pH$  larutan buffer?
- Jelaskan secara singkat bagaimana sistem karbonat dapat mempertahankan  $pH$  darah.
- Hitunglah  $pH$  larutan buffer berikut:
  - 100 mL larutan HCN 0,1 M dan 50 mL KCN 0,2 M. ( $K_a$  HCN =  $4 \times 10^{-5}$ )
  - 100 mL NaOH 0,1 M dan 150 mL  $CH_3COOH$  0,1 M. ( $K_a$   $CH_3COOH$  =  $1,76 \times 10^{-5}$ )
- Berapa perbandingan volume antara  $NH_4OH$  0,1 M dan HCl 0,05 M untuk mendapatkan larutan buffer dengan  $pH = 8,4$ ? ( $K_b$   $NH_4OH$  =  $1 \times 10^{-5}$ )
- Hitung  $pH$  larutan:
  - $CH_3COONa$  0,1 M. ( $K_a$   $CH_3COOH$  =  $1,76 \times 10^{-5}$ )
  - $NH_4Cl$  1 M. ( $K_b$   $NH_4OH$  =  $1,76 \times 10^{-5}$ )
- Berapakah  $pH$  larutan hasil pencampuran 100 mL  $CH_3COOH$  0,15 M dengan 100 mL NaOH 0,1 M, bila diketahui  $K_a$   $CH_3COOH$  =  $1,76 \times 10^{-5}$ ?

7. Tentukan, berapa gram amonium klorida padat yang harus dilarutkan ke dalam 100 mL larutan amonium hidroksida 0,3 M ( $K_b = 1,76 \times 10^{-5}$ ) agar diperoleh larutan dengan  $pH = 9$ ?
8. Sebanyak 2,6 gram  $NH_4Cl$  dilarutkan dalam 1 L akuades. Larutan yang terbentuk kemudian dicampur dengan 250 mL  $NH_4OH$  0,1 M. Jika  $K_b$   $NH_4OH$  adalah  $1,76 \times 10^{-5}$ , berapa  $pH$  larutan sekarang?
9. Suatu campuran dibuat dengan mereaksikan 30 mL asam asetat 0,4 M dengan 40 mL  $NaOH$  0,2 M. Kemudian di dalamnya ditambahkan 70 ml akuades. Jika  $K_a$  asam asetat pada suhu tertentu adalah  $1,76 \times 10^{-5}$ , hitunglah berapa  $pH$  larutan sebelum dan sesudah penambahan akuades.
10. Seorang laboran ingin membuat larutan buffer dari asam asetat dan natrium asetat. Hitunglah berapa gram natrium asetat yang harus dilarutkan ke dalam 250 mL asam asetat 0,3 M untuk memperoleh larutan buffer dengan  $pH = 5$ ?  
(Ar N = 14, H = 1, Cl = 35,5, Na = 23, C = 12, O = 16)

# Ulangan Tengah Semester

## Kedua

A Pilihlah jawaban yang tepat.

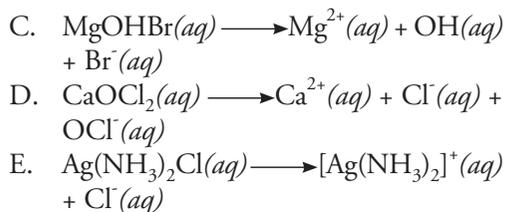
- Pernyataan berikut yang tepat untuk mendefinisikan asam menurut Lewis adalah....
  - donor proton
  - donor elektron
  - akseptor pasangan elektron
  - donor pasangan elektron
  - menghasilkan ion  $H^+$

- Dari pengujian larutan dengan kertas lakmus diperoleh data sebagai berikut:

No	Larutan	Warna Lakmus	
		Merah	Biru
1	A	Merah	Merah
2	B	Biru	Biru
3	C	Merah	Merah
4	D	Biru	Biru
5	E	Merah	Biru

Larutan yang bersifat asam adalah ....

- A dan B
  - A dan C
  - B dan D
  - C dan D
  - D dan E
- $pH$  larutan yang dibuat dari 0,1 mmol KOH dalam 10 mL air adalah ....
    - 4
    - 7
    - 11
    - 10
    - 12
  - Basa konjugasi dari  $H_2F^+$  adalah ...
    - HF
    - $HF^-$
    - $H^+$
    - $HF_2^-$
    - $F^-$
  - 10 mL asam sulfat dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 M. Jika ternyata diperlukan 15 mL larutan NaOH, maka kemolaran larutan asam sulfat adalah ... M
    - 0,30
    - 0,20
    - 0,15z
    - 0,10
    - 0,075
  - Persamaan reaksi ionisasi berikut benar, kecuali ....
    - $KNaSO_4(aq) \longrightarrow K^+(aq) + Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
    - $K[Ag(CN)_2](aq) \longrightarrow K^+(aq) + Ag^+(aq) + 2 CN^-(aq)$



- Berapa gram FeS (Ar Fe = 56, S = 32) yang kemurniannya 90% harus dibakar untuk memperoleh 2,24 liter  $SO_2$  dalam keadaan STP berdasarkan reaksi berikut?

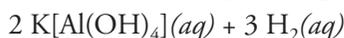
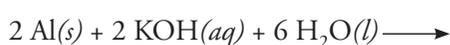


- 7,92 g
- 8,8 g
- 9,78 g
- 6,7 g
- 4,4 g

- Untuk menetralkan 10 mL larutan NaOH 0,1 M dengan 10 mL larutan asam asetat diperlukan indikator....

- metil merah (4,2-6,3/merah-kuning)
- metil jingga (2,9-4,0/merah-kuning)
- fenolftalein (8,3-10/tak berwarna-merah)
- bromtimol biru (6,0-7,6/kuning-biru)
- dapat semuanya dipakai

- Logam aluminium larut dalam KOH pekat berdasarkan reaksi:



Volume gas (STP) yang dihasilkan pada pelarutan 2,7 g aluminium (Ar Al= 27) ialah ... L.

- 5,60
- 4,48
- 3,36
- 2,24
- 1,12

- Berapa g  $H_3PO_4$  akan dinetralisasi sempurna oleh 20 g NaOH agar menghasilkan  $Na_3PO_4$ ? (Ar H = 1, O = 16, Na = 23, P= 31)

- 4,1 g
- 8,2 g
- 16,3 g
- 32,8 g
- 65,6 g

- Berikut ini yang bukan merupakan sifat larutan buffer adalah ....

- dengan penambahan sedikit asam  $pH$ -nya tetap



# B a b IX

## Hidrolisis Garam



Siapa sih yang tak kenal asam cuka, pasta gigi, dan garam dapur? Hampir semua orang tahu. Cuka biasa digunakan untuk memasak atau sebagai bumbu pelengkap ketika kalian makan bakso, pasta gigi untuk menggosok gigi, sedangkan garam dapur untuk memasak. Ketiga bahan tersebut memiliki sifat keasaman/kebasaan yang berbeda. Cuka bersifat asam, pasta gigi bersifat basa, dan garam bersifat netral. Jika asam dan basa bereaksi maka akan menghasilkan garam dan air. Reaksi ini sering disebut dengan reaksi penetralan. Akan tetapi, tidak berarti garam yang dihasilkan selalu bersifat netral karena kenyataannya larutan garam dapat bersifat asam ataupun basa. Mengapa larutan garam dapat bersifat asam, basa, atau netral? Komponen apa yang memengaruhinya? Hal ini dijelaskan melalui konsep hidrolisis berikut.

## Kata Kunci

- Garam
- Asam
- Basa
- Netral
- Reaksi Ionisasi
- Hidrolisis
- Hidrolisis Sebagian
- Hidrolisis Total
- pH hidrolisis



Garam merupakan hasil reaksi antara asam dengan basa. Jika dilarutkan dalam air maka larutan garam dapat terhidrolisis menjadi ion-ionnya, sehingga dari reaksi ionisasi tersebut dapat diketahui sifat garamnya. Tetapi, tidak semua jenis garam dapat terhidrolisis menjadi ion-ionnya. Hanya jenis garam dengan ciri-ciri tertentu saja yang dapat terhidrolisis dalam air. Seperti pada reaksi penyangga, pada reaksi hidrolisis juga berlaku prinsip kesetimbangan. Dengan menggunakan prinsip kesetimbangan tersebut, kalian dapat menentukan hubungan antara tetapan hidrolisis ( $K_b$ ), tetapan ionisasi air ( $K_w$ ), dan konsentrasi  $\text{OH}^-$  atau  $\text{H}^+$  larutan garam yang terhidrolisis. Dengan demikian, kalian dapat menghitung pH hidrolisis garam. Untuk memahami lebih lanjut apa yang dimaksud dengan hidrolisis garam, ayo pelajari sungguh-sungguh uraian berikut.

## A. Sifat-sifat Garam

Seperti telah disebutkan sebelumnya reaksi antara asam dengan basa menghasilkan garam. Bagaimanakah sifat garam-garam tersebut? Untuk menjawabnya, isilah titik-titik pada tabel berikut.

## Kilas BALIK

Asam lemah dan basa lemah tidak mengion sempurna dalam air karena reaksi ionisasi-nya membentuk sistem kesetimbangan. Sehingga asam lemah atau basa lemah mempunyai derajat ionisasi kurang dari satu ( $\alpha < 1$ ).



No.	Garam	Asam Basa Pembentuknya		Sifat Garam
		Asam	Basa	
1	....	....	$\text{NH}_4\text{OH}$	Asam
2	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	....	....	....
3	....	HF	NaOH	....
4	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	....	....	....
5	....	$\text{H}_2\text{SO}_4$	....	Netral
6	NaCl	....	....	....

Setelah melengkapi tabel di atas, kalian dapat mengetahui ternyata sifat garam tidaklah sama. Sifat garam tergantung pada kuat lemahnya asam dan basa yang bereaksi. Jika yang direaksikan asam kuat dan basa kuat, maka garam yang terbentuk bersifat netral, contohnya NaCl dan  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Apabila yang direaksikan asam kuat dengan basa lemah, maka garam yang dihasilkan bersifat asam, contohnya  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Namun jika yang direaksikan adalah basa kuat dengan asam lemah, maka garam yang dihasilkan akan bersifat basa, misalnya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan KF.

## Tugas

Tentukan sifat larutan garam di bawah ini, bersifat asam, basa ataukah netral:

- |                                 |                              |                    |                             |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| a. $\text{NH}_4\text{Cl}$       | d. $\text{CH}_3\text{COONa}$ | g. KCN             | i. $\text{Ba}(\text{Cl})_2$ |
| b. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | e. NaCN                      | h. $\text{BaSO}_4$ | j. $\text{MgSO}_4$          |
| c. NaF                          | f. $\text{NH}_4\text{CN}$    |                    |                             |

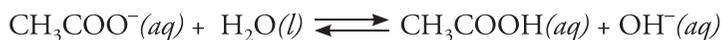
Bahas dan kerjakan soal di atas bersama teman-teman kalian, kemudian konsultasikan kepada guru kalian.



Sama halnya dengan larutan asam dan basa, maka garam ketika dilarutkan dalam air juga mengalami peruraian menjadi ion-ion pembentuknya. Ikutilah penjelasan tentang konsep hidrolisis berikut, untuk mengetahui proses terurainya garam menjadi ion-ion.

## B. Konsep Hidrolisis

Salah satu contoh reaksi antara asam dengan basa yang menghasilkan garam adalah reaksi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan  $\text{NaOH}$ . Hasil reaksi tersebut adalah  $\text{CH}_3\text{COONa}$  yang mempunyai sifat basa. Bagaimana kita dapat mengetahui garam tersebut bersifat basa, padahal jika dilarutkan dalam air tidak menghasilkan ion  $\text{OH}^-$ ?  $\text{CH}_3\text{COONa}$  jika dilarutkan dalam air akan mengalami ionisasi menghasilkan ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{Na}^+$ . Ion  $\text{Na}^+$  tidak bereaksi dengan air karena berasal dari basa kuat. Lain halnya dengan ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang dapat bereaksi dengan air karena berasal dari asam lemah. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Dari reaksi ini dihasilkan ion  $\text{OH}^-$ , dan hal inilah yang menyebabkan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bersifat basa. Proses ini disebut **hidrolisis**.

Reaksi hidrolisis adalah reaksi yang terjadi antara suatu senyawa dan air dengan membentuk reaksi kesetimbangan.

Menurut konsep hidrolisis, anion atau kation penyusun garam yang berasal dari asam lemah atau basa lemah dapat bereaksi dengan air. Kation dari basa lemah menghasilkan ion  $\text{H}^+$  dan anion dari asam lemah menghasilkan ion  $\text{OH}^-$ . Agar kalian lebih memahami konsep hidrolisis ini, coba kerjakanlah tugas berikut.

### Tugas

Tuliskan reaksi hidrolisis untuk masing-masing larutan berikut, lalu tentukan sifat larutannya, bersifat asam, basa, ataukah netral.

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| a. $\text{K}_2\text{SO}_4$    | f. $\text{Na}_3\text{PO}_4$             |
| b. $\text{K}_2\text{CO}_3$    | g. $\text{CuSO}_4$                      |
| c. $\text{NH}_4\text{Cl}$     | h. $\text{AgNO}_3$                      |
| d. $\text{MgCO}_3$            | i. $\text{NH}_4\text{CN}$               |
| e. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ | j. $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ |

Kerjakan soal-soal di atas pada buku tugas kalian, kemudian kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru.



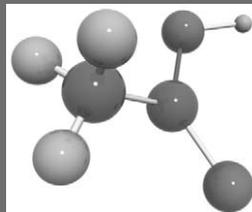
Telah dijelaskan di atas bahwa sifat garam tergantung dari asam basa pembentuknya. Sifat larutan garam tersebut dapat diketahui dengan melihat *pH*-nya: asam, basa, ataukah netral. Agar lebih jelas, lakukanlah *Aktivitas* berikut.

## Khazanah

Hidrolisis berasal dari kata *hydro* dan *lisis* (*hydro* = air; *lisis* = pecah atau pengurai). Jadi, hidrolisis berarti reaksi yang terjadi antara suatu senyawa dan air dengan membentuk reaksi kesetimbangan.

Mulyono, 2006, hlm. 168

## Khazanah



$\text{CH}_3\text{COOH}$ , yang memiliki nama trivial asam cuka, mempunyai kegunaan yang cukup luas, antara lain larutan encernya (20-25%) digunakan sebagai pemberi rasa pada makanan, untuk proses pewarnaan kain dalam industri tekstil, sebagai pengawet sayuran dan buah, dan untuk menggumpalkan getah karet.

Mulyono, 2006, hlm. 29

### A. Dasar Teori

Reaksi antara asam dan basa menghasilkan suatu garam. Garam tersebut dapat memiliki sifat asam, basa, atau netral. Hal itu tergantung pada jenis asam dan basa pembentuknya. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah bersifat asam, sedangkan garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat bersifat basa.

Untuk mengetahui  $pH$  suatu garam dapat digunakan beberapa **indikator**, seperti halnya pada pengukuran  $pH$  larutan asam maupun basa. Salah satu contoh indikator adalah kertas lakmus. Namun kertas lakmus ini tidak dapat menunjukkan  $pH$  secara kuantitatif, melainkan hanya secara kualitatif, yakni apakah garam itu bersifat asam ataukah basa. Adapun alat yang digunakan untuk mengetahui  $pH$  secara kuantitatif adalah  $pH$  meter.

Syukri, 1999, Hlm. 444.

### B. Tujuan Percobaan

Menentukan ciri-ciri garam yang dapat terhidrolisis dalam air serta mempelajari pengaruh reaksi hidrolisis terhadap  $pH$  larutan garam

### C. Alat dan Bahan Percobaan

Alat Percobaan:

- Kertas lakmus
- $pH$  meter
- Gelas ukur 25 mL
- Erlenmeyer 25 mL

Bahan Percobaan:

- Larutan  $NH_4CN$
- Larutan  $NaCl$
- Larutan  $CH_3COONa$
- Larutan  $NaNO_3$
- Larutan  $Na_2SO_4$

### D. Langkah Percobaan

1. Ukurlah masing-masing larutan garam sebanyak 20 mL, kemudian masukkan ke dalam erlenmeyer.
2. Ujilah setiap larutan dengan kertas lakmus, kemudian ukurlah masing-masing  $pH$  larutan dengan  $pH$  meter. Catatlah hasilnya pada tabel hasil pengamatan.

### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan kalian.

No.	Garam	Lakmus Merah	Lakmus Biru	$pH$	Sifat Larutan
1.	$NH_4CN$				
2.	$NaCl$				
3.	$CH_3COONa$				
4.	$NaNO_3$				
5.	$Na_2SO_4$				

## Khazanah

Lakmus merupakan pigmen biru yang diperoleh dari sejenis tumbuhan lumut (*Rocella tinctoria*), berwarna biru dalam suasana (larutan) basa dan berwarna merah dalam suasana (larutan) asam. Lakmus ini biasa digunakan sebagai indikator asam basa.

Mulyono, 2006, hlm. 247

## WARNING

Pada setiap kemasan bahan kimia selalu disertai dengan "peringatan". Untuk menghindari bahaya yang tidak diinginkan, ikutilah petunjuk penggunaan dan perlakuan lainnya sesuai yang tercantum pada label.



## F. Pembahasan

Untuk memperjelas percobaan ini, jawablah pertanyaan berikut.

1. Sebutkan garam mana saja yang memiliki sifat asam, basa, dan netral.
2. Sebutkan garam mana saja yang mengalami hidrolisis.
3. Sebutkan ciri-ciri garam yang dapat terhidrolisis.
4. Adakah kaitan sifat asam dan basa terhadap kemampuan hidrolisis garam? Jika ada, jelaskan.

## G. Kesimpulan

Diskusikan hasil percobaan dengan kelompok kalian. Lalu, tulis hasilnya dalam format laporan percobaan.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimanakah sifat larutan garam? Jelaskan.
2. Apakah yang dimaksud dengan hidrolisis garam?
3. Garam apa saja yang dapat terhidrolisis dalam air?



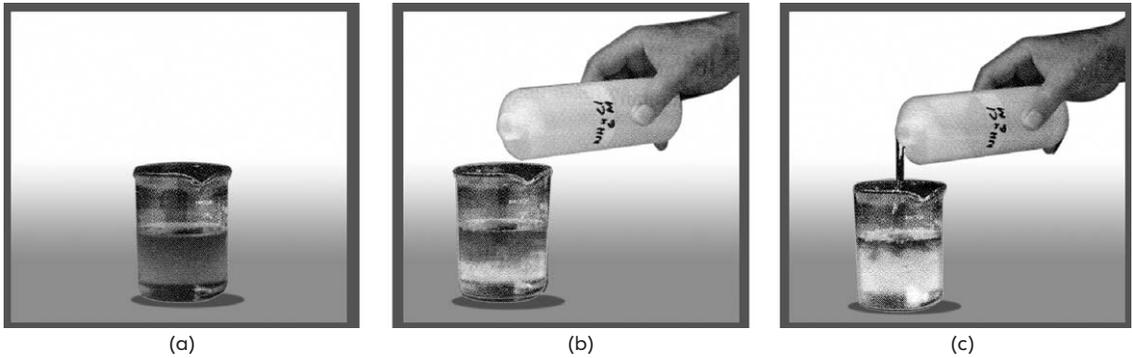
Pada percobaan di atas, kalian dapat mengetahui  $pH$  larutan garam dengan menggunakan  $pH$  meter. Selain dengan menggunakan instrumen,  $pH$  larutan garam juga dapat ditentukan secara teoritis. Bagaimana caranya? Perhatikanlah uraian selanjutnya.

## C. Jenis Garam yang Dapat Terhidrolisis dan Cara Menghitung $pH$ -nya

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tidak semua garam dapat terhidrolisis, tergantung dari kekuatan asam basa pembentuknya. Hal ini juga telah kalian buktikan melalui percobaan di atas. Garam dari asam kuat dan basa kuat tidak dapat terhidrolisis karena komponen garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat merupakan asam atau basa konjugasi yang sangat lemah, dan tidak dapat mengikat molekul air, sehingga garam ini mempunyai  $pH$  yang netral ( $pH = 7$ ). Garam yang dapat terhidrolisis adalah garam dari asam kuat dengan basa lemah, asam lemah dengan basa kuat, dan asam lemah dengan basa lemah. Berikut dijelaskan cara menghitung  $pH$  hidrolisis.

### 1. Garam yang Terbentuk dari Asam Kuat dengan Basa Lemah

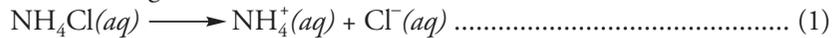
Contoh garam yang berasal dari asam kuat dengan basa lemah adalah  $NH_4Cl$  dan  $AgNO_3$ . Jika dilarutkan dalam air, garam ini akan menghasilkan kation yang berasal dari basa lemah dan anion dari asam kuat. Kation kemudian bereaksi dengan air menghasilkan ion  $H^+$ . Semakin banyak kation yang bereaksi dengan air, maka jumlah ion  $H^+$  semakin bertambah, sehingga larutan hasil hidrolisis akan bersifat semakin asam ( $pH < 7$ ).



**Gambar 9.1**

Bukti bahwa  $\text{NH}_4\text{Cl}$  adalah asam. (a) Larutan  $\text{NaOH}$  dengan PP berwarna merah muda menunjukkan sifat basanya. Pada (b) dan (c) ditambahkan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam air, dan larutan berubah menjadi tidak berwarna.

Suatu larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dilarutkan dalam air, maka akan terjadi reaksi ionisasi sebagai berikut.



Ion  $\text{NH}_4^+$  berasal dari basa lemah yang merupakan asam konjugasi dari  $\text{NH}_3$  sehingga akan bereaksi dengan air membentuk reaksi kesetimbangan berikut.



Reaksi hidrolisis di atas menghasilkan ion  $\text{H}^+$ , sehingga larutan bersifat asam. Karena garam yang terbentuk dari asam kuat dengan basa lemah, yang akan mengalami hidrolisis hanya kationnya ( $\text{NH}_4^+$ ). Maka  $\text{NH}_4\text{Cl}$  hanya mengalami hidrolisis sebagian. Dari reaksi (2), berlaku kesetimbangan:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots\dots (3)$$

Karena air sebagai pelarut, maka konsentrasinya besar dan dapat dianggap konstan.

$$K_c[\text{H}_2\text{O}] = K_b = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots\dots (4)$$

Dalam reaksi kesetimbangan (2),  $[\text{H}^+] = [\text{NH}_4\text{OH}]$  sedangkan  $[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_4\text{Cl}] = [\text{G}]$ , sehingga:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_b \cdot [\text{G}]} \dots\dots\dots (6)$$

Nilai  $K_b$  pada persamaan (5) ada hubungannya dengan  $K_b$ . Karena yang terhidrolisis basa lemah maka persamaannya dapat diturunkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K_b &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \cdot \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{OH}^-]} \\ &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \cdot [\text{H}^+][\text{OH}^-] \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Ingat, bahwa reaksi ionisasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  adalah:



**Gambar 9.2**

Reaksi antara gas  $\text{HCl}$  dan gas amonia yang berasal dari larutan pekat akan menghasilkan awan putih dari ammonium klorida.

$\text{NH}_4\text{OH}(aq) \longrightarrow \text{NH}_4^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$ , sehingga:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} ; \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_b}$$

Ingat juga  $[\text{OH}^-][\text{H}^+] = K_w$ , sehingga persamaan (7) dapat ditulis:

$$K_b = \frac{K_w}{K_b} \dots\dots\dots (8)$$

Dari persamaan (6) dan (8), kalian akan memperoleh persamaan berikut:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b}} \cdot [\text{G}]$$

$$\log [\text{H}^+] = \frac{1}{2} \log K_w - \frac{1}{2} \log [\text{G}] + \frac{1}{2} \log K_b$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_w - \text{p}K_b - \log [\text{G}])$$

Karena  $\text{pH} = 14$ , maka:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (14 - \text{p}K_b - \log [\text{G}])$$

**Keterangan:**

$K_b$  : tetapan hidrolisis

$K_w$  : tetapan ionisasi air ( $10^{-14}$ )

$K_b$  : tetapan ionisasi basa lemah

[G] : konsentrasi ion garam yang terhidrolisis

## Contoh

Hitunglah  $\text{pH}$  larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   $0,1 \text{ M}$ . ( $K_b \text{ NH}_3$  pada suhu tertentu =  $1 \times 10^{-5}$ )

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 0,1 \text{ M}$

$$K_b \text{ NH}_3 = 1 \times 10^{-5}$$

**Ditanyakan:**  $\text{pH}$  larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

**Jawab:**

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  adalah garam dari asam kuat dan basa lemah. Ingat, karena yang kuat menentukan sifat garam dalam air, maka garam bersifat asam, artinya ada ion  $\text{H}^+$ .



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b}} \cdot [\text{G}]$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-14}}{10^{-5}}} (0,2)$$

$$= \sqrt{2 \times 10^{-10}} = 1,4 \times 10^{-5}$$

$$\text{pH} = -\log 1,4 \times 10^{-5} = 4,85$$

Jadi,  $\text{pH}$  larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  adalah  $4,85$ .

**WARNING**

$\text{Log } a^n = n \log a$

Pelajari dan pahami kembali contoh soal di atas, lalu kerjakan soal-soal berikut untuk berlatih.

## Tugas

Salinlah soal-soal di bawah ini pada buku tugas kalian, lalu kumpulkan hasilnya kepada guru kalian. Hitunglah pH larutan berikut jika diketahui  $K_b \text{NH}_3 = 1,76 \times 10^{-5}$

1.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 M
2.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,01 M



## 2. Garam yang Terbentuk dari Asam Lemah dengan Basa Kuat

Contoh garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat antara lain  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , dan  $\text{NaCN}$ . Jika garam tersebut dilarutkan dalam air, maka akan menghasilkan kation dari basa kuat dan anion yang berasal asam lemah. Anion kemudian akan bereaksi dengan air menghasilkan ion  $\text{OH}^-$ . Bertambahnya ion  $\text{OH}^-$  ini akan menyebabkan larutan bersifat basa ( $\text{pH} > 7$ ).

Jika larutan garam  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dilarutkan dalam air, maka akan mengalami ionisasi sebagai berikut.

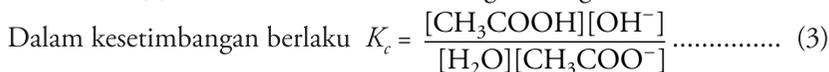


Ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  yang merupakan basa konjugasi dari asam lemah  $\text{CH}_3\text{COOH}$  akan bereaksi dengan air membentuk reaksi kesetimbangan sebagai berikut:

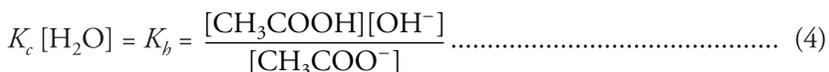


Reaksi hidrolisis di atas menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  sehingga larutan bersifat basa. Karena hanya anion ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) yang terhidrolisis, maka  $\text{CH}_3\text{COONa}$  hanya mengalami hidrolisis sebagian.

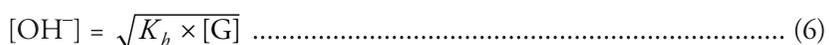
Dari reaksi (2) di atas, berlaku kesetimbangan sebagai berikut:



Karena air sebagai pelarut, maka konsentrasinya besar dan dapat dianggap konstan:



Dalam kesetimbangan,  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-]$  dan  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{CH}_3\text{COONa}] = [\text{G}]$ , sehingga;



Nilai  $K_b$  pada persamaan (5) memiliki hubungan dengan asam lemah. Karena yang terhidrolisis asam lemah, maka persamaannya dapat diturunkan sebagai berikut.

**Khazanah**

Natrium sianida ( $\text{NaCN}$ ) merupakan padatan kristal berwarna putih, bersifat racun kuat, dan mudah larut dalam air.  $\text{NaCN}$  banyak digunakan dalam pengerasan baja, ekstraksi emas, dan sebagai bahan untuk industri senyawa kimia.

Mulyono, 2006, hlm. 289

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \cdot \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$$

$$= \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \cdot [\text{OH}^-] [\text{H}^+] \dots\dots\dots (7)$$

Ingat reaksi ionisasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$ :



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad ; \quad \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{1}{K_a}$$

Ingat juga:

$K_w = [\text{OH}^-][\text{H}^+]$ ; sehingga persamaan (7) dapat ditulis:

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} \dots\dots\dots (8)$$

Dari persamaan (6) dan persamaan (8), kalian dapat memperoleh persamaan berikut:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b}} \cdot [\text{G}]$$

$$-\log [\text{OH}^-] = -\frac{1}{2} \log K_w - \frac{1}{2} \log pK_a + \frac{1}{2} \log [\text{G}]$$

$$p\text{OH} = -\frac{1}{2} (pK_w - pK_a - \log [\text{G}])$$

$$p\text{H} = pK_w - p\text{OH}$$

$$= \frac{1}{2} (pK_w + pK_a + \log [\text{G}])$$

Karena  $pK_w = 14$ , dan  $[\text{G}] =$  konsentrasi garam yang terhidrolisis, maka:

$$p\text{H} = \frac{1}{2} (14 + pK_a + \log [\text{G}])$$

**Keterangan:**

$K_w$  : tetapan ionisasi air ( $10^{-14}$ )

$K_a$  : tetapan ionisasi asam lemah

$[\text{G}]$  : konsentrasi ion garam yang terhidrolisis

## Contoh

Berapa pH larutan yang terbentuk pada hidrolisis garam  $\text{NaCN}$   $0,01 M$ , jika diketahui  $K_a \text{HCN} = 1 \times 10^{-10}$ ?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

$$[\text{NaCN}] = 0,01 M$$

$$K_a \text{HCN} = 1 \times 10^{-10}$$

**Ditanyakan:** pH larutan  $\text{NaCN}$ .

**Jawab:**

$\text{NaCN}$  adalah garam dari asam lemah dan basa kuat. Jangan lupa yang kuat menentukan sifat garam dalam air. Jadi, garam bersifat basa, artinya memiliki ion  $\text{OH}^-$ .



0,01 M

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot [\text{CN}^-]}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-14}}{10^{-10}} \cdot [0,01]}$$

$$= 10^{-3}$$

$$p\text{OH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$= -\log 10^{-3} = 3$$

$$p\text{H} = 14 - 3 = 11$$

Jadi,  $p\text{H}$  larutan NaCN adalah 11.

## Tugas

Tentukan  $p\text{H}$  dari tiap-tiap larutan berikut:

a. KCN 0,05 M

d. NaCN 0,01 M

b. NaF 0,1 M

e.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$  0,5 M

c.  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0,5 M

Diketahui  $K_a \text{HCN} = 1 \times 10^{-10}$ ,  $K_a \text{HF} = 6,6 \times 10^{-4}$ ,  $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1 \times 10^{-5}$ , dan  $K_a \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} = 6 \times 10^{-5}$



Gambar 9.3

Garam  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  terbentuk dari asam lemah dan basa lemah.

### 3. Garam yang Terbentuk dari Asam Lemah dengan Basa Lemah

Jika dimasukkan dalam air, garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah akan terhidrolisis seluruhnya. Ion garam yang terbentuk akan bereaksi dengan air dan menghasilkan suatu senyawa asam dan basa yang baru, misalnya  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  dan  $\text{Al}_2\text{S}_3$  mengalami hidrolisis total (sempurna). Untuk jenis garam yang demikian, nilai  $p\text{H}$ -nya tergantung pada harga  $K_a$  dan  $K_b$ .

Dengan cara yang sama seperti pada garam yang terbentuk dari asam kuat dengan basa lemah ataupun garam yang terbentuk dari asam lemah dengan basa kuat, maka dapat diperoleh:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{K_b}}$$

$$p\text{H} = \frac{1}{2} (14 + pK_a - pK_b)$$

**Keterangan:**

$K_w$  : tetapan ionisasi air ( $10^{-14}$ )

$K_a$  : tetapan ionisasi asam lemah

$K_b$  : tetapan ionisasi basa lemah

[G] : konsentrasi ion garam yang terhidrolisis

Berdasarkan rumus di atas,  $p\text{H}$  larutan garam terhidrolisis ternyata tergantung pada besarnya tetapan ionisasi asam lemah ( $K_a$ ) atau tetapan ionisasi basa lemah ( $K_b$ ) dari asam pembentuknya, dan tidak tergantung pada besarnya ion-ion yang terurai.

## Contoh

Berapa  $pH$  larutan yang terbentuk pada hidrolisis garam  $(NH_4)_2CO_3$   $0,1 M$  jika  $K_a H_2CO_3 = 1 \times 10^{-8}$  dan  $K_b NH_4OH = 1 \times 10^{-5}$ ?

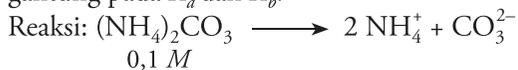
Penyelesaian:

Diketahui:  $[(NH_4)_2CO_3] = 0,1 M$   
 $K_a H_2CO_3 = 1 \times 10^{-8}$   
 $K_b NH_4OH = 1 \times 10^{-5}$

Ditanyakan:  $pH$  larutan  $(NH_4)_2CO_3$

Jawab:

$(NH_4)_2CO_3$  adalah garam dari asam lemah dan basa lemah. Jadi,  $pH$  tergantung pada  $K_a$  dan  $K_b$ .



$$\begin{aligned} [H^+] &= \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{K_b}} \\ &= \sqrt{\frac{10^{-14}}{10^{-5}} \cdot 10^{-8}} \\ &= 3,16 \times 10^{-9} \\ pH &= -\log [H^+] \\ &= -\log 3,16 \times 10^{-9} \\ &= 8,5 \end{aligned}$$

Jadi,  $pH$  larutan  $(NH_4)_2CO_3$  adalah 8,5.

## Tugas

Hitunglah  $pH$  hidrolisis larutan berikut.

- $NH_4CN$
- $NH_4CH_3COO$
- $CH_3COOF$

Diketahui  $K_a HCN = 1 \times 10^{-10}$ ,  $K_a HF = 6,6 \times 10^{-4}$ ,  $K_a CH_3COOH = 1,76 \times 10^{-4}$ , dan  $K_b NH_3 = 1,76 \times 10^{-5}$



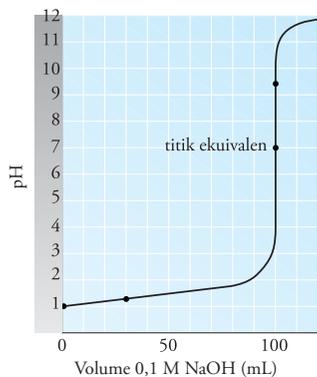
## Tips

Dalam mencari  $pH$  suatu larutan yang dibuat dengan mencampurkan asam dengan basa, rumus  $pH$  yang kita gunakan sangat tergantung pada komposisi campuran pada akhir reaksi. Ada 4 kemungkinan komposisi campuran:

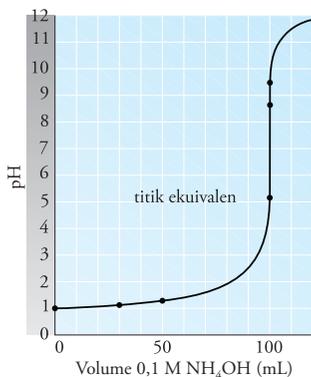
1. Jika asam kuat dan basa kuat yang dicampurkan tidak tersisa (habis bereaksi), maka yang terbentuk adalah larutan garam netral, berarti  $pH = 7$ .
2. Jika asam lemah dan basa kuat atau basa lemah dan asam kuat yang dicampurkan tidak tersisa (habis bereaksi), maka yang terbentuk adalah larutan garam yang berasal dari yang lemah (hidrolisis). Begitu pula kalau campuran tersebut dari asam lemah dan basa lemah.
3. Jika asam lemah dan basa kuat atau basa lemah dan asam kuat yang dicampurkan terdapat sisa asam lemah atau basa lemah pada akhir reaksi, maka yang terbentuk adalah larutan penyangga.
4. Jika terdapat sisa asam kuat atau basa kuat, maka yang terbentuk adalah larutan asam kuat atau larutan basa kuat.

## D. Kurva Titrasi Asam dan Basa

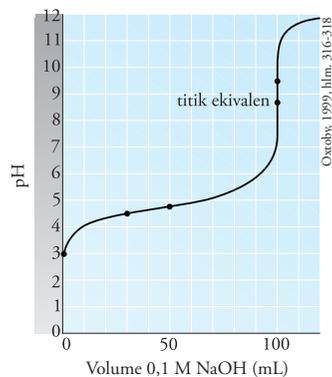
Pada bab Stoikiometri Larutan, kalian telah mempelajari titrasi asam dan basa. Tentu kalian telah memahaminya, bukan? Titrasi merupakan suatu metode penambahan secara cermat volume suatu larutan yang mengandung zat tertentu yang konsentrasinya diketahui, kepada larutan kedua yang konsentrasinya tidak diketahui. Titik akhir titrasi tersebut ditandai dengan perubahan sifat fisis, misalnya warna campuran hasil reaksi, sehingga dalam hal ini perlu ditambahkan indikator. Titik akhir titrasi juga dapat ditunjukkan dengan kenaikan atau penurunan  $pH$  secara tiba-tiba. Titik ini disebut titik ekuivalen, yaitu titik ketika larutan hanya mengandung garam dan kelebihan asam atau basa. Grafik  $pH$  versus volume larutan titrasi disebut kurva titrasi. Berikut beberapa kurva titrasi asam dan basa.



**Gambar 9.4**  
Titration asam kuat dengan basa kuat (100 mL HCl 0,1 M dengan NaOH 0,1 M)



**Gambar 9.5**  
Titration asam kuat dengan basa lemah (100 mL HCl 0,1 M dengan NH<sub>4</sub>OH 0,1 M)



**Gambar 9.6**  
Titration asam lemah dengan basa kuat (100 mL CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M dengan NaOH 0,1 M)

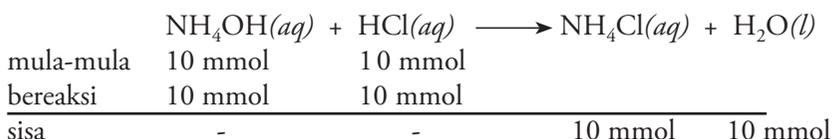
### Titration Asam Kuat dengan Basa Kuat

Seperti yang telah kalian pelajari pada uraian sebelumnya, larutan dari asam kuat dengan basa kuat tidak dapat terhidrolisis dan larutannya mempunyai  $pH = 7$ , sehingga titration asam kuat dengan basa kuat mempunyai titik ekuivalen sama dengan 7 (perhatikan Gambar 9.4). Apabila titration melibatkan asam lemah atau basa lemah, maka nilai  $pH$  pada titik ekuivalen tidak akan sebesar 7 (perhatikan Gambar 9.5 dan 9.6).

### Titration yang Melibatkan Asam Lemah atau Basa Lemah

Untuk titration yang melibatkan asam lemah atau basa lemah,  $pH$  pada titik ekuivalen merupakan  $pH$  hidrolisis. Sebagai contohnya, perhatikan kurva titration asam kuat dengan basa lemah pada Gambar 9.5. Titik ekuivalen titration tersebut dicapai pada volume NH<sub>4</sub>OH = 100 mL, sehingga:

mol NH<sub>4</sub>OH = 100 mL x 0,1 M = 10 mmol  
 mol HCl = 100 mL x 0,1 M = 10 mmol



Dari reaksi di atas, kita dapat mengetahui bahwa asam kuat (HCl) dan basa lemah (NH<sub>4</sub>OH), keduanya habis bereaksi, sehingga larutan yang terbentuk merupakan larutan hidrolisis. Maka,  $pH$ -nya dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
 [H^+] &= \sqrt{\frac{K_w}{K_b}} [G] \\
 &= \sqrt{\frac{10^{-14}}{1,76 \times 10^{-5}}} \left( \frac{10 \text{ mmol}}{200 \text{ mL}} \right) \\
 &= 5,3 \times 10^{-6} \\
 pH &= -\log 5,3 \times 10^{-6} \\
 &= 5,28 \text{ (garam yang terbentuk bersifat asam)}
 \end{aligned}$$

Pada daerah setelah titik ekuivalen, larutan titrasi mengandung garam dan kelebihan asam atau basa. Apabila terdapat sisa asam lemah atau basa lemah, maka larutan yang terbentuk merupakan larutan buffer, sehingga untuk menghitung  $pH$  larutan digunakan rumus  $pH$  buffer. Sebaliknya, jika terdapat sisa asam kuat atau basa kuat, larutan yang terbentuk merupakan larutan hidrolisis, sehingga untuk menghitung  $pH$  larutan digunakan rumus  $pH$  hidrolisis. Agar kalian lebih memahaminya, kerjakanlah *Diskusi* berikut.

## Diskusi

Perhatikanlah kurva titrasi pada Gambar 9.4, 9.5, dan 9.6. Analisislah perubahan  $pH$ -nya pada masing-masing kurva, baik sebelum titik ekuivalen ( $V < 100$  mL), pada saat titik ekuivalen ( $V = 100$  mL), maupun setelah titik ekuivalen ( $V > 100$  mL). Untuk mempermudah perhitungan, gunakanlah permasalahan pada volume tertentu. Bandingkanlah ketiga kurva tersebut. Kapan terbentuk larutan buffer dan kapan terbentuk larutan hidrolisis? Diskusikanlah bersama teman kalian secara berkelompok. Catat hasilnya, kemudian diskusikan kembali dalam forum diskusi kelas. Guru kalian akan membimbing kalian dalam berdiskusi.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Garam dapat terhidrolisis sebagian atau terhidrolisis seluruhnya. Jelaskan pernyataan tersebut.
- Apabila garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah mengalami hidrolisis, bagaimanakah sifat larutan yang terbentuk?
- Berikan contoh cara menghitung  $pH$  hidrolisis garam dari asam kuat dengan basa lemah.
- Bagaimana cara menghitung  $pH$  hidrolisis garam dari asam lemah dengan basa kuat?
- Bagaimana cara menghitung  $pH$  hidrolisis garam dari asam lemah dengan basa lemah?



## Rangkuman

- Larutan garam dapat bersifat asam, basa atau netral, tergantung dari asam basa pembentuknya.
- Reaksi hidrolisis adalah reaksi yang terjadi antara suatu senyawa dan air dengan membentuk reaksi kesetimbangan.
- Garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat tidak dapat terhidrolisis, sehingga larutannya bersifat netral ( $pH = 7$ )
- Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah terhidrolisis sebagian dan larutannya bersifat asam ( $pH < 7$ ).

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad [H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [G]}$$

- Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat terhidrolisis sebagian dan larutannya bersifat basa ( $pH > 7$ ).

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} \quad [OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot [G]}$$

- Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah terhidrolisis seluruhnya (total) dan sifat larutannya tergantung pada harga  $K_a$  dan  $K_b$ .

$$K_h = \frac{K_w}{K_a \times K_b} \quad [H^+] = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{K_b}}$$





**Garam** Senyawa yang mengandung ion logam (kation) dan ion sisa asam (anion), dan umumnya berupa padatan kristal

**Indikator** Zat yang dapat digunakan untuk menunjukkan sifat atau keberadaan suatu zat melalui perubahan warnanya yang khas

**Ionisasi** Peristiwa atau proses pembentukan ion dari atom atau molekul netral. Biasanya terjadi pada proses pelarutan senyawa ion atau senyawa polar

**pH hidrolisis** Ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan atau bahan yang mengalami hidrolisis

## Ulangan Harian



A Pilihlah jawaban yang tepat.

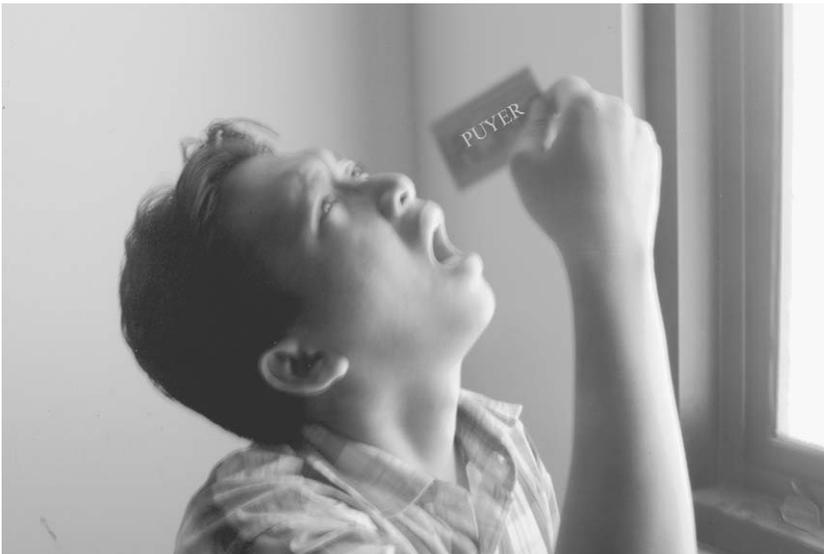
- Larutan garam yang dapat memerahkan lakmus biru adalah ....
  - $MgSO_4$
  - $Ca_3(PO_4)_2$
  - $Na_2CO_3$
  - $NH_4Cl$
  - $NaNO_2$
- Garam berikut yang jika dimasukkan dalam air akan mengubah warna lakmus merah menjadi biru adalah ....
  - amonium asetat
  - natrium sulfat
  - kalium asetat
  - natrium klorida
  - amonium klorida
- Manakah dari garam berikut yang mengalami hidrolisis sempurna jika dilarutkan dalam air?
  - Tembaga sulfat.
  - Barium karbonat.
  - Kalium asetat.
  - Alumunium klorida.
  - Amonium sulfida.
- Berikut ini larutan yang mempunyai pH paling tinggi adalah ....
  - $CH_3COONa$  0,1 M
  - $NH_4Cl$  0,1 M
  - $HCl$  0,1 M
  - $NaCl$  0,1 M
  - $Na_2SO_4$  0,1 M
- Garam yang bersifat asam ketika dilarutkan dalam air adalah ....
  - tembaga(II) sulfida
  - magnesium nitrat
  - natrium asetat
  - kalium karbonat
  - magnesium klorida
- Persamaan hidrolisis suatu senyawa adalah sebagai berikut.
$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$
Garam yang mengalami hidrolisis seperti persamaan di atas adalah ....
  - $NH_4NO_2$
  - $CH_3COONa$
  - $NH_4CH_3COO$
  - $NH_4CN$
  - $(NH_4)_2SO_4$
- Berikut ini larutan yang terhidrolisis sebagian jika dilarutkan dalam air adalah ....
  - $NaCl$
  - $Na_2SO_4$
  - $K_2SO_4$
  - $(NH_4)_2SO_4$
  - $NH_4CN$

8. Garam dari asam kuat dan basa kuat tidak dapat terhidrolisis, sebab ....
- senyawa yang terbentuk terionisasi sempurna
  - senyawa yang terbentuk terionisasi sebagian
  - tidak ada ionisasi
  - garam bersifat asam
  - garam bersifat basa
9.  $pH$  garam yang terbentuk dari asam lemah dan basa kuat akan ....
- memerahkan lakmus biru
  - membirukan lakmus merah
  - bersifat netral
  - tidak berwarna jika ditetesi phenoptalein
  - berwarna merah jika ditetesi metil merah
10. Jika diketahui  $K_a \text{HCN} = 6 \times 10^{-10}$  dan  $K_b \text{NH}_3 = 1 \times 10^{-5}$ , maka sifat larutan yang dibuat dengan mereaksikan 100 mL HCN 0,1  $M$  dan 100 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1  $M$  adalah ....
- asam yang tidak terhidrolisis
  - asam yang terhidrolisis sebagian
  - basa yang terhidrolisis total
  - basa yang terhidrolisis sebagian
  - asam yang terhidrolisis total
11. Apabila 200 mL larutan HCl 0,1  $M$  direaksikan dengan 400 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,05  $M$ , maka garam yang terbentuk ....
- tidak terhidrolisis
  - terhidrolisis total
  - hanya HCl yang terhidrolisis
  - hanya  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang terhidrolisis
  - terdapat sisa asam
12.  $pH$  yang terbentuk dari hidrolisis 1% garam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,01  $M$  adalah ....
- 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
13. Dalam 1 L larutan terdapat 1 mol natrium asetat. Jika tetapan hidrolisis,  $K_b = 1 \times 10^{-10}$  maka larutan mempunyai  $pH$  sebesar ....
- 1
  - 5
  - 6
  - 7
  - 9
14.  $pH$  campuran dari 20 mL larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,3  $M$  ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) dan 40 mL larutan NaOH 0,15  $M$  adalah ....
- 3
  - 5
  - 7
  - 9
  - 11
15.  $pH$  hasil hidrolisis larutan NaCN 0,01  $M$  adalah .... ( $K_a \text{HCN} = 1 \times 10^{-10}$ )
- 3
  - 4
  - 10
  - 11
  - 12
16.  $pH$  hasil hidrolisis larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,1  $M$  adalah .... ( $K_b \text{NH}_3 = 1 \times 10^{-5}$ )
- 3
  - 4
  - 5
  - 10
  - 11
17. 100 mL larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,15  $M$  dicampurkan dengan 50 mL larutan HCl 0,3  $M$  ( $K_b \text{NH}_4\text{OH} = 1 \times 10^{-5}$ ), maka  $pH$  campuran tersebut adalah ....
- 5
  - 6
  - 7
  - 8
  - 9
18. Harga tetapan hidrolisis dari larutan  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  yang mempunyai harga  $K_a \text{CH}_3\text{COOH} = 1 \times 10^{-5}$  dan  $K_b \text{NH}_3 = 1 \times 10^{-5}$  adalah ....
- $1 \times 10^{-10}$
  - $1 \times 10^{-8}$
  - $1 \times 10^{-6}$



# B a b X

## Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan



Dok. PIM

**P**ernahkah kalian minum obat sakit kepala yang berbentuk puyer atau serbuk? Selain berbentuk serbuk, ada juga obat sakit kepala yang berbentuk kapsul. Kelarutan obat yang berbentuk serbuk tentu saja berbeda dengan kelarutan obat yang berbentuk kapsul.

Seberapa besar kelarutan obat berbentuk serbuk dan kapsul dalam air? Bagaimanakah cara menentukan kelarutan suatu zat? Adakah faktor-faktor yang memengaruhi kelarutan suatu zat? Kalian akan tahu jawabannya, dengan mempelajari bab ini.

## Kata Kunci

- Larutan
- Larutan jenuh
- Kelarutan
- Tetapan hasil kali kelarutan
- pH larutan
- Ion senama



Saat minum obat berbentuk serbuk, mungkin kalian akan melarutkannya dengan air. Nah, dengan melarutkan serbuk dalam air, berarti kalian telah membuat larutan. Kemudian, larutan itu akan terurai menjadi ion-ion pembentuknya. Namun, apabila kalian terus menambahkan serbuk sampai tidak dapat larut dalam air, berarti larutan telah jenuh dan terbentuk kesetimbangan baru. Dengan demikian, teman-teman bisa mengetahui besarnya kelarutan ( $s$ ) dan tetapan kesetimbangan (tetapan hasil kali kelarutan/ $K_{sp}$ ) dari larutan tersebut. Selain itu, kalian juga bisa mengetahui hubungan tetapan hasil kali kelarutan dengan tingkat kelarutan, terbentuknya endapan, besarnya pH larutan, dan penambahan ion senama.

## Khazanah

Dalam suatu larutan, semua partikel (solut dan solven) berukuran sebesar molekul atau ion-ion. Partikel itu tersebar secara merata dalam larutan dan menghasilkan satu fase homogen. Karena sedemikian menyatunya penyebaran solut dan solven dalam larutan, sifat fisik larutan sedikit berbeda dengan solven murninya.

Brady, 1999, hlm. 590



Dok. PIM

Gambar 10.1

Senyawa polar tidak dapat bercampur dengan senyawa non-polar.



Gambar 10.2

Gula lebih cepat larut dalam air panas.

### A. Kelarutan dan Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kelarutan

**Larutan** terdiri atas zat yang dilarutkan (solut) dan pelarut (solven). Pada contoh yang telah diberikan, zat yang dilarutkan adalah obat puyer sakit kepala berbentuk serbuk. Sedangkan yang berperan sebagai pelarut adalah air. **Kelarutan** adalah nilai konsentrasi maksimum yang dapat dicapai oleh suatu zat dalam larutan. Jadi, kelarutan digunakan untuk menyatakan jumlah maksimum zat yang dapat larut dalam larutan jenuh.

Berdasarkan pengertian kelarutan pada uraian di atas, larutan dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. **Larutan tidak jenuh**, yakni suatu larutan yang masih dapat melarutkan zat terlarutnya pada suhu tertentu.
2. **Larutan jenuh**, yakni suatu larutan dengan jumlah zat terlarut (molekul atau ion) yang telah maksimum pada suhu tertentu.
3. **Larutan lewat jenuh**, yakni suatu larutan dengan zat terlarut yang melebihi jumlah maksimum kelarutannya pada suhu tertentu.

Besarnya kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

#### 1. Jenis Pelarut

Pernahkan kalian mencampurkan minyak dengan air? Jika pernah, pasti kalian telah mengetahui bahwa minyak dan air tidak dapat bercampur. Sebab, minyak merupakan senyawa non-polar, sedangkan air merupakan senyawa polar. Senyawa non-polar tidak dapat larut dalam senyawa polar, begitu juga sebaliknya. Jadi, bisa disimpulkan bahwa kedua zat bisa bercampur, asalkan keduanya memiliki jenis yang sama.

#### 2. Suhu

Kalian sudah mengetahui bahwa gula lebih cepat larut dalam air panas daripada dalam air dingin, bukan? Kelarutan suatu zat berwujud padat semakin tinggi, jika suhunya dinaikkan. Dengan naiknya suhu larutan, jarak antarmolekul zat padat menjadi renggang. Hal ini menyebabkan ikatan antarzat padat mudah terlepas oleh gaya tarik molekul-molekul air, sehingga zat tersebut mudah larut.

### 3. Pengadukan

Dari pengalaman sehari-hari, kita tahu bahwa gula lebih cepat larut dalam air jika diaduk. Dengan diaduk, tumbukan antarpartikel gula dengan pelarut akan semakin cepat, sehingga gula mudah larut dalam air.

Dari uraian di atas, kalian sudah mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kelarutan suatu zat, bukan? Untuk menguatkan pemahaman kalian tentang kelarutan suatu zat, jawablah soal berikut.

## Tugas

Kalian telah mengetahui bahwa gula larut dalam air. Sekarang, tugas kalian adalah melarutkan gula dalam bensin. Pertanyaan yang harus dijawab, apakah gula larut dalam bensin? Diskusikan jawaban kalian dengan teman-teman, lalu tuliskan pada buku catatan agar pengetahuan kalian tentang materi kelarutan semakin lengkap.

## B. Hasil Kali Kelarutan ( $K_{sp}$ )

Jika kalian melarutkan satu sendok garam dalam segelas air, pada awalnya, garam akan larut dalam air. Tetapi, jika garam yang kalian tambahkan semakin banyak, garam tersebut tidak dapat larut lagi karena larutan menjadi jenuh. Larutan bersifat jenuh, jika jumlah zat yang ditambahkan melebihi batas maksimum kelarutan. Akibatnya, terjadi pengendapan larutan.

Lalu, bagaimana jika kalian melarutkan kristal AgBr ke dalam air? Karena AgBr termasuk senyawa polar dan senyawa ion, maka larutan AgBr akan terurai menjadi ion-ion pembentuknya ketika dilarutkan dalam air. Reaksi yang terjadi ialah:



Jika kalian menambahkan kristal AgBr secara terus menerus, kristal AgBr tidak larut lagi dan larutan menjadi jenuh. Kemudian, larutan AgBr akan membentuk kesetimbangan baru. Perhatikan reaksi berikut.



Dengan demikian, tetapan reaksi kesetimbangan untuk reaksi di atas adalah sebagai berikut.

$$K_c = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Br}^-]}{[\text{AgBr}]}$$

Dari persamaan di atas, dapat ditentukan nilai  $K_{sp}$  dari reaksi penguraian AgBr. Caranya, yaitu dengan mengalikan  $K_c$  dengan [AgBr]. Hasil kali keduanya itu disebut sebagai **hasil kali kelarutan** AgBr. Perhatikan persamaan berikut.

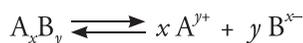
$$K_c \times [\text{AgBr}] = K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-] \text{ atau dapat dituliskan:}$$

$$K_{sp} \text{ AgBr} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-]$$



Gambar 10.3  
Garam mengendap karena larutan telah jenuh.

Selanjutnya, bagaimana cara menentukan harga  $K_{sp}$  dari suatu senyawa ion dalam air? Untuk mempermudah pemahaman, kita perhatikan reaksi penguraian pada senyawa ion  $A_xB_y$ . Jika dilarutkan dalam air, senyawa  $A_xB_y$  akan terurai menjadi ion-ionnya sebagai berikut.



Dari reaksi di atas, dapat ditentukan hasil kali kelarutan senyawa ion  $A_xB_y$  dalam air. Bagaimana rumus hasil kali kelarutan senyawa ion  $A_xB_y$  dalam air? Temukan jawabannya pada persamaan berikut.

$$K_{sp} A_xB_y = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

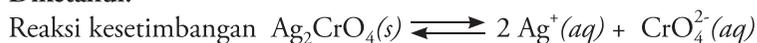
Bagaimana penerapan persamaan tersebut pada soal? Agar lebih jelas, perhatikan contoh soal berikut.

### Contoh

Dalam larutan jenuh  $Ag_2CrO_4$  terdapat kesetimbangan antara  $Ag_2CrO_4$  padat dengan ion  $Ag^+$  dan ion  $CrO_4^{2-}$  dalam larutan. Berapakah harga  $K_{sp}$   $Ag_2CrO_4$ ?

**Penyelesaian:**

**Diketahui:**

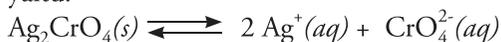


**Ditanyakan:**

Harga  $K_{sp}$   $Ag_2CrO_4$ .

**Jawab:**

Berdasarkan soal di atas, kita bisa menentukan reaksi kesetimbangannya, yaitu:



Jadi, harga tetapan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ) untuk  $Ag_2CrO_4$  sesuai dengan persamaan di atas, yaitu:

$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}].$$

Nah teman-teman, dengan memahami materi dan contoh soal yang telah dijelaskan sebelumnya, kalian tentu bisa menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan kelarutan dan hasil kali kelarutan, bukan? Untuk menguji kemampuan kalian, kerjakan tugas berikut.

### Tugas

Hitunglah hasil kali kelarutan  $Ag_2S$  dalam air. Jangan lupa, tuliskan reaksi kesetimbangan  $Ag_2S$ .

Salinlah jawaban kalian pada buku tugas, lalu konsultasikan dengan guru kalian.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apakah yang dimaksud dengan kelarutan? Jelaskan jawaban kalian.
2. Besarnya kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Sebutkan dan berilah penjelasan secukupnya.
3. Mengapa lemak mudah larut dalam minyak? Jelaskan.
4. Mengapa melarutkan gula dengan air panas lebih cepat dibandingkan dengan air dingin? Berilah penjelasan secara singkat.
5. Hitunglah harga tetapan hasil kali kelarutan pada senyawa-senyawa berikut.
  - a. AgCl
  - b.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
  - c.  $\text{Al}(\text{OH})_3$
  - d.  $\text{K}_2\text{SO}_4$

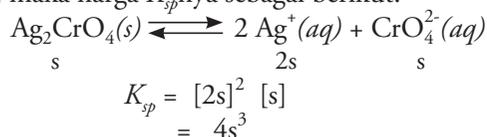


### C. Hubungan antara Kelarutan (s) dan Hasil Kali Kelarutan ( $K_{sp}$ )

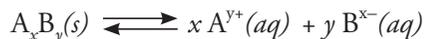
Pada subbab sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa kelarutan adalah nilai konsentrasi maksimum yang dapat dicapai oleh suatu zat dalam larutan. Jadi, kelarutan digunakan untuk menyatakan jumlah maksimum zat yang dapat larut dalam larutan jenuh. Karena kelarutan (s) dan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ) dihitung pada larutan jenuh yang sama, maka antara s dan  $K_{sp}$  terdapat hubungan yang erat.

Agar kalian lebih memahami uraian di atas, perhatikan contoh berikut.

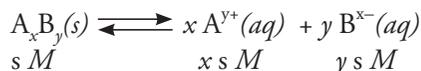
Suatu senyawa  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dilarutkan dalam air. Untuk menghitung besar hasil kali kelarutan, terlebih dahulu kita menentukan besar kelarutan tiap-tiap zat. Misalnya, kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dilambangkan dengan huruf s (mol/L), maka harga  $K_{sp}$ nya sebagai berikut.



Selanjutnya, kalian akan mempelajari harga kelarutan dan hasil kali kelarutan pada senyawa  $\text{A}_x\text{B}_y$ . Secara umum, jika larutan jenuh dari senyawa ion  $\text{A}_x\text{B}_y$  mempunyai kelarutan  $M$ , maka senyawa tersebut akan terionisasi dalam air. Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



Jika harga kelarutan s dari senyawa  $\text{A}_x\text{B}_y$  sebesar s  $M$ , maka dapat ditentukan besar konsentrasi ion  $\text{A}^{y+}$  dan ion  $\text{B}^{x-}$  sebagai berikut.



Dari persamaan di atas, diperoleh besar harga  $K_{sp}$ , yaitu:

$$K_{sp} = [\text{A}^{y+}]^x [\text{B}^{x-}]^y$$

$$= (x s)^x (y s)^y$$

$$= x^x \cdot y^y \cdot (s)^{x+y}$$

Jadi, untuk reaksi kesetimbangan  $A_xB_y(s) \rightleftharpoons x A^{y+}(aq) + y B^{x-}(aq)$  diperoleh:

1. Hasil kali kelarutan senyawa  $A_xB_y$ ,

$$K_{sp} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

2. Kelarutan senyawa  $A_xB_y$ ,

$$s = \sqrt[x+y]{\frac{K_{sp}}{x^x \cdot y^y}} \text{ dengan } s = \text{kelarutan } A_xB_y \text{ dalam satuan } M \text{ atau mol L}^{-1}.$$

Lalu, bagaimana penerapan persamaan di atas pada soal? Perhatikan dengan saksama contoh soal berikut.

### Contoh

Pada suhu 18 °C, 100 mL larutan jenuh  $MgCl_2$  diuapkan dan diperoleh 7,6 mg  $MgCl_2$  padat. Berapakah harga  $K_{sp}$   $MgCl_2$ ? ( $Mg = 24$ ;  $Cl = 35,5$ )

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Volume larutan  $MgCl_2 = 100$  mL.

Berat  $MgCl_2$  padat = 7,6 mg.

**Ditanyakan:** Harga  $K_{sp}$   $MgCl_2$ .

**Jawab:**

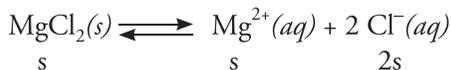
Mula-mula ditentukan kelarutan  $MgCl_2$ , kemudian dihubungkan dengan konsentrasi ion  $Mg^{2+}$  dan konsentrasi ion  $F^-$ .

$$7,6 \text{ mg } MgCl_2 = \frac{7,6 \times 10^{-3} \text{ mol}}{\{24 + (2 \times 35,5)\}}$$

$$n = 8 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$s = \frac{8 \times 10^{-5} \text{ mol}}{0,1L}$$

$$= 8 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$



$$K_{sp} MgCl_2 = [Mg^{2+}][Cl^-]^2$$

$$= s (2s)^2$$

$$= 4s^3$$

$$= 4 (8 \times 10^{-4})^3$$

$$= 2,048 \times 10^{-9}$$

Jadi, harga  $K_{sp}$   $MgCl_2$  adalah  $2,048 \times 10^{-9}$ .

### Tugas

Ujilah pemahaman kalian dengan mengerjakan soal berikut.

Pada suhu 25 °C, diketahui  $K_{sp}$   $CaF_2$  adalah  $3,2 \cdot 10^{-11}$ . Hitunglah kelarutan molar  $CaF_2$ . Tuliskan jawaban kalian pada buku catatan sebagai materi tambahan.

Nah teman-teman, tentunya kalian sudah paham sekali mengenai hubungan kelarutan dan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ), bukan? Untuk menambah pengetahuan kalian tentang harga  $K_{sp}$  beberapa senyawa, perhatikan Tabel 10.1 berikut.

**Tabel 10.1** Tetapan Hasil Kali Kelarutan Pada Suhu 25 °C

Iodida		Bromida		Klorida		Sulfat	
AgIO <sub>3</sub>	$3,1 \times 10^{-8}$	AgBr	$7,7 \times 10^{-13}$	AgCl	$1,6 \times 10^{-10}$	BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \times 10^{-10}$
CuIO <sub>3</sub>	$1,4 \times 10^{-7}$	CuBr	$4,2 \times 10^{-8}$	CuCl	$1,0 \times 10^{-6}$	CaSO <sub>4</sub>	$2,4 \times 10^{-5}$
Pb(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$2,6 \times 10^{-13}$	Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	$1,3 \times 10^{-21}$	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-18}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,1 \times 10^{-8}$
Flourida		Kromat		Hidroksida		Karbonat	
BaF <sub>2</sub>	$1,7 \times 10^{-6}$	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,9 \times 10^{-12}$	AgOH	$1,5 \times 10^{-8}$	Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$6,2 \times 10^{-12}$
CaF <sub>2</sub>	$3,9 \times 10^{-11}$	BaCrO <sub>4</sub>	$2,1 \times 10^{-10}$	Al(OH) <sub>3</sub>	$3,7 \times 10^{-15}$	BaCO <sub>3</sub>	$8,1 \times 10^{-9}$
MgF <sub>2</sub>	$6,6 \times 10^{-9}$	PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \times 10^{-14}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$1,1 \times 10^{-36}$	CaCO <sub>3</sub>	$8,7 \times 10^{-9}$
PbF <sub>2</sub>	$3,6 \times 10^{-8}$	Oksalat		Fe(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \times 10^{-14}$	PbCO <sub>3</sub>	$3,3 \times 10^{-14}$
SrF <sub>2</sub>	$2,8 \times 10^{-9}$	CuC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,9 \times 10^{-8}$	Mg(OH) <sub>2</sub>	$1,2 \times 10^{-11}$	MgCO <sub>3</sub>	$4,0 \times 10^{-5}$
Iodida		FeC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,1 \times 10^{-7}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-13}$	SrCO <sub>3</sub>	$1,6 \times 10^{-9}$
AgI	$1,5 \times 10^{-16}$	MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$8,6 \times 10^{-5}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$4,5 \times 10^{-17}$		
CuI	$5,1 \times 10^{-12}$	PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,7 \times 10^{-11}$				
PbI <sub>2</sub>	$1,4 \times 10^{-8}$	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,6 \times 10^{-8}$				
Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	$1,2 \times 10^{-28}$						

Oxtoby, 2001, hlm. 348

#### D. Pengaruh Ion Senama pada Kelarutan

Apakah yang terjadi, jika dalam suatu larutan elektrolit terdapat ion senama (sejenis)? Agar kalian menemukan jawabannya, perhatikan larutan jenuh AgCl. Pada saat AgCl dilarutkan dalam air, maka akan terbentuk reaksi kesetimbangan, yaitu:



Adanya penambahan larutan AgNO<sub>3</sub> akan memperbesar konsentrasi ion Ag<sup>+</sup> karena AgNO<sub>3</sub> juga akan terionisasi dan menghasilkan ion Ag<sup>+</sup>. Reaksi yang terjadi yaitu:



Sementara itu, penambahan ion sejenis (Ag<sup>+</sup>) akan menggeser kesetimbangan ke kiri. Pergeseran ke kiri menyebabkan kelarutan AgCl berkurang, tetapi tidak memengaruhi harga tetapan hasil kali kelarutan, jika suhu tidak berubah.

Pahamilah penerapannya dalam contoh soal berikut.

#### Contoh

Diketahui  $K_{sp}$  AgCl pada suhu 25 °C adalah  $2,0 \times 10^{-10}$ . Berapakah kelarutan AgCl dalam larutan NaCl 0,2 M?

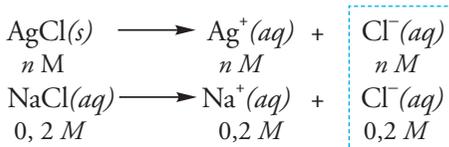
### Penyelesaian:

**Diketahui** :  $K_{sp}$  AgCl pada suhu 25 °C adalah  $2,0 \times 10^{-10}$ .

**Ditanyakan** : Kelarutan AgCl dalam larutan NaCl 0,2 M.

**Jawab:**

Dimisalkan kelarutan AgCl dalam larutan NaCl 0,1 M =  $n \text{ mol L}^{-1}$



$[\text{Cl}^-] = (n + 0,2) \text{ M}$   
 $= 0,2 \text{ M}$   
[Cl<sup>-</sup>] dari AgCl diabaikan

Dalam sistem terdapat :

$$\begin{aligned} [\text{Ag}^+] &= n \text{ mol L}^{-1} \\ [\text{Cl}^-] &= (n + 0,2) \text{ mol L}^{-1} \\ &= 0,2 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

Karena [Cl<sup>-</sup>] yang berasal dari AgCl sangat sedikit dibandingkan [Cl<sup>-</sup>] yang berasal dari NaCl, maka [Cl<sup>-</sup>] yang berasal AgCl dapat diabaikan.

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} K_{sp} \text{ AgCl} &= [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \\ 2 \times 10^{-10} &= n \times 0,2 \\ n &= 2 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

Jadi, kelarutan AgCl dalam larutan NaCl 0,1 M adalah  $2 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$

Dengan memahami uraian dan contoh soal di atas, diharapkan kalian mampu menguasai materi kelarutan dengan baik. Sekarang, ujilah sejauh mana kalian telah menguasai materi tersebut dengan mengerjakan soal-soal berikut.

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Tuliskan harga  $K_{sp}$  untuk reaksi-reaksi berikut.
  - $\text{AgI} \longrightarrow \text{Ag}^+ + \text{I}^-$
  - $\text{SrCO}_3 \longrightarrow \text{Sr}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$
  - $\text{PbI}_2 \longrightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{I}^-$
- Tentukan besar kelarutan pada tiap-tiap senyawa berikut.
  - $\text{CaSO}_4$ ,  $K_{sp} = 9,1 \times 10^{-6}$
  - $\text{PbI}_2$ ,  $K_{sp} = 7,1 \times 10^{-9}$
  - $\text{BaCO}_3$ ,  $K_{sp} = 5,1 \times 10^{-9}$
- Diketahui  $K_{sp} \text{ PbS} = 8 \times 10^{-28}$  dan  $K_{sp} \text{ PbI}_2 = 7,1 \times 10^{-9}$ . Tentukan senyawa yang memiliki kelarutan lebih besar dalam air.
- Pada suhu 25 °C, kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam air murni yaitu  $8,43 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ . Tentukan kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M, jika diketahui  $K_{sp} \text{ Ag}_2\text{CrO}_4 = 2,4 \times 10^{-12}$ .



## E. Hubungan Kelarutan (s) dengan pH

Tingkat keasaman dan kebasaan larutan akan memengaruhi kelarutan suatu senyawa. Larutan yang bersifat asam akan mudah larut dalam larutan yang bersifat basa, begitu pula sebaliknya. Lalu, adakah hubungan antara kelarutan senyawa dengan pH? Bagaimana kita dapat menghitung harga pHnya? Nah, temukan jawabannya dengan menyimak contoh soal berikut.

## Contoh

1. Berapa gram  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  yang dapat larut dalam 250 mL air, jika  $K_{sp}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 3,2 \times 10^{-11}$ ? Tentukan juga  $p\text{H}$  larutan yang terbentuk. ( $M_r \text{Mg}(\text{OH})_2 = 58$ ).

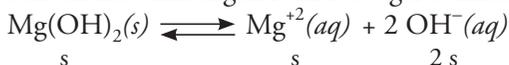
### Penyelesaian:

**Diketahui :** Volume air = 250 mL  
 $K_{sp} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 3,2 \times 10^{-11}$   
 $M_r \text{Mg}(\text{OH})_2 = 58$

**Ditanyakan:** a). Massa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .  
 b).  $p\text{H}$  larutan yang terbentuk.

### Jawab:

- a). Jika suatu kristal  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dilarutkan dalam air, maka akan terbentuk kesetimbangan reaksi sebagai berikut.



$$K_{sp} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 3,2 \cdot 10^{-11}$$

$$s = \sqrt{(x+y) \frac{K_{sp}}{x^x \cdot y^y}}$$

$$s = \sqrt{(1+2) \frac{3,2 \cdot 10^{-11}}{1^1 \cdot 2^2}}$$

$$s = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

Dengan demikian,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  yang larut dalam 250 mL air adalah:

$$\begin{aligned} \text{mol} &= 2 \times 10^{-4} \times \frac{250}{1000} \\ &= 5 \times 10^{-4} \text{ mol.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{gram} &= \text{mol} \times M_r \\ &= 5 \times 10^{-4} \times 58 \\ &= 0,029 \text{ gram.} \end{aligned}$$

Jadi, massa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  adalah 0,029 gram.

- b).  $p\text{H}$  larutan yang terbentuk yaitu:



$$2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \quad 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \quad 2 \times 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} p\text{OH} &= -\log [\text{OH}^-] \\ &= -\log (4 \times 10^{-4}) \\ &= 4 - \log 4 \\ &= 3,398. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p\text{H} &= 14 - p\text{OH} \\ &= 14 - 3,398 \\ &= 10,602. \end{aligned}$$

Jadi,  $p\text{H}$  larutan yang terbentuk adalah 10,602.

## Khazanah



Beberapa zat padat hanya sedikit larut dalam air, tetapi sangat larut dalam larutan asam. Sebagai contoh, bijih tembaga dan nikel sulfida dapat larut dengan asam kuat. Hal ini sangat membantu terjadinya pemisahan dan pengambilan logam dari unsurnya. Pengaruh  $p\text{H}$  terhadap kelarutan ditunjukkan secara dramatis, misalnya kerusakan pada relief di atas yang disebabkan oleh pengendapan asam.

Oxtoby, 2001, hlm. 354

- 2). Larutan jenuh  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  mempunyai  $\text{pH} = 9$ . Berapa harga  $K_{sp}$  yang terbentuk pada suhu tersebut?

**Penyelesaian:**

**Diketahui** :  $\text{pH}$  larutan jenuh  $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 9$ .

**Ditanyakan** :  $K_{sp}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

**Jawab:**

Reaksi yang terjadi yaitu:



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

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

$$= 14 - 9$$

$$= 5.$$

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

$$[\text{OH}^-] = \text{anti log } -5$$

$$= 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{Kelarutan (s)} = 10^{-5} = \sqrt{(x+y) \frac{K_{sp}}{x^x \cdot y^y}}$$

$$10^{-5} = \sqrt{(1+2) \frac{K_{sp}}{1^1 \cdot 2^2}}$$

$$(10^{-5})^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$K_{sp} = 4 \times 10^{-15}.$$

Jadi,  $K_{sp}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2$  adalah  $4 \times 10^{-15}$ .

## Tugas

Untuk meningkatkan kemampuan kalian dalam mengerjakan soal, kerjakan soal berikut.

Tetapan hasil kali kelarutan dari magnesium hidroksida ialah  $2 \times 10^{-11}$ .

Jika  $\text{pH}$  dari suatu larutan  $\text{MgCl}_2$  dengan konsentrasi  $2 \times 10^{-3}$  molar dinaikkan, maka pada  $\text{pH}$  berapakah akan mulai terjadi endapan?

Jawablah soal di atas pada buku tugas, lalu cocokkan jawaban kalian dengan jawaban teman-teman.

## F. $K_{sp}$ dan Reaksi Pengendapan

$\text{AgCl}$  merupakan garam yang sukar larut dalam air ( $K_{sp} = 1,8 \times 10^{-10}$ ). Tetapi, tidaklah berarti bahwa endapan  $\text{AgCl}$  selalu terbentuk setiap kali kita mencampurkan ion  $\text{Ag}^+$  dengan ion  $\text{Cl}^-$ . Ion-ion tersebut tetap berada dalam larutan sampai larutan menjadi jenuh, yaitu suatu kondisi saat hasil kali konsentrasi ion  $\text{Ag}^+$  dengan konsentrasi ion  $\text{Cl}^-$  sama dengan  $K_{sp}$   $\text{AgCl}$ .

$K_{sp}$  adalah nilai maksimum dari ion-ion yang berada dalam larutan. Jika hasil kali konsentrasi ion  $\text{Ag}^+$  dengan konsentrasi ion  $\text{Cl}^-$  melampaui harga  $K_{sp}$   $\text{AgCl}$ , maka sebagian ion  $\text{Ag}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  akan bergabung membentuk endapan  $\text{AgCl}$ . Jadi, kita dapat meramalkan terjadi atau tidak terjadinya endapan dengan membandingkan nilai perkalian ion  $\text{Ag}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  dengan nilai  $K_{sp}$  sesuai ketentuan berikut.

- Jika  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] < K_{sp}$ , maka larutan belum jenuh dan tidak terbentuk endapan.
- Jika  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{sp}$ , maka larutan tepat jenuh.
- Jika  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] > K_{sp}$ , maka larutan lewat jenuh dan terjadi pengendapan.

Untuk memperkuat pemahaman kalian terhadap materi, perhatikan contoh soal berikut.

## Contoh

- 1) Untuk mengetahui terbentuk atau tidak terbentuknya endapan  $\text{PbI}_2$ , campurkan 50 mL larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  0,01 M dengan 100 mL larutan  $\text{NaI}$  0,1 M. Dari pencampuran kedua senyawa tersebut, apakah terbentuk endapan  $\text{PbI}_2$ ? ( $K_{sp} \text{PbI}_2 = 6 \times 10^{-9}$ ).

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Volume larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 50$  mL  
Molaritas  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,01$  M  
Volume  $\text{NaI} = 100$  mL  
Molaritas  $\text{NaI} = 0,1$  M  
 $K_{sp} \text{PbI}_2 = 6 \times 10^{-9}$

**Ditanyakan:** Terbentuknya endapan  $\text{PbI}_2$

**Jawab:**

Mol  $\text{Pb}^{2+}$  mula-mula =  $V \times M = 50 \times 0,01 = 0,5$  mmol

Mol  $\Gamma^-$  mula-mula =  $V \times M = 100 \times 0,1 = 10$  mmol

Volume total dalam campuran = 150 mL

Reaksi yang terjadi yaitu:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(aq) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2 \text{NO}_3^-(aq)$   
0,5 mmol                      0,5 mmol

$\text{NaI}(aq) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \Gamma^-(aq)$   
10 mmol                      10 mmol

$$[\text{Pb}^{2+}] \text{ setelah terjadi pencampuran} = \frac{\text{mol Pb}^{2+}}{\text{volume total}} = \frac{0,5}{150}$$

$$= 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\Gamma^-] \text{ setelah terjadi pencampuran} = \frac{\text{mol } \Gamma^-}{\text{volume total}} = \frac{10}{150}$$

$$= 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Pb}^{2+}][\Gamma^-] \text{ setelah pencampuran} = 3,33 \cdot 10^{-4} \times 6,67 \cdot 10^{-3}$$

$$= 148,15 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Karena  $[Pb^{2+}][I^-] < K_{sp}$  atau  $148,15 \cdot 10^{-10} < 6 \times 10^{-9}$ , maka tidak terbentuk endapan  $PbI_2$ .

- 2) Apakah penambahan 100 mL larutan  $Na_2CO_3$  0,001 M ke dalam 100 mL larutan  $AgNO_3$  0,001 M menyebabkan terjadinya endapan? ( $K_{sp} Ag_2CO_3 = 6,3 \cdot 10^{-12}$ ).

**Penyelesaian:**

**Diketahui:** Volume  $Na_2CO_3 = 100$  mL  
 Molaritas  $Na_2CO_3 = 0,001$  M  
 Volume  $AgNO_3 = 100$  mL  
 Molaritas  $AgNO_3 = 0,001$  M  
 $K_{sp} Ag_2CO_3 = 6,3 \cdot 10^{-12}$

**Ditanyakan:** Terbentuknya endapan  $Ag_2CO_3$

**Jawab:**

$$AgNO_3 = 0,001 M \times 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ mmol}$$

$$Ag^+ = 0,1 \text{ mmol}$$

$$Na_2CO_3 = 0,001 M \times 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ mmol}$$

$$CO_3^{2-} = 0,1 \text{ mmol}$$

Volume campuran 200 mL, sehingga:

$$[Ag^+] = \frac{0,1}{200} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 5 \cdot 10^{-4} M$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{0,1}{200} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 5 \cdot 10^{-4} M$$

$$[Ag^+]^2 [CO_3^{2-}] = (5 \cdot 10^{-4})^2 (5 \cdot 10^{-4}) = 1,25 \cdot 10^{-5} M$$

Karena  $[Ag^+]^2 [CO_3^{2-}] > K_{sp}$  atau  $1,25 \cdot 10^{-5} > 6,3 \cdot 10^{-12}$ , maka terbentuk endapan  $PbI_2$ .

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Suatu senyawa  $Fe(OH)_3$  mempunyai  $pH = 9$ . Tentukan harga  $K_{sp}$  dari senyawa tersebut.
2. Diketahui harga  $K_{sp}$  beberapa senyawa sebagai berikut:  $K_{sp} AgCl = 1,6 \times 10^{-10}$   
 $K_{sp} AgBr = 4 \times 10^{-13}$   
 $K_{sp} Ag_2CO_3 = 8 \times 10^{-12}$

Tentukan urutan kelarutan senyawa-senyawa di atas, jika dilarutkan dalam air.

3. Diketahui  $K_{sp} PbCrO_4 = 2,8 \times 10^{-13}$  dan  $K_{sp} PbI_2 = 7,1 \times 10^{-9}$ . Tentukan urutan kenaikan kelarutan kedua senyawa tersebut dalam 1 liter larutan  $PbS$  0,01 M.
4. Pada suhu  $25^\circ C$ , senyawa  $Mg(OH)_2$  mempunyai harga  $K_{sp} 1,8 \times 10^{-11}$ . Jika  $pH$  larutan  $MgCl_2$  0,25 M dinaikkan dengan menambahkan  $NaOH$  dalam bentuk padat, berapakah harga  $pH$  dari endapan yang terbentuk?



## Rangkuman

1. Kelarutan digunakan untuk menyatakan jumlah maksimum zat yang dapat larut dalam larutan jenuh.
2. Kelarutan dipengaruhi oleh jenis pelarut, suhu, dan pengadukan.
3. Hasil kali konsentrasi ion-ion dalam keadaan jenuh yang dipangkatkan dengan koefisien tiap-tiap ion disebut tetapan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ).
4. Nilai kelarutan dapat ditentukan dari harga  $K_{sp}$  begitu juga sebaliknya.
5. Penambahan ion senama akan memperkecil kelarutan, tetapi ion senama tidak mempengaruhi harga tetapan hasil kali kelarutan, jika suhu tidak berubah.
6. Tingkat keasamaan larutan juga akan mempengaruhi kelarutan suatu senyawa.
7. Suatu senyawa akan mengendap jika hasil konsentrasi ion-ion dalam keadaan jenuh lebih besar daripada harga  $K_{sp}$ .



## Glosarium

**Kelarutan** Nilai konsentrasi maksimum yang dapat dicapai oleh suatu zat dalam larutan

**$K_{sp}$**  Hasil kali antara konsentrasi ion-ion dalam keadaan jenuh yang dipangkatkan dengan koefisien

**Ionisasi** Peristiwa atau proses pembentukan ion dari atom atau molekul netral

**Larutan jenuh** Suatu larutan dengan jumlah zat terlarut (molekul atau ion) yang telah maksimum pada suhu tertentu

**Larutan lewat jenuh** Suatu larutan dengan zat terlarut yang melebihi jumlah maksimum kelarutannya pada suhu tertentu

**Larutan tidak jenuh** Suatu larutan yang masih dapat melarutkan zat terlarutnya pada suhu tertentu

**pH** Ukuran keasamaan atau kebasaan suatu larutan

**Solut** Zat yang dilarutkan dalam pelarut

**Solven** Zat yang berperan sebagai pelarut

## Ulangan Harian



A Pilihlah jawaban yang tepat.

1. Jika  $K_{sp}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2$  pada suhu tertentu sama dengan  $4 \times 10^{-12}$ , maka kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dalam  $500 \text{ cm}^3$  larutan adalah ... M. (Mr  $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 58$ ).
  - A.  $58 \times 10^{-9}$
  - B.  $116 \times 10^{-9}$
  - C.  $29 \times 10^{-4}$
  - D.  $58 \times 10^{-4}$
  - E.  $116 \times 10^{-4}$
2. Diketahui kelarutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ , maka harga  $K_{sp}$   $\text{Ca}(\text{OH})_2$  adalah ....
  - A.  $1 \times 10^{-6}$
  - B.  $2 \times 10^{-6}$
  - C.  $4 \times 10^{-6}$
  - D.  $2 \times 10^{-4}$
  - E.  $4 \times 10^{-4}$
3. Hasil kali kelarutan  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  pada suhu 289 K adalah  $1,08 \times 10^{-19}$ , maka kelarutan  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  adalah sebesar ... mol  $\text{L}^{-1}$ .

- A.  $3,0 \times 10^{-7}$   
 B.  $3,22 \times 10^{-9}$   
 C.  $3,28 \times 10^{-9}$   
 D.  $6,56 \times 10^{-10}$   
 E.  $16,4 \times 10^{-10}$
4. Di antara senyawa berikut, yang memiliki kelarutan paling besar adalah ... (dinyatakan dalam mol L<sup>-1</sup>).
- A. BaCrO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 1,2 \times 10^{-10}$ )  
 B. BaSO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 1,1 \times 10^{-10}$ )  
 C. AgCl ( $K_{sp} = 1,8 \times 10^{-10}$ )  
 D. Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 1,1 \times 10^{-12}$ )  
 E. CaF<sub>2</sub> ( $K_{sp} = 3,4 \times 10^{-11}$ )
5. Kelarutan L(OH)<sub>2</sub> dalam air sebesar  $5 \times 10^{-4}$  mol/liter, maka larutan jenuh L(OH)<sub>2</sub> dalam air mempunyai pH sebesar ....
- A. 10,3  
 B. 11,0  
 C. 9,7  
 D. 3,7  
 E. 12,0
6. Larutan jenuh dari basa L(OH)<sub>2</sub> mempunyai pH = 10.  $K_{sp}$  basa tersebut adalah ....
- A.  $3,3 \times 10^{-16}$   
 B.  $4 \times 10^{-16}$   
 C.  $2,7 \times 10^{-15}$   
 D.  $4 \times 10^{-12}$   
 E.  $3,3 \times 10^{-5}$
7. Dalam suatu larutan terdapat ion Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, dan Pb<sup>2+</sup> dengan konsentrasi yang sama. Apabila larutan tersebut ditetesi dengan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, maka zat yang mula-mula mengendap ialah ....
- A. BaSO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 1,1 \times 10^{-10}$ )  
 B. CaSO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 2,4 \times 10^{-10}$ )  
 C. SrSO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 2,5 \times 10^{-7}$ )  
 D. PbSO<sub>4</sub> ( $K_{sp} = 1,7 \times 10^{-8}$ )  
 e. mengendap bersama-sama
8. 100 mL larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> sebesar  $2 \times 10^{-3}$  mol ditambahkan ke dalam 100 mL larutan netral yang merupakan campuran dari larutan garam KCl ( $10^{-3}$  mol), K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> ( $10^{-3}$  mol), dan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( $10^{-3}$  mol). Selanjutnya, campuran ini diaduk secara merata. Maka, endapan yang terbentuk adalah ... ( $K_{sp}$  PbCl<sub>2</sub> =  $1,7 \times 10^{-5}$ ;  $K_{sp}$  PbCrO<sub>4</sub> =  $2 \times 10^{-14}$ ;  $K_{sp}$  PbSO<sub>4</sub> =  $2 \times 10^{-5}$ ).
- A. PbSO<sub>4</sub> saja  
 B. PbCl<sub>2</sub> saja  
 C. PbCrO<sub>4</sub> saja  
 D. PbCl<sub>2</sub> dan PbCrO<sub>4</sub>  
 E. PbCrO<sub>4</sub> dan PbSO<sub>4</sub>
9. Hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ) untuk beberapa garam perak adalah sebagai berikut.  
 $K_{sp}$  AgCl =  $2 \times 10^{-10}$   
 $K_{sp}$  AgBr =  $3 \times 10^{-13}$   
 $K_{sp}$  Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> =  $8 \times 10^{-12}$   
 $K_{sp}$  Ag<sub>2</sub>S =  $6 \times 10^{-50}$   
 Manakah yang pelarutnya paling besar? (dinyatakan dalam mol L<sup>-1</sup>).
- A. AgBr  
 B. AgCl  
 C. Ag<sub>2</sub>S  
 D. Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
 E. AgBr dan AgCl
10. Kelarutan L(OH)<sub>2</sub> dalam air sebesar  $5 \times 10^{-4}$  mol/l, maka larutan jenuh L(OH)<sub>2</sub> mempunyai pH sebesar ....
- A. 10,3  
 B. 11  
 C. 9,7  
 D. 3,7  
 E. 12
11. Suatu larutan yang mengandung ion Cl<sup>-</sup> 0,01 mol dan ion CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0,001 mol ditambah ion Ag<sup>+</sup> sedikit demi sedikit. Maka, yang terjadi selanjutnya adalah ....
- A. AgCl mengendap dahulu  
 B. Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> mengendap dahulu  
 C. perlu Ag<sup>+</sup> lebih banyak untuk mengendapkan Cl<sup>-</sup> dalam AgCl  
 D. AgCl dan AgCrO<sub>4</sub> mengendap bersama-sama  
 E. tidak terjadi pengendapan
12. Kelarutan AgCl dalam NaCl  $10^{-2}$  M adalah ... M. ( $K_{sp}$  AgCl =  $1,7 \times 10^{-10}$ ).
- A. 0,01  
 B.  $1,34 \times 10^{-5}$

- C.  $1,78 \times 10^{-8}$   
 D.  $1,78 \times 10^{-10}$   
 E.  $17,8 \times 10^{-9}$
13. 10 mL  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dicampur dengan 20 mL  $\text{NaCl}$  0,006 M. Maka, yang terjadi selanjutnya adalah ... ( $K_{sp} \text{PbCl}_2 = 1,6 \times 10^{-5}$ ).  
 A. terjadi endapan  $\text{PbCl}_2$   
 B. tidak terjadi endapan  $\text{PbCl}_2$   
 C. terjadi endapan  $\text{NaCl}$   
 D. tidak terjadi endapan  $\text{NaCl}$   
 E. terjadi endapan  $\text{NaNO}_3$
14. Kelarutan  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  dalam air adalah  $2a$  mol/l, maka hasil kali kelarutan  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  adalah ....  
 A.  $36 a^4$   
 B.  $27 a^4$   
 C.  $12 a^4$   
 D.  $12 a^2$   
 E.  $432 a^4$
15. Suatu larutan mengandung  $\text{PbSO}_4$  jenuh dengan  $K_{sp}$  sebesar  $1,2 \times 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$ . Jika larutan tersebut diencerkan sampai 100 kali, maka kelarutan  $\text{PbSO}_4$  adalah ...  $\text{mol L}^{-1}$ .  
 A.  $1,2 \times 10^{-10}$   
 B.  $1,1 \times 10^{-12}$   
 C.  $1,1 \times 10^{-5}$   
 D.  $1,2 \times 10^{-7}$   
 E.  $1,2 \times 10^{-8}$
16. Harga  $K_{sp}$  yang terbentuk pada pelarutan 1,4 gram  $\text{PbCl}_2$  sebanyak 100 mL adalah ... ( $\text{Mr PbCl}_2 = 278$ ).  
 A.  $12,5 \times 10^{-5}$   
 B.  $1 \times 10^{-4}$   
 C.  $5 \times 10^{-4}$   
 D.  $12,5 \times 10^{-4}$   
 E.  $7,5 \times 10^{-3}$
17. Jika  $K_{sp} \text{CaCO}_3 = 2,5 \cdot 10^{-2}$ , maka massa  $\text{CaCO}_3$  yang terdapat dalam 500 mL larutan jenuh adalah ... gram. ( $\text{Mr CaCO}_3 = 100$ ).  
 A.  $2,5 \times 10^{-3}$   
 B.  $2,5 \times 10^{-2}$   
 C.  $5,0 \times 10^{-2}$   
 D.  $5,0 \times 10^{-3}$   
 E.  $3,0 \times 10^{-3}$
18. Kelarutan  $\text{AgCl}$  dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,2 M adalah ... M. ( $K_{sp} \text{AgCl} = 10^{-10}$ ).  
 A.  $5,0 \times 10^{-10}$   
 B.  $5,0 \times 10^{-8}$   
 C.  $2,5 \times 10^{-10}$   
 D.  $2,5 \times 10^{-8}$   
 E.  $3,0 \times 10^{-8}$
19. Kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam air adalah  $10^{-4}$  M, maka kelarutan  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  dalam larutan  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  adalah ... M.  
 A.  $3,0 \times 10^{-5}$   
 B.  $2,5 \times 10^{-5}$   
 C.  $2,0 \times 10^{-5}$   
 D.  $1,5 \times 10^{-5}$   
 E.  $1,0 \times 10^{-5}$
20. Larutan jenuh  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  mempunyai  $\text{pH} = 11$ , maka harga  $K_{sp} \text{Zn}(\text{OH})_2$  adalah ....  
 A.  $10^{-14}$   
 B.  $10^{-12}$   
 C.  $10^{-10}$   
 D.  $10^{-9}$   
 E.  $10^{-6}$

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Apakah yang dimaksud dengan kelarutan? Berilah contohnya dalam kehidupan sehari-hari.
- Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi kelarutan suatu zat.
- Berdasarkan besar kecilnya kelarutan suatu zat, larutan dibedakan menjadi tiga. Sebutkan dan berilah penjelasan secukupnya.
- Bagaimana pengaruh ion senama pada kelarutan? Jelaskan jawaban kalian.
- Tuliskan rumus  $K_{sp}$  untuk senyawa-senyawa berikut.
  - $\text{AgCl}$
  - $\text{Mg}(\text{OH})_2$
  - $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$
  - $\text{BaCl}_2$
  - $\text{Fe}(\text{OH})_3$

6. Jika kelarutan  $\text{BaSO}_4$  dalam larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $0,1 \text{ M}$  adalah  $2 \times 10^{-4}$  molar, berapakah  $K_{sp}$   $\text{BaSO}_4$  pada suhu yang sama?
7. Jika larutan  $\text{MCl}_2$   $0,2 \text{ M}$  dinaikkan  $pH$ -nya dengan cara menambahkan  $\text{NaOH}$  padat, maka pada  $pH$  berapakah mulai terbentuk endapan? ( $K_{sp} \text{M(OH)}$   $1,2 \times 10^{-11}$ ).
8. Pada suhu  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $K_{sp} \text{Mg(OH)}_2$  adalah  $10^{-12}$ . Berapakah mol  $\text{MgCl}_2$  yang harus ditambahkan dalam 1 liter larutan  $\text{NaOH}$  dengan  $pH = 12 + \log 5$ , agar diperoleh larutan jenuh  $\text{Mg(OH)}_2$ ?
9. Larutan yang mengandung ion  $\text{Cl}^-$   $0,02 \text{ M}$  dan  $\text{Br}^-$   $0,01 \text{ M}$  ditetesi  $\text{AgNO}_3$ . Hitunglah konsentrasi ion  $\text{Ag}^+$  yang terdapat dalam larutan, agar terjadi endapan  $\text{AgBr}$ . ( $K_{sp} \text{AgCl} = 1,6 \times 10^{-10}$  dan  $K_{sp} \text{AgBr} = 7,7 \times 10^{-13}$ ).
10. Pada suhu  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $20 \text{ mL}$   $\text{AgNO}_3$   $10^{-5} \text{ M}$  ditambahkan dalam  $40 \text{ mL}$   $\text{NaCl}$   $10^{-5} \text{ M}$ . Apakah terbentuk endapan pada campuran kedua senyawa tersebut? ( $K_{sp} \text{AgCl} = 1,6 \times 10^{-10}$ ).

# B a b XI

## Koloid



50.000 Photo Art

**P**ada sore hari, ketika matahari mulai terbenam, terlihat garis-garis sinar matahari yang menembus awan. Pada garis-garis sinar tersebut tampak ada penghamburan cahaya. Mengapa demikian?

Partikel-partikel koloid yang ada di udara akan menghamburkan cahaya matahari yang mengenainya sehingga tampak sebagai garis-garis sinar. Nah, peristiwa penghamburan cahaya tersebut merupakan salah satu sifat yang dimiliki oleh koloid. Apakah yang dimaksud dengan koloid itu? Apa saja sifat-sifatnya? Bagaimana peranannya dalam kehidupan? Dapatkan jawabannya pada bab ini.

## Kata Kunci

- Koloid
- Efek Tyndall
- Gerak Brown
- Dialisis
- Elektroforesis
- Emulsi
- Koagulasi
- Koloid liofil
- Koloid liofob



Peristiwa terhamburnya cahaya ketika cahaya matahari melewati awan pada waktu sore hari, merupakan fenomena yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Peristiwa terhamburnya cahaya matahari tersebut disebabkan oleh adanya materi yang terdapat di udara yang membentuk suatu sistem, yaitu koloid.

Dalam kehidupan sehari-hari, tanpa disadari, sebenarnya kita banyak memanfaatkan sistem koloid. Oleh karena itu, kalian perlu mempelajari sistem koloid lebih detail. Dengan mempelajari bab ini, kalian dapat mengelompokkan contoh koloid yang ada di sekitar kalian ke dalam jenis koloid tertentu. Selain itu, kalian juga dapat mengetahui sifat-sifat koloid, cara membuatnya, serta peranannya dalam kehidupan.

## Khazanah

Koloid berasal dari kata Yunani, *kolla* yang berarti 'lem'. Lem pada zaman dulu adalah suatu dispersi koloidal dalam air.

Brady, 1999, hlm. 575

### A. Sistem Koloid

Awan yang berperan dalam peristiwa penghamburan cahaya matahari merupakan salah satu contoh sistem koloid. Selain awan, sebenarnya kalian sering melihat atau menggunakan bahan-bahan yang termasuk dalam koloid, seperti susu, santan, dan minyak. Selain contoh-contoh tersebut, bahan-bahan apa saja yang termasuk dalam koloid? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, coba kalian lakukan percobaan berikut.

## Aktivitas

### Mengamati Perbedaan antara Suspensi Kasar, Koloid, dan Larutan Sejati

#### A. Dasar Teori

Campuran dapat dikelompokkan menjadi larutan sejati, koloid, dan suspensi. Apabila campuran tersebut terdistribusi secara homogen, campuran tersebut dinamakan larutan sejati. Apabila campuran terpisah menjadi dua fase dan dapat dipisahkan dengan penyaringan, campuran tersebut dinamakan suspensi, sedangkan jika tidak dapat dipisahkan dengan penyaringan campuran tersebut dinamakan koloid.

Larutan sejati, koloid, dan suspensi mempunyai ukuran partikel solut yang berlainan, sehingga ada yang lolos dari penyaringan dan ada yang tidak. Perbedaan ukuran partikel solut tersebut juga menyebabkan campuran tersebut memiliki sifat khusus yang tidak dimiliki oleh campuran lainnya.

Syukri, 1999, Hlm. 453

#### B. Tujuan Percobaan

Membagi campuran dalam suspensi kasar, sistem koloid, dan larutan sejati. Lalu, menyebutkan perbedaan ketiganya

#### C. Alat dan Bahan Percobaan

##### Alat Percobaan:

- 5 buah gelas beker 250 mL
- Corong
- Pengaduk
- 3 buah labu erlenmeyer
- Kertas saring
- 3 buah sendok makan
- Lampu senter

##### Bahan Percobaan:

- Gula pasir
- Susu bubuk putih
- Terigu
- Air
- Santan
- Kecap

#### D. Langkah Percobaan

1. Masukkan masing-masing 200 mL santan dan 100 mL kecap ke dalam dua buah gelas beker.
2. Tuangkan 200 mL air masing-masing ke dalam tiga buah gelas beker 250 mL. Masukkan masing-masing 5 sendok makan gula pasir, susu bubuk, dan terigu ke dalam ketiga gelas beker.
3. Aduklah hingga merata (bercampur semua).
4. Saringlah kelima larutan di atas, kemudian amatilah apa yang terjadi.
5. Sorotlah masing-masing beker tersebut.
6. Amatilah berkas sinar cahaya dengan arah tegak lurus.
7. Manakah larutan yang dapat meneruskan cahaya?

#### E. Hasil Percobaan

Coba isilah tabel di bawah ini dengan memberikan tanda V berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Campuran	Keruh	Bening	Timbul endapan	Dapat disaring	Tidak dapat disaring	Sinar diteruskan	Sinar dihamburkan
Air + gula pasir							
Air + susu bubuk							
Air + terigu							
Santan							
Kecap							

#### F. Pembahasan

Untuk memperjelas percobaan ini, coba kalian jawab pertanyaan berikut.

1. Sebutkan campuran mana yang terlihat bening.
2. Sebutkan campuran mana yang timbul endapan.
3. Sebutkan campuran mana yang dapat disaring.
4. Sebutkan campuran mana yang dapat meneruskan sinar.
5. Sebutkan campuran mana yang dapat menghamburkan sinar.

#### G. Kesimpulan

Apa kesimpulan dari percobaan ini? Campuran manakah yang termasuk larutan sejati, suspensi, dan koloid? Bagaimana sifat masing-masing?

Diskusikan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan, kemudian kumpulkan hasilnya kepada guru kalian.

Setelah melakukan percobaan di atas, tentu kalian dapat mengelompokkan jenis-jenis campuran, bukan? Larutan gula merupakan contoh larutan sejati. Dalam larutan tersebut, ukuran-ukuran partikelnya adalah sebesar molekul atau ion-ion, sehingga ukurannya sangat kecil. Partikel ini tersebar merata dan menghasilkan satu fase yang homogen sehingga tidak dapat dipisahkan. Dari hasil pengamatan dengan mikroskop ultra, diketahui bahwa ukuran partikel larutan sejati adalah  $0,1-1\mu\text{m}$ . Larutan sejati bersifat stabil (tidak dapat memisah) dan tidak dapat disaring. Contoh larutan sejati yang lain adalah larutan garam, alkohol, larutan cuka, bensin, dan air laut.



**Gambar 11.1**  
Larutan gula termasuk salah satu contoh larutan sejati.



**Gambar 11.2**  
Campuran semen dan air termasuk salah satu contoh suspensi kasar.



**Gambar 11.3**  
Susu termasuk salah satu contoh koloid.

Nah, sekarang bagaimana campuran antara tepung terigu dengan air? Campuran tersebut termasuk dalam suspensi kasar. Ukuran partikel yang terdapat dalam suspensi kasar lebih besar dari 100  $\mu\text{m}$ . Suspensi kasar pada umumnya dapat kalian lihat dengan menggunakan mikroskop biasa, bahkan dengan mata telanjang. Suspensi kasar terdiri atas dua fase dan bersifat heterogen, sehingga mudah sekali dipisahkan. Salah satu cara memisahkan suspensi kasar adalah dengan melakukan penyaringan. Selain itu, suspensi kasar juga bersifat tidak stabil, sehingga setelah dilakukan pengadukan secara terus menerus kemudian dibiarkan, maka akan terjadi pengendapan. Contoh suspensi kasar yang lain adalah campuran kopi bubuk dengan air, campuran air dengan minyak, dan campuran pasir dengan air sungai.

Selanjutnya bagaimana dengan campuran antara susu bubuk dengan air? Campuran tersebut menghasilkan suatu “larutan” yang keruh. Sepintas campuran ini tampak homogen, sehingga tidak dapat dipisahkan maupun disaring. Namun, ternyata setelah dilihat dengan mikroskop ultra, partikel-partikel susu tersebut masih tersebar dalam air. Sistem campuran seperti susu ini disebut **koloid**. Ukuran partikel koloid relatif kecil antara 1–100  $\mu\text{m}$ , maka hanya dapat disaring dengan filter ultra atau kolodium yang mempunyai ukuran diameter pori-pori saringan 1  $\mu\text{m}$ . Susu yang termasuk salah satu contoh koloid, memiliki ukuran partikel solut yang berada di antara partikel larutan dan partikel suspensi kasar. Karena partikel koloid tersebar merata dalam mediumnya, maka di sini tidak digunakan istilah solut dan solven, melainkan **fase terdispersi** dan **pendispersi**. Jadi, koloid termasuk campuran yang heterogen dan merupakan sistem dua fase. Susu bubuk yang terdapat di dalam koloid ini disebut zat yang didispersikan atau fase terdispersi, sedangkan air merupakan medium untuk mendispersikan atau medium dispersi. Contoh koloid yang lain adalah santan, cat, asap, jeli, sabun, buih, busa, dan batu apung.

## Kilas BALIK

Pada pembahasan materi larutan, kalian telah mengetahui bahwa partikel-partikel yang ada dalam larutan terdispersi secara merata membentuk larutan homogen yang membentuk satu fase.

Nah, jika partikel-partikel tersebut tidak terlarut sempurna dalam mediumnya, maka akan terbentuk suatu sistem yang baru. Kemungkinan sistem yang baru itu akan membentuk suspensi atau koloid.



## Diskusi

Dari uraian dan hasil percobaan di depan, diskusikan perbedaan antara larutan, koloid dan suspensi kasar dengan mengisi titik-titik pada tabel di bawah ini.



**Tabel 11.1 Perbedaan Sifat Larutan, Koloid, dan Suspensi**

Perbedaan	Larutan	Koloid	Suspensi
Sifat fisik	- .... - Zat terdispersi dan medium pendispersi tidak dapat diamati dengan mata biasa	- Keruh - ....	- .... - Zat terdispersi dan medium pendispersi dapat diamati dengan mata biasa

Koagulasi	- ....	- Ada yang bisa dan ada tidak bisa mengendap	- ....
Pemisahan	- Tidak dapat disaring	- ....	- Disaring dengan kertas saring biasa
Berkas sinar	- ....	- Dihamburkan	- ....

Dari uraian di atas, kalian telah mengetahui contoh-contoh sistem koloid dalam kehidupan sehari-hari. Kalian juga telah mengetahui perbedaan sifat antara koloid dengan larutan dan suspensi. Selanjutnya apa saja jenis-jenis koloid itu? Ikutilah penjelasan pada subbab berikut.

## B. Jenis-jenis Koloid

Ada berapa jeniskah koloid itu? Sebelum kalian mempelajari jenis-jenis koloid, cobalah ingat-ingat kembali pengertian koloid. Sistem koloid terdiri atas dua fase, yaitu fase terdispersi dan fase pendispersi (medium dispersi). Berdasarkan fase terdispersi dan pendispersinya tersebut, koloid dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yakni:

### 1. Sol

Apakah yang dimaksud sol? Ada berapa jeniskah sol itu? Apa saja contohnya? Untuk mengetahui jawabannya, isilah tabel berikut terlebih dahulu. Diskusikanlah bersama teman-teman kalian.

## Tugas

No.	Fase Terdispersi	Fase Pendispersi	Nama	Contoh
1.	Padat	.....	Sol padat	Kaca, ....
2.	....	Cair	Sol	Cat, sol sabun, ....
3.	Padat	.....	Aerosol padat	Asap, ....



Kaca, cat, dan asap termasuk beberapa contoh sol. Fase terdispersinya adalah padat, sehingga sistem koloid yang mengandung fase terdispersi padat disebut **sol**. Kaca memiliki fase pendispersi padat sehingga disebut **sol padat** (padat dalam padat). Contoh yang lain adalah intan, mutiara, gelas berwarna, dan opal. Cat termasuk **sol cair** (padat dalam cair) karena fase pendispersinya adalah cair. Istilah sol biasanya digunakan untuk menyatakan sol cair. Contoh sol cair antara lain tinta, kanji, jeli, sol emas,



Gambar 11.4  
Tinta termasuk salah satu contoh sol.



Gambar 11.5  
Asap termasuk salah satu contoh sol.

## Khazanah

Kabupaten Raja Ampat, Papua adalah salah satu daerah pembudidayaan mutiara di Indonesia. Daerah tersebut mempunyai keadaan alam yang mendukung pembudidayaan mutiara, antara lain lokasi yang terlindung dari angin dan gelombang yang besar, bebas pencemaran, perairan yang subur serta kaya akan makanan alami, tingkat kecerahan cuaca yang cukup tinggi, serta dasar perairan pasir karang yang memiliki kedalaman air 15-25 m dan kadar garam 30-34 ppt, serta suhu 25-28 °C.

www.infopapua.com



Gambar 11.6  
Keju dan minyak termasuk salah satu contoh emulsi.

dan sol belerang. Sedangkan asap memiliki fase pendispersi gas sehingga disebut **sol gas** (padat dalam gas). Contoh yang lain adalah debu. Sol gas juga sering disebut **aerosol padat**.

## 2. Emulsi

Apakah yang dimaksud dengan emulsi? Ada berapa jenis emulsi itu? Apa saja contohnya? Untuk mengetahui jawabannya, isilah tabel berikut terlebih dahulu. Diskusikanlah bersama teman-teman kalian.

### Tugas

No.	Fase Terdispersi	Fase Pendispersi	Nama	Contoh
1.	....	Padat	Emulsi padat	Keju, ....
2.	Cair	....	Emulsi	Santan, minyak ikan, ....
3.	....	Gas	Aerosol cair	Awan, ....



Keju, santan, dan awan termasuk salah satu contoh emulsi. Fase terdispersinya adalah cair, sehingga sistem koloid yang mengandung fase terdispersi cair disebut **emulsi**. Keju memiliki fase pendispersi padat sehingga disebut **emulsi padat** (cair dalam padat). Contoh yang lain adalah mentega dan mutiara. Santan dan minyak ikan termasuk **emulsi cair** (cair dalam cair) atau sering disebut emulsi saja. Contoh emulsi yang lain adalah susu, lateks, mayones, dan minyak bumi.

Coba kalian perhatikan antara susu dan minyak ikan. Zat cair dalam sistem koloid tersebut tidak bercampur satu sama lain. Oleh karena itu, syarat terjadinya emulsi (emulsi cair) adalah kedua jenis zat cair tersebut tidak saling melarutkan, seperti minyak dengan air. Sehingga dikenal istilah emulsi minyak dalam air (*oil in water*), seperti susu, santan, dan lateks. Selain itu dikenal juga emulsi air dalam minyak (*water in oil*), seperti mayones, minyak bumi, dan minyak ikan. Bagaimana dengan awan? Nah, karena awan memiliki fase pendispersi gas, maka ia disebut **aerosol cair** (cair dalam gas). Contoh yang lain adalah kabut, semprot rambut, parfum, dan cat semprot.

## 3. Buih

Apakah yang dimaksud dengan buih? Ada berapa jenis buih itu? Apa saja contohnya? Untuk mengetahui jawabannya isilah tabel berikut terlebih dahulu. Diskusikanlah bersama teman-teman kalian.

### Tugas

No.	Fase Terdispersi	Fase Pendispersi	Nama	Contoh
1.	....	Padat	Buih padat	Batu apung, ....
2.	Gas	....	Buih	Buih sabun, ....



Batu apung dan buih sabun termasuk salah satu contoh buih. Keduanya memiliki fase terdispersi yang sama, yaitu gas, sehingga sistem koloid yang mengandung fase terdispersi gas disebut **buih**. Batu apung memiliki fase pendispersi padat sehingga disebut **buih padat** (gas dalam padat) atau ada juga yang menyebut busa. Contoh yang lain adalah karet busa dan kerupuk.

Buih sabun termasuk **buih cair** (gas dalam cair) atau sering disebut buih saja. Contohnya antara lain buih air dan krim kocok. Sistem koloid dengan fase terdispersi dan fase pendispersinya gas tidak ada karena campuran gas dengan gas membentuk larutan yang homogen, sedangkan koloid tergolong campuran yang heterogen.

Setelah kalian mempelajari uraian di atas, kalian dapat menyimpulkan bahwa berdasarkan fase terdispersi dan medium pendispersinya, sistem koloid dibedakan menjadi delapan macam. Untuk lebih jelasnya, amati Tabel 11.2 berikut.

Tabel 11.2 Jenis-jenis Koloid

Fase Terdispersi	Fase Pendispersi	Nama Koloid	Contoh
Padat	Padat	Sol padat	Gelas warna, intan hitam, perunggu
Padat	Cair	Sol	Sol emas, tinta, cat
Padat	Gas	Aerosol padat	Asap, debu
Cair	Padat	Emulsi padat	Mutiara, keju
Cair	Cair	Emulsi	Susu, santan, minyak ikan
Cair	Gas	Aerosol cair	Kabut, awan, semprot rambut
Gas	Padat	Buih padat	Karet busa, batu apung
Gas	Cair	Buih (busa)	Busa sabun, krim kocok

Petrucci & Suminar III, 1989, hlm. 83 (dengan pengembangan)



Gambar 11.7 Batu apung termasuk contoh buih

## Khazanah

Sistem koloid merupakan salah satu cara untuk mencampur zat-zat yang tidak saling melarutkan secara homogen seperti minyak dengan air yang dapat dibentuk oleh sabun, mayones maupun mentega sehingga dapat homogen dan cenderung stabil.

Oxtoby, 2001, hlm. 178

## Diskusi

Kalian telah mengetahui sistem koloid dan jenis-jenisnya, bukan? Nah, sekarang dari hasil percobaan yang telah kalian lakukan di depan, cobalah identifikasi fase terdispersi dan pendispersi dari koloid yang digunakan dalam percobaan tersebut. Kemudian diskusikan dengan kelompok kalian, termasuk dalam jenis koloid yang manakah koloid tersebut.





Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apakah yang dimaksud dengan koloid? Jelaskan.
2. Apakah yang dimaksud dengan larutan sejati? Jelaskan dan beri contohnya.
3. Apakah apakah yang dimaksud dengan suspensi? Jelaskan dan beri contohnya.
4. Jelaskan perbedaan sifat larutan, koloid, dan suspensi.
5. Berdasarkan fase terdispersi dan fase pendispersinya, ada berapa jenis koloid? Sebutkan.
6. Apakah yang dimaksud dengan emulsi?
7. Kelompokkan benda-benda berikut, tergolong jenis koloid yang mana:
  - a. telur
  - b. agar-agar
  - c. roti
  - d. susu
  - e. krim pelembab
  - f. pasta gigi
  - g. bensin
  - h. aspal
  - i. minyak pelumas
  - j. embun



Dok. PIM

Gambar 11.8

Sorot lampu mobil yang terjadi di daerah berkabut merupakan salah satu contoh sifat optik koloid.

## C. Sifat-sifat Koloid

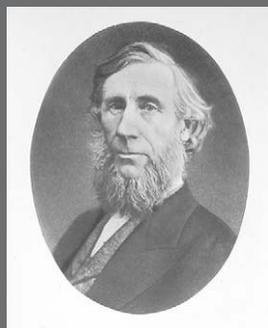
Selain peristiwa penghamburan cahaya matahari yang menembus awan di pagi atau sore hari, contoh lain yang menunjukkan sifat koloid adalah sorot lampu mobil yang terjadi di daerah berkabut. Coba, amatilah apa yang terjadi. Ternyata sama dengan pada saat sinar matahari menembus awan, yaitu terjadi penghamburan cahaya oleh partikel-partikel, sehingga tampak lintasan berkas sinar tersebut. Peristiwa-peristiwa tersebut merupakan salah satu sifat optik dari koloid atau yang dikenal dengan Efek Tyndall. Berikut sifat-sifat yang dimiliki oleh koloid.

### 1. Efek Tyndall

Sistem koloid biasanya keruh, tetapi ada beberapa yang tampak bening seperti larutan. Bagaimana cara membedakan larutan sejati dengan koloid?

Pada percobaan sebelumnya, sebenarnya kalian telah melakukan percobaan tentang Efek Tyndall. Dari hasil percobaan tersebut, ternyata ada larutan yang meneruskan cahaya dan ada larutan yang menghamburkan cahaya. Meskipun tidak tampak dengan mata maupun mikroskop biasa, partikel-partikel koloid dapat dipengaruhi oleh cahaya tampak sehingga terjadi penghamburan cahaya. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikelnya yang cocok untuk menyebabkan cahaya tersebar dengan sudut-sudut yang besar. Jadi, Efek Tyndall adalah **peristiwa penghamburan cahaya oleh partikel-partikel koloid sehingga tampak lintasan berkas sinar tersebut**. Peristiwa penghamburan ini terjadi karena partikel-partikel koloid mempunyai ukuran yang cocok untuk ditembus oleh cahaya.

## Khazanah



www.khazanah.org

Gambar 11.8

John Tyndall (1820-1893) adalah ilmuwan asal Irlandia yang pertama menemukan cara membunuh bakteri dalam susu. Ia juga meneliti radiasi panas, uap air yang membentuk awan, hidrokarbon, dan  $\text{CO}_2$

www.chem-is-try.org

## Diskusi

Coba diskusikan dengan teman kalian, mengapa larutan sejati dan suspensi kasar tidak memiliki Efek Tyndall?



## 2. Gerak Brown

Apa yang kalian lihat ketika cahaya dilewatkan pada sistem koloid? Ternyata partikel koloid dapat menghamburkan cahaya. Jika diamati dengan mikroskop optik, terlihat bahwa partikel koloid selalu bergerak ke segala arah karena partikel tersebut bebas dalam mediumnya. Gerakannya selalu lurus dan akan patah jika bertabrakan dengan partikel lain. Gerak zig-zag partikel koloid ini disebut Gerak Brown. Nama Brown diambil dari nama Robert Brown, botaniawan asal Skotlandia yang mengamati gerakan partikel tepung sari dalam air di bawah mikroskop. Energi yang menyebabkan terjadinya gerak Brown adalah energi kinetik yang dihasilkan oleh partikel koloid yang terdispersi dalam medium pendispersi yang senantiasa bergerak bebas. Gerakan bebas partikel koloid terdispersi ini, menyebabkan terjadinya tumbukan yang tidak seimbang dengan partikel-partikel pendispersi yang lebih besar, sehingga terjadilah Gerak Brown.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, partikel-partikel koloid mampu menghamburkan cahaya karena adanya Gerak Brown. Seperti pada aliran arus listrik, dimana elektron-elektron selalu bergerak, partikel-partikel koloid juga bergerak. Apakah gerakan tersebut juga dapat membuat koloid bermuatan listrik? Untuk mengetahui jawabannya, simaklah uraian berikut.

## 3. Muatan Listrik Koloid

Pernahkah kalian berpikir bahwa ternyata koloid bermuatan listrik dan mampu menghantarkan listrik seperti halnya larutan elektrolit? Bagaimanakah caranya? Coba kalian perhatikan penjelasan berikut.

### a. Adsorpsi

Bagaimana cara partikel koloid dapat bermuatan listrik? Pada permukaan partikel koloid bekerja **Gaya Van der Waals** terhadap ion atau molekul lain yang berada di sekitarnya, sehingga mampu menyerap ion atau muatan listrik. Hal ini menyebabkan koloid menjadi bermuatan listrik. Melekatnya partikel lain pada permukaan koloid disebut adsorpsi. Suatu koloid pada umumnya hanya mengadsorpsi ion positif atau negatif saja. Contohnya, koloid  $As_2S_3$  bermuatan negatif karena mengadsorpsi ion negatif, sedangkan koloid  $Fe(OH)_3$  menjadi bermuatan positif setelah mengadsorpsi  $H^+$ .

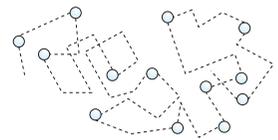
### b. Elektroforesis

Kalian telah mempelajari bagaimana koloid dapat bermuatan, yaitu dengan cara adsorpsi. Selanjutnya bagaimana cara untuk menentukan muatan koloid tersebut? Muatan koloid dapat diketahui dengan mencelupkan batang elektroda ke dalam sistem koloid. Koloid yang bermuatan positif akan tertarik (berkumpul) ke elektroda negatif, sedangkan koloid yang bermuatan negatif akan tertarik ke elektroda positif. Pergerakan partikel koloid dalam medan listrik ini disebut elektroforesis.

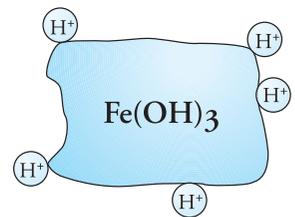
## Khazanah



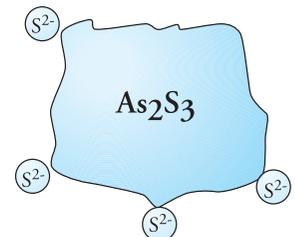
Gambar 11.8  
Robert Brown, penemu gerak Brown pada tepung sari



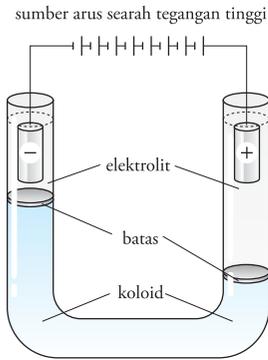
Gambar 11.9  
Gambar sketsa gerak Brown di bawah mikroskop ultra



Gambar 11.10  
Koloid  $Fe(OH)_3$  bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion  $H^+$ .



Gambar 11.11  
Sol  $As_2S_3$  mengadsorpsi ion negatif sehingga bermuatan negatif.



Gambar 11.12  
Proses elektroforesis

## Tugas

Kalian telah mengetahui cara menentukan muatan koloid, yaitu dengan elektroforesis. Prinsip elektroforesis koloid dapat dimanfaatkan dalam berbagai proses. Carilah artikel-artikel tentang proses yang memanfaatkan prinsip elektroforesis koloid, buat rangkuman dari masing-masing artikel lalu gabungkan menjadi sebuah klipng. Kumpulkan tugas kalian kepada guru di kelas.

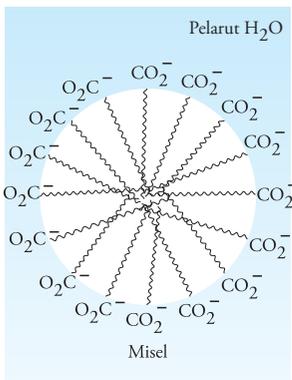


Pada subbab sebelumnya, kalian telah mempelajari tentang sifat-sifat koloid, yaitu adanya Efek Tyndall dan Gerak Brown. Dengan adanya gerak Brown, partikel-partikel koloid terus bergerak sehingga koloid tetap stabil. Bagaimana kestabilan koloid tersebut jika partikel-partikel koloid tidak lagi bergerak? Adakah hubungan antara gerak Brown dengan kestabilan koloid?

## Khazanah

Dalam istilah kimia, emulgator sering disebut juga dengan surfaktan atau zat aktif permukaan. Zat ini dapat meningkatkan sifat rambatan suatu cairan pada suatu obyek. Sifat zat semacam ini dimanfaatkan untuk menurunkan tegangan permukaan suatu cairan, sehingga dua jenis cairan yang berbeda dapat bercampur dengan ditambahkan surfaktan.

Mulyono, 2006, hlm. 398



Gambar 11.13  
Emulsi minyak dalam air (o/w). Ekor dari anion asam lemak yang hidrofobik akan bercampur, sehingga kepalanya yang bermuatan negatif dan bersifat hidrofilik akan mengarah ke pelarut air.

## 4. Kestabilan Koloid

Pernahkah kalian mengamati apa yang terjadi jika susu atau darah didiamkan tanpa ada pengaruh dari luar? Ternyata koloid tersebut mengalami pengendapan dan akhirnya menggumpal. Penggumpalan ini disebabkan oleh adanya penetralan muatan partikel koloid oleh ion yang berlawanan dengan muatan koloid, sehingga mengakibatkan terjadinya penggabungan partikel-partikel koloid menjadi suatu agregat yang lebih besar. Bagaimana caranya agar tidak terjadi penggumpalan supaya koloid tersebut tetap stabil? Perhatikanlah uraian berikut.

### a. Penambahan ion

Kalian telah mengetahui bahwa koloid dapat bermuatan dengan cara menyerap ion. Setelah partikel koloid bermuatan, maka akan terjadi tolak-menolak sesamanya sehingga tidak akan terjadi penggumpalan dan tetap stabil. Contohnya, koloid  $\text{Fe}_2\text{CO}_3$  menjadi stabil ketika ditambahkan/menyerap ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

### b. Dialisis

Telah dijelaskan di atas bahwa terjadinya penggumpalan koloid disebabkan adanya ion yang bermuatan berbeda dengan koloid tersebut sehingga menjadi netral. Cara mencegah koagulasi tersebut adalah dengan mengeluarkannya secara dialisis. Dialisis adalah proses mengeluarkan ion yang ada dalam koloid dengan cara memasukkan koloid ke dalam kantong yang terbuat dari selaput semipermeabel, kemudian dialiri cairan murni secara terus-menerus, maka molekul kecil atau ion yang terdapat dalam koloid akan menembus selaput semipermeabel dan terbawa keluar, sehingga koloid akan stabil dan murni kembali.

### c. Penambahan emulgator

Kalian tentu mengetahui bahwa jika air dan minyak tidak dapat dicampur. Tetapi, jika keduanya dikocok dengan kuat, akan terjadi suatu koloid minyak dalam air (*oil in water*). Keadaan koloid ini

tidak akan stabil dan bertahan lama karena air dan minyak tetap akan memisah. Namun, jika kalian menambahkan sabun dalam campuran tersebut, maka partikel minyak tetap akan teremulsi dalam air membentuk misel-misel. Sabun di sini bertindak sebagai emulgator minyak dalam air.

## 5. Koagulasi (penggumpalan)

Pernahkah kalian membuka cat kaleng yang sudah lama tidak digunakan? Cobalah, amati apa yang terjadi pada cat tersebut. Ternyata cat tersebut mengalami koagulasi (penggumpalan). Mengapa koagulasi dapat terjadi? Bagaimana caranya? Simaklah penjelasan berikut.

Koagulasi dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu:

### a. Elektroforesis

Pada subbab sebelumnya, kalian telah mempelajari proses elektroforesis. Dalam elektroforesis, koloid diberi arus listrik sehingga partikel bergerak ke elektroda yang berlawanan muatannya. Hal ini menyebabkan partikel menjadi netral dan akhirnya menggumpal serta mengendap di sekitar elektroda.

### b. Pemanasan

Jika dipanaskan, koloid akan terkoagulasi karena energi partikelnya menjadi lebih besar dan tumbukan antarpartikel pun semakin meningkat. Sehingga partikel-partikel koloid menggumpal dan akhirnya mengendap.

### c. Penambahan elektrolit

Telah disebutkan di depan bahwa koloid ternyata dapat bermuatan. Jika muatan tersebut dihilangkan, maka kestabilan akan berkurang dan menyebabkan penggumpalan. Apabila ke dalam suatu koloid ditambahkan elektrolit, koloid tersebut dapat menyerap ion sehingga akan terkoagulasi, misalnya koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Jika ditambahkan ion negatif seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ , maka koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  akan distabilkan oleh ion  $\text{Fe}^{3+}$  dengan cara teradsorpsi di permukaannya.  $\text{Fe}^{3+}$  di permukaan itu akan terlepas dan membentuk  $\text{FePO}_4$ . Akibatnya, koloid menjadi tidak stabil dan terkoagulasi.

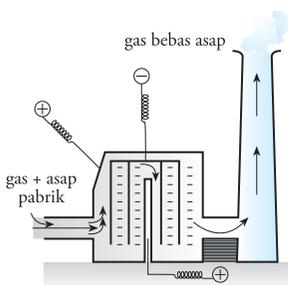
### d. Pencampuran dua macam koloid

Pencampuran dua koloid yang berlawanan muatan dapat menyebabkan terjadinya koagulasi. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik listrik antara kedua muatan koloid. Pada permukaan partikel koloid terjadi penyerapan ion. Penyerapan muatan ion ini akan membuat partikel koloid bertambah besar, sehingga dapat mengendap. Misalnya, sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang memiliki muatan positif akan mengendap bila dicampur dengan sol  $\text{As}_2\text{S}_3$  yang bermuatan negatif.

Jika kita mau mengamati, sebenarnya banyak sekali peristiwa koagulasi yang terjadi sehari-hari. Bahkan, dalam bidang industri pun banyak yang memanfaatkan koagulasi untuk proses produksinya. Berikut beberapa contoh penerapan koagulasi dalam kehidupan sehari-hari dan industri.



Gambar 11.14  
Cat yang menggumpal karena hilangnya kestabilan.



Gambar 11.15  
Alat Cottrel

- Pembentukan delta sungai. Sewaktu air sungai yang mengandung partikel lempung yang tersuspensi (koloid lempung) bertemu dengan elektrolit-elektrolit dari air laut, maka koloid lempung memisah dan membentuk endapan sehingga terbentuklah delta di muara sungai.
- Gas buangan yang berasal dari pabrik yang mengandung asap dan partikel berbahaya dapat diatasi dengan menggunakan alat yang disebut Cottrel. Asap tersebut dimasukkan ke dalam ruangan bertegangan listrik tinggi, sehingga elektron akan mengionkan molekul udara. Partikel asap akan menyerap ion positif dan tertarik ke elektroda negatif, lantas menggumpal di sana. Akhirnya gas keluar dalam bentuk padatan.
- Penggumpalan lateks dengan menambahkan asam format. Lateks adalah koloid karet dalam air yang berupa sol bermuatan negatif. Jika ditambahkan ion positif, lateks akan menggumpal dan terbentuk seperti cetakan.

## Khazanah

Asam format, asam organik dengan rumus kimia  $\text{HCOOH}$ , merupakan zat cair yang tidak berwarna, berbau tajam dan apabila terkena kulit maka kulit menjadi berkeriat. Asam format dihasilkan oleh beberapa jenis semut dan serangga lainnya, tetapi ada pula yang disintesis. Senyawa ini digunakan pada industri kimia untuk penyamakan kulit dan industri tekstil untuk pencelupan.

Mulyono, 2006, hlm. 32

## Tugas

Kalian telah mengetahui contoh koagulasi dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Nah, sekarang coba cari 5 contoh lainnya. Kerjakan pada buku tugas, lalu kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru di kelas.



Dari uraian di atas, kalian telah mengetahui tentang sifat-sifat koloid. Nah, untuk lebih mengerti gambaran nyata tentang sifat-sifat koloid tersebut, lakukanlah percobaan pada rubrik *Aktivitas* berikut.

## Aktivitas

### Mengidentifikasi Sifat-sifat Koloid

#### A. Dasar Teori

Sistem koloid dapat menghamburkan cahaya jika ada sinar yang dilewatkan. Sinar tersebut dihamburkan oleh partikel-partikel yang ada dalam koloid tersebut. Peristiwa penghamburan cahaya oleh partikel-partikel koloid ini disebut efek Tyndall koloid.

Selain Efek Tyndall, koloid juga memiliki sifat dapat bermuatan, teremulsi, dan terkoagulasi. Bagaimana cara menentukan muatan koloid? Bagaimana koloid dapat teremulsi ataupun terkoagulasi? Dengan melakukan percobaan ini kalian dapat menemukan jawabannya.

Syukri, 1999, Hlm. 456

#### B. Tujuan Percobaan

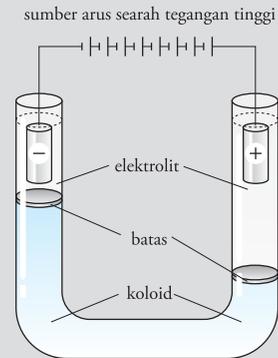
Mengetahui sifat-sifat koloid berupa muatan listrik (elektroforesis), emulsi dan koagulasi.

#### C. Alat dan Bahan Percobaan

<b>Alat:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 buah tabung reaksi</li> <li>- Gelas ukur 10 mL</li> <li>- Gelas beker 50 mL</li> <li>- Rangkaian alat elektroforesis</li> <li>- Pengaduk</li> </ul>	<b>Bahan:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air</li> <li>- Minyak</li> <li>- Larutan sabun</li> <li>- Sol <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math></li> <li>- Sol <math>\text{As}_2\text{S}_3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></li> </ul>
--------------	--	---------------	---	--

### D. Langkah Percobaan

1. Elektroforesis
  - a. Buatlah rangkaian alat elektroforesis seperti pada gambar di samping.
  - b. Masukkan sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ke dalam pipa U.
  - c. Celupkan kedua ujung elektroda ke dalam pipa.
  - d. Nyalakan arus listrik yang terhubung pada elektroda.
  - e. Amatilah arah pergerakan koloid.
  - f. Ulangi langkah di atas untuk sol  $\text{As}_2\text{S}_3$ .
2. Kestabilan koloid (emulsi)
  - a. Masukkan ke dalam dua buah tabung reaksi I dan II, masing-masing 2 mL air dan 2 mL minyak.
  - b. Kocoklah kedua tabung tersebut, lalu amati. Kemudian diamkan selama 5 menit. Perhatikan perubahan pada campuran tersebut?
  - c. Masukkan 2 mL larutan sabun dalam tabung reaksi I. Kocok larutan tersebut dan amati perubahannya. Kemudian, diamkan selama 5 menit, lalu bandingkan hasilnya dengan tabung reaksi II.
3. Koagulasi
  - a. Masukkan ke dalam dua buah gelas beker 50 mL masing-masing 3 mL sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .
  - b. Tambahkan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada gelas beker I, lalu aduk hingga merata. Diamkan beberapa saat, lalu amati perubahan yang terjadi.
  - c. Tambahkan 3 mL sol  $\text{As}_2\text{S}_3$  pada gelas beker II, aduk hingga merata. Amati perubahan yang terjadi.



### WARNING

$\text{H}_2\text{SO}_4$  adalah asam kuat. Ketika menambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  jangan langsung dimasukkan ke dalam bahan, tetapi tuangkan melalui dinding tabung (untuk menghindari reaksi yang tidak diinginkan).

### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Percobaan	Keterangan
Elektroforesis <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sol <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math></li> <li>• Sol <math>\text{As}_2\text{S}_3</math></li> </ul>	..... .....
Kestabilan koloid <ul style="list-style-type: none"> <li>• Air + minyak</li> <li>• Air + minyak + sabun</li> </ul>	..... .....
Koagulasi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sol <math>\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4</math></li> <li>• Sol <math>\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{sol As}_2\text{S}_3</math></li> </ul>	..... .....

### F. Pembahasan

Untuk memperjelas percobaan ini, jawablah empat pertanyaan berikut.

1. Bagaimana arah pergerakan sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan  $\text{As}_2\text{S}_3$  dalam sel elektroforesis?
2. Bagaimana kestabilan koloid yang terbentuk dari campuran air dan minyak?
3. Bagaimana koagulasi dapat terjadi?

### G. Kesimpulan

Apa kesimpulan dari percobaan ini? Diskusikan dengan kelompok kalian dan tuliskan dalam laporan kegiatan, kemudian presentasikan hasilnya di depan kelas.



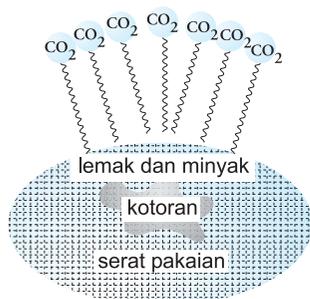
## Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa kegunaan sistem koloid dalam industri?
2. Mengapa koloid dapat menghamburkan cahaya? Jelaskan bagaimana proses penghamburannya.
3. Koloid dapat bermuatan listrik positif atau negatif. Bagaimanakah caranya? Bagaimana pula cara menentukan muatan koloid?
4. Koloid dapat bermuatan positif apabila menyerap ion positif dan bermuatan negatif apabila menyerap ion negatif. Carilah beberapa contoh koloid beserta muatannya.
5. Apabila kestabilan partikel koloid terganggu, maka akan menyebabkan terjadinya koagulasi. Apa saja yang menyebabkan terjadinya koagulasi?
6. Kestabilan koloid dapat dipertahankan dengan beberapa cara. Cara apa saja? Sebut dan jelaskan.
7. Dua buah zat yang tidak dapat saling bercampur ternyata dapat dicampur dengan penambahan emulgator. Apa yang dimaksud dengan emulgator? Berikan contohnya.
8. Bagaimana cara memisahkan koloid dari ion-ion atau partikel terlarut lainnya agar diperoleh koloid murni? Jelaskan.
9. Pengolahan gas buangan yang berasal dari pabrik yang mengandung asap dan partikel berbahaya dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut Cottrel. Bagaimana mekanisme kerja alat tersebut?

## Khazanah

Hidrofil berarti bersifat menyukai pelarut air (*hidrous* = air; *philos* = cinta). Sementara itu, hidrofob berarti bersifat tidak menyukai pelarut air (*hidrous* = air; *phobia* = benci).

Mulyono, 2006, hlm. 164



**Gambar 11.16**  
Proses penarikan lemak dan minyak oleh sabun.

Pada pembahasan awal sistem koloid, kalian telah mempelajari tentang jenis koloid berdasarkan fase pendispersi dan fase terdispersinya. Ada jenis koloid yang suka dengan medium pendispersinya, ada pula yang tidak suka dengan medium pendispersinya. Dari sifat koloid inilah, kemudian muncul pemikiran orang untuk membuat sabun. Mengapa sifat koloid ini menjadi dasar pembuatan sabun? Untuk mengetahuinya, simaklah uraian berikut.

## D. Koloid Liofil dan Koloid Liofob

Saat kelas VII SMP, kalian telah mempelajari cara kerja sabun, bukan? Kotoran yang menempel pada pakaian biasanya terdiri atas dua macam, yakni yang dapat larut dan yang tidak dapat larut dalam air, seperti lemak dan minyak. Sabun memiliki dua sifat, yakni **hidrofil** dan **hidrofob**. Sifat hidrofob dari sabun akan mengemulsi minyak dan lemak, sedangkan sifat hidrofil sabun akan berikatan dengan air melalui ikatan hidrogen. Akibat adanya gaya tarik-menarik tersebut, maka tegangan permukaan minyak dan lemak dengan pakaian jadi turun sehingga lemak dan minyak akan tertarik oleh molekul-molekul air.

Sabun merupakan salah satu contoh koloid yang medium pendispersinya cair. Berdasarkan interaksi antara zat terdispersi dan medium pendispersinya, sistem koloid yang memiliki medium dispersi cair dibedakan menjadi dua macam, yaitu koloid liofil dan koloid liofob. Bila medium pendispersinya air, koloid yang partikel-partikel terdispersinya menarik medium pendispersi disebut koloid hidrofil. Peristiwa ini disebabkan oleh adanya Gaya Van der Waals. Adapun koloid yang partikel-partikel terdispersinya tidak suka menarik medium pendispersinya disebut

koloid hidrofob. Adanya kedua sifat hidrofil dan hidrofob dari koloid ini dimanfaatkan dalam pembuatan sabun pada proses pencucian pakaian. Contoh koloid hidrofil yang lain adalah deterjen, sabun, kanji, gelatin, dan agar-agar. Sedangkan contoh koloid hidrofob adalah  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , sol emas, dan sol-sol logam.

**Tabel 11.3 Perbedaan Sifat Koloid Liofil dan Koloid Liofob**

Koloid Liofil	Koloid Liofob
Daya absorpsi terhadap mediumnya kuat	Daya absorpsi terhadap mediumnya lemah
Efek Tyndall kurang jelas terlihat	Efek Tyndall jelas terlihat
Viskositas (kekentalan) lebih besar dari mediumnya	Viskositas (kekentalan) lebih kecil dari mediumnya
Tidak mudah menggumpal	Mudah menggumpal
Bersifat reversibel	Bersifat irreversibel
Stabil	Kurang stabil
Terdiri atas zat organik	Terdiri atas zat non-organik

Veget, 1990, hlm. 93 (dengan pengembangan)

Penggunaan sistem koloid juga diterapkan dalam bidang industri. Kegunaan koloid dalam bidang industri dijelaskan dalam uraian berikut.

## E. Peranan Koloid dalam Kehidupan

Setelah mempelajari jenis-jenis koloid dan contohnya pada uraian di atas, ternyata kalian banyak sekali menggunakan benda-benda dalam kehidupan sehari-hari yang termasuk dalam sistem koloid, misalnya kosmetik, makanan, maupun obat-obatan.

### 1. Dalam Industri Kosmetik

Bagi kalian para wanita, mungkin tak ada yang asing dengan kosmetik. Bahkan, saat ini kosmetik tidak hanya digunakan oleh kaum wanita saja, akan tetapi kaum pria pun mulai menggunakannya. Hal ini ditunjukkan dengan beragamnya kosmetik yang diperuntukkan khusus pria maupun khusus wanita.

Dalam bidang kosmetik, kita sering menggunakan koloid dalam pelarut tertentu seperti pembersih muka, pewangi badan berbentuk spray, semprot rambut, jell untuk rambut, dan produk kosmetik lainnya.

### 2. Dalam Bidang Makanan

Makanan yang kita konsumsi sehari-hari ada yang berbentuk padatan ataupun cairan. Akan tetapi, terkadang beberapa makanan yang berbentuk padatan sulit untuk dicerna. Sehingga oleh pabrik, produk-produk makanan dibuat dalam bentuk koloid. Produk-produk makanan yang menggunakan sistem koloid antara lain kecap, saus, keju, mentega, dan krim.



**Gambar 11.17**  
Beberapa produk kosmetik yang memanfaatkan sistem koloid.

### 3. Dalam Bidang Farmasi

Seperti halnya makanan, obat pun ada yang berwujud padatan (tablet) sehingga bagi anak-anak sulit untuk menelannya. Untuk mengatasinya, obat tersebut dikemas dalam bentuk koloid sehingga mudah diminum. Contohnya obat batuk yang berbentuk sirup.

#### Diskusi

Coba kalian diskusikan mengapa sistem koloid banyak diterapkan untuk membuat produk dalam bidang industri kosmetik, makanan maupun farmasi. Apa keuntungannya?



Setelah berdiskusi, pengetahuan kalian tentang koloid semakin banyak, bukan? Nah, untuk menambah pengetahuan kalian lagi, kerjakanlah tugas berikut.

#### Tugas

Pada uraian di atas kalian telah mengetahui beberapa peranan koloid dalam bidang industri. Sekarang cobalah cari lebih banyak lagi peranan koloid dalam industri, baik dalam industri kosmetik, makanan, maupun farmasi. Buatlah dalam bentuk tabel dan berilah keterangan selengkap-lengkapnyanya. Kerjakan pada buku tugas kalian, lalu kumpulkan hasilnya kepada guru.



Pada subbab sebelumnya, kalian telah mempelajari tentang adsorpsi dan koagulasi koloid, bukan? Sifat adsorpsi dan koagulasi tersebut dapat dimanfaatkan dalam berbagai proses, misalnya pada proses penjernihan air. Bagaimana proses penjernihan air tersebut? Perhatikan baik-baik uraian berikut.

### F. Penjernihan air

Dapatkah kita hidup tanpa air? Mustahil, bukan? Air merupakan kebutuhan pokok kita. Akan tetapi, seringkali air yang kita konsumsi tidak memenuhi standar kualitas air yang baik. Meski kelihatan bersih, barangkali air sumur atau air sungai yang kita gunakan masih mengandung zat-zat pencemar seperti lumpur, limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah industri. Dapatkah kita menjernihkan air yang tercemar tersebut? Bagaimana caranya?

Penjernihan air bertujuan untuk menghilangkan kelompok suspensi dalam air. Cara yang sering dilakukan untuk menjernihkan air antara lain:

#### 1. Cara alam

Cara ini dilakukan dengan memompa air dari sungai atau laut, kemudian ditempatkan dalam bak dan dibiarkan selama beberapa



Gambar 11.18  
Pengolahan air di instalasi pengolahan air limbah.

hari untuk mengendapkan zat-zat pengotornya. Namun, proses ini membutuhkan waktu yang lama dan bak yang cukup besar, sehingga kurang efisien jika dilakukan di dalam industri.

## 2. Penambahan zat pengendap

Zat pengendap yang ditambahkan di dalam air adalah tawas [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ] yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Koloid  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang terbentuk dapat mengadsorpsi zat pencemar seperti zat warna, pestisida, dan limbah deterjen.

Selain tawas juga dapat digunakan  $\text{FeSO}_4$  yang mempunyai daya larut besar sehingga dapat mengendapkan kotoran. Reaksi yang terjadi:



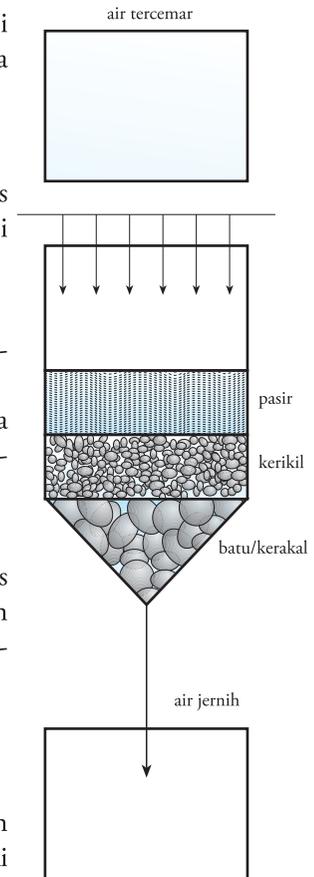
Setelah proses pengendapan selesai kemudian dilakukan proses penyaringan. Penyaringan yang sangat murah dan mudah dilakukan adalah dengan menggunakan kerakal, pasir, dan kerikil. Penyusunannya adalah sebagai berikut.

Lapisan bawah : krakal

Lapisan tengah : kerikil

Lapisan atas : pasir

Penyusunan tersebut dilakukan karena akan memudahkan dalam penjernihan air. Pasir dimanfaatkan untuk penyaringan, kerikil sebagai pemberi rongga agar jalannya air tidak sampai terhalang, dan kerakal atau batu sebagai penahan secara keseluruhan agar kedudukannya kuat.



Gambar 11.19  
Diagram penjernihan air

## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimanakah peranan koloid dalam bidang industri kosmetik, makanan, dan farmasi?
2. Jelaskan mekanisme penjernihan air menggunakan tawas.



## Tugas

Dari uraian di atas, coba kalian praktikkan proses penjernihan air yang berasal dari air sungai. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan. Kalian dapat memanfaatkan barang-barang di sekitar kalian yang sudah tidak terpakai lagi kemudian susunlah alat peragaan seperti pada Gambar 11.19. Lakukan langkah percobaan seperti pada uraian di atas. Amatilah air sebelum dijernihkan dan setelah dijernihkan. Adakah perbedaannya? Tuliskan hasilnya dalam bentuk laporan kegiatan. Kumpulkan hasil rancangan alat kalian beserta laporannya kepada guru kalian sebagai **Tugas Proyek** dan presentasikan hasilnya di depan kelas. Selesaikan tugas ini dalam waktu tiga bulan.



## G. Pembuatan Koloid

Salah satu contoh pembuatan koloid secara sederhana yang dapat kita lakukan dalam kehidupan sehari-hari adalah membuat agar-agar. Kita tinggal mencampurkan serbuk agar-agar dalam air mendidih, lalu mendinginkannya dalam udara terbuka atau lemari es, maka jadilah koloid agar-agar.

Pada dasarnya ada dua cara untuk membuat koloid, yaitu cara dispersi dan cara kondensasi.

### 1. Dispersi

Dispersi merupakan salah satu cara membuat koloid dengan memecah gumpalan suspensi/partikel kasar menjadi lebih kecil sehingga tersebar dan berukuran koloid. Dispersi dapat dilakukan dengan cara mekanik, peptisasi, dan busur Bredig.

#### a. Cara mekanik

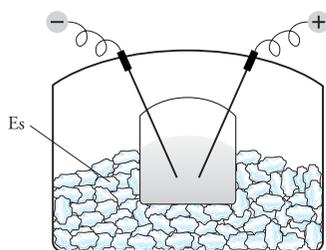
Secara mekanik, koloid dapat dibuat dengan menggerus (menggiling) partikel kasar hingga berukuran koloid, contohnya membuat koloid belerang dan urea dengan menggerus serbuk butirannya, kemudian setelah halus dicampur dengan air.

#### b. Cara peptisasi

Yaitu dengan menambahkan suatu cairan ke dalam partikel kasar atau endapan sehingga pecah menjadi koloid. Misalnya pembuatan koloid AgCl dengan menambahkan air suling pada padatan AgCl dan pembuatan agar-agar yang dipeptisasi oleh air.

#### c. Cara elektronik (busur Bredig)

Cara busur bredig ini digunakan untuk membuat sol-sol logam, yaitu dengan mencelupkan logam yang akan dijadikan koloid sebagai elektroda ke dalam air, kemudian diberi listrik tegangan tinggi. Sehingga atom-atom logam akan lepas dari elektroda dan terlempar dalam air, lalu mengalami kondensasi sehingga terbentuklah partikel koloid.



Gambar 11.20  
Pembuatan koloid dengan busur Bredig.

### 2. Kondensasi

Kondensasi adalah kebalikan dari dispersi, yaitu penggabungan partikel-partikel halus (larutan) menjadi partikel yang lebih besar (kasar) sampai menjadi koloid. Pembuatan koloid dengan kondensasi dapat dilakukan secara reaksi kimia, pertukaran pelarut, dan pendinginan berlebihan.

#### a. Reaksi kimia

Cara reaksi kimia dilakukan dengan menambahkan pereaksi tertentu ke dalam larutan sehingga hasilnya berupa koloid, yaitu dengan reaksi reduksi, oksidasi, hidrolisis, dan metatesis.

##### 1) Reaksi reduksi

Cara reduksi ini dilakukan dengan mereduksi logam dari senyawanya sehingga terbentuk agregat atom logam.

Contoh:

Pembuatan koloid emas dengan mereduksi emas klorida dengan stanni klorida.



2) Reaksi Oksidasi

Oksidasi dilakukan dengan mengoksidasi unsur sehingga terbentuk unsur bebas.

Contoh:

Pembuatan koloid belerang dengan mengoksidasi hidrogen sulfida dengan  $\text{SO}_2$ . Reaksi yang terjadi:



3) Hidrolisis

Cara ini dilakukan dengan menghidrolisis senyawa ion sehingga terbentuk senyawa yang sukar larut (koloid).

Contoh:

Pembuatan koloid  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dengan memasukkan larutan  $\text{AlCl}_3$  ke dalam air panas. Reaksi yang terjadi:



4) Reaksi metatesis

Cara ini dilakukan dengan petukaran ion sehingga terbentuk koloid.

Contoh:

Pembuatan koloid  $\text{AgBr}$  dengan mereaksikan larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan  $\text{KBr}$ . Reaksi yang terjadi:



b. Pertukaran pelarut

Koloid dapat dibuat dengan menukar pelarut atau menambahkan pelarut lain. Contohnya pembuatan koloid belerang dengan menambahkan air ke dalam larutan belerang dalam alkohol.

c. Pendinginan berlebih

Koloid dapat terbentuk jika campuran didinginkan sehingga salah satu senyawa membeku (koloid). Contohnya adalah pembuatan koloid es dengan mendinginkan campuran eter atau kloroform dengan air.

Setelah kalian mengetahui cara pembuatan koloid, coba sekarang kalian praktikkan dengan melakukan *Aktivitas* berikut.



Gambar 11.21 Koloid emas yang dicetak menjadi berbagai bentuk perhiasan

## Aktivitas

### Membuat Sistem Koloid

#### A. Dasar Teori

Ukuran partikel koloid teletak antara partikel larutan sejati dengan suspensi. Oleh karena itu, koloid dapat dibuat dari partikel yang lebih kecil (halus) atau lebih besar dari koloid (kasar). Secara umum, ada dua cara pembuatan koloid, yaitu dengan dispersi dan kondensasi.

Dengan cara dispersi, partikel yang berukuran besar dipecah menjadi partikel berukuran koloid. Sedangkan cara kondensasi dilakukan dengan menggabungkan partikel-partikel yang lebih kecil menjadi partikel yang lebih besar yang berukuran koloid.

Syukri, 1999, Hlm. 458-459

#### B. Tujuan Percobaan

Membuat koloid dengan cara kondensasi dan dispersi

### C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

#### Alat:

- Tabung reaksi
- Pipet tetes
- Gelas beker
- Bunsen
- Pengaduk

#### Bahan:

- $\text{AgNO}_3$
- $\text{HCl}$
- akuades
- $\text{FeCl}_3$
- Tepung hun kwe

### D. Langkah Percobaan

1. Koloid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 
  - a. Panaskan 100 mL akuades hingga mendidih.
  - b. Tambahkan 10 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  jenuh sambil diaduk.
  - c. Hentikan pengadukan saat larutan berwarna coklat. Amati perubahan yang terjadi.
2. Koloid  $\text{AgCl}$ 
  - a. Masukkan 2 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  ke dalam tabung reaksi.
  - b. Tambahkan larutan  $\text{HCl}$  ke dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  tetes demi tetes sambil diaduk sampai terjadi perubahan.
  - c. Amati perubahan yang terjadi.
3. Koloid hun kwe
  - a. Panaskan 100 mL akuades hingga mendidih
  - b. Larutkan 3 sendok makan tepung hun kwe ke dalam 50 mL akuades.
  - c. Masukkan larutan hun kwe sedikit demi sedikit ke dalam akuades mendidih sambil diaduk hingga mengental. Dinginkan lalu amati hasilnya.



### WARNING

Berhati-hatilah ketika mengambil larutan  $\text{AgNO}_3$ . Sebab, jika terkena kulit atau baju akan meninggalkan noda hitam yang sulit dihilangkan. Oleh karena itu gunakanlah sarung tangan.

### E. Hasil Percobaan

Isilah tabel berikut berdasarkan hasil pengamatan kalian.

Percobaan	Keterangan
Koloid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ <ul style="list-style-type: none"><li>• Akuades mendidih + <math>\text{FeCl}_3</math> jenuh</li></ul>	
Koloid $\text{AgCl}$ <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\text{AgNO}_3</math></li><li>• <math>\text{AgNO}_3</math> + <math>\text{HCl}</math></li></ul>	
Koloid Hun kwe <ul style="list-style-type: none"><li>• Tepung Hun kwe</li><li>• Akuades mendidih + larutan Hun kwe</li></ul>	

### F. Pembahasan

Susunlah hasil percobaan dalam bentuk laporan, kemudian bahas bersama teman sekelompok. Sebagai acuan pembahasan, jawab pertanyaan berikut.

1. Apa yang terjadi setelah larutan  $\text{FeCl}_3$  jenuh dimasukkan dalam akuades mendidih? Tuliskan reaksi yang terjadi.

2. Apa yang terjadi setelah larutan  $\text{AgNO}_3$  ditambah larutan  $\text{HCl}$ ?
3. Apa yang terjadi setelah larutan hun kwe dimasukkan dalam akuades mendidih?

### G. Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan hasil percobaan dalam buku tugas kalian.

Seperti telah kalian ketahui, banyak sekali industri-industri yang memanfaatkan sistem koloid. Berbagai macam produk telah dihasilkan. Dan tentu saja selama proses produksi itu dihasilkan limbah baik yang berupa cairan, padatan, maupun gas. Limbah gas, misalnya asap, dapat bercampur dengan partikel-partikel lain di udara membentuk suatu koloid yang mencemari udara. Apa hubungan antara koloid dengan pencemaran udara? Jenis koloid yang mana yang dapat mencemari udara? Ayo pelajari bersama.

## H. Koloid dan Pencemaran Lingkungan

Pertumbuhan industri yang cukup pesat dan makin banyaknya alat transportasi tanpa disadari telah memberikan kontribusi yang cukup besar dalam pencemaran udara. Polusi udara adalah istilah yang luas digunakan untuk segala pengotoran partikel kimia dan biologi yang memodifikasi karakteristik alam atmosfer bumi. Beberapa definisi gangguan fisik seperti polusi suara, panas, radiasi, atau polusi cahaya dianggap sebagai polusi udara.

Polusi udara diklasifikasikan menjadi polusi primer dan sekunder. Polusi udara primer adalah bahan polusi yang dilepas langsung ke udara dari sebuah sumber. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari polusi udara primer karena ia merupakan hasil pembakaran. Adapun polusi udara sekunder dibentuk di atmosfer melalui reaksi kimia yang melibatkan polusi udara primer. Pembentukan ozon dalam *smog* fotokimia adalah contoh polusi udara sekunder.

Dari sekian banyak zat yang mencemari udara, ada zat yang merupakan koloid yang cukup membahayakan, yaitu *smog*. *Smog* berasal dari bahasa Inggris *smoke*: asap, dan *fog*: kabut. *Smog* merupakan kasus pencemaran udara berat yang bisa terjadi berhari-hari hingga hitungan bulan. Bila “asap” bergabung dengan “kabut”, maka asap tidak dapat naik karena terhalang oleh kabut. Di bawah keadaan cuaca yang menghalangi sirkulasi udara, asbut bisa menutupi suatu kawasan dalam waktu yang lama dan terus menumpuk hingga berakibat membahayakan, misalnya kasus di London, Los Angeles, Athena, Beijing, Hong Kong, atau Ruhr Area.

Kasus pencemaran terjadi hampir di setiap negara, termasuk di Indonesia, seperti kasus pencemaran akibat bocornya pipa gas milik PT Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur sejak penghujung Mei 2006 dan belum berakhir hingga saat buku ini ditulis. Bersama dengan partikel-partikel lain dalam tanah, gas yang keluar dari pipa tersebut menyembur ke permukaan tanah dan menghasilkan lumpur yang sangat panas. Semburan lumpur panas tersebut telah menenggelamkan beberapa hektar areal persawahan dan ratusan permukiman warga sekitar. Kesehatan warga pun terganggu, mulai dari gangguan pernapasan hingga gangguan kesehatan lainnya yang diakibatkan tidak tersedianya air bersih dan makanan yang sehat. Lumpur panas tersebut merupakan koloid yang membahayakan dan apabila tidak segera ditangani akibatnya akan menjadi lebih parah lagi.



**Gambar 11.22**  
Cerobong asap pembangkit listrik yang melepaskan sulfur dioksida dan partikel ke udara.



**Gambar 11.23**  
Tembaga yang bereaksi dengan asam nitrat pekat menghasilkan uap merah coklat nitrogen dioksida,  $\text{NO}_2$ , gas yang sama yang terdapat dalam smog



**Gambar 11.24**  
Lumpur panas termasuk polutan yang berbentuk koloid.

Nah, sekarang kalian telah mengetahui contoh pencemaran yang merupakan sistem koloid. Dapatkah kalian menyebutkan contoh yang lain? Kerjakanlah *Tugas* berikut.

## Tugas

Sisi negatif dari perkembangan industri yang pesat adalah terjadinya pencemaran, baik di udara, tanah, maupun air. Coba cari artikel-artikel tentang pencemaran yang merupakan sistem koloid. Kumpulkan artikel-artikel itu menjadi sebuah klipng, lalu kumpulkan kepada Bapak/Ibu guru di kelas. Kerjakan tugas ini secara berkelompok.



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan cara pembuatan koloid secara dispersi.
2. Selain secara dispersi, koloid dapat dibuat secara kondensasi. Bagaimana caranya?
3. Pembuatan koloid dapat dibuat melalui berbagai reaksi. Reaksi apa saja? Sebut dan jelaskan serta beri contoh untuk masing-masing reaksi.
4. Jelaskan pembuatan koloid dengan cara busur Bredig.
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *smog*, apa akibatnya bagi lingkungan?

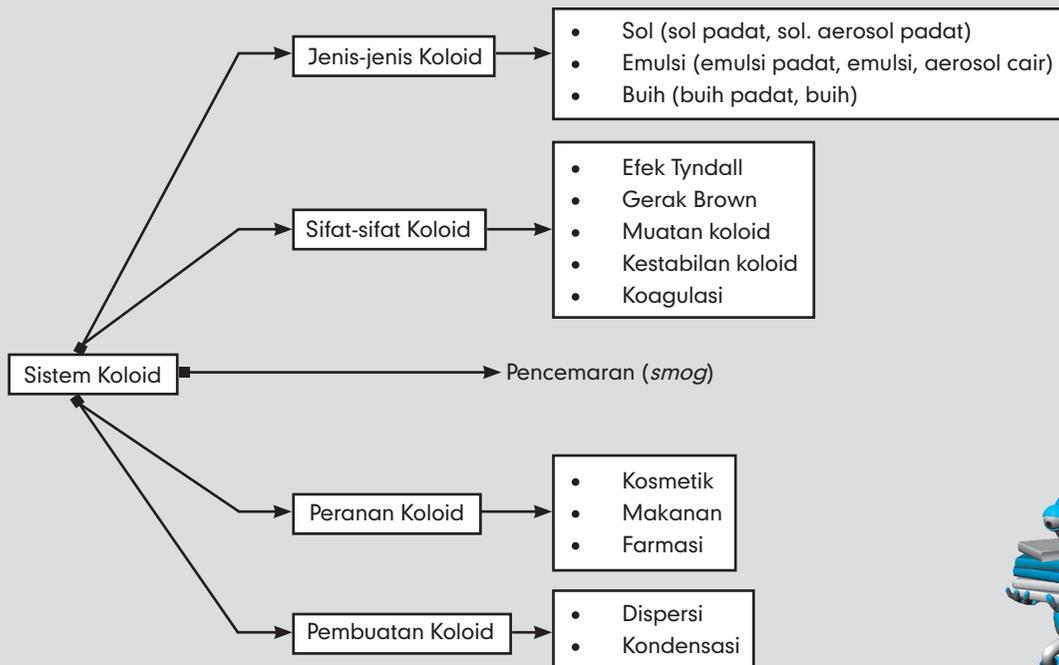


## Rangkuman

1. Koloid adalah campuran heterogen yang terdiri atas dua fase, yaitu fase pendispersi dan fase terdispersi. Ukurannya relatif kecil antara 1–100 m $\mu$  sehingga hanya dapat disaring dengan filter ultra.
2. Berdasarkan fase terdispersi dan fase pendispersinya, ada 8 jenis koloid, yaitu sol padat, sol, aerosol padat, emulsi, emulsi padat, aerosol cair, buih padat, dan buih.
3. Koloid dapat menunjukkan Efek Tyndall apabila dikenai cahaya. Cahaya tersebut akan dihamburkan oleh partikel-partikel koloid sehingga tampak lintasan berkas sinar tersebut.
4. Partikel-partikel koloid mampu menghamburkan cahaya karena adanya Gerak Brown. Gerak Brown dihasilkan dari tumbukan tidak seimbang antara partikel koloid terdispersi dengan partikel-partikel pendispersi.
5. Koloid dapat menyerap ion atau molekul lain pada permukaannya sehingga koloid menjadi bermuatan. Muatan koloid dapat ditentukan dengan elektroforesis.
6. Kestabilan koloid dapat terganggu dengan adanya ion atau molekul lain yang berlawanan muatan. Untuk menjaga kestabilan koloid dapat dilakukan dengan penambahan ion, dialisis dan penambahan emulgator.
7. Koloid dapat mengalami koagulasi (penggumpalan), antara lain dengan elektroforesis, pemanasan, penambahan elektrolit, dan pencampuran dua macam koloid.
8. Koloid sabun mempunyai dua sifat, yaitu hidrofil dan hidrofob sehingga dapat mengikat lemak atau minyak pada proses pencucian.
9. Sifat adsorpsi dan koagulasi koloid dapat dimanfaatkan dalam proses penjernihan air. Koagulan yang sering digunakan adalah tawas atau FeSO<sub>4</sub>.
10. Koloid dapat dibuat dengan cara dispersi dan kondensasi. Cara dispersi antara lain

cara mekanik, peptisasi dan elektronik (busur Bredig), sedangkan cara kondensasi antara lain dengan reaksi kimia, pertukaran pelarut, dan pendinginan berlebih.

11. Gabungan asap dengan kabut dapat membentuk koloid asbut. Asbut merupakan zat pencemar udara yang cukup membahayakan.



## Glosarium

**Adsorpsi** Peristiwa penyerapan muatan oleh permukaan-permukaan partikel koloid

**Agregat** Gabungan dari partikel-partikel koloid menjadi partikel yang lebih besar

**Gaya Van der Waals** Gaya yang menyebabkan terjadinya tarik-menarik atau ikatan antar-partikel dalam sistem gas atau cair

**Koagulan** Zat pengkoagulasi atau zat pendedap yang digunakan dalam proses koagulasi

**Koagulasi** Pembentukan gumpalan atau partikel lebih besar; dapat disebabkan oleh penambahan zat kimia tertentu atau oleh perubahan kondisi; dapat juga terjadi oleh adanya enzim yang disebut koagolase

**Misel** Kumpulan dari anion-anion asam lemak dengan ukuran koloid

**Polusi** Masuk/bertambahnya benda sejenis atau tak sejenis ke dalam sistem (mahluk individu atau lingkungan kehidupan) yang menyebabkan turunnya mutu, peran, atau fungsi sistem itu sendiri

**Selaput semipermeabel** Selaput tipis yang bersifat selektif, artinya hanya molekul-molekul kecil dengan ukuran tertentu saja yang dapat melewatinya

**Reaksi metatesis** Reaksi terjadinya pertukaran tempat anion dan kation. Reaksi ini disebut juga reaksi perubahan rangkap



**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- Berikut yang merupakan sistem koloid adalah ....
  - udara
  - air jeruk
  - alkohol
  - bensin
  - susu
- Sifat partikel suatu sistem koloid, antara lain adalah ....
  - memiliki diameter  $< 0,1$  nm
  - cepat mengendap jika dидiamkan
  - dapat menyala jika ke dalamnya dialiri arus listrik
  - dapat terlihat jelas dengan mikroskop ultra tetapi tidak tampak dengan mikroskop biasa
  - tidak dapat terpisah dengan penyaring biasa tetapi dapat terpisah dengan penyaring ultra
- Berikut ini yang **bukan** merupakan sifat koloid adalah ....
  - larutannya keruh
  - meneruskan berkas sinar
  - dapat menyerap muatan listrik
  - dapat disaring dengan penyaring ultra
  - dapat terkoagulasi
- Pada koloid agar-agar, yang merupakan fase pendispersinya adalah ....
  - serbuk agar-agar
  - zat pewarna
  - vanili
  - gula
  - air
- Jenis koloid yang memiliki fase pendispersi cair dan fase terdispersi gas disebut ....
  - sol
  - emulsi cair
  - emulsi padat
  - aerosol cair
  - buih
- Yang dimaksud sol adalah ....
  - zat padat dalam zat cair
  - zat cair dalam zat cair
  - zat cair dalam zat padat
  - zat padat dalam zat padat
  - zat gas dalam zat cair
- Berikut ini yang merupakan contoh aerosol padat adalah ....
  - asap
  - embun
  - kabut
  - awan
  - busa
- Contoh sistem koloid dari fase terdispersi cair dalam pendispersi padat adalah ....
  - santan
  - tinta
  - keju
  - busa
  - debu
- Dari larutan di atas yang memberikan efek Tyndall adalah ....

  - 1, 2
  - 1, 3
  - 1, 4
  - 2, 3
  - 2, 4
- Sistem koloid dari zat cair dalam cair disebut ....
  - koloid
  - suspensi
  - aerosol
  - gel
  - emulsi
- Terjadinya Efek Tyndall disebabkan oleh ....
  - larutan menghamburkan cahaya
  - pemantulan cahaya
  - kepekatan larutan
  - perbedaan panjang gelombang
  - penyerapan cahaya oleh larutan

12. Untuk memurnikan koloid dapat dilakukan dengan cara ....
- kristalisasi
  - dialisis
  - ultra mikroskopis
  - destilasi
  - penguapan
13. Sistem koloid memiliki ciri sebagai berikut, **kecuali** ....
- terdiri atas dua fase
  - tidak dapat disaring
  - tidak memisah jika dibiarkan
  - campurannya keruh
  - campurannya homogen
14. Berikut yang merupakan kelompok emulsi adalah ....
- minyak ikan, alkohol, dan sirup
  - tanah, air, dan pasir
  - susu, santan, dan mentega
  - asap, kabut, dan awan
  - cat, tinta, dan semprot rambut
15. Gerak Brown terjadi karena ....
- tabrakan antarpartikel koloid
  - penyerapan cahaya oleh larutan
  - gaya tarik-menarik antarpartikel
  - adanya muatan listrik
  - adanya muatan magnet
16. Busa sabun merupakan koloid ....
- gas dalam zat cair
  - gas dalam zat padat
  - gas dalam gas
  - zat cair dalam gas
  - padat dalam gas
17. Perunggu merupakan jenis koloid ....
- sol
  - aerosol
  - gel
  - sol padat
  - aerosol padat
18. Faktor-faktor berikut dapat menyebabkan terjadinya koagulasi pada koloid, **kecuali** ....
- pemanasan
  - adsorpsi
  - penambahan elektrolit
  - pengadukan
  - pendinginan
19. Proses dialisis terjadi karena ....
- partikel koloid bergerak lurus
  - partikel koloid bermuatan listrik
  - muatan listrik tidak dapat menembus selaput semipermeabel
  - adanya molekul air yang lewat selaput semipermeabel
  - partikel koloid tidak dapat menembus selaput semipermeabel
20. Sistem dispersi koloid dan larutan tidak dapat disaring biasa, sebab ....
- partikel larutan dan koloid dapat melewati kertas saring
  - koloid sukar terpisah oleh gaya gravitasi bumi
  - kertas saring bukan alat pemisah yang baik
  - partikel koloid dan larutan tertahan oleh kertas saring
  - koloid terbuat dari zat padat dan zat cair
21. Pembentukan delta pada muara sungai terjadi karena partikel koloid mengalami ....
- koagulasi
  - peptisasi
  - dialisis
  - kondensasi
  - hidrolisis
22. Larutan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , agar-agar, susu, dan asap berturut-turut merupakan contoh dari ....
- emulsi, aerosol, sol, gel
  - sol, gel, aerosol, emulsi
  - sol, gel, emulsi, aerosol
  - gel, sol, emulsi, aerosol
  - aerosol, gel, emulsi, sol
23. Jenis koloid yang fase terdispersinya cair dan medium pendispersinya padat adalah ....
- emulsi padat
  - sol padat
  - busa padat
  - aerosol padat
  - sol
24. Pergerakan partikel koloid karena pengaruh medan listrik disebut ....
- adsorpsi
  - elektrolisis
  - elektroforesis
  - koagulasi
  - kondensasi

25. Proses penjernihan air dengan menambahkan tawas merupakan proses ....
- A. peptisasi dengan penambahan elektrolit
  - B. koagulasi dengan penambahan zat koagulan
  - C. dialisis dengan penambahan pelarut
  - D. kondensasi dengan pemusingan
  - E. koagulasi dengan penambahan koloid pelindung
- B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.
1. Apakah yang dimaksud dengan koloid?
  2. Jelaskan cara pembuatan koloid.
  3. Apakah yang dimaksud dengan elektroforesis?
  4. Sebut dan jelaskan sistem koloid berdasarkan fase terdispersi dan medium pendispersinya. Beri contohnya masing-masing 5.
  5. Sebutkan manfaat koloid bagi kehidupan manusia.
  6. Jelaskan terjadinya Gerak Brown pada sistem koloid.
  7. Jelaskan terjadinya Efek Tyndall pada sistem koloid.
  8. Apakah yang dimaksud dengan elektroforesis?
  9. Apakah kegunaan pesawat Cottrell?
  10. Pada proses pengolahan air di PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) sering digunakan kaporit. Apa tujuannya? Dapatkah kaporit diganti dengan zat yang lain? Jelaskan.

# Latihan Ulangan Kenaikan Kelas

A Pilihlah jawaban yang tepat.

- Konfigurasi elektron unsur A dengan nomor atom 38 adalah  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$ . Letak unsur A dalam sistem periodik unsur adalah ....
  - Golongan IA periode 5
  - Golongan IA periode 6
  - Golongan IIA periode 6
  - Golongan II A periode 5
  - Golongan IIA periode 2
- Konfigurasi elektron suatu unsur sebagai berikut  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ . Kulit valensi ditunjukkan oleh orbital ....
  - $3d^5$
  - $4s^1$
  - $4s^1 3d^5$
  - $3p^6 4s^1 3d^5$
  - $3s^2 3p^6 3d^5$
- Diketahui unsur R ( $Z = 19$ ), S ( $Z = 24$ ), T ( $Z = 44$ ), V ( $Z = 32$ ) dan W ( $Z = 53$ ). Pasangan unsur yang termasuk golongan B adalah ....
  - R dan S
  - S dan T
  - T dan U
  - U dan V
  - V dan R
- Suatu unsur memiliki 2 pasangan elektron bebas tanpa pasangan elektron terikat. Bentuk molekul yang terjadi adalah ....
  - tetrahedron
  - linear
  - bidang empat
  - segitiga planar
  - oktahedron
- Bentuk molekul dari  $CCl_4$  adalah ....
  - oktahedral
  - tetrahedral
  - segitiga datar
  - linear
  - bidang empat
- Di antara senyawa di bawah ini yang memiliki ikatan hidrogen adalah ....
  - $CCl_4$
  - $CO_2$
  - HCl
  - HF
  - $NO_2$
- Senyawa di bawah ini yang mempunyai titik didih tertinggi adalah ....
  - n-heptana
  - 3-metilheksana
  - 4-metilheksana
  - 2-etil-3-metilbutana
  - 2,2-dimetilpentana
- Kemampuan suatu materi untuk melakukan kerja disebut sebagai ....
  - entalpi
  - kalor
  - energi
  - siklus
  - gaya
- Jika 1 liter atm = 101,2 joule dan 3 kalori = 12,54 joule, maka 2 liter atm sama dengan ... kalori.
  - 8,36
  - 83,6
  - 48,42
  - 4,84
  - 202,4
- Dalam persamaan reaksi  $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2 SO_3(g)$ , maka laju reaksi  $SO_2(g)$  dibandingkan laju reaksi  $O_2$  adalah ....
  - $r SO_2 = r O_2$
  - $r SO_2 = 2 r O_2$
  - $r SO_2 = \frac{1}{2} r O_2$
  - $r SO_2 = 4 r O_2$
  - $r SO_2 = \frac{1}{4} r O_2$
- Reaksi antara X dan Y mempunyai laju reaksi  $r = k [X]^4 [Y]$ . Jika konstanta X dinaikkan dua kali semula dan konsentrasi Y tetap, maka laju reaksi menjadi ....

- A. 2 kali semula  
 B. 4 kali semula  
 C. 8 kali semula  
 D. 10 kali semula  
 E. 16 kali semula
12. Kenaikan suhu akan memperbesar laju reaksi pada reaksi ....  
 A. eksoterm  
 B. endoterm  
 C. yang berwujud gas  
 D. larutan elektrolit  
 E. semua reaksi kimia
13. Berikut ini yang bukan ciri-ciri terjadinya kesetimbangan dinamis adalah ....  
 A. terjadinya perubahan secara mikroskopik  
 B. laju reaksi ke arah hasil reaksi = laju reaksi ke arah pereaksi  
 C. tidak terjadi perubahan secara makroskopik  
 D. reaksi berlangsung dua arah yang berlawanan  
 E. reaksi berlangsung terus-menerus
14. Dalam ruangan 3 L terdapat kesetimbangan 0,05 mol  $\text{PCl}_5$ , 0,01 mol  $\text{PCl}_3$  dan 0,02 mol  $\text{Cl}_2$ . Derajat disosiasi  $\text{PCl}_5$  adalah ....  
 A.  $\frac{2}{4}$   
 B.  $\frac{2}{5}$   
 C.  $\frac{1}{3}$   
 D.  $\frac{1}{5}$   
 E.  $\frac{1}{6}$
15. Untuk menetralkan 5 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 M diperlukan larutan  $\text{NaOH}$  0,1 M sebanyak ... mL.  
 A. 40  
 B. 20  
 C. 15  
 D. 10  
 E. 5
16. Asam konjugasi dari  $\text{NH}_3$  adalah ....  
 A.  $\text{NH}_4\text{OH}$   
 B.  $\text{NH}_2^-$   
 C.  $\text{H}_2\text{O}$   
 D.  $\text{NH}_4^+$   
 E.  $\text{OH}^-$
17. 0,4 g  $\text{NaOH}$  dilarutkan hingga volume larutan menjadi 500 mL, maka  $p\text{H}$  larutan tersebut adalah .... ( $\text{Ar Na} = 23$ ;  $\text{O} = 16$ ;  $\text{H} = 1$ )  
 A.  $2 - \log 2$   
 B. 2  
 C.  $10 + \log 2$   
 D.  $12 + \log 2$   
 E. 13
18. 20 mL asam sulfat dititrasi dengan larutan  $\text{NaOH}$  0,2 M. Jika ternyata diperlukan 20 mL larutan  $\text{NaOH}$ , maka kemolaran larutan asam sulfat adalah ... M.  
 A. 0,10  
 B. 0,20  
 C. 0,3  
 D. 0,4  
 E. 0,5
19. Jika 0,4 g  $\text{LOH}$  dinetralkan dengan 50 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M, maka massa atom relatif L adalah .... ( $\text{Ar O} = 16$ ;  $\text{H} = 1$ )  
 A. 64  
 B. 32  
 C. 46  
 D. 23  
 E. 63
20. Sebanyak 518 mg asam karboksilat dapat dinetralkan oleh 35 mL  $\text{NaOH}$  0,2 M, maka rumus asam tersebut adalah .... ( $\text{Ar C} = 12$ ,  $\text{H} = 1$ ,  $\text{O} = 16$ )  
 A.  $\text{CH}_3\text{-COOH}$   
 B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-COOH}$   
 C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$   
 D.  $\text{C}_4\text{H}_9\text{-COOH}$   
 E.  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{-COOH}$
21. Campuran larutan berikut ini yang membentuk larutan penyangga adalah ....  
 A. 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dan 25 mL  $\text{NaOH}$  0,05 M  
 B. 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dan 50 mL  $\text{NaOH}$  0,05 M  
 C. 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dan 50 mL  $\text{NaOH}$  0,01 M  
 D. 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dan 25 mL  $\text{NaOH}$  0,05 M  
 E. 25 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dan 25 mL  $\text{NaOH}$  0,05 M

22. Untuk membuat larutan penyangga dengan  $pH = 5$ , maka ke dalam 10 mL larutan 0,2 M NaOH harus ditambahkan larutan asam asetat 0,1 M ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) sebanyak ... L.
- 50
  - 40
  - 30
  - 20
  - 10
23. Jika 0,15 mol asam lemah ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) dan 0,10 mol basa kuat dilarutkan dalam air sehingga diperoleh larutan penyangga dengan volume 1 liter, maka  $pH$  larutan penyangga tersebut adalah ....
- 6
  - 5
  - 4
  - $6 - \log 5$
  - $6 - \log 15$
24. Jika dua buah larutan masing-masing mengandung 20 mL  $CH_3COOH$  0,2 M ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) dengan 20 mL NaOH 0,2 M di campur,  $pH$  larutan menjadi ....
- 5
  - 7
  - 8
  - 9
  - 10
25. Diantara garam-garam berikut yang mengalami hidrolisis total adalah ....
- $CH_3COONa$
  - $NH_4Cl$
  - $CH_3COONH_4$
  - $NaHCO_3$
  - $(NH_4)_2SO_4$
26. Dari garam-garam berikut yang larutannya bersifat asam adalah ....
- NaCl
  - $BaSO_4$
  - $NH_4Cl$
  - $CaCl_2$
  - $Na_2SO_4$
27. Dalam larutan terdapat amonium klorida 0,1 M yang mengalami hidrolisis. Jika tetapan hidrolisis,  $K_b = 10^{-9}$ , maka  $pH$  larutan adalah ....
- 1
  - 5
  - 6
  - 7
  - 9
28. Peristiwa hidrolisis tidak terjadi pada larutan ....
- $CH_3COOK$
  - $NH_4Cl$
  - $K_2SO_4$
  - $(NH_4)_2SO_4$
  - $CH_3COONa$
29. Jika tetapan  $CH_3COOH = 10^{-5}$ , maka  $pH$  larutan  $CH_3COONa$  0,1 M adalah ....
- 9
  - 8
  - 7
  - 6
  - 5
30. Larutan jenuh  $L(OH)_2$  mempunyai  $pH = 4$ . Nilai  $K_{sp}$  dari  $L(OH)_2$  adalah ....
- $10^{218}$
  - $5 \times 10^{-16}$
  - $10^{-15}$
  - $5 \times 10^{-11}$
  - $10^{-10}$
31. Kelarutan  $PbSO_4$  dalam air adalah  $1,4 \times 10^{-4}$  M. Jika dilarutkan dalam  $K_2SO_4$  0,05 M, kelarutan  $PbSO_4$  menjadi ... M
- $1,4 \times 10^{-4}$
  - $1,2 \times 10^{-5}$
  - $0,4 \times 10^{-6}$
  - $0,2 \times 10^{-6}$
  - $1,0 \times 10^{-8}$
32. Tetapan hasil kali kelarutan dari perak azida ( $AgN_3$ ), timbal azida ( $Pb(N_3)_2$ ), dan stronsium fluorida  $SrF_2$  adalah sama besar pada suhu yang sama. Jika kelarutan ini dinyatakan dengan s, maka pada suhu yang sama adalah ....
- $s AgN_3 = s Pb(N_3)_2 = s SrF_2$
  - $s AgN_3 = s Pb(N_3)_2 > s SrF_2$
  - $s AgN_3 > s Pb(N_3)_2 > s SrF_2$
  - $s AgN_3 < s Pb(N_3)_2 < s SrF_2$
  - $s AgN_3 < s Pb(N_3)_2 = s SrF_2$
33. Garam dengan kelarutan paling besar adalah ....

- A.  $\text{AgCl}$ ,  $K_{sp} = 10^{-10}$   
 B.  $\text{AgI}$ ,  $K_{sp} = 10^{-16}$   
 C.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ,  $K_{sp} = 3,2 \cdot 10^{-12}$   
 D.  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $K_{sp} = 1,6 \cdot 10^{-49}$   
 E.  $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $K_{sp} = 1,1 \cdot 10^{-11}$
34. Jika  $K_{sp} \text{Ag}_2\text{SO}_4 = 1,2 \cdot 10^{-5}$ , maka kelarutan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  dalam larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,12 M adalah ... mol/L  
 A.  $10^{-5}$   
 B.  $10^{-4}$   
 C.  $10^{-3}$   
 D.  $10^{-2}$   
 E.  $10^{-1}$
35. Suatu larutan mengandung garam-garam  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  masing-masing mempunyai konsentrasi 0,01 M. Pada larutan ini dilarutkan sejumlah  $\text{NaOH}$  padat hingga larutan mempunyai pH 8. Berdasarkan data  $K_{sp}$  berikut:  
 $\text{Pb}(\text{OH})_2 = 2,8 \cdot 10^{-16}$   
 $\text{Mn}(\text{OH})_2 = 4,5 \cdot 10^{-14}$   
 $\text{Zn}(\text{OH})_2 = 4,5 \cdot 10^{-17}$   
 Senyawa hidroksida yang mengendap dalam larutan adalah ....  
 A.  $\text{Zn}(\text{OH})_2$   
 B.  $\text{Mn}(\text{OH})_2$   
 C.  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Pb}(\text{OH})_2$   
 D. ketiga-tiganya  
 E. tidak ada
36. Sistem kolid yang fase terdispersinya padat dan medium pendispersinya gas adalah ....  
 A. kabut  
 B. asap  
 C. buih  
 D. susu  
 E. gabus
37. Salah satu sifat penting dari dispersi koloid yang banyak dimanfaatkan dalam bidang industri dan analisis biokimia adalah ....  
 A. peptisasi  
 B. gerak brown  
 C. efek Tyndall  
 D. homogenisasi  
 E. elektroforesis
38. Berikut ini adalah peristiwa-peristiwa koagulasi pada partikel koloid, **kecuali** ....  
 A. penggumpalan lateks  
 B. pengendapan debu pada cerobong asap  
 C. penjernihan lumpur dari air sungai  
 D. pengobatan sakit perut  
 E. pembentukan delta pada muara sungai
39. Di antara cara pembentukan koloid berikut, yang dilakukan secara hidrolisis adalah ....  
 A. pembuatan sol  $\text{As}_2\text{S}_3$   
 B. pembuatan sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$   
 C. pembuatan sol logam busur breidig  
 D. pembuatan sol belerang dengan penggerusan  
 E. pembuatan sol belerang dari hidrogen sulfida dan gas  $\text{SO}_2$
40. Pembuatan koloid di bawah ini yang termasuk pembuatan secara dispersi adalah ....  
 A. sol  $\text{As}_2\text{S}_3$  dibuat dengan mengalirkan gas  $\text{H}_2\text{S}$  ke dalam larutan  $\text{As}_2\text{O}_3$   
 B. sol belerang dibuat dengan mengalirkan gas  $\text{H}_2\text{S}$  ke dalam larutan  $\text{SO}_2$   
 C. sol  $\text{AgCl}$  dapat dibuat dengan mereaksikan perak nitrat encer dengan larutan  $\text{HCl}$   
 D. sol emas dapat dibuat dengan melompatkan bunga api listrik dari elektrode  $\text{Au}$  dalam air  
 E. sol  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dibuat dengan menambahkan larutan  $\text{FeCl}_3$  jenuh ke dalam air yang mendidih

**B** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Tentukan letak unsur berikut dalam sistem periodik unsur apabila unsur tersebut mempunyai nomor atom:  
 a. 10  
 b. 19  
 c. 27  
 d. 35
2. Tentukan bentuk molekul dari  $\text{CO}$  berdasarkan teori VSEPR atau teori hibridisasi. Gambarkan bentuk molekulnya.

3. Di antara senyawa hidrida dari golongan halogen ada yang mempunyai titik didih terbesar. Senyawa apakah itu? Mengapa bisa demikian? Terangkan.
4. Termokimia dipelopori oleh Germain Henri Hess yang biasa dipanggil dengan Hess. Hasil terbesarnya tertulis dalam tesisnya mengenai *Hess Law*. Bagaimana bunyi hukum tersebut?
5. Tuliskan persamaan termokimia dari:
  - a.  $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(g) = 241,8 \text{ kJ}$
  - b.  $\Delta H_f^\circ \text{Ca}(\text{OH})_2(s) = -986,2 \text{ kJ}$
6. Beberapa siswa kelas XI IPA akan membuat larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Mereka menimbang kristal  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 49 gram dan dimasukkan dalam gelas kimia I dan dilarutkan dengan air hingga volume 500 mL. Dari larutan tersebut mereka ambil 50 mL dan dimasukkan dalam gelas kimia II dan ditambahkan air sebanyak 150 mL.
  - a. Berapa molaritas larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam gelas kimia I?
  - b. Berapa molaritas larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam gelas kimia II?
7. Setiap kenaikan suhu sebesar  $10^\circ\text{C}$  reaksi berlangsung dua kali lebih besar. Ketika ibu menanak nasi pada suhu  $50^\circ\text{C}$  nasinya matang selama 1 jam, jika suhu dinaikkan  $90^\circ\text{C}$  berapa lama nasi akan matang?
8. Pada reaksi pembuatan amonia:  
 $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \longrightarrow 2 \text{NH}_3(g) \Delta H = -22 \text{ kkal}$ .  
 Perlakuan apa yang dapat dilakukan supaya konsentrasi  $\text{NH}_3$  bertambah?
9. Suatu basa lemah MOH mempunyai konsentrasi  $0,1 \text{ M}$ . Jika tetapan ionisasi ( $K_b$ ) basa lemah  $10^{-5}$ , hitunglah  $p\text{H}$  larutan tersebut.
10. Sebanyak 20 mL larutan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   $0,15 \text{ M}$  direaksikan dengan 30 mL larutan  $\text{BaCl}_2$   $0,20 \text{ M}$  akan menghasilkan endapan  $\text{BaSO}_4$ .
  - a. Tuliskan persamaan ioniknya.
  - b. Berapa gram  $\text{BaSO}_4$  yang terbentuk?
  - c. Berapa konsentrasi ion-ion yang sisa setelah terjadi reaksi sempurna?
11. Sebanyak 100 mL larutan asam asetat  $0,1 \text{ M}$  yang diberi dua tetes suatu indikator mempunyai warna yang sama dengan warna 100 mL larutan  $\text{HCl}$   $2 \times 10^{-3} \text{ M}$  yang juga diberi dua tetes indikator tersebut. Tentukan besarnya tetapan ionisasi asam asetat.
12. Suatu sampel obat aspirin ( $\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4$ ) dianalisis dengan cara titrasi memakai suatu basa. Pada titrasi 0,5 g aspirin diperlukan 21,5 mL  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ M}$ . Berapakah persentase berat aspirin tersebut? (Ar H = 1; C = 12; O = 16; Na = 23)
13. Jika 0,15 mol asam asetat ( $K_a = 2 \times 10^{-5}$ ) dan 0,10 mol  $\text{NaOH}$  dilarutkan dalam air diperoleh larutan penyangga dengan volume 1 liter, berapakah  $p\text{H}$  larutan tersebut?
14. Suatu larutan penyangga dibuat dari campuran 300 mL amonium klorida  $0,1 \text{ M}$  dengan 200 mL amonia  $0,05 \text{ M}$ . Hitunglah  $p\text{H}$  campuran setelah ditambah dengan 3 mL  $\text{HCl}$ .
15. Tentukan  $p\text{H}$  larutan yang terjadi jika ke dalam 50 mL larutan  $\text{HA}$   $0,1 \text{ M}$  ( $K_a = 1 \times 10^{-5}$ ) ditambahkan 0,28 gram kristal  $\text{KOH}$  (Ar K = 39; H = 1; O = 16)
16. Berapakah tetapan hidrolisis larutan garam jika 20 mL larutan basa lemah  $\text{MOH}$   $0,1 \text{ M}$  ditambahkan 20 mL larutan  $\text{HCl}$   $0,1 \text{ M}$  sehingga larutan yang terjadi mempunyai  $p\text{H} = 5$
17. Pada suhu tertentu hasil kali kelarutan  $\text{TiCl}$  ( $M_r = 240$ ) adalah  $1 \times 10^{-4}$ . Berapakah jumlah maksimum talium klorida yang dapat dilarutkan dalam 1 mL air pada suhu tersebut?
18. Tetapan hasil kali kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  adalah  $2 \times 10^{-11}$ . Jika  $p\text{H}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dengan konsentrasi  $2 \times 10^{-3} \text{ M}$  dinaikkan secara bertahap, maka pada  $p\text{H}$  berapakah akan mulai terjadi endapan?
19. Apakah yang dimaksud dengan koagulasi? Sebutkan 4 contoh peristiwa koagulasi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.
20. Jelaskan perbedaan pembuatan koloid secara dispersi dan kondensasi.

## Ulangan Harian Bab I

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. B  | 11. D |
| 2. B  | 12. E |
| 3. C  | 13. D |
| 4. B  | 14. E |
| 5. B  | 15. D |
| 6. C  | 16. D |
| 7. A  | 17. E |
| 8. A  | 18. E |
| 9. C  | 19. C |
| 10. B | 20. D |

### B Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Teori atom Bohr mampu menjelaskan bahwa elektron bergerak mengelilingi inti atom pada lintasan tertentu berbentuk lingkaran. Padahal, elektron yang bergerak mengelilingi inti atom juga melakukan gerak gelombang yang tidak bergerak sesuai garis, tetapi menyebar pada suatu daerah tertentu. Dengan demikian, elektron dianggap sebagai gelombang materi. Hal ini dijelaskan dengan teori mekanika kuantum.
- Model atom Schrodinger lebih dikenal dengan mekanika kuantum karena elektron dianggap sebagai gelombang materi dengan gerakan yang menyerupai gelombang.
- Atom Bohr hanya menjelaskan bahwa elektron bergerak mengelilingi inti pada lintasan berbentuk lingkaran. Padahal, elektron juga melakukan gerak gelombang sesuai yang dijelaskan oleh Schrodinger.
- Bilangan kuantum utama ( $n$ ) menunjukkan lintasan elektron (kulit) atau tingkat energi utama
  - Bilangan kuantum azimut ( $l$ ) menunjukkan subkulit atau subtingkat energi utama
  - Bilangan kuantum magnetik ( $m$ ) menunjukkan orientasi orbital dalam subkulit
  - Bilangan kuantum spin ( $s$ ) menunjukkan arah rotasi atau putaran elektron dalam satu orbital
- Kaidah-kaidah yang digunakan dalam penentuan konfigurasi elektron yaitu:
  - Prinsip Aufbau (pengisian elektron di mulai dari tingkat energi terendah menuju tingkat energi lebih tinggi).
  - Aturan Hund (elektron yang mengisi subkulit dengan jumlah orbital lebih dari satu akan tersebar pada orbital yang mempunyai kesamaan energi dengan arah putaran yang sama).
  - Larangan Pauli (tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum sama).
- golongan VIIA periode 4
  - golongan VIIIB periode 5
  - golongan VIIIA periode 5
  - golongan IIA periode 6
  - golongan VIIIB periode 6
- Orbital adalah daerah pada inti atom dengan kemungkinan terbesar ditemukannya elektron. Jenis-jenis orbital, yaitu orbital  $s$ ,  $p$ , dan  $f$ .
- ${}_{12}\text{Mg} = (\text{Ne}) 3s^2$
  - ${}_{23}\text{V} = (\text{Ar}) 3d^3 4s^2$
  - ${}_{28}\text{Ni} (\text{Ar}) 3d^6 4s^2$
- ${}_{9}\text{F} (n = 2, l = 1, m = 0, s = -1/2)$
  - ${}_{14}\text{Si} (n = 3, l = 1, m = 0, s = +1/2)$
  - ${}_{20}\text{Ca} (n = 4, l = 0, m = 0, s = -1/2)$
  - ${}_{31}\text{Ga} (n = 4, l = 1, m = +1, s = +1/2)$
  - ${}_{44}\text{Ru} (n = 5, l = 2, m = +2, s = -1/2)$
- blok  $s$
  - blok  $p$
  - blok  $p$
  - blok  $d$
  - blok  $s$

## ● Ulangan Harian Bab II

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. C  | 11. C |
| 2. E  | 12. C |
| 3. D  | 13. B |
| 4. A  | 14. E |
| 5. D  | 15. E |
| 6. D  | 16. A |
| 7. A  | 17. E |
| 8. B  | 18. D |
| 9. D  | 19. E |
| 10. C | 20. B |

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Dengan teori VSEPR atau dengan teori Hibridisasi.
- Notasi VSEPR-nya  $AX_5$ , bentuk molekulnya bipiramida trigonal.
- Unsur: F, N, O; contoh molekulnya: HF,  $NH_3$ ,  $H_2O$ .
- Semakin kuat ikatan Van der Waals, maka semakin tinggi titik didih atau titik leleh suatu senyawa, semakin besar pula titik bekunya.
- $H_2 < N_2 < O_2 < Cl_2$
- Atom N(1) yang mengalami dipol sesaat berinteraksi dengan atom N(2) di sebelahnya dan menyebabkan dipol imbasan pada atom tersebut, sehingga terjadi tarik-menarik yang disebut sebagai gaya London.
- $C_3H_6=C_2H_4$ , karena memiliki Mr lebih kecil, rantai lebih pendek.
- Antarunsur penyusun pada molekul polar terdapat perbedaan elektronegativitas yang menimbulkan dipol-dipol, sehingga timbul gaya tarik antardipol.
- Karena  $H_2O$  memiliki ikatan hidrogen, sedangkan  $CHCl_3$  tidak.
- Hal ini dipengaruhi oleh kerapatan molekul pada zat padat dan zat cair.

## ● Ulangan Harian Bab III

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. E  | 11. A |
| 2. A  | 12. B |
| 3. C  | 13. B |
| 4. D  | 14. C |
| 5. B  | 15. C |
| 6. A  | 16. D |
| 7. C  | 17. E |
| 8. B  | 18. A |
| 9. D  | 19. D |
| 10. C | 20. C |

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 56,5 kkal/mol.
- $\Delta H_f: C(s) + 2 H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$   
 $\Delta H = \Delta H_f$
  - $\Delta H_c: CH_4(g) + 2 O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(g)$   $\Delta H = \Delta H_c$
  - $\Delta H_d: CH_4(g) \longrightarrow C(s) + 2 H_2(g)$   
 $\Delta H = \Delta H_d$
- 72 g
- 58,9 kJ/mol
- 1082 kJ/mol
  - 5410 kJ
- $\Delta H = -1082$  kJ/mol
  - $\Delta E = -5410$  kJ
- 47 kJ/mol
- 286,04 kJ/mol
- 19,6 kJ
- 58,88 kg

## ● Ulangan Tengah Semester Pertama

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |      |      |
|------|------|
| 1. D | 4. D |
| 2. A | 5. B |
| 3. E | 6. D |

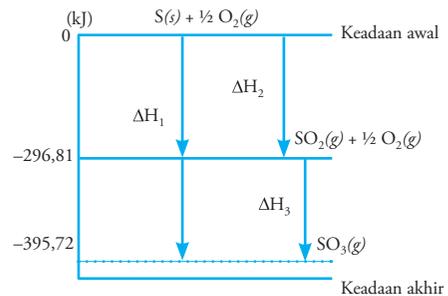
7. D                      14. E  
 8. A                      15. C  
 9. B                      16. E  
 10. D                     17. C  
 11. E                     18. D  
 12. B                     19. D  
 13. A                     20. A

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. a.  ${}_{25}V = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$   
 ${}_{36}W = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$   
 ${}_{43}X = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$   
 $5s^2 4d^5$
- b. V = golongan VIIB periode 4  
 W = golongan VIIIA periode 4  
 X = golongan VIIB periode 5
2. Tidak ditemukan 2 atom dengan keempat bilangan kuantum yang sama karena satu orbital hanya ditempati 2 elektron, maka 2 elektron tersebut dibedakan berdasarkan arah putaran (spin) yang berbeda, sehingga mempunyai bilangan kuantum spin berbeda.
3.  $16 = [Ne] 3s^2$ ,  $n = 3, l = 1, m_l = -1, s = -1/2$   
 $31, [Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^1$ ,  $n = 4, l = 1, m_l = -1, s = +1/2$   
 $42, [Kr] 4d^5 5s^1$ ,  $n = 5, l = 0, m_l = 0, s = +1/2$   
 $54, [Xe]$ ,  $n = 5, l = 1, m_l = +1, s = -1/2$
4. Jadi  $BCl_3$  memiliki 3 PEI dan 0 PEB,  $SCl_6$  memiliki 6 PEI dan 0 PEB.
5. Bentuk molekulnya linear, 
6. Gaya tarik antarmuatan yang berbeda dan terjadi pada molekul polar.
7. Semakin besar gaya antar molekulnya, maka titik didih senyawa semakin tinggi
8. Pada reaksi eksoterm sistem melepaskan kalor ke lingkungan, sedangkan pada reaksi endoterm sistem menyerap kalor dari lingkungan. Pada reaksi eksoterm  $\Delta H$  sistem  $< 0$ , sedangkan pada reaksi endoterm  $\Delta H$  sistem  $> 0$ .

9. Entalpi pembentukan ( $\Delta H_f$ ) adalah besarnya perubahan entalpi atau kalor yang dibebaskan atau diserap pada pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Persamaan:  $\Delta H = \Delta H_{f, \text{produk}} - \Delta H_{f, \text{pereaksi}}$ .

10.



**Ulangan Harian Bab IV**

**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. A  | 11. D |
| 2. B  | 12. D |
| 3. C  | 13. D |
| 4. D  | 14. A |
| 5. A  | 15. C |
| 6. A  | 16. B |
| 7. B  | 17. C |
| 8. B  | 18. E |
| 9. C  | 19. A |
| 10. E | 20. B |

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1.  $A + B \longrightarrow P + Q$ .
2. (a) Molaritas: jumlah mol zat dalam satu liter larutan, (b) Laju reaksi: berkurangnya konsentrasi pereaksi (reaktan) persatuan waktu atau bertambahnya konsentrasi hasil reaksi (produk) persatuan waktu, (c) Tumbukan efektif: tumbukan yang memenuhi dua syarat, yaitu posisinya tepat dan energinya cukup, (d) Energi aktivasi: energi minimum yang harus dimiliki molekul-molekul pereaksi untuk dapat menghasilkan reaksi.

- Luas permukaan zat; konsentrasi, suhu, dan katalis.
- (a)  $-1/60$  M/s  
(b)  $-0,01$  M/s  
(c)  $+0,005$  M/s
- (a) 1, (b) 2, (c) 3 kali, (d) 4 kali
- (a) 3, (b)  $r = k [X] [Y]^2$ ,  $k = 8 M^2/s$
- (a)  $60^\circ C$ , (b) 2,25 s
- Katalis homogen dan heterogen.
- Zat yang dapat mempercepat laju reaksi, tetapi tidak mempengaruhi hasil reaksi.
- Besi untuk pembuatan amonia ( $NH_3$ ), Vanadium pentoksida, ( $V_2O_5$ ) untuk pembuatan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).

## ● Ulangan Harian Bab V

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. D  | 11. B |
| 2. A  | 12. C |
| 3. C  | 13. B |
| 4. E  | 14. C |
| 5. A  | 15. D |
| 6. D  | 16. D |
| 7. C  | 17. E |
| 8. B  | 18. C |
| 9. D  | 19. B |
| 10. B | 20. B |

### B Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Kesetimbangan dinamis adalah suatu keadaan reaksi kesetimbangan di mana besarnya laju reaksi ke arah produk sama dengan laju reaksi ke arah pereaksi dan berlangsung terus-menerus secara mikroskopis. Contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari:
  - pemanasan air dalam wadah tertutup.
  - orang yang menaiki tangga eskalator (lift) yang sedang berjalan turun.
- Konsentrasi, suhu, volume/tekanan.

- Kesetimbangan homogen berarti seluruh zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud sama. Contoh:



Sedangkan kesetimbangan heterogen berarti zat-zat yang terlibat dalam persamaan reaksi mempunyai wujud berbeda-beda. Contoh:



- ke kanan
  - ke kanan
  - ke kanan
- ke kiri
  - ke kanan
  - ke kiri
  - ke kanan
- Proses kontak pada pembuatan asam sulfat:
  - $S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$
  - $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g)$
  - $H_2SO_4(l) + SO_3(g) \longrightarrow H_2S_2O_7(l)$
  - $H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \longrightarrow 2 H_2SO_4(l)$

$$7. a. K_c = \frac{[CS_2][H_2S]^2}{[CH_4][S_2]^2}$$

$$b. K_c = \frac{[CaO][CO_2]}{[CaCO_3]}$$

$$c. K_c = \frac{[SO_2]}{[S][O_2]}$$

$$8. 32$$

$$9. \frac{4}{5}$$

$$10. 8,37 \times 10^{-3}$$

## ● Ulangan Akhir Semester Pertama

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |      |       |
|------|-------|
| 1. D | 8. C  |
| 2. E | 9. C  |
| 3. A | 10. C |
| 4. B | 11. B |
| 5. C | 12. B |
| 6. E | 13. D |
| 7. E | 14. C |

15. E                      28. D  
 16. A                      29. B  
 17. C                      30. C  
 18. A                      31. D  
 19. B                      32. D  
 20. A                      33. A  
 21. C                      34. D  
 22. B                      35. A  
 23. B                      36. D  
 24. C                      37. B  
 25. E                      38. E  
 26. C                      39. D  
 27. C                      40. D

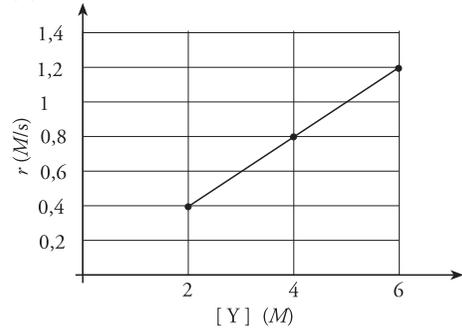
**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- ${}_{20}A : [\text{Ar}] 4s^2$   
 ${}_{35}B : [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$   
 ${}_{44}C : [\text{Kr}] 5s^2 4d^8$
  - ${}_{20}A$  : periode IV golongan IIA  
 ${}_{35}B$  : periode IV golongan VIIA  
 ${}_{44}C$  : periode V golongan VIII B
- Bilangan kuantum utama (n)
  - Bilangan kuantum azimut ( $\ell$ )
  - Bilangan kuantum magnetik (m)
  - Bilangan kuantum spin (s)
- Tetrahedral.
- Tidak ada dua elektron dalam satu atom yang mempunyai keempat bilangan kuantum sama.
- Gaya tarik lemah yang disebabkan oleh adanya dipol imbasan sesaat.
- Semakin besar Mr suatu molekul semakin tinggi titik didihnya.
- (a) 2 PEI dan 1 PEB, (b) 1 PEI dan 0 PEB, (c) 3 PEI dan 1 PEB.
- Energi kinetik dan eneri potensial.
- 90,6 kg.
- Sistem terbuka dan tertutup (terisolasi).
- Laju reaksi diartikan sebagai laju berkurangnya jumlah produk per satuan waktu.
- Zat yang menghambat laju reaksi.
- $r = k [P][Q]^2$

14. (a)

[Y] (M)	V (M/s)
0,2	0,4
0,4	0,8
0,6	1,2

(b)



(c) Orde reaksi terhadap Y adalah satu, dilihat dari pola grafiknya yang berbentuk lurus.

- Pada suhu 57 °C laju reaksinya sebesar  $7,5 \times 10^{-4}$  M/s
  - pada suhu 67 °C waktu reaksinya sebesar 0,625 s.
- Reaksi searah akan berhenti bila salah satu atau semua pereaksi habis. Sedangkan reaksi 2 arah terus menerus berlangsung dengan laju yang sama.
- Karena secara mikroskopis, reaksi tetap berjalan.
- $K_c = 0,25$
- menambah volume
  - mengurangi tekanan
  - menambah konsentrasi  $\text{SO}_2$
  - menambah konsentrasi  $\text{O}_2$
  - segera memisahkan  $\text{SO}_3$  yang terbentuk
- $K_c = 0,11$

**Ulangan Harian Bab VI**

**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

1. D                      4. D  
 2. B                      5. B  
 3. C                      6. A

- |       |       |
|-------|-------|
| 7. B  | 14. E |
| 8. A  | 15. C |
| 9. E  | 16. A |
| 10. C | 17. C |
| 11. B | 18. E |
| 12. A | 19. E |
| 13. D | 20. B |

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Konsep asam basa Arrhenius terbatas dalam pelarut air, namun pada teori Bronsted-Lowry sudah dapat dijelaskan.  
- Konsep dari Bronsted dan Lowry hanya melibatkan pertukaran proton saja, sedangkan pada teori Lewis melibatkan pertukaran pasangan elektron.
- Karena 1 indikator dengan kisaran  $pH$  belum bisa untuk membaca  $pH$  suatu larutan, kecuali indikator universal.
- (a)  $pOH = 2$                        $pH = 12$   
(b)  $pOH = 6 - \log 2$                  $pH = 8 + \log 2$   
(c)  $pH = 3$                              $pOH = 11$   
(d)  $pH = 1$                               $pOH = 13$   
(e)  $pOH = 1$                            $pH = 13$
- Karena asam memiliki konsentrasi  $H^+$  sangat kecil ( $< 10^{-7}$ ), sedangkan basa memiliki konsentrasi  $H^+$  sangat besar ( $> 10^{-7}$ ), padahal  $pH = -\log [H^+]$ .
- Syarat-syarat air yang layak dikonsumsi: secara fisik tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa,  $pH$  antara 6,7 sampai 8,6, lebih bagusnya  $pH = 7$ , kandungan minimal oksigen terlarut (DO) 3 mg/L. Sumber-sumber pencemaran air: limbah rumah tangga, limbah laboratorium, dan limbah industri.
- 0,03 atau 3%.
- (a) 3, (b)  $4 - \log 2$ , (c) 4.
- 10
- Reaksi pada pembentukan asam sulfat.
- Reaksi pembentukan  $Na_2SO_4$  dari  $Na_2O$  dan  $SO_3$  terjadi tanpa adanya air dan tidak menghasilkan ion  $OH^-$  dan  $H^+$

## Ulangan Harian Bab VII

**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. B  | 11. A |
| 2. C  | 12. C |
| 3. B  | 13. C |
| 4. A  | 14. C |
| 5. B  | 15. C |
| 6. B  | 16. B |
| 7. D  | 17. A |
| 8. B  | 18. A |
| 9. D  | 19. C |
| 10. A | 20. D |

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Persamaan yang menuliskan rumus setiap elektrolit yang larut dalam bentuk terdisosiasi dan yang tidak larut dalam bentuk molekuler.  
 $Na^+(aq) + Cl^-(aq) + Ag^+(aq) + NO_3^-(aq) \longrightarrow AgCl(s) + Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$   
Ion-ion merupakan bentuk elektrolit yang telah terdisosiasi, sedangkan molekul  $AgCl$  tidak larut dan dituliskan dalam bentuk molekuler.
- $CaCO_3(s) + 2 HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$   
 $NH_4Cl(s) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + NH_3(g)$
- 4,9 g
- 64
- Reaksi pengendapan terjadi apabila dua larutan yang bereaksi mempertemukan dua ion yang kemudian menghasilkan senyawa yang sukar larut. Karena sukar larut, maka zat hasil reaksi tersebut kemudian mengendap.  
Contoh:  $BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2 NaCl(aq)$
- $12 + \log 4$ .
- a.  $2 Al + 3 H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6 H^+$   

mula-mula	2 Al	1,5 mol	0,252 mol
bereaksi		0,168 mol	0,252 mol
setimbang		1,332 mol	-
- 35,964 g.

8. Reaksi asam basa dan reaksi penetralan tergolong dalam larutan elektrolit karena keduanya melibatkan ion-ion hasil uraian dari reaktannya.
9. a. 5 mmol.  
b. 0,2 M.
10. 3 : 8

### ● Ulangan Harian Bab VIII

#### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. A  | 11. D |
| 2. A  | 12. A |
| 3. B  | 13. A |
| 4. B  | 14. B |
| 5. A  | 15. B |
| 6. B  | 16. B |
| 7. D  | 17. C |
| 8. C  | 18. B |
| 9. A  | 19. B |
| 10. B | 20. E |

#### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Karena pasangan asam basa konjugasi dari komponen larutan buffer mampu menangkap ion  $H^+$  atau  $OH^-$  yang ditambahkan ke dalam larutan buffer, sehingga  $pH$  larutan dapat dipertahankan.
2. Jika hasil metabolisme adalah suatu asam, maka ion  $H^+$  dari asam tersebut akan diikat oleh ion  $HCO_3^-$ . Bila hasil metabolisme adalah suatu basa, maka ion  $OH^-$  akan bereaksi dengan  $H_2CO_3$ .  

$$H^+ + HCO_3^- \longrightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 + OH^- \longrightarrow HCO_3^- + H_2O$$
3. a.  $5 - \log 4 = 4,4$   
b. 5,06
4. 25 : 40
5. a. 4,75  
b. 9,25
6. 5,05

7. 2,82 gram
8. 8,95
9. sebelum pengenceran =  $6 - \log 5$   
setelah pengenceran =  $6 - \log 4,9$
10. 6,15 gram

### ● Ulangan Tengah Semester Kedua

#### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |      |       |
|------|-------|
| 1. C | 9. C  |
| 2. B | 10. C |
| 3. E | 11. E |
| 4. A | 12. B |
| 5. E | 13. D |
| 6. D | 14. A |
| 7. C | 15. D |
| 8. C |       |

#### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Asam: akseptor pasangan elektron, basa: donor pasangan elektron.
2.  $[A] : [B] = 1 : 10$ ,  $[A] = 10^{-6}$ ,  $[B] = 10^{-5}$
3. 7
4. Persamaan reaksi molekuler menampilkan senyawa pereaksi dan hasil reaksi dalam bentuk molekulnya. Persamaan reaksi ionik menunjukkan bentuk ionnya, baik reaktan maupun produk, kecuali produk yang memang tidak terionkan.
5. 10 mL
6.  $Ca_2^+(aq) + 2 Cl^-(aq) + 2 Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + 2 Na^+(aq) + 2 Cl^-(aq)$
7. (a)  $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s) + Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$   
(b) 7,715 g
8. 171,8 mL
9. 9,3
10. 9,3

## ● Ulangan Harian Bab IX

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. D  | 11. D |
| 2. C  | 12. A |
| 3. E  | 13. E |
| 4. A  | 14. D |
| 5. E  | 15. D |
| 6. B  | 16. C |
| 7. D  | 17. A |
| 8. A  | 18. D |
| 9. B  | 19. C |
| 10. C | 20. D |

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Ada 4 jenis garam:
  - garam dari asam kuat dan basa kuat (netral)
  - garam dari asam kuat dan basa lemah (asam)
  - garam dari asam lemah dan basa kuat (basa)
  - garam dari asam lemah dan basa lemah (sifatnya tergantung harga  $K_a$  dan  $K_b$ )
- $10^{-4}$
- 9,3
- 4,55
- 1,64 g
- 9,04
- 9
- 5
- 7
- 5

## ● Ulangan Harian Bab X

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |      |       |
|------|-------|
| 1. D | 8. C  |
| 2. E | 9. D  |
| 3. A | 10. B |
| 4. D | 11. A |
| 5. B | 12. C |
| 6. E | 13. B |
| 7. B | 14. E |

- |       |       |
|-------|-------|
| 15. D | 18. C |
| 16. C | 19. B |
| 17. E | 20. D |

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Kelarutan adalah nilai konsentrasi maksimum yang dapat dicapai oleh suatu zat dalam larutan. Contoh: kelarutan garam atau gula dalam air minum, kelarutan puyer obat dalam air.
- Jenis pelarut, suhu, dan pengadukan.
- Berdasarkan besar/kecilnya kelarutan zat dibedakan menjadi tiga yaitu:
  - Larutan yang belum jenuh/larutan sejati yaitu jika hasil kali konsentrasinya  $< K_{sp}$ ,
  - larutan tepat jenuh, jika hasil kali konsentrasinya  $= K_{sp}$ ,
  - larutan yang sudah terjadi pengendapan yaitu jika hasil kali konsentrasinya  $> K_{sp}$ ,
- Ion senama akan memperkecil kelarutan.
- $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$
  - $K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$
  - $K_{sp} = [Ag^+][CrO_4^{2-}]^2$
  - $K_{sp} = [Ba^{2+}][Cl^-]^2$
  - $K_{sp} = [Fe^{3+}][OH^-]^3$
- $4 \times 10^{-5}$
- $pH = 8 + \log 7,74$
- $7,69 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$
- $[Ag^+] = 7,7 \times 10^{-11} M$
- Tidak terbentuk endapan

## ● Ulangan Harian Bab XI

### A Pilihlah jawaban yang tepat.

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. E  | 11. A | 21. A |
| 2. E  | 12. B | 22. C |
| 3. B  | 13. E | 23. A |
| 4. E  | 14. C | 24. C |
| 5. E  | 15. A | 25. B |
| 6. A  | 16. A |       |
| 7. A  | 17. D |       |
| 8. C  | 18. D |       |
| 9. B  | 19. E |       |
| 10. E | 20. E |       |

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Koloid adalah campuran homogen yang terdiri atas dua fase, yaitu fase terdispersi dan fase pendispersi, ukuran partikelnya 1-100  $\mu\text{m}$  dan hanya dapat disaring dengan filter ultra.
2. Cara pembuatan koloid ada dua, yaitu secara dispersi dan kondensasi. Secara dispersi, partikel-partikel yang berukuran besar ( $> 100 \text{ nm}$ ) diubah menjadi partikel yang berukuran koloid, sedangkan secara kondensasi, partikel-partikel yang berukuran kecil ( $< 1 \text{ nm}$ ) diubah menjadi partikel berukuran koloid.
3. Elektroforesis adalah pergerakan partikel koloid dalam medan listrik, koloid yang bermuatan positif akan tertarik ke kutub negatif dan koloid yang bermuatan negatif akan tertarik ke kutub positif
4. Jenis-jenis koloid berdasarkan fase terdispersi dan pendispersinya:
  - sol padat (padat dalam padat), contoh: gelas warna, intan hitam, perunggu, baja, dan logam paduan
  - sol (padat dalam cair), contoh: sol emas, tinta, cat, jeli, dan kanji
  - aerosol padat (padat dalam gas), contoh: asap, debu
  - emulsi padat (cair dalam padat), contoh: mutiara, keju, dan mentega
  - emulsi (cair dalam cair), contoh: susu, santan, dan minyak ikan
  - aerosol cair (cair dalam gas), contoh: kabut, awan, hair spray
  - buih padat (gas dalam padat), contoh: karet busa, batu apung
  - buih (gas dalam cair), contoh: busa sabun, krim kocok, dan buih soda
5. - bidang kosmetik; pembersih muka, pewangi badan berbentuk spray, jell rambut.
  - bidang makanan; kecap, saus, keju, mentega, dsb.
  - bidang farmasi; obat berbentuk sirup
6. Partikel-partikel koloid selalu bergerak ke segala arah, gerakannya selalu lurus dan akan patah jika bertabrakan dengan partikel lain. Gerakan ini menyebabkan terjadinya tumbukan yang tidak seimbang dengan partikel-partikel pendispersi yang lebih besar, sehingga terjadilah gerak Brown.
7. Partikel-partikel dalam koloid karena mempunyai ukuran partikel yang cocok untuk menyebabkan cahaya tersebar dengan sudut-sudut yang besar, maka terjadilah penghamburan cahaya.
8. Dialisis adalah pemurnian koloid dengan cara memasukkan koloid ke dalam kantong yang terbuat dari selaput semipermeabel lalu dialiri cairan murni secara terus menerus. Molekul kecil atau ion yang terdapat dalam koloid akan menembus selaput semipermeabel dan terbawa keluar, sehingga koloid akan stabil dan murni kembali.
9. Untuk mengendapkan partikel-partikel berbahaya yang terkandung dalam limbah asap pabrik.
10. Sebagai adsorber untuk mengadsorpsi zat pencemar seperti zat warna, pestisida, ataupun limbah detergen dalam air. Kaporit dapat diganti zat koagulan yang lain, seperti tawas dan  $\text{FeSO}_4$ . Prinsip penjernihannya sama, yaitu menyerap dan mengkoagulasikan zat-zat pencemar, sehingga air dapat jernih kembali.

● **Latihan Ulangan Kenaikan Kelas**

**A** Pilihlah jawaban yang tepat.

- |      |       |
|------|-------|
| 1. D | 8. E  |
| 2. C | 9. C  |
| 3. B | 10. B |
| 4. B | 11. B |
| 5. B | 12. E |
| 6. D | 13. C |
| 7. A | 14. A |

15. B                      28. C  
 16. D                      29. A  
 17. D                      30. B  
 18. A                      31. C  
 19. D                      32. C  
 20. B                      33. B  
 21. A                      34. D  
 22. B                      35. B  
 23. D                      36. B  
 24. D                      37. E  
 25. C                      38. D  
 26. C                      39. B  
 27. B                      40. D

**B.** Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

- periode II golongan VIIIA
    - periode IV golongan IA
    - periode IV golongan VIIIB
    - periode IV golongan VIIA
  - Bentuk molekulnya linear 
  - HF, karena senyawa HF memiliki ikatan hidrogen sedang yang lainnya tidak.
  - “Banyaknya kalor dalam reaksi kimia tidak tergantung jalannya reaksi tetapi tergantung dari keadaan awal dan akhir reaksi”.
    - $\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H = 241,8 \text{ kJ}$
    - $\text{Ca}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$   
 $\Delta H = -986,2 \text{ kJ}$
  - (a) 5,663 M, (b) 2,83 M.
  - 3,75 menit
  - Memperbesar tekanan, menurunkan suhu, dan menambahkan katalis.
- 11.
  - (a)  $2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{ SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 3 \text{ Ba}^{2+} + 6 \text{ Cl}^{-}(\text{aq}) \longrightarrow 3 \text{ BaSO}_4(\text{s}) + 2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq}) + 6 \text{ Cl}^{-}(\text{aq})$   
 (b) 0,699 g  
 (c)  $[\text{Al}^{3+}]_{\text{lar}} = 0,104 \text{ M}$ ,  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,12 \text{ M}$ ,  
 $[\text{Cl}^{-}] = 0,12 \text{ M}$
  - $K_a = 4 \times 10^{-5}$
  - 7,52%
  - 6
  - 8,5
  - 9
  - $2 \times 10^{-9}$
  - 2,4 mg
  - Mulai terjadi endapan pada  $\text{pH} > 11,1$ .
  - Koagulasi merupakan peristiwa penggumpalan koloid akibat hilangnya kestabilan. Koagulasi dapat terjadi karena pemanasan, penambahan elektrolit, pencampuran koloid, atau elektroforesis. Sebagai contohnya penggumpalan cat yang sudah lama tidak dipakai, pembentukan delta pada muara sungai, penggumpalan lateks, dan penggumpalan susu cair.
  - Dispersi merupakan salah satu cara membuat koloid dengan memecah gumpalan suspensi/partikel kasar menjadi lebih kecil sehingga tersebar dan berukuran koloid, sedangkan kondensasi adalah penggabungan partikel-partikel halus (larutan) menjadi partikel yang lebih besar (kasar) sampai menjadi koloid.

## A

adsorpsi 241, 249  
aerosol 238, 239  
agregat 242, 250  
amfoter 151, 152, 153  
analisis volumetrik 170, 175  
Arrhenius, Svante A 131, 158, 161  
asam konjugasi 183, 186, 206  
asam-basa konjugasi 162  
asbut 254  
asimilasi 45  
aturan Hund 2, 12, 13  
autokatalis 83  
azas  
    black 52  
    le chatelier 103, 111

## B

basa konjugasi 183, 184, 186, 192, 205, 208  
bilangan  
    kuantum azimut 7, 9, 10  
    kuantum spin 9, 12, 13  
Bohr 2, 3, 4, 5, 6  
Bosch, Karl 91, 111  
Boyle 109  
Brown, Robert 241  
busur bredig 250

## C

cairan intrasel 192, 193

## D

Davy 130  
De Broglie, Louis 5  
derajat disosiasi 98, 117, 119  
dipol 22, 29, 30, 31, 32  
disosiasi 134, 137, 140, 141, 143  
dispersi 236, 237, 246, 250  
dissolved oxygen 149  
domain 22, 25

## E

elektron valensi 22, 23, 26, 28  
elektronegativitas 28, 29, 31  
emulsi 238, 239  
energi  
    aktivasi 78, 79, 82, 83  
    disosiasi 60  
entalpi molar 48  
enzim 83, 92  
enzimatis 192

## G

gaya  
    dipol-dipol 22, 31, 33  
    Van der Waals 241, 246  
Gillespie, R.J. 23

## H

Haber, Fritz 91, 110  
heat content 43  
Heisenberg, Werner 5, 6  
Hess, Germain Henri 38  
hibridisasi 22, 27, 28  
hidrolisis 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211

## I

indikator 130, 132, 144, 155, 156, 147, 149, 170, 172, 174, 175, 204, 211  
inhibitor 82  
ion-ion pemirsa 159, 160, 163  
ikatan hidrogen 22, 29, 31, 32

## J

Joule, James Prescott 39

## K

kalor jenis 41, 51, 52, 53, 54, 55, 56  
kalorimeter  
    thiemann 52  
    tipe bom 51, 52  
    tipe reaksi 51, 52  
kapasitas kalor 41, 52, 54, 55, 56  
katalis 77, 82, 83, 84, 91, 92, 110, 122  
Kc 112, 113, 114, 115, 116, 219  
koagulasi 242, 243, 248  
kondensasi 251, 252  
konduksi 41  
konstanta planck 3, 4  
konversi 39, 41  
Kp 115, 116, 117, 206

## L

larangan Pauli 2, 13  
Lavoisier 130  
Lewis 130, 150, 152, 153, 162  
liofil 246, 247  
liofob 246, 247  
Lowry, Bronsted 130, 162

## M

mekanika kuantum 2, 5, 6  
metabolisme 182, 192, 193  
misel 243

## O

orbital 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15  
orde reaksi 72, 91

## P

penitrasi 170, 172  
pereaksi pembatas 167, 168, 169  
periode 15, 16, 17  
peptisasi 250  
Planck, Max 3  
prinsip  
    aufbau 2, 11, 12, 14  
    ketidakpastian Heisenberg 5  
promotor 83  
proses kontak 92, 98, 111, 112

## R

radiasi 2, 3, 41  
radioaktif 17  
reaksi metatesis 251  
rumus  
    duplet 23, 28  
    oktet 23, 28  
Rutherford 2

## S

Schrodinger, Erwin 6  
sistem internasional 39  
Sorensen 133  
spektrum 2, 3, 4, 5, 6, 7  
struktur lewis 23  
styrofoam 51, 53

## T

tetapan rydberg 116  
titik ekuivalen 170, 172, 173, 175  
titrasi 158, 169, 170, 172, 173, 174  
tumbukan efektif 77, 80  
Tyndall, John 240

## V

valensi  
    asam 130, 131, 138, 140  
    basa 131, 139  
VSEPR 22, 23, 24, 25, 26, 27

## Z

zwitter ion 193

# Daftar Pustaka

- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas Azas & Struktur*, jilid 1, edisi ke-5. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Cotton & Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*, cet. ke-1. Jakarta: UI-Press.
- Fessenden & Fessenden. 1995. *Kimia Organik*, jilid ke-1. Jakarta: Erlangga.
- \_\_\_\_\_. 1995. *Kimia Organik*, jilid ke-2. Jakarta: Erlangga.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Dasar-dasar Kimia Organik*. Jakarta. Binarupa Aksara.
- Gem, Collins. 1994. *Kamus Saku Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Hemera Technologies Inc. 2004. *15.000 Educational Images* (CD). Focus Multimedia Limited, The Studios.
- \_\_\_\_\_. 2005. *50.000 Photo Art* (CD). Cambridgeshire: Global Software Publishing Ltd. Program.
- Keenan, Charles W., Kleinfelter, Donald C., Wood, Jesse H. 1999. *Kimia untuk Universitas*, jilid ke-1 edisi ke-6. Jakarta: Erlangga.
- Majalah *Tempo*, Edisi 21-27 Februari 2005
- Microsoft Encarta Premium 2006.
- Mulyono, HAM. 2006. *Kamus Kimia*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Oxtoby, David W., Gillis, H.P., Nachtrieb, Norman H. 2001. *Prinsip-prinsip Kimia Modern*, jilid 1, edisi ke-4. Jakarta: Erlangga.
- Permendiknas RI Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Permendiknas RI Nomor 23 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi Lulusan untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Petrucchi, Ralph H & Suminar. 1987. *Kimia Dasar*, jilid ke-1. Jakarta: Erlangga.
- \_\_\_\_\_. 1987. *Kimia Dasar*, jilid ke-2. Jakarta: Erlangga.
- \_\_\_\_\_. 1987. *Kimia Dasar*, jilid ke-3. Jakarta: Erlangga.

- Syukri S. 1999. *Kimia Dasar 1*. Bandung: Penerbit ITB.
- \_\_\_\_\_. 1999. *Kimia Dasar 2*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tim Redaksi Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, edisi ke-3. Jakarta: Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional dan Balai Pustaka.
- VanCleave, Janice. 2003. *Proyek-proyek Kimia*. Bandung: Pakar Raya.
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, jilid 1, edisi ke-5, cet. Ke-2. Jakarta: Kalman Media Pustaka.
- \_\_\_\_\_. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, jilid ke-2, edisi ke-5, cet. ke-2. Jakarta: Kalman Media Pustaka.
- Whyman, Kathryn. 2006. *Seri Life Skill Lingkungan Hidup: Batuan & Mineral dan Lingkungan*, cet. ke-1, Bandung: Pakar Raya.
- <http://image.blog.livedoor.com> diakses tanggal 09/06/2007 jam 11.30 WIB.
- <http://indonesian.irit.ir>, diakses tanggal 17/11/2006 jam 18.27 WIB.
- <http://www.anbg.gov.au>, diakses tanggal 05/10/2006 jam 11.00 WIB.
- <http://www.batan.go.id>, diakses tanggal 17/11/2006 jam 18.25 WIB.
- <http://www.biografiasyvidas.com>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.
- <http://www.calstatde.edu>, diakses tanggal 03/09/2006 jam 08.45 WIB.
- <http://www.cartage.org.lb>, diakses tanggal 04/09/2006 jam 10.05 WIB.
- <http://www.caton.org>, diakses tanggal 15/10/2006 jam 14.30 WIB.
- <http://www.chemistry.wustl.edu>, diakses tanggal 08/10/2006 jam 09.30 WIB.
- <http://www.cobaltcondominiums.com> diakses tanggal 09/06/2007 jam 11.45 WIB.
- <http://www.ebibleteacher.comimagescampfire.com> diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.
- <http://www.e-dukasi.net>, diakses tanggal 17/11/2006 jam 18.29 WIB.
- <http://www.elsam.or.id>, diakses tanggal 23/10/2006 jam 09.30 WIB.
- <http://www.firstworldwar.com>, diakses tanggal 01/11/2006 jam 14.30 WIB.
- <http://www.friedmanarchives.com> diakses tanggal 13/06/2007 jam 09.30 WIB.
- <http://www.greenpeace.org>, diakses tanggal 14/06/2007 jam 11.50 WIB.
- <http://www.hagalil.com>, diakses tanggal 20/11/2006 jam 10.10 WIB.
- <http://www.indonetwork.co.id>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.
- <http://www.infopapua.com> diakses tanggal 14/06/2007 jam 09.00 WIB.
- <http://www.iuvt.fh-wiesbaden.de> diakses tanggal 09/06/2007 jam 08.45 WIB.
- <http://www.kompas.com>, diakses tanggal 22/07/2006 jam 11.40 WIB.

<http://www.meddings.co.uk> diakses tanggal 09/06/2007 jam 11.30 WIB.

<http://www.nobelpreis.org>, diakses tanggal 23/10/2006 jam 15.30 WIB.

<http://www.petrokimia-gresik.com> diakses tanggal 14/06/2007 jam 09.30 WIB.

<http://www.phy.duke>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.45 WIB.

<http://www.pikiranrakyat.com>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.45 WIB.

<http://www.public.asu.edu>, diakses tanggal 04/09/2006 jam 14.30 WIB.

<http://www.sidoarjo.go.id>, diakses tanggal 26/10/2006 jam 10.50 WIB.

<http://www.stansholik.com>  
[photosfoodoj\\_on\\_satin.com](http://photosfoodoj_on_satin.com) diakses tanggal 13/06/2007 jam 09.30 WIB.

<http://www.tekmira.esdm.go.id> diakses tanggal 14/06/2007 jam 08.50 WIB.

<http://www.unibookstore.stie-mce.ac.id>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.

<http://www.wakerobia.org>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.

<http://www.yamaha-motor.co.id>, diakses tanggal 21/07/2006 jam 09.30 WIB.

# Lampiran

## Lampiran 1. Sifat Fisik Pelarut dan Peningkatan Titik Didih Molal ( $K_b$ )

Pelarut	d (g/mL)	$T_b$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$K_b$ (der/mol)	Koreksi (*)
Air	1,00 <sup>4</sup>	100	0,52	0,0001
Aseton (2-propanon)	0,79 <sup>20/4</sup>	56,2	1,71	0,0004
Asam asetat (asam etanoat)	1,05 <sup>20/4</sup>	117,9	3,07	0,0008
Benzen	0,88 <sup>20/4</sup>	80,1	2,53	0,0007
Etanol (etil alkohol)	0,79 <sup>20/4</sup>	78,5	1,22	0,0003
Metanol (metil alkohol)	0,79 <sup>20/4</sup>	64,8	0,83	0,0002
Karbon tetraklorida	1,59 <sup>20/4</sup>	76,5	5,03	0,0013
Kloroform	1,48 <sup>20/4</sup>	61,7	3,63	0,0009
Karbon disulfida	1,26 <sup>20/4</sup>	46,2	2,34	0,0006
Sikloheksana	0,78 <sup>20/4</sup>	80,9	2,79	0,0007
Nitrobenzen	1,20 <sup>20/4</sup>	210,8	5,24	0,0013
Anilin (fenilamin)	1,02 <sup>20/4</sup>	184,6	3,52	0,0009
Etil asetat	0,90 <sup>20/4</sup>	77,1	2,77	0,0007
n-Oktana	0,70 <sup>20/4</sup>	125,7	4,02	0,0010
Toluen (metil benzen)	0,87 <sup>20/4</sup>	110,6	3,33	0,0008
Metil asetat	0,93 <sup>20/4</sup>	57,1	2,15	0,0005

Mulyono HAM, Kamus Kimia

### Keterangan:

d = masa jenis;  $T_f$  = titik beku;  $T_b$  = titik didih;  $K_f$  = titik beku molal;  $K_b$  = titik beku molal; (\*) Nilai koreksi pada kolom akhir merupakan nilai derajat yang berkurang untuk setiap mmHg dari perbedaan antara nilai bacaan barometer dan nilai 760 mmHg

## Lampiran 2.

### Skala Keelektronegatifan Unsur \*

H 2,2							He -
Li 0,98	Be 1,57	B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 4,0	Ne -
Na 0,93	Mg 1,31	Al 1,61	Si 1,90	P 2,20	S 2,60	Cl 3,2	Ar -
K 0,82	Ca 1,0	Ga 1,80	Ge 2,00	As 2,2	Se 2,55	Br 3,0	Kr 2,9
Rb 0,82	Sr 0,95	In 1,8	Sn 2,0	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,7	Xe 2,6
Cs 0,79	Ba 0,9	Tl 2,0	Pb 1,9	Bi 2,0	Po 2,0	At 2,2	Rn -
Fr 0,70	Ra 0,9						

Mulyono HAM, Kamus Kimia

### Keterangan:

(\*) disebut juga skala keelektronegatifan Pauling, tidak ditetapkan secara langsung berdasarkan energi disosiasi ikatan; skala dalam satuan eV

## Lampiran 3. Jari-jari Atom dan Ion Atom Unsur (dalam pm)

H 37							
Li/Li <sup>+</sup> 134/60	Be/Be <sup>2+</sup> 91/31	B/B <sup>3+</sup> 82/20	C/C <sup>-4</sup> 77/220	N/N <sup>-3</sup> 74/171	O/O <sup>-1</sup> 72/140	F/F <sup>-</sup> 71/136	
Na/Na <sup>+</sup> 154/95	Mg/Mg <sup>2+</sup> 138/65	Al/Al <sup>3+</sup> 125/50	Si/ 117/271	P/P <sup>-3</sup> 110/212	S/S <sup>-1</sup> 104/184	Cl/Cl <sup>-</sup> 99/181	
K/K <sup>+</sup> 196/133	Ca/Ca <sup>2+</sup> 174/99	Ga/Ga <sup>3+</sup> 125/62	Ge/Ge <sup>-4</sup> 122/272	As/As <sup>-3</sup> 121/222	Se/Se <sup>-2</sup> 117/198	Br/Br <sup>-</sup> 114/195	
Rb/Rb <sup>+</sup> 216/148	Sr/Sr <sup>2+</sup> 191/113	In/In <sup>3+</sup> 150/81	Sn/Sn <sup>-4</sup> 141/294	Sb/Sb <sup>-3</sup> 141/245	Te/Te <sup>-2</sup> 137/221	I/I <sup>-</sup> 133/216	

Mulyono HAM, Kamus Kimia

Lampiran 4. Tetapan Ionisasi Basa (K<sub>b</sub>) pada 25°C

Rumus	K <sub>b</sub>	pK <sub>b</sub>	Catatan
AgOH	1,0 × 10 <sup>-2</sup>	2,0	A ; P
Al(OH) <sub>3</sub>	5,01 × 10 <sup>-9</sup>	8,3	A ; P
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	2,00 × 10 <sup>-10</sup>	9,7	A ; P
Ba(OH) <sup>+</sup>	2,51 × 10 <sup>-1</sup>	0,6	P
Be(OH) <sub>2</sub>	1,78 × 10 <sup>-6</sup>	5,75	A
Be(OH) <sup>+</sup>	2,51 × 10 <sup>-9</sup>	8,6	A
Ca(OH) <sup>+</sup>	6,31 × 10 <sup>-2</sup>	1,2	P
Cd(OH) <sub>2</sub>	5,01 × 10 <sup>-11</sup>	10,3	A ; I ; P
Hg(OH) <sub>2</sub>	6,31 × 10 <sup>-12</sup>	11,2	I ; P
MOH	tinggi	< 0	(M = Na, K, Rb, Cs)
L(OH) <sub>2</sub>	tinggi	< 0	I (L = Ca, Sr, Ba)
LiOH	6,31 × 10 <sup>-1</sup>	0,2	P
Mg(OH) <sub>2</sub>	—	—	I
Mg(OH) <sup>+</sup>	2,51 × 10 <sup>-3</sup>	2,60	P
NH <sub>3</sub>	1,76 × 10 <sup>-5</sup>	4,75	B
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	8,91 × 10 <sup>-7</sup>	6,05	B
N <sub>2</sub> H <sub>5</sub> <sup>+</sup>	1,0 × 10 <sup>-14</sup>	14,00	B
NH <sub>2</sub> OH	9,12 × 10 <sup>-9</sup>	8,04	B
PH <sub>3</sub>	1,0 × 10 <sup>-28</sup>	28,00	B ; T
Sr(OH) <sup>+</sup>	2,00 × 10 <sup>-1</sup>	0,70	P
Zn(OH) <sub>2</sub>	7,94 × 10 <sup>-7</sup>	6,10	A ; I ; P

Keterangan:

Basa-basa dengan pK<sub>b</sub> < 0 sebagai basa kuat.

A = dapat bereaksi dengan basa kuat berlebih

B = basa-Bronsted (perima proton)

I = Sifat basa hilang pada kelarutan rendah

P = sangat peka terhadap pelarutan ion

T = nilai perkiraan menurut perhitungan kinetika

Oxoby, Prinsip-prinsip Kimia Modern

Lampiran 5. Tetapan Ionisasi Asam pada Suhu 25°C

Asam	HA	H <sup>+</sup>	K <sub>a</sub>	pK <sub>a</sub>
Iodida	HI	I <sup>-</sup>	~10 <sup>11</sup>	~-11
Bromida	HBr	Br <sup>-</sup>	~10 <sup>9</sup>	~-9
Perklorat	HClO <sub>4</sub>	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	~10 <sup>7</sup>	~-7
Klorida	HCl	Cl <sup>-</sup>	~10 <sup>7</sup>	~-7
Klorat	HClO <sub>3</sub>	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	~10 <sup>3</sup>	~-3
Sulfat (1)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	~10 <sup>2</sup>	~-2
Nitrat	HNO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	~20	~-1,3
Ion hidronium	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O	1	0,0
Iodat	HIO <sub>3</sub>	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,6 × 10 <sup>-1</sup>	0,80
Oksalat (1)	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	HC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5,9 × 10 <sup>-2</sup>	1,23
Sulfat (2)	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,54 × 10 <sup>-2</sup>	1,81
Sulfat (2)	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,2 × 10 <sup>-2</sup>	1,92
Klorosat	HClO <sub>2</sub>	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1,1 × 10 <sup>-2</sup>	1,96
Fosfat (1)	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	7,52 × 10 <sup>-3</sup>	2,12
Arsenat (1)	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5,0 × 10 <sup>-3</sup>	2,30
Kloroasetat	CH <sub>2</sub> ClCOOH	CH <sub>2</sub> ClCOO <sup>-</sup>	1,4 × 10 <sup>-3</sup>	2,85
Fluorida	HF	F <sup>-</sup>	6,6 × 10 <sup>-4</sup>	3,18
Nitrit	HNO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	4,6 × 10 <sup>-4</sup>	3,34
Format	HCOOH	HCOO <sup>-</sup>	1,77 × 10 <sup>-4</sup>	3,75
Benzoat	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO <sup>-</sup>	6,46 × 10 <sup>-5</sup>	4,19
Oksalat (2)	HC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6,4 × 10 <sup>-5</sup>	4,19
Hidrozoat	HN <sub>3</sub>	N <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,9 × 10 <sup>-5</sup>	4,72
Asetat	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	1,76 × 10 <sup>-5</sup>	4,75
Propionat	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COO <sup>-</sup>	1,34 × 10 <sup>-5</sup>	4,87
Ion piridinium	HC <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N <sup>+</sup>	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	5,6 × 10 <sup>-6</sup>	5,25
Karbonat (1)	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,3 × 10 <sup>-7</sup>	6,37
Sulfat (2)	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	1,02 × 10 <sup>-7</sup>	6,91
Arsenat (2)	H <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,3 × 10 <sup>-8</sup>	7,03
Sulfida	H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>	9,1 × 10 <sup>-8</sup>	7,04
Fosfat (2)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6,23 × 10 <sup>-8</sup>	7,21
Hipoklorit	HClO	ClO <sup>-</sup>	3,0 × 10 <sup>-8</sup>	7,53
Hidrosionat	HCN	CN <sup>-</sup>	6,17 × 10 <sup>-10</sup>	9,21
Ion ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	5,6 × 10 <sup>-10</sup>	9,25
Karbonat (2)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	4,8 × 10 <sup>-11</sup>	10,32
Arsenat (3)	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,0 × 10 <sup>-12</sup>	11,53
Hidrogen peroksida	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2,4 × 10 <sup>-12</sup>	11,62
Fosfat (3)	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,2 × 10 <sup>-13</sup>	12,67
Air	H <sub>2</sub> O	OH <sup>-</sup>	1,0 × 10 <sup>-14</sup>	14,00

Oxoby, Prinsip-prinsip Kimia Modern

Keterangan: (\*) atau induksi magnet

### Lampiran 6. Sifat Termodinamika dari Senyawa-senyawa

Senyawa	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	Senyawa	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
Al <sub>2</sub> O <sub>3(s)</sub>	-1669,79	HF <sub>(g)</sub>	- 268,61
BaCO <sub>3(s)</sub>	-1218,8	HI <sub>(g)</sub>	25,94
B <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	31,4	H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	- 241,84
B <sub>2</sub> O <sub>3(s)</sub>	-1263,6	H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	- 285,85
Br <sub>(g)</sub>	111,75	H <sub>2</sub> S <sub>(g)</sub>	- 20,17
Br <sub>2(g)</sub>	30,71	HCHO <sub>(g)</sub>	- 115,9
Br <sub>2(l)</sub>	0	He <sub>(g)</sub>	0
BrCl <sub>(g)</sub>	14,7	Hg <sub>(g)</sub>	60,84
C <sub>(g)</sub>	718,39	Hg <sub>(l)</sub>	0
C <sub>(intan)</sub>	1,88	I <sub>(g)</sub>	106,61
C <sub>(grafit)</sub>	0	I <sub>2(g)</sub>	62,26
CCl <sub>4(g)</sub>	-106,54	I <sub>2(s)</sub>	0
CO <sub>(g)</sub>	-110,54	KCl <sub>(s)</sub>	- 435,89
CO <sub>2(g)</sub>	-393,51	MgCl <sub>2(s)</sub>	- 641,83
CH <sub>4(g)</sub>	-74,85	MgO <sub>(s)</sub>	- 601,83
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2(g)</sub>	-82,0	MnO <sub>2(s)</sub>	- 519,7
C <sub>2</sub> H <sub>2(g)</sub>	226,73	N <sub>(g)</sub>	472,71
C <sub>2</sub> H <sub>4(g)</sub>	52,30	N <sub>2(g)</sub>	0
C <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	-84,68	NH <sub>3(g)</sub>	- 46,19
C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub>	-103,85	NH <sub>4</sub> Cl <sub>(p)</sub>	- 315,38
C <sub>6</sub> H <sub>6(g)</sub>	82,93	NO <sub>(g)</sub>	90,37
C <sub>6</sub> H <sub>6(l)</sub>	49,04	N <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	81,55
CH <sub>3</sub> OH <sub>(g)</sub>	-200,67	NO <sub>2(g)</sub>	33,85
CH <sub>3</sub> OH <sub>(l)</sub>	-238,66	N <sub>2</sub> O <sub>4(g)</sub>	9,67
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(l)</sub>	-277,65	NOCl <sub>(g)</sub>	52,59
CaCO <sub>3(s)</sub>	-1207,1	NaCl <sub>(p)</sub>	- 410,99
CaO <sub>(s)</sub>	-635,5	O <sub>(g)</sub>	247,53
Ca(OH) <sub>2(s)</sub>	-986,6	O <sub>2(g)</sub>	0
CaSO <sub>4(s)</sub>	-1432,7	O <sub>3(g)</sub>	142,30
Cl <sub>(g)</sub>	121,38	PCl <sub>3(g)</sub>	- 306,40
Cl <sub>2(g)</sub>	0	PCl <sub>5(g)</sub>	- 398,90
CuO <sub>(s)</sub>	-155,2	S <sub>(rhombic)</sub>	0
Cu <sub>2</sub> O <sub>(s)</sub>	-166,69	S <sub>(monoclinic)</sub>	0,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(s)</sub>	-822,16	SO <sub>2(g)</sub>	- 296,90
Fe <sub>3</sub> O <sub>4(s)</sub>	-1117,13	SO <sub>3(g)</sub>	- 395,18
H <sub>(g)</sub>	217,94	SO <sub>2</sub> Cl <sub>2(l)</sub>	- 389
H <sub>2(g)</sub>	0	UO <sub>2(s)</sub>	- 1130
HBr <sub>(g)</sub>	- 36,23	ZnO <sub>(s)</sub>	- 347,98
HCl <sub>(g)</sub>	- 39,30		

## Lampiran 7. Konfigurasi Elektron Unsur-unsur

Nomor Atom	Lambang Atom	Konfigurasi Elektron	Nomor Atom	Lambang Atom	Konfigurasi Elektron	Nomor Atom	Lambang Atom	Konfigurasi Elektron
1	H	1s <sup>1</sup>	36	Kr	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>6</sup>	71	Lu	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup>
2	He	1s <sup>2</sup>	37	Rb	[Kr] 5s <sup>1</sup>	72	Hf	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup>
3	Li	[He] 2s <sup>1</sup>	38	Sr	[Kr] 5s <sup>2</sup>	73	Ta	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup>
4	Be	[He] 2s <sup>2</sup>	39	Y	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>	74	W	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup>
5	B	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	40	Zr	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup>	75	Re	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup>
6	C	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	41	Nb	[Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup>	76	Os	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup>
7	N	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	42	Mo	[Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup>	77	Ir	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup>
8	O	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	43	Tc	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup>	78	Pt	[Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup>
9	F	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	44	Ru	[Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>7</sup>	79	Au	[Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>
10	Ne	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	45	Rh	[Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup>	80	Hg	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>
11	Na	[Ne] 3s <sup>1</sup>	46	Pd	[Kr] 4d <sup>10</sup>	81	Tl	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>1</sup>
12	Mg	[Ne] 3s <sup>2</sup>	47	Ag	[Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup>	82	Pb	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>2</sup>
13	Al	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	48	Cd	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup>	83	Bi	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>3</sup>
14	Si	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	49	In	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>1</sup>	84	Po	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>4</sup>
15	P	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	50	Sn	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>2</sup>	85	At	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>5</sup>
16	S	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	51	Sb	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>3</sup>	86	Rn	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>6</sup>
17	Cl	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	52	Te	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>4</sup>	87	Fr	[Rn] 7s <sup>1</sup>
18	Ar	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	53	I	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>5</sup>	88	Ra	[Rn] 7s <sup>2</sup>
19	K	[Ar] 4s <sup>1</sup>	54	Xe	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>6</sup>	89	Ac	[Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>
20	Ca	[Ar] 4s <sup>2</sup>	55	Cs	[Xe] 6s <sup>1</sup>	90	Th	[Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>
21	Sc	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>	56	Ba	[Xe] 6s <sup>2</sup>	91	Pa	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>
22	Ti	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>	57	La	[Xe] 6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup>	92	U	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup>
23	V	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>	58	Ce	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup>	93	Np	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup>
24	Cr	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>	59	Pr	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>3</sup>	94	Pu	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>6</sup>
25	Mn	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>	60	Nd	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>4</sup>	95	Am	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup>
26	Fe	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>	61	Pm	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>5</sup>	96	Cm	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup>
27	Co	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>	62	Sm	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup>	97	Bk	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>9</sup>
28	Ni	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>	63	Eu	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup>	98	Cf	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>10</sup>
29	Cu	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup>	64	Gd	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup>	99	Es	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>11</sup>
30	Zn	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>	65	Tb	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>9</sup>	100	Fm	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>12</sup>
31	Ga	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>	66	Dy	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>10</sup>	101	Md	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>13</sup>
32	Ge	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>	67	Ho	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>11</sup>	102	No	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup>
33	As	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>	68	Er	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>12</sup>	103	Lr	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup>
34	Se	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>	69	Tm	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>13</sup>			
35	Br	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>	70	Yb	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup>			





**C**apability. *Be sure with your own capability.* Yakinlah akan kemampuan kalian sendiri. Jangan biarkan rasa ragu dan rendah diri menjadi aral yang menghadang langkah.

**H**appy. Lengkapilah rasa percaya diri dengan kegembiraan. Hati yang gembira adalah hati yang terbuka. Dengan kegembiraan, yang berat jadi ringan, yang susah terasa mudah.

**E**nchant. Dengan bekal kepercayaan diri dan hati gembira, bersiaplah untuk menyibak keajaiban-keajaiban fenomena di alam sekitar. *What an enchanting nature!* Betapa mempesonanya alam raya!

**M**ind. Seperti apa pikiran kita, seperti itulah diri kita. Maka, bangunlah pribadi yang merdeka, dengan pikiran yang terbuka. Biarkan ia bebas bertanya, tentang misteri alam yang mempesona.

**I**llumination. Pertanyaan tak akan terjawab tanpa pencarian. Majulah, berjalanlah. Ibarat merangkak keluar dari lorong kegelapan, temukan cahaya penerang. *Find the illumination.*

**S**ay. Tak usah ragu untuk berkata, tak perlu bimbang unjuk suara. Saat jawaban telah erat dalam genggamannya, lekas sebarkan. Cerahkan dunia dengan cahaya pengetahuan.

**T**arget. Jangan mudah puas dengan pencapaian. Buatlah target-target keberhasilan. Ingat, gagal merencanakan berarti merencanakan kegagalan. Dengan target yang terencana, bakarterus semangat kita.

**R**ivalry. Teruslah bersaing. Tancapkan tekad untuk berjuang menjadi yang terbaik.

**Y**each!! Yakinlah bahwa kalian adalah generasi yang tangguh dan penuh semangat!

**ISBN 978-979-068-725-7 (no jdl lengkap)**  
**ISBN 978-979-068-730-1**

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

**Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp14.851,-**