



Direktorat Pembinaan SMK  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Republik Indonesia  
2017

Bahan Ajar

# KIMIA

Untuk SMK/MAK

Bidang Keahlian  
Teknologi Rekayasa

Bagian

1

Dhoni Hartono  
Ria Wulansarie



Direktorat Pembinaan SMK  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Republik Indonesia  
2017

**Bahan Ajar**

# **KIMIA**

**Untuk SMK/MAK**

**Bidang Keahlian  
Teknologi Rekayasa**

**Bagian**

**1**

**Dhoni Hartono  
Ria Wulansarie**

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Dilindungi Undang-Undang

**Tidak Diperdagangkan**

Penulis: Dhoni Hartanto

Ria Wulansarie

**750.014**

**BAS**

**Kotak Katalog Dalam Terbitan (KDT)**

2017

Disusun dengan huruf Palatino, 12 pt



## KATA PENGANTAR

Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 31 ayat (3) mengamanatkan bahwa Pemerintah mengusahakan dan menyelenggarakan satu sistem pendidikan nasional, yang meningkatkan keimanan dan ketakwaan serta akhlak mulia dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, yang diatur dengan undang-undang. Atas dasar amanat tersebut telah diterbitkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

Implementasi dari undang-undang Sistem Pendidikan Nasional tersebut yang dijabarkan melalui sejumlah peraturan pemerintan, memberikan arahan tentang perlunya disusun dan dilaksanakan delapan standar nasional pendidikan, diantaranya adalah standar sarana dan prasarana. Guna peningkatan kualitas lulusan SMK maka salah satu sarana yang harus dipenuhi oleh Direktorat Pembinaan SMK adalah ketersediaan bahan ajar siswa khususnya bahan ajar Peminatan C1 SMK sebagai sumber belajar yang memuat materi dasar kejuruan

Kurikulum yang digunakan di SMK baik kurikulum 2013 maupun kurikulum KTSP pada dasarnya adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan. Bahan ajar Siswa Peminatan C1 SMK ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta . Bahan ajar ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum yang digunakan, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Bahan ajar ini merupakan edisi ke-3. Oleh sebab itu Bahan Ajar ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian bahan ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan Generasi Emas seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Agustus 2017  
Direktorat Pembinaan SMK

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel .....	ix
<b>BAB 1. KIMIA DAN KEHIDUPAN.....</b>	<b>1</b>
A. Memahami Kedudukan Kimia dalam Sains.....	1
B. Hakikat Ilmu Kimia.....	4
1. Manfaat Ilmu Kimia bagi Kehidupan Manusia .....	5
2. Hubungan Ilmu Kimia dengan Ilmu lain.....	5
3. Kimia dan Perkembangan IPTEK .....	6
4. Ilmu Kimia dan Penyelesaian Masalah Global.....	7
5. Prinsip-Prinsip Metode Ilmiah.....	9
Uji Kompetensi 1.....	10
C. Identifikasi Peran Kimia dalam Kehidupan .....	13
1. Istilah–Istilah dalam Ilmu Kimia.....	13
2. Klasifikasi Bahan Kimia.....	13
3. Bahan Kimia Sehari-hari dalam Rumah Tangga.....	14
4. Sifat-Sifat Bahan Kimia.....	24
5. Narkoba, Psikotropika, dan Zat Aditif.....	26
Uji Kompetensi 2.....	32
<b>BAB 2. STRUKTUR ATOM.....</b>	<b>35</b>
A. Teori tentang Atom .....	35
1. Teori Atom Dalton.....	35
2. Teori Atom J.J. Thomson .....	37
3. Teori Atom Rutherford.....	37
4. Teori Atom Bohr .....	38
5. Teori Atom Modern.....	39
B. Struktur dan Perkembangan Model Atom.....	40
1. Elektron .....	41
2. Inti Atom dan Proton .....	42
3. Neutron .....	42

C. Tanda Atom.....	43
D. Model Atom Niels Bohr dan Konfigurasi Elektron .....	44
E. Teori Atom Mekanika Kuantum .....	47
1. Mekanika Kuantum .....	47
2. Radiasi Elektromagnetik.....	48
3. Model Atom Mekanika Gelombang .....	50
4. Orbital.....	52
5. Konfigurasi Elektron .....	53
F. Sistem Periodik Unsur.....	54
1. Pengelompokan Unsur Menurut Antoine Lavoisier .....	55
2. Pengelompokan Unsur Menurut Johann Wolfgang Dobereiner.....	56
3. Pengelompokan Unsur Menurut John Newlands .....	56
4. Pengelompokan Unsur Menurut Dmitri Mendeleev .....	57
5. Pengelompokan Unsur Menurut Henry Moseley .....	58
6. Hubungan Konfigurasi Elektron dan Sistem Periodik Unsur.....	58
G. Sifat-Sifat Keperiodikan Unsur.....	60
1. Jari-Jari Atom .....	60
2. Energi Ionisasi .....	60
3. Afinitas Elektron.....	61
4. Keelektronegatifan.....	62
Uji Kompetensi .....	62
<b>Bab 3 KONSEP IKATAN KIMIA DAN PENAMAAN SENYAWA KIMIA .....</b>	<b>69</b>
A. Struktur Lewis.....	69
B. Ikatan Ion dan Ikatan Kovalen .....	70
1. Ikatan Ion.....	70
2. Ikatan Kovalen.....	72
C. Ikatan Kovalen Koordinasi .....	75
1. Menggambarkan Rumus Titik Elemen (Struktur Lewis) untuk Molekul Poliatom .....	75
2. Penyimpangan Kaidah Oktet.....	76
3. Ikatan Campuran Ion dan Kovalen.....	76
D. Ikatan Logam .....	76
E. Gaya Antar-Molekul .....	78
1. Dipol .....	78
2. Gaya Van Der Waals .....	78

3. Ikatan Hidrogen .....	79
4. Gaya London .....	80
Uji Kompetensi .....	80
<b>BAB 4. ELEKTROKIMIA .....</b>	<b>86</b>
<b>A. Sifat Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit.....</b>	<b>86</b>
1. Larutan Elektrolit.....	86
2. Elektrolit Kuat .....	87
3. Elektrolit Lemah .....	87
4. Nonelektrolit.....	87
<b>B. Reaksi Redoks .....</b>	<b>87</b>
1. Kespontanan Reaksi Redoks .....	88
2. Sel Elektrokimia .....	88
<b>C. Hukum Faraday.....</b>	<b>98</b>
<b>D. Elektroplating.....</b>	<b>99</b>
1. Prinsip Kerja Elektroplating .....	101
2. Berat Endapan pada Katoda .....	102
3. Efisiensi Plating.....	102
4. Faktor yang Berpengaruh pada Plating .....	103
5. Peralatan Elektroplating .....	107
6. Bahan-Bahan Kimia Elektroplating.....	109
<b>E. Korosi.....</b>	<b>110</b>
1. Sebab Terjadinya Korosi .....	110
2. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Korosi.....	110
3. Pencegahan Korosi .....	111
Uji Kompetensi.....	112
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>119</b>
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>122</b>
<b>INDEKS .....</b>	<b>126</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Wujud Materi Padat, Cair, dan Gas .....	2
Gambar 1.2 Perubahan Wujud Materi .....	3
Gambar 1.3 Hubungan Ilmu Kimia dengan Ilmu Lainnya.....	6
Gambar 1.4 Peralatan Teknologi .....	7
Gambar 1.5 Ilustrasi Hidrofilik dan Hidrofobik pada Penggunaan Deterjen .....	14
Gambar 1.6 Parfum, Contoh Bahan Pewangi Sintetis .....	16
Gambar 1.7 Contoh Produk Insektisida yang Tersedia dalam Kemasan .....	16
Gambar 1.8 Contoh Makanan yang Mengandung Zat Aditif .....	18
Gambar 1.9 Contoh Zat Pewarna Alami dari Warna Kunyit.....	19
Gambar 1.10 Contoh Zat Pewarna Sintetis .....	20
Gambar 1.11 Es Krim menggunakan pemanis buatan jenis aspartam.....	22
Gambar 1.12 NAPZA (Narkotika, Psikotropika, dan Zat Adiktif) .....	26
Gambar 1.13 Tanaman Cannabis (Ganja) .....	29
Gambar 2.2 Model Atom John Dalton.....	37
Gambar 2.3 Model Atom J.J. Thomson.....	37
Gambar 2.4 Model Atom Rutherford.....	38
Gambar 2.5 Model Atom Bohr .....	39
Gambar 2.6 Teori Atom Modern.....	40
Gambar 2.7 Model Atom.....	40
Gambar 2.9. Isotop .....	44
Gambar 2.10 Model Atom Bohr .....	45
Gambar 2.11. Spektrum cahaya.....	48
Gambar 2.12. Sistem Periodik Unsur.....	55
Gambar 2.13 Grafik Kecenderungan Energi Ionisasi Unsur-unsur .....	61
Gambar 2.14. Grafik Kecenderungan Afinitas Elektron Unsur-unsur .....	61
Gambar 3.2. Ikatan Ion pada NaCl.....	71
Gambar 3.3 Ikatan Kovalen pada H <sub>2</sub> .....	73
Gambar 3.4 Ikatan Kovalen pada HCl.....	73
Gambar 3.5 Ikatan Kovalen Koordinasi pada NH <sub>4</sub> Cl.....	75
Gambar 3.6 Pembentukan Ikatan Logam .....	77
Gambar 3.7 Perbedaan Ion dan Dipol .....	78
Gambar 3.8 Gaya Van der Waals .....	79
Gambar 3.10 Gaya London .....	80
Gambar 4.1 Diagram Alir Penulisan Reaksi Kimia pada Sel Elektrolisis .....	93
Gambar 4.2 Prinsip Kerja Elektroplating .....	101
Gambar 4.3 Contoh Sistem Elektroplating Sederhana .....	108
Gambar 4.4 Contoh Instalasi Elektroplating Lengkap.....	108

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Emisi Gas Buang dari Berbagai Jenis Energi Berdasarkan Jarak Tempuh (g/km) .....	8
Tabel 2.1. Jumlah Elektron pada Subkulit.....	52
Tabel 3.1 Konfigurasi Elektron Gas Mulia .....	70
Tabel 4.1 Nilai Potensial Reduksi Standar Beberapa Elektrode dalam Larutan Asam dan Basa.....	91

## Pendahuluan

### A. Deskripsi

Bahan ajar Kimia untuk SMK Teknologi dan Rekayasa kelas X terdiri atas dua jilid, yaitu jilid 1 untuk semester 1 dan jilid 2 untuk semester 2. Bahan ajar ini merupakan jilid 1, yang akan mempelajari konsep-konsep dasar ilmu Kimia, meliputi kimia dalam kehidupan; struktur atom dan sistem periodik; ikatan kimia; serta larutan elektrolit dan nonelektrolit.

### B. Prasyarat

Untuk mempelajari bahan ajar ini, tidak diperlukan prasyarat mata pelajaran tertentu.

### C. Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar

- Pelajari Daftar Isi serta peta konsep tiap materi dengan cermat dan teliti untuk mengetahui kedudukan tiap konsep.
- Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
- Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti.
- Jawablah uji kompetensi dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari bahan ajar ini.
- Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam bahan ajar ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi bahan ajar agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

### D. Tujuan Akhir

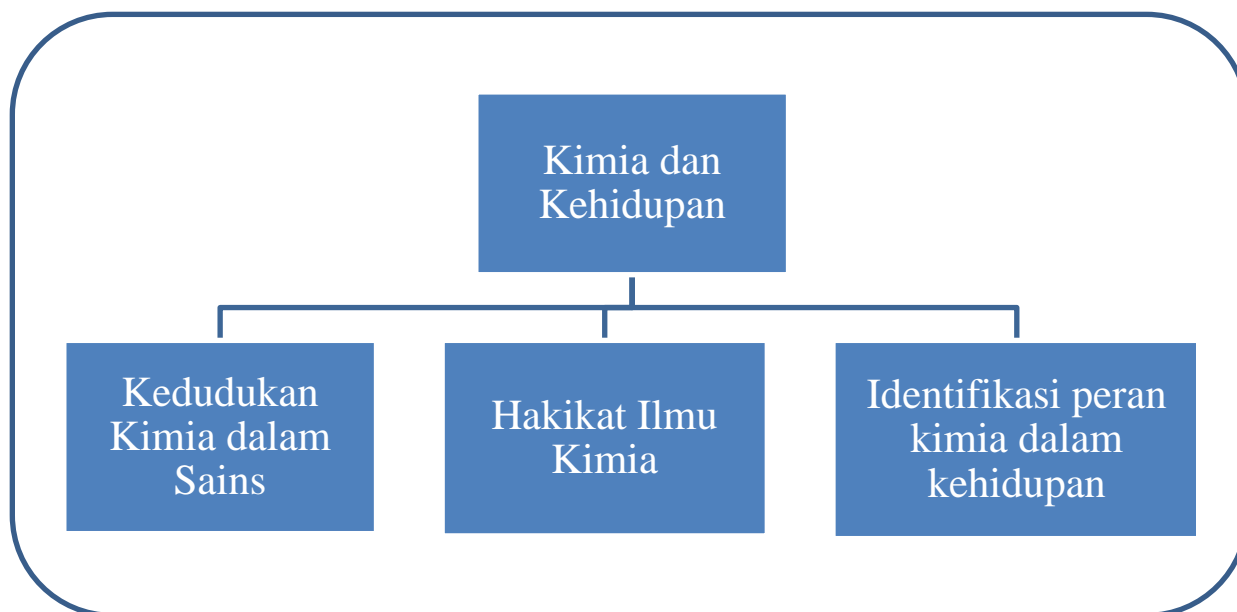
Setelah mempelajari bahan ajar ini, diharapkan Anda dapat melakukan hal-hal berikut.

1. Menjelaskan tentang kimia dalam kehidupan.
2. Menjelaskan tentang struktur atom dan sistem periodik.
3. Menjelaskan tentang ikatan kimia.
4. Menjelaskan tentang larutan elektrolit dan nonelektrolit.

# BAB 1

## KIMIA DAN KEHIDUPAN

### PETA KONSEP



Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan dapat mengetahui, memahami, dan menerapkan kedudukan kimia dalam sains, hakikat Ilmu Kimia, dan mengetahui peran kimia dalam kehidupan.

#### A. Memahami Kedudukan Kimia dalam Sains

Ilmu Kimia adalah ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang materi meliputi struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya. Ilmu Kimia sangat berperan untuk mencari materi alternatif, misalnya penggunaan sel bahan bakar sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan minyak bumi yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu, ilmu Kimia juga berperan dalam peningkatan kualitas hidup dengan cara mengubah materi yang ada menjadi materi yang lebih bermanfaat. Sebagai contoh, perubahan minyak bumi menjadi produk bahan bakar, cat, deterjen, pupuk, dan plastik melalui proses kimia.

Kajian Ilmu Kimia mempelajari tentang struktur, komponen, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertai perubahan materi. Sifat dan perubahan materi dalam Ilmu Kimia mencakup sifat-sifat fisis dan sifat kimia dari materi. Sifat fisis dalam Ilmu Kimia mencakup wujud dan tampilan materi, sedangkan sifat kimia dalam Ilmu Kimia mencakup kecenderungan materi untuk berubah dan menghasilkan materi baru.

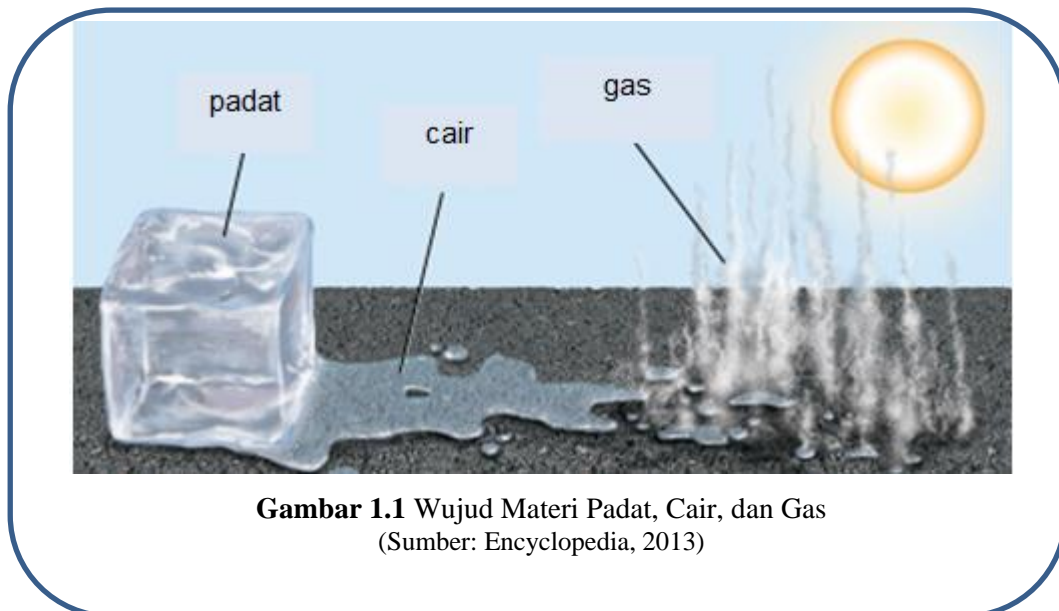
## 1. Pengertian Materi

Materi dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang. Sebagai contoh, makhluk hidup terdiri atas materi manusia, tumbuh-tumbuhan, dan hewan. Makhluk tidak hidup terdiri atas materi: air, batu, kayu, garam serta apa saja yang berada di sekitar lingkungan hidup.

## 2. Wujud Materi

Materi terdiri atas 3 macam wujud, yaitu padat, cair, dan gas. Ciri-ciri dari wujud materi tersebut adalah seperti berikut.

- Padat: bentuk dan volumenya tetap, selama tidak ada pengaruh dari luar.
- Cair: bentuk dan volumenya berubah sesuai dengan tempatnya, volume zat cair tetap.
- Gas: bentuk dan volumenya tidak tetap dan akan mengisi seluruh ruang yang ditempatinya.



**Gambar 1.1** Wujud Materi Padat, Cair, dan Gas  
(Sumber: Encyclopedia, 2013)

## 3. Massa dan Berat Materi

Materi mempunyai massa dan berat. Massa merupakan banyaknya materi yang dikandung suatu benda. Massa suatu benda selalu tetap di semua tempat. Berat adalah banyaknya materi pada suatu benda yang dipengaruhi oleh gravitasi terhadap suatu benda. Misalnya, massa manusia di bumi dan bulan adalah sama, sedangkan berat manusia di bumi berbeda dengan berat manusia di bulan bergantung pada gravitasi di bumi dan bulan.

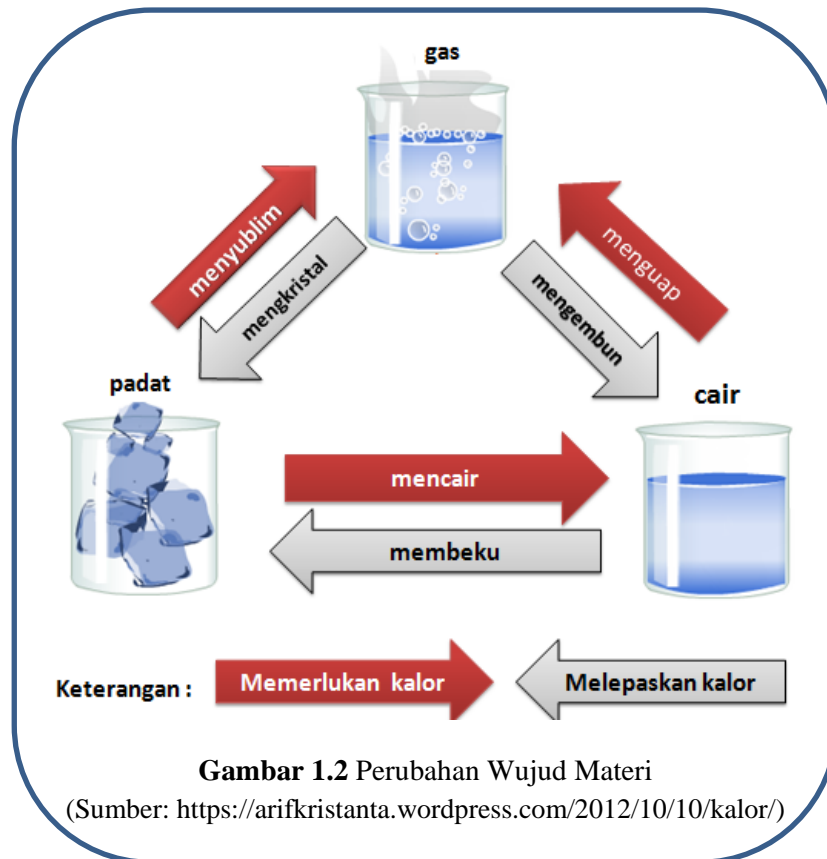
## 4. Contoh Sifat dan Perubahan Materi

Contoh perubahan materi dalam kehidupan sehari-hari adalah seperti berikut.

- Air*. Pada suhu kamar, air berwujud cair (suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ), tetapi jika dipanaskan, air akan berubah fase menjadi uap. Ketika berada di puncak (di udara dingin), uap air dapat mengembun dan jika didinginkan hingga  $0^{\circ}\text{C}$  (dalam kulkas), air dapat berubah menjadi es (peristiwa membeku).



- b. *Kayu dan Kertas*. Kayu dan kertas akan berubah menjadi abu melalui proses pembakaran.
- c. *Besi*. Besi akan berkarat jika ditinggal di udara terbuka dalam waktu yang lama.
- d. *Kawat*. Kawat pijar dalam bola lampu akan menyala jika dialiri listrik.
- e. *Nasi dan Susu*. Nasi dan susu akan menjadi basi jika dibiarkan di udara terbuka.



Perubahan materi dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu fisika dan kimia.

**a. Perubahan Fisika**

Perubahan fisika merupakan perubahan yang tidak menghasilkan materi baru, yang berubah hanya bentuk dan wujud materi. Contoh:

1. Es menjadi air, dapat kembali menjadi es
2. Pelarutan garam, jika diuapkan, akan kembali menjadi garam.

**b. Perubahan Kimia**

Perubahan kimia atau reaksi kimia merupakan perubahan materi yang menghasilkan materi baru. Perubahan kimia sulit dikembalikan ke keadaan semula. Contoh:

1. Nasi menjadi basi
2. Kayu terbakar menjadi abu.

Perubahan kimia pada materi dapat diketahui dengan tolak ukur seperti perubahan suhu, pembentukan gas atau pembentukan endapan.

## 5. Energi yang Menyertai Materi

Setiap materi memiliki energi. Energi yang dimiliki materi terdiri atas energi kinetik dan energi potensial. Sebagai contoh, proses asimilasi tumbuhan terjadi pada siang hari dengan bantuan sinar matahari. Energi matahari diubah menjadi energi kimia yang disimpan dalam karbohidrat hasil reaksi. Hasil reaksi tersebut terjadi perubahan zat yang disertai dengan perubahan energi. Namun, tidak semua energi menyertai perubahan zat.

### B. Hakikat Ilmu Kimia

Kata *kimia* berasal dari bahasa Arab, *al-kimia* yang artinya perubahan materi. Istilah itu dikemukakan oleh ilmuan Arab, *Jabir Ibn Hayyan* (tahun 700-778). Secara singkat, ilmu Kimia dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari rekayasa materi, yaitu mengubah materi menjadi materi lain. Pengertian secara lengkap, ilmu Kimia adalah ilmu yang mempelajari tentang susunan, struktur, sifat, perubahan, serta energi yang menyertai perubahan suatu zat atau materi. Perubahan zat atau materi yang dimaksud adalah segala sesuatu yang menempati ruang dan mempunyai massa.

Struktur materi dalam Ilmu Kimia, meliputi struktur partikel-partikel penyusun atau menggambarkan bagaimana atom-atom penyusun materi tersebut saling berkaitan. Sifat materi dalam Ilmu Kimia meliputi sifat fisis (wujud dan penampilan) dan sifat kimia yang dipengaruhi oleh susunan dan struktur dari materi tersebut. Perubahan materi dalam Ilmu Kimia meliputi perubahan fisika (wujud) dan perubahan kimia (menghasilkan zat baru) dengan energi yang menyertai perubahan materi menyangkut banyaknya energi dan asal-usul energi.

Hakikat Ilmu Kimia adalah bahwa benda bisa mengalami perubahan bentuk, perubahan susunan partikel sehingga terjadi deformasi, perubahan letak susunan yang dapat memengaruhi sifat-sifat berbeda dengan wujud yang semula. Ilmu Kimia memiliki banyak hubungan dengan fakta yang terdapat di alam. Sikap kritis terhadap suatu fakta dapat ditumbuhkan melalui pemikiran filsafat yang telah dipelajari. Sikap kritis tersebut dapat merangsang otak untuk mengajukan berbagai pertanyaan terhadap fenomena yang ada. Sebagai contoh bahwa fakta kimia, yaitu larutan elektrolit dan nonelektrolit. Dari pernyataan tersebut, dapat muncul pertanyaan dari sikap kritis, yaitu apa yang menyebabkan larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik, apa yang menyebabkan larutan non-elektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik, serta bagaimana ciri-ciri larutan elektrolit dan nonelektrolit.

Ilmu Kimia banyak terlibat dan diperlukan dalam kegiatan industri dan perdagangan, kesehatan, dan berbagai bidang lain. Untuk masa yang akan datang, ilmu Kimia sangat berperan dalam penemuan dan pengembangan material dan sumber energi baru yang lebih bermanfaat, bernilai ekonomis tinggi, dan lebih ramah lingkungan.

## 1. Manfaat Ilmu Kimia bagi Kehidupan Manusia

Ilmu Kimia makin berkembang secara signifikan seiring dengan perkembangan zaman. Hal ini ditandai dengan penggunaan Ilmu Kimia dalam produk-produk yang dihasilkan manusia, seperti sabun, detergen, pasta gigi, sampo, kosmetik, obat, dan produk-produk yang dibutuhkan lainnya. Ilmu Kimia juga sangat berpengaruh dan memiliki peranan penting dalam perkembangan ilmu lain, seperti geologi, pertanian, kesehatan, dan dalam menyelesaikan masalah global. Manfaat dari mempelajari ilmu Kimia adalah seperti berikut.

1. Pemahaman yang lebih baik terhadap alam sekitar dan berbagai proses yang berlangsung di dalamnya
2. Pemahaman tentang kebutuhan hidup manusia
3. Pemahaman tentang berbagai gejala alam yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari
4. Pemahaman tentang mengubah bahan alam menjadi produk yang lebih berguna untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Contoh dari manfaat Ilmu Kimia bagi kehidupan manusia adalah seperti berikut.

1. Pencernaan dan pembakaran zat-zat makanan dalam tubuh.  
Makanan berasal dari tumbuh-tumbuhan yang berasimilasi dengan proses kimia. Tubuh membutuhkan karbohidrat, protein, lemak, vitamin yang berperan dalam proses kimia dalam tubuh sehingga dapat menghasilkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), air, dan energi.
2. Hasil dari penerapan Ilmu Kimia seperti sabun, pasta gigi, tekstil, kosmetik, plastik, obat-obatan, pupuk, pestisida, bahan bakar, cat, bumbu masak, alat-alat rumah tangga, berbagai jenis makanan olahan.

## 2. Hubungan Ilmu Kimia dengan Ilmu Lain

Ilmu Kimia disebut juga “*central science*” karena peranan ilmu Kimia yang sangat penting di antara ilmu pengetahuan lainnya. Kemajuan ilmu Kimia dapat berjalan seiring dengan pengembangan ilmu dalam bidang kedokteran, farmasi, geologi, dan pertanian.

### a. Bidang Kedokteran dan Farmasi

Ilmu Kimia diperlukan untuk mengatasi berbagai kasus seperti uji kesehatan laboratorium, pembuatan alat cuci darah, pembuatan materi sintetis pengganti tulang, gigi, dan pembuatan obat-obatan.

### b. Bidang Geologi

Pada bidang geologi, ilmu Kimia diperlukan untuk penelitian jenis dan komposisi materi dalam batuan dan mineral.

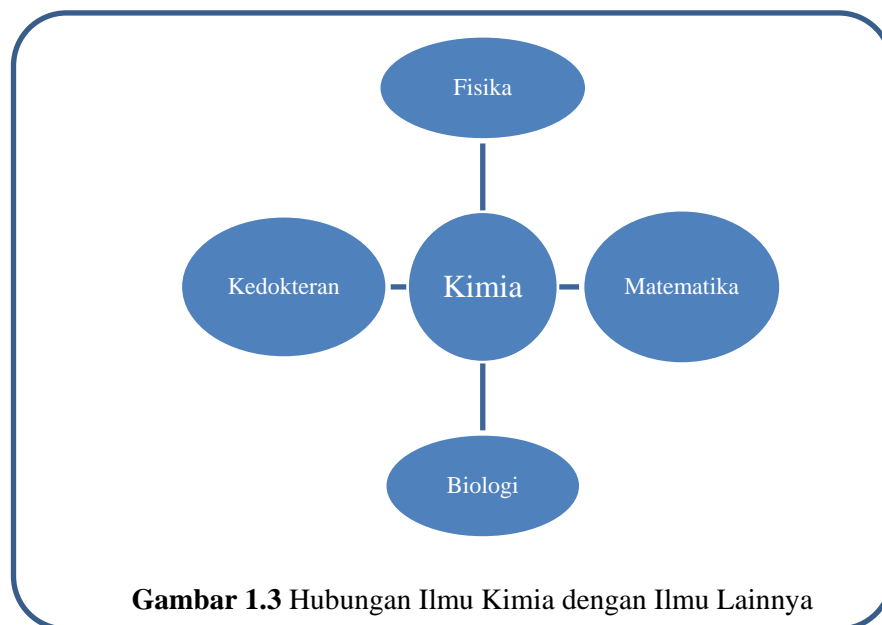
### c. Bidang Pertanian

Pada bidang pertanian, ilmu Kimia digunakan untuk pembuatan berbagai macam pupuk dan pestisida agar produksi pangan meningkat.

### d. Bidang Industri

Pada bidang industri, ilmu Kimia berperan seperti dalam pembuatan serat sintetis, rayon, dan nilon untuk menggantikan kapas, wool, dan sutra alam yang produksinya makin tidak mencukupi.

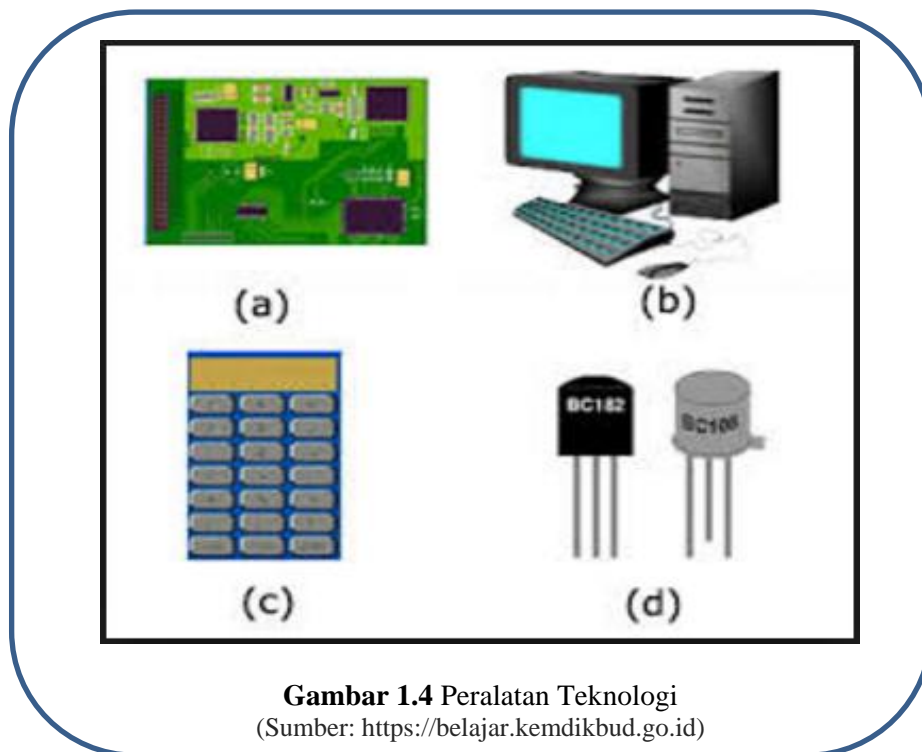
Ilmu Kimia juga dapat membantu menyelesaikan masalah sosial seperti masalah ekonomi, hukum, seni, dan lingkungan hidup. Contohnya adalah uang sebagai alat ukur dalam perekonomian, bahkan bahan dan proses pembuatannya memerlukan ilmu Kimia. Selain itu, ilmu Kimia juga memerlukan ilmu-ilmu lain seperti Matematika, Fisika dan Biologi. Ilmu Matematika diperlukan untuk memahami beberapa bagian ilmu Kimia seperti hitungan kimia, laju reaksi, termo kimia. Ilmu Fisika diperlukan untuk mempelajari termodinamika, perubahan materi, sifat fisis zat, dan lain-lain. Ilmu Biologi sangat erat hubungannya dalam biokimia. Keterkaitan ilmu Kimia dengan ilmu lainnya telah melahirkan beberapa cabang dalam ilmu Kimia contohnya adalah biokimia (biologi dan kimia) dan kimia fisika (kimia dan fisika).



**Gambar 1.3** Hubungan Ilmu Kimia dengan Ilmu Lainnya

## 3. Kimia dan Perkembangan IPTEK

Ilmu Kimia memiliki peranan penting dalam perkembangan iptek. Sebaliknya, iptek juga berperan penting dalam kemajuan ilmu Kimia. Sebagai contoh, alat untuk mendeteksi tingkat pencemaran udara, pembuatan komponen *microship* dari logam silikon. Penemuan bahan dasar silikon telah membantu sistem kerja teknologi informasi yang sangat memerlukan kecepatan.



**Gambar 1.4** Peralatan Teknologi  
(Sumber: <https://belajar.kemdikbud.go.id>)

Keterangan gambar:

- a. *Microchip*
- b. Komputer
- c. Kalkulator menggunakan bahan (unsur) silikon
- d. Unsur silikon digunakan juga untuk membuat transistor

Pada Gambar 1.4, terlihat bahwa pemilihan bahan-bahan untuk *microchip* bergantung pada kemampuan bahan tersebut mengalirkan listrik. Bahan-bahan tersebut diolah dengan teknologi berbasis kimia material termasuk bahan-bahan untuk *keyboard*, monitor, saluran telepon, *handphone*, *hardisk*, dan alat lainnya.

#### 4. Ilmu Kimia dan Penyelesaian Masalah Global

Ilmu Kimia berperan dalam menyelesaikan masalah global seperti masalah dalam bidang lingkungan hidup, kedokteran, geologi, biologi. Contoh masalah global dalam hal lingkungan hidup dan krisis energi adalah seperti berikut.

##### a. Bahan Bakar

Saat ini, bahan bakar dunia berupa minyak bumi, batu bara, gas alam yang berasal dari fosil. Fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui karena fosil terbentuk dari organisme yang terkubur beberapa juta tahun lalu. Bahan bakar yang berasal dari fosil akan habis dan manusia harus dapat mencari sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut. Dalam hal ini ilmu Kimia



sangat berperan. Contoh dari sumber energi alternatif adalah alkohol, energi nuklir, geotermal (panas bumi) atau energi matahari yang terbatas.

### b. Teknologi Biogas

Ternak-ternak di pedesaan dapat menimbulkan masalah lingkungan bahkan dapat menjadi sumber penularan penyakit karena kotoran ternak yang berserakan dapat menimbulkan bau yang tidak enak serta kotoran ternak juga merusak pemandangan di desa. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan aplikasi teknologi biogas, dimana kotoran hewan tersebut diolah hingga bermanfaat bagi manusia. Pembuatan biogas menggunakan bahan baku kotoran hewan/ternak dilakukan dengan cara mengubah kotoran hewan/ternak yang dibubur halus menjadi butiran kecil dan dicampur air. Hasil teknologi biogas tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk lampu penerangan maupun untuk memasak.

### c. Program Langit Biru

Program Langit Biru merupakan program yang bertujuan untuk meminimalisir polusi udara akibat dari pemanfaatan energi. Transportasi merupakan salah satu penyebab polusi udara. Polusi udara tersebut diakibatkan dari emisi gas buang yang ditimbulkan dari pemanfaatan energi. Contoh dari emisi gas buang tersebut adalah karbon monoksida (CO), hidrokarbon, nitrogen oksida, sulfur dioksida, timah hitam (Pb), dan debu.

Jenis dan jumlah pencemaran udara dipengaruhi oleh beberapa faktor: jenis energi, jenis kendaraan, umur kendaraan, ukuran mesin, dan perawatan kendaraan. Saat ini, sarana transportasi masih memanfaatkan energi yang berupa bahan bakar minyak seperti bensin, minyak solar, minyak bahan avtur (*Aviation Turbin Gas*), dan avgas (*Aviation Gas Oil*) yang mengandung zat pencemar. Energi alternatif diperlukan untuk mengurangi pencemaran udara, seperti LPG (*Liquid Petroleum Gas*) dan CNG (*Compressed Natural Gas*). Bahan bakar tersebut mempunyai koefisien emisi (emisi yang dikeluarkan per jumlah bahan bakar yang dibutuhkan) lebih kecil dibandingkan dengan bensin atau minyak solar. Laporan tim peneliti tentang pengkajian kemungkinan pemanfaatan CNG bagi kendaraan bermotor di Indonesia tahun 1990 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Perbandingan Emisi Gas Buang dari Berbagai Jenis Energi Berdasarkan Jarak Tempuh (g/km)

Emisi Gas Buang	Bensin	LPG	CNG
Karbon Monoksida (CO)	96	7,2	4,8
Hidrokarbon	12	6,6	1,6
Nitrogen Oksida	3,6	3,6	1,2
Timah Hitam (Pb)	0,09	0	0

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa jenis bahan bakar ramah terhadap lingkungan dapat membantu mengurangi pencemaran udara. Perkembangan teknologi ilmu Kimia, selain sangat menguntungkan juga membawa efek negatif, baik di bidang lingkungan maupun bagi umat manusia. Salah satu contoh masalah pencemaran lingkungan adalah terjadinya penipisan lapisan ozon. Penipisan lapisan ozon tersebut diakibatkan oleh CFC (senyawa *chlorofluoro carbon*), yaitu senyawa yang terdapat dalam *hair sprays*, pendingin es dan semprotan insektisida. Lapisan ozon berfungsi sebagai pelindung bumi terhadap sinar ultraviolet dari matahari yang mengakibatkan bumi semakin panas. Dampak sinar ultraviolet dari matahari terhadap kesehatan adalah dapat mengakibatkan katarak, kanker kulit dan melemahnya sistem kekebalan. Apalagi jika informasi tentang bahan kimia kurang, maka dapat membahayakan kehidupan baik hewan, tumbuh-tumbuhan maupun manusia. Oleh karena itu, ilmu Kimia perlu dikaji dan dilakukan penelitian dalam menggunakan bahan-bahan yang mensejahterakan manusia, namun ramah lingkungan. Beberapa contoh bahan kimia yang dapat menimbulkan masalah antara lain: pembasmian serangga, minuman keras, narkotika, rokok, alkohol, zat pewarna makanan sintesis, dan masih banyak lagi senyawa-senyawa lainnya. Apabila bahan-bahan beracun terhirup/tertelan manusia, orang tersebut harus segera diberikan pertolongan seperti membilas mulut dengan air lalu beri minum air putih yang banyak, dan diusahakan agar dapat muntah serta segera dibawa ke Rumah Sakit untuk ditolong.

## 5. Prinsip-Prinsip Metode Ilmiah

Berkat kerja keras para ahli kimia dalam melakukan studi atau penelitian, kita telah menikmati hasilnya untuk memenuhi berbagai keperluan hidup. Pendekatan umum yang biasanya digunakan untuk mempelajari dan mengembangkan ilmu Kimia adalah “Metode Ilmiah”. Metode ilmiah merupakan langkah-langkah pekerjaan seorang ilmuwan dalam melakukan penelitian. Pemahaman metode ilmiah membuat kita dapat bersikap ilmiah di dalam melakukan/ menyikapi sesuatu. Pembahasan metode ilmiah mencakup hal-hal berikut.

### a. Penemuan Masalah

Penelitian selalu berawal dari penemuan masalah. Air sungai atau air sumur sering terlihat kuning dan berbau. Air tersebut tidak dapat digunakan untuk diminum, bahkan untuk mencuci pakaianpun tidak baik, karena pakaian yang dicuci akan berubah menjadi kuning.

### b. Perumusan masalah

Setelah menemukan masalah, kita harus merumuskan masalah, bagaimana agar air tersebut dapat digunakan untuk mencuci.

### c. Pengamatan

Sebelum melakukan tindakan penjernihan air tersebut, kita harus melakukan pengamatan terhadap keadaan air seperti warna air, kekeruhannya dan baunya.

#### d. Perumusan hipotesis

Dari hasil pengamatan, kita dapat merumuskan hipotesis yang membuat perkiraan jalan keluar solusinya. Salah satu usaha untuk memperbaiki warna atau keruh atau bau air tersebut dengan jalan menyaring air tersebut, dengan menggunakan saringan pasir, ijuk, dan lain-lain.

#### e. Eksperimen

Lakukan eksperimen, dengan menyediakan alat atau bahan yang diperlukan. Jika hasil eksperimen, tidak memuaskan, eksperimen alternatif dilakukan, hingga hasilnya memuaskan.

#### f. Membuat laporan

Setiap penelitian berakhir dengan membuat laporan. Laporan harus bersifat jujur, apa adanya, sesuai dengan hasil yang didapatkan. Dengan demikian, orang lain pun dapat memanfaatkan hasil eksperimen yang anda lakukan.

### Uji Kompetensi 1

#### Pilihan Ganda

1. Ilmu Kimia adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang ...
  - a. alam semesta
  - b. gaya dan tekanan
  - c. makhluk hidup
  - d. materi dan energi
  - e. kehidupan manusia
2. Dunia hidup kita adalah dunia kimia  
Pernyataan berikut merupakan peranan ilmu Kimia bagi kehidupan, kecuali ...
  - a. kita dapat memahami perubahan yang terjadi pada zat di sekitar kita
  - b. kita dapat memanfaatkan reaksi reaksi yang berguna
  - c. kita dapat memanfaatkan untuk membuat bahan-bahan baru yang kita perlukan misalnya zat/bahan sintetis.
  - d. membuat kita memahami peristiwa kimia dari yang sederhana hingga yang rumit
  - e. kita dapat menciptakan zat-zat kimia dan digunakan untuk merusak lingkungan
3. Segala sesuatu yang menempati ruang dan mempunyai massa disebut ...
  - a. energi
  - b. materi
  - c. berat
  - d. volume
  - e. massa
4. Perubahan reaksi kimia dapat diamati dari hal-hal berikut, kecuali...
  - a. perubahan wujud
  - b. pembentukan endapan
  - c. perubahan suhu

- d. perubahan warna  
e. pembentukan gas
5. Pendekatan umum yang biasanya digunakan untuk mempelajari dan mengembangkan ilmu Kimia disebut dengan ...
- a. metode kasus  
b. metode kimia  
c. metode demonstrasi  
d. metode eksperimen  
e. metode ilmiah
6. Garam dapur dapat diperoleh dari air laut melalui proses ...
- a. pendinginan  
b. pemanasan  
c. penyaringan  
d. destilasi  
e. penguapan
7. Bahan kimia berikut dapat membahayakan manusia kecuali ...
- a. zat pengawet sintetis  
b. garam dapur  
c. narkoba  
d. zat pewarna sintetis  
e. rokok
8. Pemisahan bensin dari minyak bumi termasuk ...
- a. perubahan fisika  
b. perubahan kimia  
c. perubahan biologi  
d. perubahan bentuk  
e. perubahan wujud
9. Berikut ini adalah kegiatan para ahli dalam mengembangkan kimia :
- 1) penemuan masalah  
2) membuat laporan  
3) perumusan hipotesis  
4) perumusan masalah  
5) pengamatan  
6) eksperimen
- Urutan yang benar adalah .....
- a. 1-4-5-3-6-2  
b. 3-4-1-5-6-2  
c. 6-1-3-4-2-5  
d. 2-1-6-3-4-2  
e. 1-2-3-4-5-6
10. Di antara sifat-sifat berikut, yang merupakan sifat dari gas adalah...
1. mempunyai volume dan tidak tetap, sesuai tempatnya  
2. mempunyai bentuk tertentu  
3. mudah dikompresi, karena nilai rapatannya rendah  
4. tidak dapat bergerak

- a. 1, 2 dan 3
  - b. 1 dan 3
  - c. 2 dan 4
  - d. 3 dan 4
  - e. 1, 2, 3 dan 4
11. Perubahan yang menghasilkan materi baru merupakan suatu perubahan ...
- a. kimia
  - b. fisika
  - c. geografi
  - d. geodesi
  - e. biologi
12. Untuk membuktikan data yang diperoleh dalam metode ilmiah diperlukan ...
- a. observasi
  - b. menciptakan konsep
  - c. menyimpulkan
  - d. mengolong-golongkan
  - e. eksperimen
13. Partikel penyusun inti atom adalah...
- a. Proton
  - b. proton dan elektron
  - c. elektron
  - d. proton dan neutron
  - e. neutron
14. Ion  $K^+$  dan atom Krypton (nomor atom  $K= 9$ ,  $Kr= 18$ ), memiliki kesamaan dalam hal...
- a. muatan inti
  - b. jumlah proton
  - c. jumlah neutron
  - d. jumlah partikel
  - e. jumlah elektron
15. Partikel penyusun atom yang memiliki muatan  $-1$  adalah...
- a. Nukleon
  - b. elektron
  - c. proton
  - d. inti atom
  - e. neutron

### Esai



1. Jelaskan peran ilmu Kimia dalam bidang pertanian!
2. Berikan 3 contoh bahan kimia yang digunakan dalam industri mobil!
3. Tuliskan 4 contoh sumber energi alternatif yang dapat menggantikan minyak bumi!
4. Apa yang dimaksud dengan teknologi biogas? Jelaskan dan apa gunanya bagi manusia.
5. Lengkapilah tabel berikut.

No.	Ilmu Lain	Materi yang Berkaitan dalam Kimia
1.	Fisika	
2.	Matematika	
3.	Biologi	

### C. Identifikasi Peran Kimia dalam Kehidupan

#### 1. Istilah-Istilah dalam Ilmu Kimia

Terdapat dua sebutan terhadap materi yang sering dalam ilmu Kimia, yaitu zat dan bahan. Zat merupakan sebutan untuk sejumlah materi yang bersifat spesifik atau tertentu misalnya asam cuka, garam dapur, air, alkohol, dan besi. Sedangkan bahan merupakan sejumlah materi atau sekumpulan materi yang bersifat kurang spesifik, yaitu bahwa dalam suatu bahan terdapat bagian-bagian yang sering menunjukkan sifat dan keadaan yang tidak persis sama, misalnya kaca, kertas, kain, dan keramik.

Prinsip bahan kimia tersusun dari campuran berbagai zat dengan perbandingan struktur yang bervariasi (berbeda-beda) dari tiap bagiannya. Kata bahan pada ilmu Kimia sering dipergunakan untuk sekumpulan materi yang memiliki kegunaan tertentu, misalnya bahan bangunan, bahan makanan, bahan obat-obatan, dan sebagainya.

#### 2. Klasifikasi Bahan Kimia

Klasifikasi bahan kimia di dalam kehidupan terdiri dari dua hal berikut.

##### a. Bahan Kimia Alami (Produk Alam)

Bahan kimia alami merupakan bahan kimia yang terdapat di alam. Contoh bahan kimia dari produk alam adalah biji kopi, jagung, gandum, biji cokelat, tebu, beras, buah-buahan, sayuran, dan gas alam. Bahan alami dapat diolah secara pabrik baik industri kecil maupun industri besar sehingga menjadi produk pabrik, misalnya tebu yang diolah menjadi gula pasir, gandum diolah menjadi roti, buah kelapa diolah menjadi minyak goreng, kayu pinus diolah menjadi kertas.

##### b. Bahan Kimia Buatan (Sintetis)

Bahan kimia sintetis merupakan bahan kimia buatan pabrik. Contoh bahan kimia buatan adalah pupuk buatan misalnya pupuk amonium nitrat yang mengandung nitrogen dan pupuk amonium sulfat atau

pupuk ZA. Pupuk amonium nitrat mengandung 35% nitrogen yang dibuat dari bahan amoniak dan asam nitrat. Pupuk amonium sulfat atau pupuk ZA dibuat dari bahan amoniak dan asam sulfat.

Cat dibuat dari bahan pengisi (pigmen), bahan perekat, bahan pengering, dan pengencer. Untuk memberikan warna jingga, digunakan pigmen yang memberikan warna merah dan kuning. Bahan perekat untuk cat minyak adalah minyak cat dari biji lenan atau minyak papaver. Bahan pengering misalnya digunakan kapur tohor yang larut dalam minyak dan bekerja sebagai katalis untuk mempercepat pengeringan minyak cat tersebut dan bahan pengencer cat misalnya terpentin.

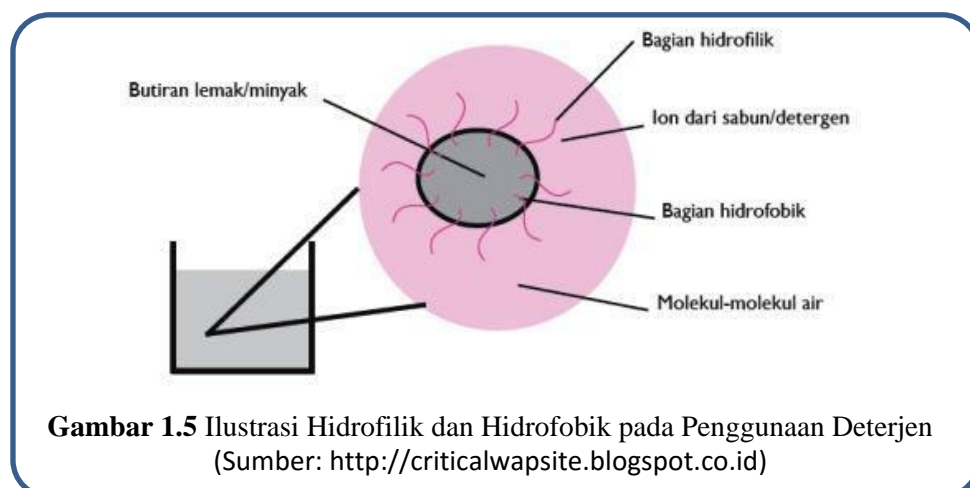
### 3. Bahan Kimia Sehari-hari dalam Rumah Tangga

Zat-zat yang ada dalam kehidupan sehari-hari kebanyakan tidak dalam keadaan murni, melainkan bercampur dengan dua atau lebih zat lainnya. Oleh karena itu, suatu bahan kimia akan dipengaruhi oleh sifat, kegunaan, atau efek dari zat-zat yang menyusunnya. Kekuatan pengaruh sifat setiap zat bergantung pada kandungan zat dalam bahan yang bersangkutan. Banyak ragam bahan kimia yang ada dalam kehidupan sehari-hari. Bahan-bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari adalah seperti berikut.

#### a. Bahan Kimia Pembersih

Dalam kehidupan sehari-hari, dikenal berbagai bahan kimia pembersih, di antaranya sabun dan detergen. Sabun dan detergen dapat menjadikan lemak dan minyak yang tadinya tidak dapat bercampur dengan air menjadi mudah bercampur.

Sabun dan detergen dalam air dapat melepaskan sejenis ion yang memiliki bagian yang suka air (hidrofilik) sehingga dapat larut dalam air dan bagian yang tidak suka air (hidrofobik) sehingga larut dalam minyak atau lemak. Jika dalam pakaian yang dicuci dengan detergen terdapat kotoran lemak, bagian ion yang bersifat hidrofobik masuk ke dalam butiran lemak atau minyak dan bagian ion yang bersifat hidrofilik akan mengarah ke pelarut air. Keadaan ini menyebabkan butiran-butiran minyak akan saling tolak-menolak karena menjadi bermuatan sejenis. Akibatnya, kotoran lemak atau minyak yang telah lepas dari pakaian tidak dapat saling bersatu lagi dan tetap berada dalam larutan seperti terlihat pada berikut



Beberapa jenis detergen sukar diuraikan oleh pengurai. Jika detergen ini bercampur dengan air tanah yang dijadikan sumber air minum manusia atau binatang ternak, air tanah tersebut akan membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, kita sebaiknya memilih detergen yang limbahnya dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*biodegradable*). Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan oleh pemakaian detergen yang tidak selektif atau tidak hati-hati adalah:

- a. rusaknya keindahan lingkungan perairan
- b. terancamnya kehidupan hewan-hewan yang hidup di air
- c. merugikan kesehatan manusia.

### **b. Bahan Kimia Pemutih Pakaian**

Pemutih biasanya dijual dalam bentuk larutan dan digunakan untuk menghilangkan kotoran atau noda berwarna yang sukar dihilangkan dengan hanya menggunakan sabun atau detergen. Larutan pemutih yang dijual di pasaran biasanya mengandung bahan aktif natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) sekitar 5%. Selain digunakan sebagai pemutih dan membersihkan noda, juga digunakan untuk desinfektan (membasmi kuman). Pada umumnya, bahan pemutih yang dijual di pasaran sudah aman untuk dipakai selama pemakaiannya sesuai dengan petunjuk. Selain dengan noda, zat ini juga bisa bereaksi dengan zat warna pakaian sehingga dapat memudarkan warna pakaian. Oleh karena itu, pemakaian pemutih ini harus sesuai petunjuk.

### **c. Pewangi**

Pewangi merupakan bahan kimia lain yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Terdapat 2 jenis bahan kimia pewangi, yaitu bahan pengawai alami dan bahan pewangi sintetis. Bahan pewangi alami yang sudah dikenal di antaranya diperoleh dari daun kayu putih, kulit kayu manis, batang kayu cendana, bunga kenanga, bunga melati, dan buah pala. Bahan pewangi sintetis biasanya dipakai dalam berbagai pewangi atau parfum dalam kemasan, seperti pada Gambar 1.6. Selain zat yang menimbulkan aroma wangi, pewangi yang dijual di pasaran biasanya mengandung zat-zat lain, seperti alkohol untuk pewangi yang berbentuk cair dan tawas untuk pewangi yang berbentuk padat. Zat-zat tambahan tersebut dapat mencemari lingkungan. Untuk itu, kita harus selektif ketika membeli produk berupa parfum, jangan sampai mengandung bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan.



#### d. Pestisida

Bahan kimia jenis pestisida erat sekali dengan kehidupan para petani. Pestisida dipakai untuk memberantas hama tanaman sehingga tidak mengganggu hasil produksi pertanian. Pestisida meliputi semua jenis obat (zat/bahan kimia) pembasmi hama yang ditujukan untuk melindungi tanaman dari serangan serangga, jamur, bakteri, virus, tikus, bekicot, dan nematoda (cacing). Pestisida yang biasa digunakan para petani dapat digolongkan menurut fungsi dan sasaran penggunaannya, yaitu seperti berikut.

- 1) Insektisida, yaitu pestisida yang digunakan untuk memberantas serangga, seperti belalang, kepik, wereng, dan ulat. Beberapa jenis insektisida juga dipakai untuk memberantas sejumlah serangga pengganggu yang ada di rumah, perkantoran, atau gudang, seperti nyamuk, kutu busuk, rayap, dan semut. Contoh insektisida adalah basudin, basminon, tiordan, diklorovinil dimetil fosfat, dan diazinon. Gambar 1.7 merupakan contoh produk insektisida untuk memberantas nyamuk.



- 2) Fungisida, yaitu pestisida yang dipakai untuk memberantas dan mencegah pertumbuhan jamur atau cendawan. Bercak yang ada pada daun, karat daun, busuk daun, dan cacar daun disebabkan oleh serangan jamur. Beberapa contoh fungisida adalah tembaga oksiklorida, tembaga (I) oksida, karbendazim, organomercuri, dan natrium dikromat.
- 3) Bakterisida, yaitu pestisida untuk memberantas bakteri atau virus. Pada umumnya, tanaman yang sudah terserang bakteri sukar untuk disembuhkan. Oleh karena itu, bakterisida biasanya diberikan

kepada tanaman yang masih sehat. Salah satu contoh dari bakterisida adalah tetramycin sebagai pembunuh virus CVPD yang menyerang tanaman jeruk.

- 4) Rodentisida, yaitu pestisida yang digunakan untuk memberantas hama tanaman berupa hewan pengerat, seperti tikus. Rodentisida dipakai dengan cara mencampurkannya dengan makanan kesukaan tikus. Meletakkan umpan tersebut harus hati-hati, jangan sampai termakan oleh binatang lain. Contoh dari pestisida jenis ini adalah warangan.
- 5) Nematisida, yaitu pestisida yang digunakan untuk memberantas hama tanaman jenis cacing (nematoda). Hama jenis cacing biasanya menyerang akar dan umbi tanaman. Oleh karena pestisida jenis ini dapat merusak tanaman, pestisida ini harus sudah ditaburkan pada tanah tiga minggu sebelum musim tanam. Contoh dari pestisida jenis ini adalah DD, vapam, dan dazomet.
- 6) Herbisida, yaitu pestisida yang digunakan untuk membasmi tanaman pengganggu (gulma), seperti alang-alang, rerumputan, dan eceng gondok. Contoh dari herbisida adalah ammonium sulfonat dan pentaklorofenol.

Penggunaan pestisida telah menimbulkan dampak yang negatif, baik itu bagi kesehatan manusia maupun bagi kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, penggunaannya harus dilakukan sesuai dengan aturan. Beberapa dampak negatif yang dapat timbul akibat penggunaan pestisida, di antaranya seperti berikut.

- 1) Terjadinya pengumpulan pestisida (akumulasi) dalam tubuh manusia karena beberapa jenis pestisida sukar terurai. Pestisida yang terserap tanaman akan terdistribusi ke dalam akar, batang, daun, dan buah. Jika tanaman ini dimakan hewan atau manusia, pestisidanya akan terakumulasi dalam tubuh sehingga dapat memunculkan berbagai risiko bagi kesehatan hewan maupun manusia.
- 2) Munculnya hama spesies baru yang lebih tahan terhadap takaran pestisida. Oleh karena itu, diperlukan dosis pemakaian pestisida yang lebih tinggi atau pestisida lain yang lebih kuat daya basminya. Jika sudah demikian, risiko pencemaran akibat pemakaian pestisida akan makin besar baik terhadap hewan maupun lingkungan, termasuk juga manusia sebagai pelakunya.

Pada kenyataannya, penggunaan pestisida selain memberikan keuntungan juga dapat memberikan kerugian. Oleh karena itu, penyimpanan dan penggunaan pestisida apa pun jenisnya harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai petunjuk. Mengurangi dampak penggunaan pestisida dapat dilakukan dengan cara menggunakan pestisida alami atau pestisida yang dibuat dari bahan-bahan alami. Misalnya, air rebusan batang dan daun tomat dapat dipakai dalam memberantas ulat dan lalat hijau. Selain contoh tersebut, masih banyak tumbuhan lain yang dapat bertindak sebagai pestisida alami, seperti tanaman mindi, bunga mentega, rumput mala, tuba, kunir, dan kucai.

### e. Zat Aditif Makanan

Setiap hari, makanan diperlukan untuk mendapatkan energi (karbohidrat dan lemak) dan untuk pertumbuhan sel-sel baru, menggantikan sel-sel yang rusak (protein). Selain itu, makanan juga diperlukan sebagai sumber zat penunjang dan pengatur proses dalam tubuh, yaitu vitamin, mineral, dan air. Sehat tidaknya suatu makanan tidak bergantung pada ukuran, bentuk, warna, kelezatan, aroma, atau kesegarannya, tetapi bergantung pada kandungan zat yang diperlukan oleh tubuh. Suatu makanan dikatakan sehat apabila mengandung satu macam atau lebih zat yang diperlukan oleh tubuh.

Setiap hari, beragam makanan dikonsumsi oleh manusia agar semua jenis zat yang diperlukan oleh tubuh terpenuhi. Hal ini dikarenakan belum tentu satu jenis makanan mengandung semua jenis zat yang diperlukan oleh tubuh setiap hari. Supaya orang tertarik untuk memakan suatu makanan, seringkali kita perlu menambahkan bahan-bahan tambahan ke dalam makanan yang kita olah. Bisa diperkirakan bahwa seseorang tentu tidak akan punya selera untuk memakan sayur sup yang tidak digarami atau bubur kacang hijau yang tidak memakai gula. Dalam hal ini, garam dan gula termasuk bahan tambahan. Keduanya termasuk jenis zat aditif makanan. Zat aditif bukan hanya garam dan gula, tetapi masih banyak bahan-bahan kimia lain. Zat aditif makanan ditambahkan dan dicampurkan pada waktu pengolahan makanan untuk memperbaiki tampilan makanan, meningkatkan cita rasa, memperkaya kandungan gizi, menjaga makanan agar tidak cepat busuk, dan lain sebagainya (perhatikan Gambar 1.10). Bahan yang tergolong ke dalam zat aditif makanan harus dapat:

- 1) memperbaiki kualitas atau gizi makanan
- 2) membuat makanan tampak lebih menarik
- 3) meningkatkan cita rasa makanan
- 4) membuat makanan menjadi lebih tahan lama atau tidak cepat basi dan busuk.



**Gambar 1.8** Contoh Makanan yang Mengandung Zat Aditif  
(Sumber: *cybershopping.cbn.net.id*)

Zat-zat aditif tidak hanya zat-zat yang secara sengaja ditambahkan pada saat proses pengolahan makanan berlangsung, tetapi juga termasuk zat-zat yang masuk tanpa sengaja dan bercampur dengan makanan. Masuknya zat-zat aditif ini mungkin terjadi saat pengolahan, pengemasan, atau sudah terbawa

oleh bahan-bahan kimia yang dipakai. Zat aditif makanan dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu:

- 1) zat aditif yang berasal dari sumber alami, seperti lesitin dan asam sitrat;
- 2) zat aditif sintetis dari bahan kimia yang memiliki sifat serupa dengan bahan alami yang sejenis, baik susunan kimia maupun sifat/fungsinya, seperti amil asetat dan asam askorbat.

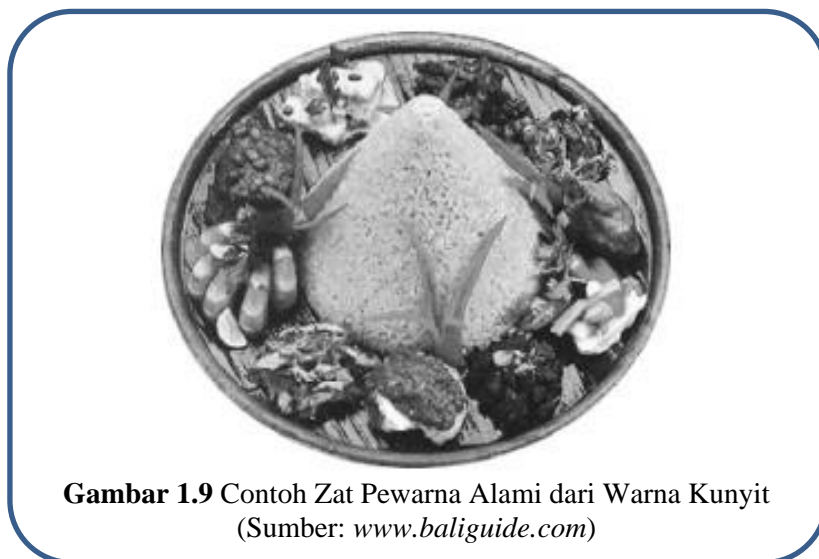
Berdasarkan fungsinya, baik alami maupun sintetis, zat aditif dapat dikelompokkan sebagai zat pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap rasa.

### 1) **Zat Pewarna**

Pemberian warna pada makanan umumnya bertujuan agar makanan terlihat lebih segar dan menarik sehingga menimbulkan selera orang untuk memakannya. Zat pewarna yang biasa digunakan sebagai zat aditif pada makanan adalah seperti berikut.

#### a) **Zat Pewarna Alami**

Zat pewarna alami dibuat dari ekstrak bagian-bagian tumbuhan tertentu, misalnya warna hijau dari daun pandan atau daun suji, warna kuning dari kunyit, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.9, warna cokelat dari buah cokelat, warna merah dari daun jati, dan warna kuning merah dari wortel. Karena jumlah pilihan warna dari zat pewarna alami terbatas, dilakukan upaya menyintesis zat pewarna yang cocok untuk makanan dari bahan-bahan kimia.



**Gambar 1.9** Contoh Zat Pewarna Alami dari Warna Kunyit  
(Sumber: [www.baliguide.com](http://www.baliguide.com))

#### b) **Zat pewarna sintetis**

Zat pewarna sintetis dibuat dari bahan-bahan kimia seperti terlihat pada Gambar 1.10. Dibandingkan dengan pewarna alami, pewarna sintetis memiliki beberapa kelebihan, yaitu memiliki pilihan warna yang lebih banyak, mudah disimpan, dan lebih tahan lama.





**Gambar 1.10** Contoh Zat Pewarna Sintetis  
(Sumber: *resep.dekap.com*)

Beberapa zat pewarna sintetis bisa saja memberikan warna yang sama, namun belum tentu semua zat pewarna tersebut cocok dipakai sebagai zat aditif pada makanan dan minuman. Perlu diketahui bahwa zat pewarna sintetis yang bukan untuk makanan dan minuman (pewarna tekstil) dapat membahayakan kesehatan apabila masuk ke dalam tubuh karena bersifat karsinogen (penyebab penyakit kanker). Oleh karena itu, kamu harus berhati-hati ketika membeli makanan atau minuman yang memakai zat warna. Kamu harus yakin dahulu bahwa zat pewarna yang dipakai sebagai zat aditif pada makanan atau minuman tersebut adalah memang benar-benar pewarna makanan dan minuman. Tabel 1.2 berikut ini adalah daftar zat pewarna, baik alami maupun sintetis yang aman dipergunakan sebagai zat pewarna makanan dan minuman.

Berdasarkan sifat kelarutannya, zat pewarna makanan dikelompokkan menjadi *dye* dan *lake*. *Dye* merupakan zat pewarna makanan yang umumnya bersifat larut dalam air. *Dye* biasanya dijual di pasaran dalam bentuk serbuk, butiran, pasta atau cairan. *Lake* merupakan gabungan antara zat warna *dye* dan basa yang dilapisi oleh suatu zat tertentu. Karena sifatnya yang tidak larut dalam air, zat warna kelompok ini cocok untuk mewarnai produk-produk yang tidak boleh terkena air atau produk yang mengandung lemak dan minyak.

**Tabel 1.2** Zat Pewarna Alami dan Sintetis

Warna	Nama Zat Pewarna	Nomor Indeks Nama
1. Zat pewarna alami		
Merah	Alkanat	75520
Merah	Karmin	75470
Kuning	Annato	75120
Kuning	Karoten	75130
Kuning	Kurkumin	75300
Kuning	Safron	75100
Hijau	Klorofil	75810
Bir	Ultramin	77007
Cokelat	Karamel	-
Hitam	Karbon hitam	77266

Hitam	Besi oksida	77499
Putih	Titanium oksida	77891
2. Zat pewarna sintetis		
Merah	<i>Carmoisine</i>	14720
Merah	<i>Amarant</i>	16185
Merah	<i>Erythrosine</i>	45430
Oranye	<i>Sunset yellow FCF</i>	15985
Kuning	<i>Tartrazin</i>	19140
Kuning	<i>Quiline yellow</i>	47005
Hijau	<i>Fast green FCF</i>	42053
Biru	<i>Briliant blue FCF</i>	42090
Biru	<i>Indigocarmine</i>	73015
Ungu	<i>Violet</i>	42640

## 2) Zat Pemanis

Zat pemanis berfungsi untuk menambah rasa manis pada makanan dan minuman. Zat pemanis dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu seperti berikut.

### a) Zat Pemanis Alami

Pemanis ini dapat diperoleh dari tumbuhan, seperti kelapa, tebu, dan aren. Selain itu, zat pemanis alami dapat pula diperoleh dari buah-buahan dan madu. Zat pemanis alami berfungsi juga sebagai sumber energi. Jika kita mengonsumsi pemanis alami secara berlebihan, kita akan mengalami risiko kegemukan. Orang-orang yang sudah gemuk badannya sebaiknya menghindari makanan atau minuman yang mengandung pemanis alami terlalu tinggi.

### b) Zat Pemanis Buatan

Pemanis buatan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia sehingga tidak berfungsi sebagai sumber energi. Oleh karena itu, orang-orang yang memiliki penyakit kencing manis (diabetes melitus) biasanya mengonsumsi pemanis sintetis sebagai pengganti pemanis alami. Contoh pemanis sintetis, yaitu sakarin, natrium siklamat, magnesium siklamat, kalsium siklamat, aspartam (lihat Gambar 1.11), dan dulsin. Pemanis buatan memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemanis alami. Garam-garam siklamat memiliki kemanisan 30 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kemanisan sukrosa. Namun, kemanisan garam natrium dan kalsium dari sakarin memiliki kemanisan 800 kali dibandingkan dengan kemanisan sukrosa 10%.



**Gambar 1.11** Es Krim menggunakan pemanis buatan jenis aspartam  
(Sumber : *karangkraf.Com*)

Walaupun pemanis buatan memiliki kelebihan dibandingkan pemanis alami, konsumsi yang berlebihan perlu dihindari karena dapat memberikan efek samping bagi kesehatan. Misalnya, penggunaan sakarin yang berlebihan selain akan menyebabkan rasa makanan terasa pahit juga merangsang terjadinya tumor pada bagian kandung kemih. Contoh lain, garam-garam siklamat pada proses metabolisme dalam tubuh dapat menghasilkan senyawa sikloheksamina yang bersifat karsinogenik (senyawa yang dapat menimbulkan penyakit kanker). Garam siklamat juga dapat memberikan efek samping berupa gangguan pada sistem pencernaan terutama pada pembentukan zat dalam sel.

### 3) Zat Pengawet

Ada sejumlah cara menjaga agar makanan dan minuman tetap layak untuk dimakan atau diminum walaupun sudah tersimpan lama. Salah satu upaya tersebut adalah dengan cara menambahkan zat aditif kelompok pengawet (zat pengawet) ke dalam makanan dan minuman. Zat pengawet adalah zat-zat yang sengaja ditambahkan pada bahan makanan dan minuman agar makanan dan minuman tersebut tetap segar, bau dan rasanya tidak berubah, atau melindungi makanan dari kerusakan akibat membusuk atau terkena bakteri/jamur. Karena penambahan zat aditif, berbagai makanan dan minuman masih dapat dikonsumsi sampai jangka waktu tertentu, mungkin seminggu, sebulan, setahun, atau bahkan beberapa tahun. Dalam makanan atau minuman yang dikemas dan dijual di toko-toko atau supermarket biasanya tercantum tanggal kadaluarsa, tanggal yang menunjukkan sampai kapan makanan atau minuman tersebut masih dapat dikonsumsi tanpa membahayakan kesehatan.

Seperti halnya zat pewarna dan pemanis, zat pengawet dapat dikelompokkan menjadi zat pengawet alami dan zat pengawet buatan

#### a) Zat pengawet alami

Zat pengawet alami berasal dari alam, contohnya gula (sukrosa) yang dapat dipakai untuk mengawetkan buah-buahan (manisan) dan garam dapur yang dapat digunakan untuk mengawetkan ikan.

## b) Zat pengawet sintetis

Zat pengawet sintetis atau buatan merupakan hasil sintesis dari bahan-bahan kimia. Contohnya, asam cuka dapat dipakai sebagai pengawet acar dan natrium propionat atau kalsium propionat dipakai untuk mengawetkan roti dan kue kering. Garam natrium benzoat, asam sitrat, dan asam tartrat juga biasa dipakai untuk mengawetkan makanan. Selain zat-zat tersebut, ada juga zat pengawet lain, yaitu natrium nitrat atau sendawa ( $\text{NaNO}_3$ ) yang berfungsi untuk menjaga agar tampilan daging tetap merah. Asam fosfat yang biasa ditambahkan pada beberapa minuman penyegar juga termasuk zat pengawet.

Selain pengawet yang aman untuk dikonsumsi, juga terdapat pengawet yang tidak boleh dipergunakan untuk mengawetkan makanan. Zat pengawet yang dimaksud di antaranya formalin yang biasa dipakai untuk mengawetkan benda-benda, seperti mayat atau binatang yang sudah mati. Pemakaian pengawet formalin untuk mengawetkan makanan, seperti bakso, ikan asin, tahu, dan makanan jenis lainnya dapat menimbulkan risiko kesehatan. Selain formalin, ada juga pengawet yang tidak boleh dipergunakan untuk mengawetkan makanan. Pengawet yang dimaksud adalah boraks. Jika boraks termakan dalam kadar tertentu, dapat menimbulkan sejumlah efek samping bagi kesehatan, di antaranya :

- a) gangguan pada sistem saraf, ginjal, hati, dan kulit
- b) gejala pendarahan di lambung dan gangguan stimulasi saraf pusat
- c) terjadinya komplikasi pada otak dan hati
- d) menyebabkan kematian jika ginjal mengandung boraks sebanyak 3–6 gram

Walaupun tersedia zat pengawet sintetis yang digunakan sebagai zat aditif makanan, di negara maju banyak orang enggan mengonsumsi makanan yang memakai pengawet sintetis. Hal ini telah mendorong perkembangan ilmu dan teknologi pengawetan makanan dan minuman tanpa penambahan zat-zat kimia, misalnya dengan menggunakan sinar ultraviolet (UV), ozon, atau pemanasan pada suhu yang sangat tinggi dalam waktu singkat sehingga makanan dapat disterilkan tanpa merusak kualitas makanan.

## 4) Zat Penyedap Cita Rasa

Di Indonesia terdapat begitu banyak ragam rempah-rempah yang dipakai untuk meningkatkan cita rasa makanan, seperti cengkih, pala, merica, ketumbar, cabai, laos, kunyit, bawang, dan masih banyak lagi yang lain. Melimpahnya ragam rempah-rempah ini merupakan salah satu sebab yang mendorong penjajah Belanda dan Portugis tempo dulu ingin menguasai Indonesia. Jika rempah-rempah dicampur dengan makanan saat diolah, dapat menimbulkan cita rasa tertentu pada makanan. Selain zat penyedap cita rasa yang berasal dari alam, ada pula yang berasal dari hasil sintesis bahan kimia. Berikut ini beberapa contoh zat penyedap cita rasa hasil sintesis:

- a) oktil asetat, makanan akan terasa dan beraroma seperti buah jeruk jika dicampur dengan zat penyedap ini
- b) etil butirat, akan memberikan rasa dan aroma seperti buah nanas pada makanan
- c) amil asetat, akan memberikan rasa dan aroma seperti buah pisang
- d) amil valerat, jika diberi zat penyedap ini, makanan akan terasa dan beraroma seperti buah apel.

Selain zat penyedap rasa dan aroma, seperti yang sudah disebutkan di atas, terdapat pula zat penyedap rasa yang penggunaannya meluas dalam berbagai jenis masakan, yaitu penyedap rasa monosodium glutamat (MSG). Zat ini tidak berasa, tetapi jika sudah ditambahkan pada makanan, akan menghasilkan rasa yang sedap. Penggunaan MSG yang berlebihan telah menyebabkan “*Chinese restaurant syndrome*”, yaitu suatu gangguan kesehatan di mana kepala terasa pusing dan berdenyut. Bagi yang menyukai zat penyedap ini, tak perlu khawatir dulu. Kecurigaan ini masih bersifat pro dan kontra. Bagi yang mencoba menghindari untuk mengonsumsinya, sudah tersedia sejumlah merk makanan yang mencantumkan label “tidak mengandung MSG” dalam kemasannya.

#### 4. Sifat-Sifat Bahan Kimia

Terdapat beberapa sifat-sifat pada bahan kimia, di antaranya seperti berikut.

##### a. Asam

Kata *asam* berasal dari bahasa Latin, yaitu *acidus* yang berarti masam. Secara kimia, asam dapat didefinisikan sebagai senyawa yang menghasilkan ion hidrogen ketika larut dalam pelarut (biasanya air). Senyawa asam banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada makanan dan minuman. Selain itu, senyawa asam dapat juga ditemukan di dalam lambung. Di dalam lambung, terdapat asam klorida yang berfungsi membunuh kuman. Beberapa sifat asam adalah seperti berikut.

##### 1) Rasa Asam

Cuka merupakan salah satu asam yang kita kenal dalam kehidupan sehari-hari. Nama cuka dalam ilmu Kimia adalah asam asetat (asam etanoat).

##### 2) Mengubah Warna Indikator

Selain rasa asam yang kecut, sifat asam yang lain dapat mengubah warna beberapa zat alami ataupun buatan. Sifat inilah yang selanjutnya akan digunakan untuk mengidentifikasi sifat asam dari beberapa senyawa asam dengan menggunakan indikator. Indikator yang sering digunakan adalah kertas lakmus biru menjadi merah, sedangkan kertas lakmus merah akan tetap berwarna merah.

##### 3) Menghantarkan Arus Listrik

Asam dapat menghantarkan arus listrik. Hal itu dikarenakan asam dapat melepaskan ion-ion dalam larutannya yang mampu menghantarkan arus listrik. Asam kuat merupakan elektrolit yang baik. Makin kuat suatu asam, akan makin baik pula daya hantar listriknya. (memiliki sifat elektrolit yang baik). Contohnya adalah asam sulfat yang terdapat pada aki mobil.

#### 4) Bereaksi dengan Logam Menghasilkan Gas Hidrogen

Asam bereaksi dengan beberapa jenis logam menghasilkan gas hidrogen. Logam magnesium, besi, tembaga dan seng merupakan contoh logam yang dapat bereaksi dengan asam sehingga menghasilkan gas hidrogen dan senyawa garam.

### b. Basa

Basa dapat didefinisikan sebagai senyawa yang menghasilkan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) ketika larut dalam pelarut air. Basa memiliki beberapa sifat di antaranya adalah seperti berikut.

#### 1) Pahit dan Terasa Licin di Kulit

Rasa licin pada sabun disebabkan oleh basa yang terdapat pada sabun tersebut. Basa pembuat sabun adalah natrium hidroksida. Selain terasa licin, basa pun memiliki rasa yang pahit. Hal itu karena basa kuat bersifat korosif yang dapat menyebabkan tanganmu teriritasi dan terbakar.

#### 2) Mengubah Warna Indikator

Seperti halnya asam, larutan basa pun akan bereaksi dengan indikator sehingga dapat mengubah warna indikator tersebut. Basa akan mengubah warna kertas lakmus merah menjadi biru, sedangkan lakmus biru akan tetap berwarna biru.

#### 3) Menghantarkan Arus Listrik

Seperti halnya asam, senyawa basa pun merupakan penghantar listrik yang baik, khususnya basa kuat. Basa kuat mudah terionisasi dalam air.

#### 4) Menetralkan Sifat Asam

Salah satu sifat basa adalah meniadakan atau menghilangkan sifat suatu asam yang direaksikan dengan basa tersebut. Asam yang kita miliki akan berkurang sifat keasamannya, bahkan dapat berubah menjadi tidak asam. Apabila basa direaksikan dengan asam, akan membentuk garam dan air. Reaksi itu disebut dengan reaksi penetralan (netralisasi).

### c. Air

Air dapat bereaksi dengan bahan berbahaya membentuk suatu produk yang dapat terbakar dengan sendirinya, menimbulkan ledakan, toksik atau bersifat korosif. Proses yang menyebabkan air mendekomposisi suatu materi dikenal sebagai hidrolisis. Tetapi proses hidrolisis ini tidak selalu menimbulkan bahaya. Salah satu karakteristik B3 adalah sifat reaktifnya, karena dapat:

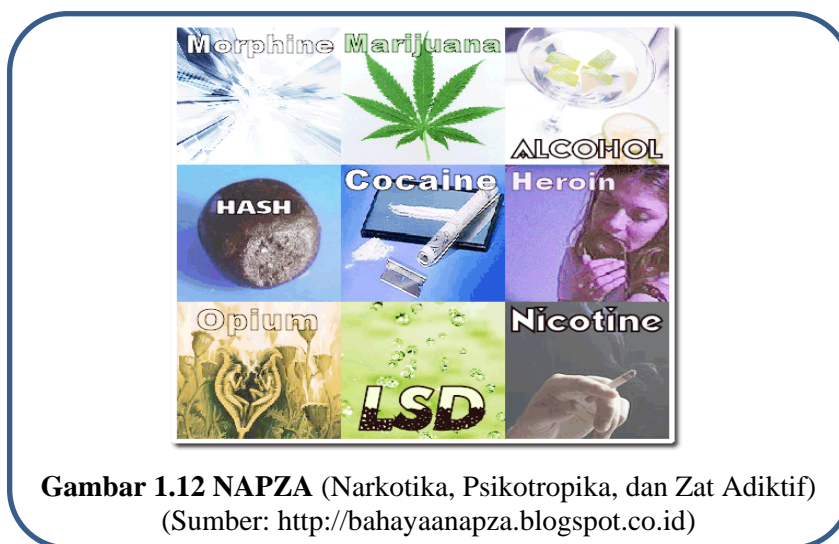
- 1) bereaksi dengan air secara kuat,
- 2) membentuk campuran yang eksplosif bila bercampur air,
- 3) menghasilkan gas, uap atau asap toksik.

Di samping itu, dikenal pula bahan yang higroskopik, yaitu bahan yang mampu untuk menyerap air di udara, seperti  $\text{H}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NaOH}$ , sehingga bila bahan tersebut dibiarkan terbuka di udara lembab, wadahnya lama-kelamaan akan penuh. Beberapa bahan dikenal pula sebagai piroforik, yaitu bahan yang dapat terbakar secara spontan bila berada dalam keadaan udara kering atau lembab atau pada temperatur

<54,5°C. Dalam uraian berikut ini, dijelaskan secara umum kelompok bahan yang termasuk dalam katagori reaktif dalam air.

## 5. Narkoba, Psikotropika, dan Zat Aditif

Berdasarkan UU No. 22 Tahun 1997 tentang Narkotika dan UU No. 5 Tahun 1997 tentang Psikotropika bahwa narkoba tidak diperbolehkan untuk disalahgunakan dan diedarkan secara gelap, tetapi narkoba boleh digunakan dan boleh diedarkan dalam dunia pengobatan dan pengembangan ilmu pengetahuan. Berdasarkan surat edaran Badan Narkotika Nasional (BNN) No. SE/03/IV/2002/BNN bahwa istilah baku yang dipergunakan adalah narkoba (akronim dari narkotika), psikotropika, dan bahan-bahan adiktif lainnya. Istilah narkoba memiliki makna yang sama dengan Naza (Narkotika, Alkohol dan Zat Adiktif) atau NAPZA (Narkotik, Psikotropik, dan Zat Adiktif) yang umumnya digunakan oleh sektor pelayanan kesehatan. NAPZA disebut juga sebagai bahan/zat/obat psikoaktif, yaitu bila masuk ke dalam tubuh manusia akan memengaruhi tubuh terutama pada otak/susunan saraf pusat sehingga menimbulkan gangguan kesehatan fisik, perubahan perilaku, perasaan, dan pikiran.



**Gambar 1.12** NAPZA (Narkotika, Psikotropika, dan Zat Adiktif)  
(Sumber: <http://bahayaanapza.blogspot.co.id>)

### a. Narkotika

Narkotika merupakan zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintetis maupun semisintetis yang dapat menimbulkan pengaruh-pengaruh tertentu bagi mereka yang menggunakan dengan memasukkan ke dalam tubuh. Pengaruh yang ditimbulkan dari penggunaan narkotika adalah pembiusan karena zat tersebut bekerja memengaruhi susunan saraf pusat, hilangnya rasa sakit, rangsangan semangat, halusinasi atau timbulnya khayalan-khayalan yang menyebabkan efek kebergantungan bagi pemakainya. Narkotika berasal dari kata *narcois* yang berarti *narkose* atau menidurkan yaitu obat yang membiuskan. Berdasarkan UU RI No. 22 Tahun 1997, narkotika adalah zat atau obat yang dapat menyebabkan penurunan atau perubahan kesadaran, menyebabkan hilangnya rasa, atau mengurangi bahkan menghilangkan rasa nyeri dan dapat menimbulkan ketergantungan.



Macam-macam dari narkotika adalah sebagai berikut.

### 1) Opioid (Opiat)

Opioid atau opiat adalah jus dari bunga *opium papaver somniferum* yang memiliki kandungan 20 alkaloid (bahan/zat sintetis) termasuk morfin. Bahan-bahan opioid yang sering disalahgunakan adalah :

#### a) Candu

Candu kasar mengandung bermacam-macam zat aktif yang sering disalahgunakan. Candu kasar diperjualbelikan dalam kemasan kotak kaleng dengan berbagai macam cap, antara lain cap ular, tengkorak, burung elang, bola dunia, cap 999, dan sebagainya. Pemakaian candu kasar biasanya dengan cara dihisap.

#### b) Morfin

Morfin adalah hasil olahan dari opium atau candu mentah. Morfin memiliki rasa pahit, berbentuk tepung halus berwarna putih atau dalam bentuk cairan berwarna. Pemakaian morfin biasanya dengan cara disuntikkan atau dihisap.

#### c) Heroin

Heroin disebut juga dengan nama putauw, putih, bedak, PT, etep merupakan obat bius yang sangat mudah membuat seseorang kecanduan karena efeknya sangat kuat. Biasanya, heroin ditemukan dalam bentuk pil, bubuk, dan cairan. Heroin memberikan efek yang sangat cepat terhadap pengguna secara fisik maupun mental. Efek pemakaian heroin adalah kejang-kejang, hidung dan mata yang selalu berair, kehilangan nafsu makan dan cairan tubuh, mengantuk, cadel, bicara tidak jelas dan tidak dapat berkonsentrasi. Heroin memiliki kekuatan dua kali lebih kuat dari morfin dan merupakan jenis opiat yang paling sering disalahgunakan.

#### d) Codein

Codein merupakan garam atau turunan dari opium/candu. Efek codein lebih lemah daripada heroin dan potensi codein untuk menimbulkan ketergantungan rendah. Biasanya codein dijual dalam bentuk pil atau cairan jernih. Pemakaian codein dengan cara ditelan atau disuntikkan.

#### e) Demerol

Demerol atau *pethidina* dijual sebagai obat berdasarkan resep dokter dalam bentuk pil dan cairan tidak berwarna. Pemakaian demerol dengan cara ditelan atau dengan disuntikkan.

Efek yang ditimbulkan dari pemakai opioid adalah :

- 1) Mengalami pelambatan dan kekacauan pada saat berbicara
- 2) Kerusakan penglihatan pada malam hari
- 3) Mengalami kerusakan pada liver dan ginjal
- 4) Peningkatan resiko terkena HIV dan hepatitis serta penyakit infeksi lainnya
- 5) Kebingungan dalam identitas seksual, dan kematian karena overdosis.

Sedangkan gejala putus obat dari ketergantungan opioid adalah :

- 1) Kram otot parah dan nyeri tulang, diare berat, kram perut, menguap, demam, dilatasi pupil, hipertensi, rinorea lakrimasi piloereksi, takikardia disregulasi temperatur termasuk pipotermia dan hipotermia.
- 2) Seseorang yang ketergantungan opioid jarang meninggal akibat putus opioid, kecuali orang tersebut memiliki penyakit fisik dasar yang parah seperti penyakit jantung.
- 3) Gejala residual seperti insomnia, bradikardia, disregulasi temperatur, dan kecanduan opiat mungkin menetap selama sebulan setelah putus zat. Gejala penyerta putus opioid adalah kegelisahan, iritabilitas, depresi, tremor, kelemahan, mual, dan muntah.

## 2) Kokain

Kokain adalah zat adiktif yang sering disalahgunakan dan sangat berbahaya. Nama lain dari kokain adalah *snow*, *coke*, *girl*, *lady* dan *crack*. Saat ini, kokain masih digunakan sebagai anestesi lokal khususnya untuk pembedahan mata, hidung, dan tenggorokan karena efek vasokonstriksinya. Kokain diklasifikasikan sebagai suatu narkotika yang sama dengan morfin dan heroin karena efek adiktif dan efek merugikannya telah dikenali.

Efek yang ditimbulkan dari penggunaan kokain adalah pecandu menjadi bersemangat, gelisah, dan tidak bisa diam, tidak bisa makan, paranoid, dan lever terganggu. Orang yang mengalami putus kokain sering berusaha mengobati sendiri gejalanya dengan alkohol, sedatif, hipnotik atau obat antiangstias seperti diazepam (valium).

## 3) Ganja (Cannabis)

Ganja dianggap narkoba yang aman dibandingkan dengan putaw atau sabu. Ganja mengandung senyawa delta-9-tetrahydrocannabinol (THC) yang dapat memengaruhi suasana hati manusia dan memengaruhi cara orang melihat dan mendengar hal-hal di sekitarnya (teler atau *fly*).

Ganja dapat memengaruhi konsentrasi dan ingatan. Akibat yang ditimbulkan dari penggunaan ganja adalah:

- a) kehilangan konsentrasi
- b) meningkatnya denyut nadi
- c) keseimbangan dan koordinasi tubuh yang buruk
- d) ketakutan dan rasa panik
- e) depresi
- f) kebingungan dan halusinasi



**Gambar 1.13** Tanaman Cannabis (Ganja)  
(Sumber: <http://dedihumas.bnn.go.id>)

## b. Psikotropika

Psikotropika merupakan zat atau obat yang bersifat psikoaktif melalui susunan saraf pusat. Psikotropika dapat mengubah aktivitas mental dan perilaku disertai dengan timbulnya halusinasi (mengkhayal), ilusi, gangguan cara berpikir, perubahan alam perasaan dan dapat menyebabkan ketergantungan serta mempunyai efek simultan (merangsang) bagi para pemakainya. Istilah lain dari psikotropika adalah psikofarmaka, yaitu obat yang diberikan kepada orang yang mengalami gangguan kejiwaan (*psike*) diberikan dalam dosis rendah atau sesuai anjuran dokter, misalnya untuk menenangkan orang yang stress berat atau depresi. Psikotropika akan menyebabkan kelainan perilaku apabila dikonsumsi dalam jumlah banyak dan dalam jangka waktu yang lama.

Berdasarkan jenis obat psikotropika dibagi menjadi 4 jenis, yaitu seperti berikut.

- 1) Psikotropika golongan I, yaitu psikotropika yang hanya digunakan untuk tujuan ilmu pengetahuan dan tidak digunakan dalam terapi. Misalnya: bromamfetamin, meskalin, dan sebagainya.
- 2) Psikotropika golongan II, yaitu psikotropika yang digunakan untuk tujuan ilmu pengetahuan dan terapi. Misalnya: amfetamin, desamfetamin, fenetilin, dan sebagainya.
- 3) Psikotropika golongan III, yaitu psikotropika yang berkhasiat untuk pengobatan, ilmu pengetahuan, tetapi potensinya lebih rendah dibandingkan dengan psikotropika golongan II. Misalnya: amobarbital, pentazosin.
- 4) Psikotropika golongan IV, yaitu psikotropika yang berkhasiat untuk pengobatan, ilmu pengetahuan, dan potensinya sangat rendah. Misalnya: barbital, diazepam, luminal, valium, nitrazepam, rophinol, mogadon, dan sebagainya.

## c. Zat adiktif

Zat adiktif adalah suatu bahan kimia yang apabila digunakan mempunyai efek samping berupa gangguan kesehatan dan lingkungan hidup baik secara langsung maupun tidak langsung. Zat yang termasuk ke dalam zat adiktif di antaranya adalah minuman keras, rokok, *volatile solvent* atau inhalensia, dan zat disainer.

## 1) Minuman Keras

Minuman keras merupakan jenis minuman yang mengandung alkohol. Alkohol yang terkandung dalam minuman adalah jenis etanol ( $C_2H_5OH$ ). Sifat khas dari alkohol adalah dapat memengaruhi susunan saraf pusat sehingga apabila diminum dalam jumlah banyak, akan membuat tak sadar/mabuk, sedangkan apabila alkohol diminum dalam jumlah sedikit, dapat digunakan sebagai obat.

Alkohol (etanol) dapat dibuat dari fermentasi gula, terkandung dalam makanan dan minuman seperti tape ketan (peuyeum ketan). Efek samping yang ditimbulkan oleh minuman beralkohol dalam jumlah kecil adalah perasaan rileks, pengguna dapat lebih mudah mengekspresikan emosi seperti rasa senang, sedih, dan kemarahan. Efek samping yang ditimbulkan oleh minuman beralkohol dalam jumlah besar adalah seperti berikut.

- 1) Merasa lebih bebas dalam mengekspresikan emosi.
- 2) Bicara cadel dan pandangan menjadi kabur.
- 3) Kemampuan mental mengalami hambatan.
- 4) Pupil mata membesar.

Pecandu minuman beralkohol dapat mengalami masalah kesehatan seperti radang usus, liver, dan kerusakan otak.

## 2) Rokok

Secara umum, bahan kimia dalam rokok dapat digolongkan menjadi dua komponen, yaitu gas dan partikel.

### a) Komponen gas

Komponen gas terdiri atas berbagai jenis gas yang terdapat di dalam asap rokok, di antaranya adalah gas karbondioksida ( $CO_2$ ), nitrogen oksida, hidrogen sianida, amoniak, asetilena, karbon monoksida, benzena, dan senyawa hidrokarbon.

### b) Komponen partikel

Komponen partikel adalah komponen selain gas di antaranya tar, nikotin, benzopiren, fenol and cadmium (Cd). Kebiasaan merokok dalam jangka waktu yang panjang akan mengakibatkan berbagai jenis penyakit, di antaranya adalah seperti berikut.

- Penyakit gangguan pada saluran sistem pernapasan

Asap rokok yang terus menerus dihisap akan mengotori dan merusak sistem pernapasan sehingga perokok akan mudah terkena penyakit yang berhubungan dengan sistem pernapasan seperti bronkitis, TBC, asma, dan penumonia.

- Kanker paru-paru

Asap rokok memiliki 4000 jenis zat dan 40 di antaranya merupakan zat karsinogen (zat penyebab kanker).

- Penyakit jantung

Rokok dapat menyebabkan penyakit jantung. Hal ini dikarenakan nikotin merangsang pelepasan adrenalin sehingga mempercepat denyut jantung sehingga irama denyut jantung menjadi terganggu, rokok mengandung gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas karbonmonoksida ( $\text{CO}$ ). Apabila gas tersebut memiliki kadar yang berlebihan, maka dapat menyebabkan sel darah merah lebih cepat mengikat karbondioksida ataupun karbonmonoksida dibandingkan gas oksigen. Akibatnya, tubuh akan kekurangan oksigen.



**Gambar 1.14** Bagian-bagian Rokok yang Sangat Berbahaya  
(Sumber: <http://halosehat.com>)

#### d. Inhalensia

Inhalensia merupakan zat adiktif berbentuk cair yang mudah menguap. Inhalensia biasanya digunakan dengan cara dihirup atau dihisap melalui hidung. Zat adiktif yang biasa digunakan adalah lem UHU, *thinner* (cairan pencampur Tip-X), aseton (pembersih kutek/cat tembok), premiks, dan lain sebagainya.

Penggunaan salah satu atau beberapa jenis narkoba dengan cara dihisap, ditelan atau disuntikkan yang dilakukan secara berkala dapat menimbulkan gangguan kesehatan jasmani, jiwa (mental) dan fungsi sosial. Adapun kiat-kiat untuk menghindari penyalahgunaan narkoba, psikotropika, dan zat adiktif adalah seperti berikut.

- Pererat diri dengan keimanan dan ketaqwaan serta berbudi pekerti luhur
- Membiasakan diri berpola hidup sehat
- Menolak bujukan yang negatif
- Belajar dengan sungguh – sungguh untuk berprestasi atau menjadi siswa yang terbaik
- Mengisi waktu luang dengan kegiatan yang bermanfaat yaitu aktif melalui kegiatan kelompok pengembangan minat dan bakat, ekstrakurikuler, olahraga, perisai diri, pramuka, PMR, seni, dan sebagainya.
- Hindari tindakan yang tidak bermanfaat, seperti: menghina atau membenci sesama teman, tawuran antarsiswa, corat-coret di sembarang tempat, memaksakan kehendak, dan sebagainya.

## Uji Kompetensi 2

1. Bahan-bahan yang termasuk bahan kimia alami adalah ....
  - a. detergen
  - b. parfum
  - c. gula tebu
  - d. sakarin
2. Sabun dan detergen dapat melarutkan lemak dan minyak karena bersifat ....
  - a. hidrofobik
  - b. hidrofilik
  - c. abs
  - d. berbuih
3. Pasta gigi merupakan pemutih gigi karena mengandung ....
  - a. fluor
  - b. klor
  - c. mentol
  - d. sabun
4. Pestisida yang dapat dipakai untuk membasmi rumput yang menutupi areal perkebunan termasuk kelompok ....
  - a. fungisida
  - b. bakterisida
  - c. herbisida
  - d. nematisida
5. Bahan kimia yang bukan termasuk pengawet adalah ....
  - a. gula
  - b. natrium benzoat
  - c. asam fosfat
  - d. natrium hidroksida
6. Berikut ini yang bukan merupakan upaya pengurangan dampak negatif akibat pemakaian bahan kimia di rumah adalah ....
  - a. memakai sesuai aturan
  - b. menggunakan pestisida alami
  - c. memakai bahan kimia yang lebih aman
  - d. menghindari pemakaian bahan kimia
7. Berikut ini yang bukan termasuk narkotika adalah ....
  - a. kokain
  - b. heroin
  - c. amfetamin
  - d. putau
8. Untuk menambah cita rasa suatu makanan kita dapat menambahkan zat aditif yang termasuk kelompok ....
  - a. pengawet
  - b. pewarna
  - c. penyedap
  - d. natrium benzoat
9. Rokok dan minuman keras termasuk ke dalam ....
  - a. zat adiktif

- b. psikotropika
  - c. sedativa-hipnotika
  - d. zat adiktif dan psikotropika
10. LSD termasuk obat psikotropika yang dapat menimbulkan persepsi semu tentang suatu benda yang sebenarnya tidak ada atau disebut juga ....
- a. halusinasi
  - b. paranoid
  - c. rileks
  - d. euphoria
11. Opiat atau opium adalah narkotika yang bahan dasarnya berasal dari tanaman?
- a. manihot utilisina
  - b. magnifera indica
  - c. papaver somniferum
  - d. papain
12. Di bawah ini termasuk ciri-ciri pecandu obat terlarang :
1. kurus kering, badan tidak segar
  2. selalu merasa haus
  3. selalu merasa lapar
  4. mata cekung dan tatapan kosong
- Ciri-ciri yang benar adalah ...
- a. 1, dan 3
  - b. 2 dan 4
  - c. 1 dan 4
  - d. 3 dan 4
13. Stres atau depresi dan selalu merasa cear merupakan pertanda adanya masalah kejiwaan. Obat yang digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah ...
- a. mogadon
  - b. methadon
  - c. codein
  - d. morfin
14. Di bawah ini merupakan golongan obat psikotropika, *kecuali* ...
- a. obat antibiotik
  - b. obat depresan
  - c. obat simultan
  - d. obat halusinogen
15. Pengguna jarum suntik bekas pecandu narkoba dapat menyebabkan ...
- a. penyakit ginjal
  - b. terinfeksi penyakit kelamin
  - c. terinfeksi HIV
  - d. penyakit darah tinggi

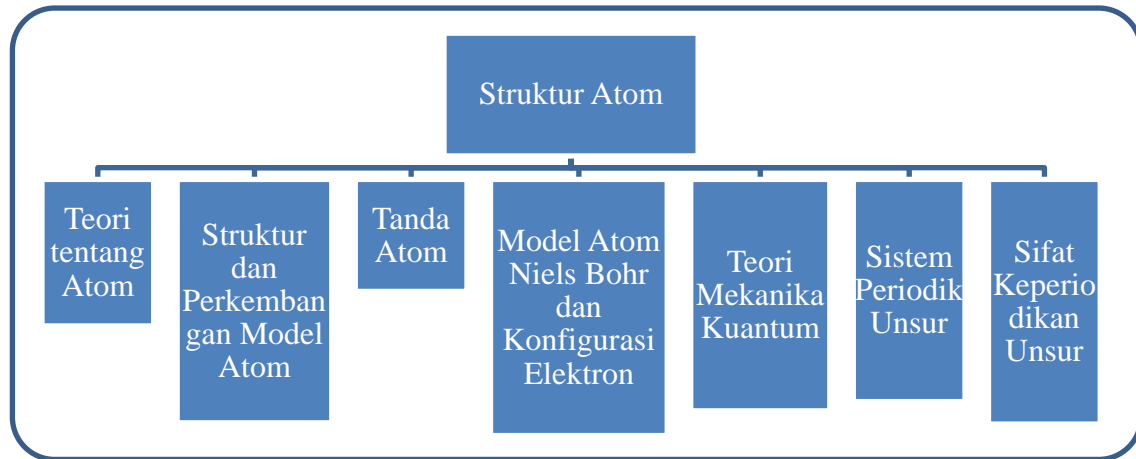


## Esai

1. Tuliskan 5 macam bahan kimia yang termasuk bahan kimia alami dan buatan!
2. Tuliskan 3 macam bahan kimia yang termasuk pewangi!
3. Pada kemasan *laundry* tertulis “natrium hipoklorit” 5,25%. Berfungsi sebagai apakah bahan tersebut?  
Untuk apakah bahan tersebut digunakan?
4. Jelaskan dampak penggunaan detergen terhadap lingkungan.
5. Tuliskan 3 contoh bahan kimia yang bersifat asam.

## BAB 2 STRUKTUR ATOM

### PETA KONSEP



Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan dapat mengetahui, memahami, dan menjelaskan tentang struktur, sistem periodik unsur, dan sifat-sifat keperiodikan unsur serta aplikasinya dalam kehidupan sehari – hari.

Tahukah Anda, apa yang dimaksud dengan atom? Ya, atom merupakan bagian yang sangat kecil dari suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur tersebut. Anda tentu pernah melihat emas bukan? Nah, logam emas jika dipotong-potong sedemikian rupa, akan diperoleh bagian yang sangat kecil yang tidak dapat dibagi lagi, namun masih mempunyai sifat emas. Bagian inilah yang disebut sebagai atom emas. Atom emas ini berbeda sifatnya dengan atom besi. Gambar berikut ini akan membantu Anda memahami, bahwa secara aja kedua logam tersebut sudah terlihat berbeda. Bagaimana, apakah Anda dapat membedakan keduanya?



Atom-atom yang merupakan bagian dari unsur ini dapat berdiri sendiri ataupun bergabung dengan atom dari unsur sejenis membentuk molekul. Unsur-unsur yang partikel terkecilnya berupa atom ditulis dengan lambang unsurnya misalnya Au, Ag dan Fe. Unsur-unsur ini meliputi semua unsur logam,

misalnya emas, perak, besi dan sebagian unsur nonlogam, di antaranya karbon, silikon, helium, neon, argon, kripton, xenon, dan radon. Sementara, pada unsur yang membentuk molekul, rumus kimianya ditulis dengan lambang unsurnya disertai jumlah atom yang terdapat pada setiap molekulnya. Contoh: molekul oksigen ( $O_2$ ), molekul hidrogen ( $H_2$ ), molekul fosfor ( $P_4$ ) dan molekul belerang ( $S_8$ ). Molekul unsur yang terdiri atas dua atom dinamakan molekul diatomik, sedangkan molekul fosfor yang terdiri atas empat atom disebut molekul tetraatomik dan belerang terdiri atas delapan atom sehingga disebut molekul oktaatomik. Molekul fosfor dan belerang lebih terkenal sebagai molekul poliatomik karena tiap molekulnya mengandung lebih dari dua atom. Nah, unsur-unsur tersebut, baik yang ada di alam maupun unsur buatan, disusun dan dikelompokkan dalam *Tabel Periodik Unsur*. Menurut Anda, mengapa unsur-unsur tersebut perlu dikelompokkan? Apa yang mendasari pengelompokan unsur-unsur tersebut dalam Tabel Periodik Unsur? Hal ini akan kita pelajari pada bab ini.

## A. Teori tentang Atom

Teori atom telah dipelajari sejak zaman Yunani Kuno oleh Democritus, tetapi sempat ditenggelamkan oleh Aristoteles. Hal tersebut karena menurut Aristoteles, atom itu tidak ada. Pendapat Aristoteles ada benarnya karena atom memang tidak nampak oleh kasat mata. Sedangkan Democritus hanya sekadar mengandalkan akalinya saja dalam menafsirkan atom. Pada tahun 1803, mulailah masyarakat menerima kehadiran atom, yang diprakarsai oleh John Dalton (Gambar 2.2).

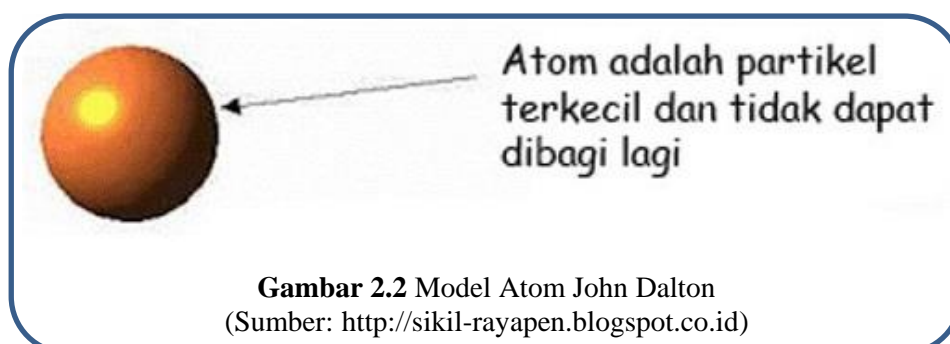
### 1. Teori Atom Dalton

Berikut adalah hal-hal yang terkait dengan teori atom Dalton,

- Atom adalah suatu bagian terkecil daripada materi yang memang tidak dapat terbagi lagi
- Atom dapat digambarkan sebagai bola pejal yang sangat kecil, suatu unsur akan memiliki atom-atom yang identik dan berbeda untuk unsur yang memang berbeda
- Atom-atom akan bergabung membentuk senyawa dengan perbandingan bilangan sederhana dan bulat, contohnya air terdiri dari satu atom oksigen dan dua atom hidrogen
- Reaksi kimia merupakan suatu penggabungan atau pemisahan atau penyusunan kembali atom-atom sehingga atom tersebut tak dapat dimusnahkan atau diciptakan
- Model atom Dalton ini dapat digambarkan sebagai bola pejal

Teori atom Dalton ini didasarkan atas dua hukum, yaitu hukum susunan tetap atau Hukum Proust yang menyatakan bahwa *massa total dari zat-zat sebelum adanya reaksi akan selalu bernilai sama dengan massa total dari zat-zat hasil reaksi* dan hukum kekekalan massa atau Hukum Lavoisier, yaitu

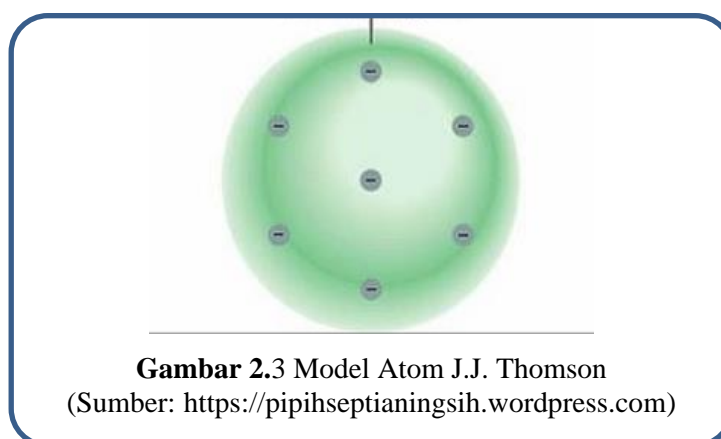
bahwa *perbandingan massa pada setiap unsur-unsur yang ada dalam suatu senyawa akan selalu bernilai tetap*. Berdasarkan hukum tersebut, Dalton mengemukakan pendapatnya sebagai berikut.



**Gambar 2.2** Model Atom John Dalton  
(Sumber: <http://sikil-rayapen.blogspot.co.id>)

## 2. Teori Atom J.J. Thomson

Mengacu pada penemuan tabung katoda oleh William Crookers, J.J. Thomson meneliti secara lebih lanjut mengenai sinar katode sehingga dapat dipastikan bahwa sinar katode merupakan suatu partikel karena dapat memutar baling-baling yang diletakkan di tengah katode dan anode. Berdasarkan hasil percobaan tersebut, Thomson akhirnya menyatakan bahwa sinar katode adalah suatu partikel yang menyusun atom atau partikel subatom yang memiliki muatan negatif dan selanjutnya disebut elektron. Atom merupakan suatu partikel yang memiliki sifat netral. Atom terdiri atas elektron yang bermuatan negatif dan partikel yang bermuatan positif. Penemuan J.J. Thomson ini akhirnya dapat memperbaiki kelemahan pada teori atom Dalton dan mengemukakan teori atomnya yang disebut sebagai teori atom Thomson, yaitu bahwa *atom adalah bola pejal yang memiliki muatan positif dan di dalamnya terdapat muatan negatif elektron*. Kelemahan teori atom J.J. Thomson ialah tidak mampu menjelaskan adanya susunan muatan positif dan negatif yang terdapat dalam bola atom tersebut.



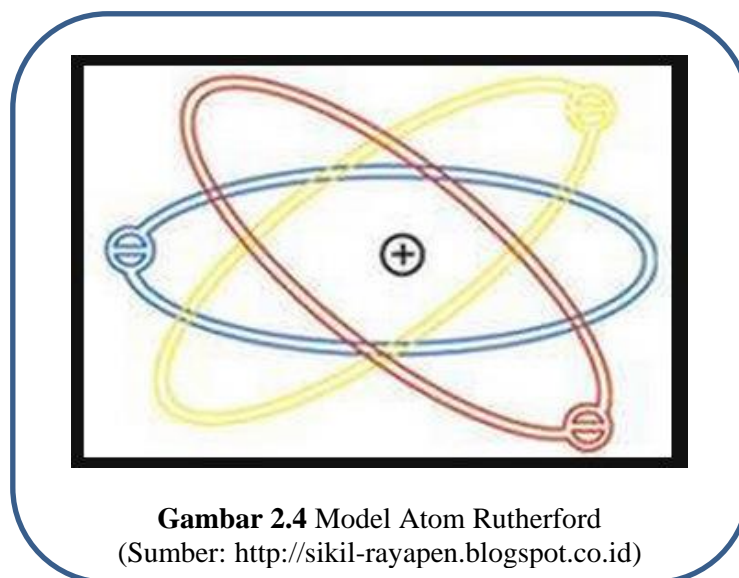
**Gambar 2.3** Model Atom J.J. Thomson  
(Sumber: <https://pipihseptianingsih.wordpress.com>)

## 3. Teori Atom Rutherford

Rutherford bersama dengan dua orang muridnya, yaitu Hans Geiger dan Ernens Masreden telah melakukan suatu percobaan yang telah dikenal sebagai hamburan sinar alfa terhadap lempeng tipis emas. Sebelumnya, telah ditemukan adanya partikel alfa, yaitu partikel yang memiliki muatan positif dan bergerak lurus serta memiliki daya tembus besar. Percobaan tersebut sebenarnya bertujuan untuk menguji

pendapat Thomson, yaitu apakah atom tersebut betul-betul merupakan bola pejal yang positif yang jika dikenai partikel alfa, akan dipantulkan atau dibelokkan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jika partikel alfa ditembakkan pada lempeng emas yang tipis, sebagian besar partikel alfa akan diteruskan (terdapat sebuah penyimpangan sudut kurang dari 1 derajat), tetapi dari hasil pengamatan Marsden, diperoleh fakta bahwa satu di antara 20.000 partikel alfa akan membelok 90 derajat bahkan lebih. Berdasarkan dari gejala-gejala yang telah terjadi, diperoleh kesimpulan bahwa *atom bukanlah merupakan bola pejal karena ternyata hampir keseluruhan partikel alfa itu diteruskan*. Jika lempeng emas tersebut dianggap sebagai satu lapisan atom-atom emas, di dalam atom emas, terdapat partikel yang sangat kecil yang bermuatan positif.

Berdasarkan fakta-fakta yang telah ditemukan dari percobaan tersebut, Rutherford telah mengusulkan model atom yang disebut model atom Rutherford yang menyatakan bahwa atom itu terdiri atas inti atom yang sangatlah kecil dan memiliki muatan positif dengan dikelilingi elektron yang bermuatan negatif. Rutherford kemudian menduga bahwa yang ada di dalam inti atom itu adalah partikel netral yang bertugas mengikat partikel-partikel positif agar tidak terjadi aksi saling tolak-menolak antarpartikel. Model atom Rutherford dapat digambarkan seperti berikut.

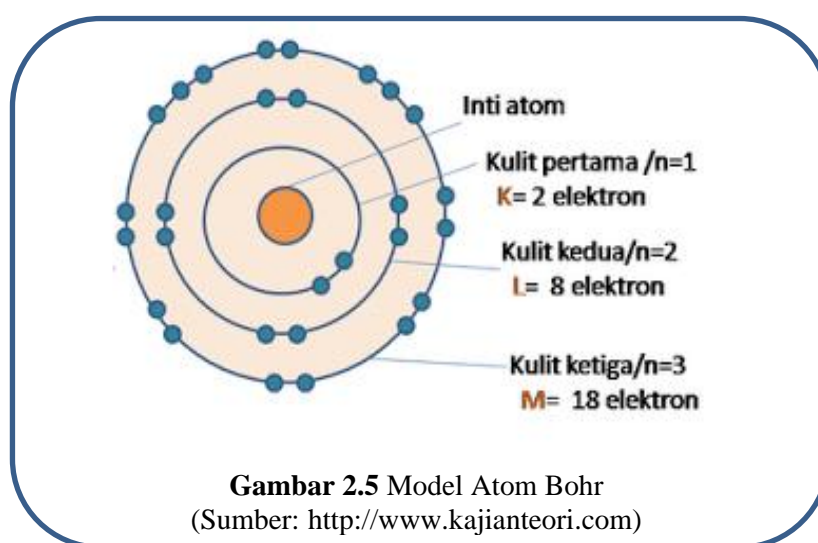


Tahukah Anda apa kelemahan teori atom Rutherford ini? Ya, model ini tidak mampu menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke dalam inti atom tersebut.

#### 4. Teori Atom Bohr

Pada tahun 1913, seorang pakar fisika Denmark, Neils Bohr, telah memperbaiki kegagalan atom Rutherford melalui percobaan spektrum atom hidrogen. Percobaan ini berhasil memberikan suatu gambaran kondisi elektron dalam menempati daerah yang ada di sekitar inti atom. Pada penjelasan Bohr mengenai atom hidrogen telah melibatkan gabungan antara teori kuantum Plank dan teori klasik dari Rutherford yang telah diungkapkan dengan menggunakan empat postulat.

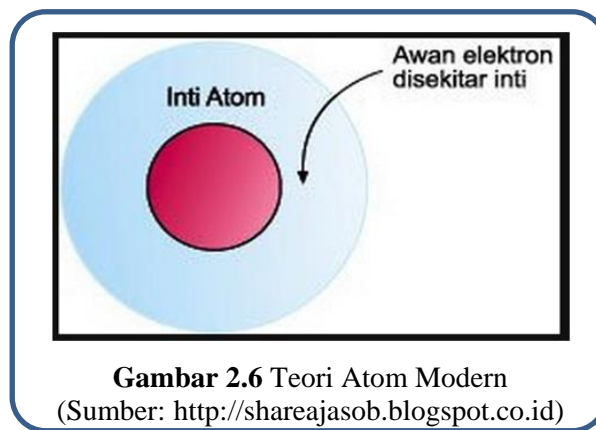
- Hanya terdapat seperangkat orbit tertentu yang dapat diperbolehkan bagi satu elektron berada dalam atom hidrogen. Orbit ini disebut sebagai kondisi gerak stasioner atau menetap elektron dan merupakan suatu lintasan yang melingkar ada di sekeliling inti.
- Selama elektron itu berada di dalam lintasan stasioner, energi elektron tetap sehingga tak ada energi yang ada dalam bentuk radiasi yang akan dipancarkan maupun diserap.
- Elektron hanya bisa berpindah dari satu lintasan mengarah ke lintasan stasioner yang lainnya. Pada peralihan tersebut, sejumlah energi tentunya akan terlibat, adapun besar energinya itu sesuai dengan persamaan planck,  $\Delta E = h\nu$ .
- Pada lintasan stasioner yang diperbolehkan mempunyai besaran dengan adanya sifat-sifat tertentu, terutama untuk sifat yang disebut sebagai momentum sudut. Adapun besarnya momentum sudut merupakan sebuah kelipatan pada  $h/2\pi$  atau  $nh/2\pi$ , dimana  $n$  adalah suatu bilangan bulat dan  $h$  merupakan tetapan Planck.



Menurut model atom Bohr, terdapat beberapa elektron yang mengelilingi inti yang ada pada lintasan-lintasan tertentu yang dikenal sebagai tingkat energi atau kulit elektron. Tingkat energi yang paling rendah ialah kulit elektron yang berada paling dalam, di mana makin keluar, akan makin besar nomor kulitnya dan akan makin tinggi tingkat energi yang dibutuhkan. Kelemahan teori atom Bohr yaitu tidak dapat menjelaskan adanya spektrum warna atom dengan banyak elektron.

## 5. Teori Atom Modern

Teori atom modern lebih dikenal dengan model atom mekanika kuantum. Model atom mekanika kuantum telah dikembangkan oleh ilmuwan yang bernama Erwin Schrodinger pada tahun 1926. Walaupun sebelumnya, ahli yang berasal dari Jerman, yaitu Werner Heisenberg, telah mengembangkan teori mekanika kuantum yang telah dikenal sebagai prinsip ketidakpastian, yakni *tidak mungkin dapat ditentukan seperti apa kedudukan dan momentum suatu benda dengan secara saksama pada waktu yang bersamaan, yang dapat ditentukan ialah kebolehjadian dalam menemukan elektron pada jarak yang tertentu dari inti atom*. Model atom ini menggunakan orbital lintasan elektron yang disebut sebagai model atom mekanika kuantum atau model atom modern yang masih berlaku hingga saat ini.

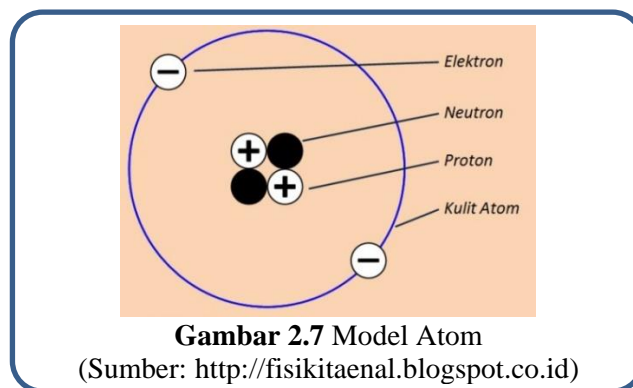


**Gambar 2.6** Teori Atom Modern  
(Sumber: <http://shareajasob.blogspot.co.id>)

Awan elektron yang ada di sekitar inti menunjukkan tempat kebolehjadian pada elektron. Orbital tersebut akan menggambarkan tingkat energi elektron. Orbital-orbital dengan memiliki tingkat energi yang hampir sama akan mulai membentuk sub kulit. Terdapat beberapa subkulit yang bergabung dalam membentuk kulit. Dengan demikian, kulit tersebut terdiri dari beberapa subkulit dan pada subkulit tersebut terdiri atas beberapa orbital. Meskipun pada posisi kulitnya itu sama, posisi orbitalnya itu belum tentu sama. Ukuran dan bentuk orbital ini bergantung pada harga ketiga bilangan kuantumnya.

## B. Struktur dan Perkembangan Model Atom

Beberapa ahli membuat suatu model atom untuk menjelaskan bagaimana keadaan suatu atom yang sebenarnya berdasarkan fenomena yang ditimbulkannya. Model atom dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2.7** Model Atom  
(Sumber: <http://fisikitaenal.blogspot.co.id>)

Penyelidikan tentang atom dimulai dengan ditemukannya sifat listrik dari suatu materi. Bila sisir plastik digosokkan pada rambut yang tidak berminyak, maka sisir plastik tersebut akan dapat menarik potongan-potongan kecil kertas. Peristiwa itu menunjukkan bahwa sisir mempunyai sifat listrik. Bila ditinjau lebih jauh, karena sisir merupakan materi maka sisir juga tersusun oleh atom-atom. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa atom mempunyai sifat listrik. Gejala kelistrikan atom makin menarik para ahli fisika sehingga pada perkembangan selanjutnya ditemukan bahwa atom tersusun dari partikel-partikel penyusun atom (partikel subatom) yang terdiri dari *elektron*, *proton*, dan *neutron* seperti terlihat pada Gambar 2.7.



## 1. Elektron

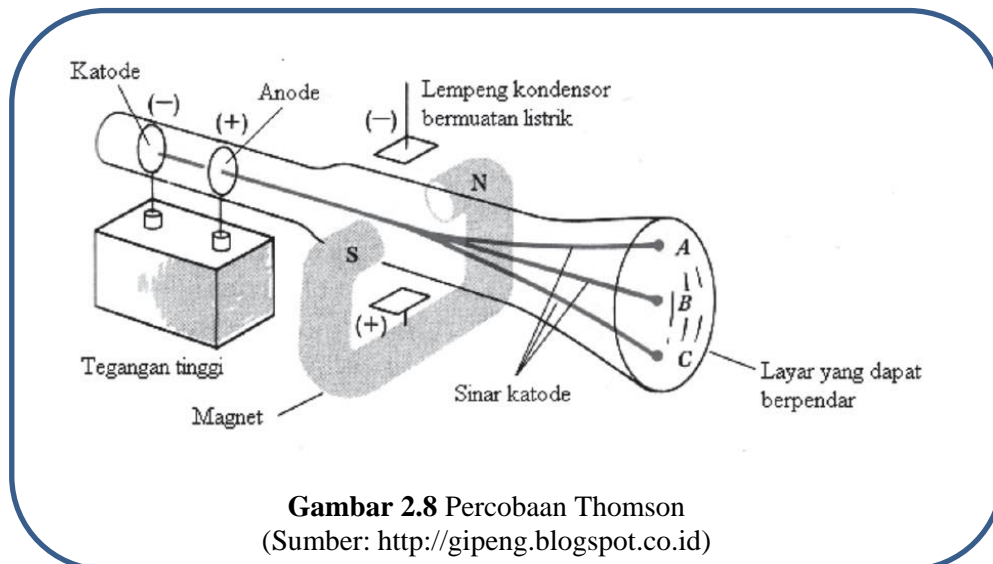
Bermula dengan ditemukannya tabung sinar katode oleh Karl Ferdinand Braun, yang terbuat dari tabung hampa dari kaca yang dialiri arus listrik searah dari kutub positif yang disebut anode dan dari kutub negatif yang disebut katode. Bila tabung tersebut dialiri arus listrik yang cukup kuat, akan terjadi aliran radiasi yang tidak tampak dari kutub negatif menuju kutub positif. Inilah yang disebut dengan sinar katode. Sifat-sifat sinar katode dapat diketahui setelah penyempurnaan tabung sinar katode yang dilakukan oleh Sir William Crookes. Sifat-sifat sinar katode tersebut adalah sebagai berikut:

1. merambat menurut garis lurus
2. dapat memendarkan seng sulfida dan barium platinasianida
3. terdiri dari partikel bermuatan negatif ( elektron )
4. dapat menimbulkan kalor pada benda-benda yang ditumbuknya
5. menghitamkan plat film
6. dapat menyimpang dalam medan magnet dan medan listrik
7. dapat menghasilkan sinar x ketika menumbuk zat

Setelah William Crookes menemukan tabung katode yang lebih baik pada tahun 1879, penelitian tentang sinar katode dilanjutkan oleh Joseph John Thomson. Penelitian tersebut mendapati bahwa sinar katode sebenarnya adalah materi yang ukurannya sangat kecil karena dapat memutar baling-baling yang dipasang di antara anode dan katode. Dari penelitiannya tersebut, J.J. Thomson dapat menentukan muatan elektron, yaitu sebesar  $1,76 \times 10^8 \text{ C/g}$ . Penyelidikan lebih lanjut mengenai elektron ini dilakukan oleh Robert A. Millikan antara tahun 1908–1917 yang dikenal dengan percobaan tetes minyak Millikan. Dari percobaan tersebut, Millikan berhasil menemukan muatan setiap tetes minyak, dimana muatan-muatan tersebut merupakan kelipatan dari bilangan yang sangat kecil, yaitu  $1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Berdasarkan percobaan Millikan, disimpulkan bahwa muatan 1 elektron adalah  $1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Dari harga muatan tersebut dapat dihitung massa satu elektron :

$$\begin{aligned} \text{Massa satu elektron} &= \frac{\text{muatan}}{\text{muatan/gram}} \\ &= \frac{1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}}{1,76 \times 10^8 \text{ C/g}} \\ &= 9,10 \times 10^{-28} \text{ g} \end{aligned}$$

Dari hasil percobaan tersebut J.J Thomson berkesimpulan bahwa sinar katode merupakan partikel penyusun atom (partikel sub-atom ) yang bermuatan negatif ( $-1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) dan mempunyai massa  $9,10 \times 10^{-28}$  gram, dan selanjutnya oleh Stoney diusulkan nama *elektron*. Dari penemuan tersebut dapat disimpulkan bahwa elektron adalah partikel subatom yang bermuatan negatif dan umumnya ditulis sebagai e<sup>-</sup>.



**Gambar 2.8** Percobaan Thomson  
(Sumber: <http://gipeng.blogspot.co.id>)

## 2. Inti Atom dan Proton

Pusat dari atom disebut inti atom atau nukleus. Inti atom terdiri dari proton dan neutron. Banyaknya proton dalam inti atom disebut nomor atom yang menentukan elemen dari suatu atom. Penemuan elektron oleh Thomson menyebabkan para ahli semakin yakin bahwa atom tersusun oleh partikel-partikel sub-atom yang lebih kecil ukurannya. Pada tahun 1886, Eugene Goldstein memodifikasi tabung sinar katode dengan melubangi lempeng katodenya. Dari percobaan tersebut, ditemukan sinar yang arahnya berlawanan dengan sinar katode. Sinar tersebut menembus lubang katode yang telah dibuat, dan disebut *sinar kanal* (karena menembus lubang kanal pada katode). Pada tahun 1898, Wilhelm Wien menunjukkan bahwa sinar kanal merupakan partikel yang bermuatan positif dan selanjutnya disebut dengan *proton*. Sifat proton tergantung pada gas yang diisikan pada tabung katode. Dari penelitiannya terhadap atom hidrogen, dapat ditentukan bahwa massa proton adalah 1.837 kali massa elektron.

Penemuan proton ini menimbulkan banyak pertanyaan. Bagaimanakah kedudukan masing-masing partikel tersebut di dalam atom. Untuk mengetahui kedudukan partikel-partikel tersebut, Ernest Rutherford bersama asistennya, Hans Geiger dan Ernest Marsden melakukan percobaan hamburan sinar alfa terhadap lempeng tipis emas. Pada percobaan sinar alfa Rutherford, sinar alfa yang bermuatan positif terpental jauh ketika menuju ke pusat atom. Sedangkan pada daerah lain, jalur partikel alfa hampir tidak berubah. Kesimpulannya ada partikel besar bermuatan positif di tengah-tengah atom.

Dengan penelitian yang lebih lanjut, model atom Rutherford pun disempurnakan. Inti atom diketahui dengan pasti susunannya. Ada muatan positif yang dinamakan proton, dan juga partikel bermuatan netral yang dinamakan neutron. Sedangkan ide tentang elektron tidak berubah, elektron tetap digambarkan mengelilingi inti atom menurut orbit.

## 3. Neutron

Neutron atau netron adalah partikel subatomik yang tidak bermuatan (netral) dan memiliki massa  $940 \text{ MeV}/c^2$  ( $1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , sedikit lebih berat dari proton. Inti atom dari kebanyakan atom (semua

kecuali isotop hidrogen yang paling umum, yang terdiri dari sebuah proton) terdiri dari proton dan neutron.

Di luar inti atom, neutron tidak stabil dan memiliki waktu paruh sekitar 15 menit ( $881.5 \pm 1.5$  detik). Metode peluruhan yang sama (peluruhan beta) terjadi di beberapa inti atom. Partikel-partikel dalam inti atom biasanya adalah neutron dan proton. Perbedaan utama dari neutron dengan partikel subatomik lainnya adalah mereka tidak bermuatan. Sifat neutron ini membuat penemuannya lebih terbelakang dan membuatnya sulit diamati secara langsung.

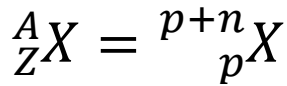
Penelitian yang dilakukan Rutherford selain sukses mendapatkan beberapa hasil yang memuaskan juga mendapatkan kegagalan yaitu massa inti atom unsur selalu lebih besar daripada massa proton di dalam inti atom. Rutherford menduga bahwa terdapat partikel lain di dalam inti atom yang tidak bermuatan karena atom bermuatan positif. Adanya partikel lain di dalam inti atom yang tidak bermuatan dibuktikan oleh James Chadwick pada tahun 1932. Chadwick melakukan penelitian dengan menembak logam berilium menggunakan sinar alfa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suatu partikel yang tak bermuatan dilepaskan ketika logam berilium ditembak dengan sinar alfa dan partikel ini disebut sebagai neutron.

### C. Tanda Atom

Proton merupakan partikel khas suatu atom. Artinya, tiap atom akan mempunyai jumlah proton yang berbeda dengan atom lain. Hal ini didukung dengan fakta percobaan yang dilakukan oleh Henry Moseley. Pada saat itu, sinar X sudah banyak dimanfaatkan untuk *rontgen* dan umumnya dibuat dengan cara membombardir logam dengan menggunakan elektron. Dari pengamatan Moseley, ternyata sinar X yang dihasilkan mempunyai frekuensi yang dipengaruhi oleh jumlah proton logam yang ditembak. Berdasarkan inilah kemudian disimpulkan bahwa jumlah proton merupakan sifat khas dari suatu atom.

Bila atom-atom diurutkan berdasarkan jumlah protonnya, atom hidrogen akan mempunyai nomor satu karena mempunyai sebuah proton, helium nomor dua karena mempunyai dua proton, dan seterusnya. Selanjutnya, jumlah proton yang terdapat dalam inti atom disebut nomor atom ( $Z$ ). Nomor atom suatu unsur adalah khas, artinya nomor tersebut hanya dimiliki oleh atom bersangkutan. Sebagai contoh, jika nomor atomnya 6 berarti atom tersebut mempunyai jumlah proton 6, dan satu-satunya atom yang mempunyai jumlah proton 6 hanya atom karbon. Sebaliknya, apabila disebut unsur karbon, atomnya mempunyai proton sebanyak 6 karena tidak ada atom lain selain karbon yang mempunyai jumlah proton 6.

Massa atom merupakan massa dari seluruh partikel penyusun atom. Karena sangat kecil, massa elektron dapat diabaikan sehingga massa atom dianggap merupakan jumlah massa proton dan neutron saja. Jumlah proton dan neutron selanjutnya disebut nomor massa ( $A$ ) dari suatu atom. Kecuali hidrogen, semua atom mempunyai neutron sehingga secara umum:

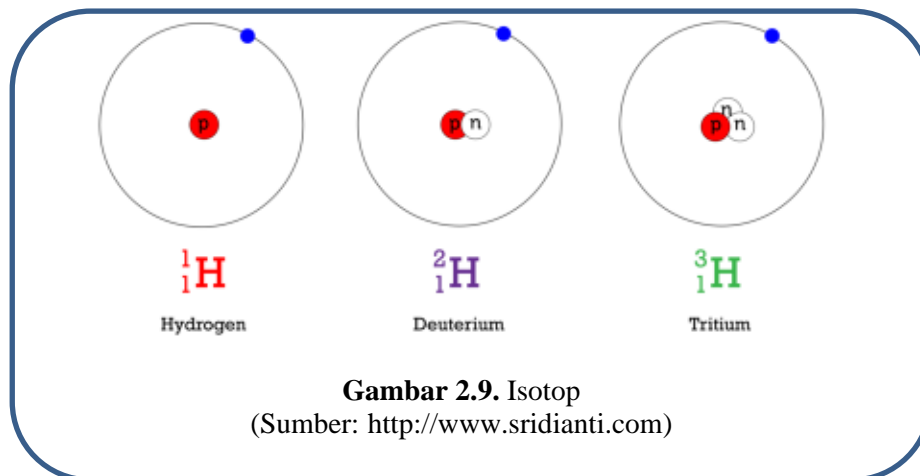
**Keterangan:**

X = lambang unsur

A = nomor massa

Z = nomor atom

Atom-atom suatu unsur dapat mempunyai nomor massa yang berbeda karena jumlah neutron dalam atom tersebut berbeda. Sebagai contoh, hidrogen mempunyai tiga jenis atom, yaitu atom hidrogen yang hanya mempunyai sebuah proton di dalam inti tanpa ada neutronnya, atom hidrogen yang mempunyai sebuah neutron, dan atom hidrogen dengan dua buah neutron sehingga atom hidrogen ada yang mempunyai nomor massa 1 satuan massa atom (sma), 2 sma, dan 3 sma. Atom-atom dari unsur yang sama tetapi mempunyai nomor massa yang berbeda disebut isotop.

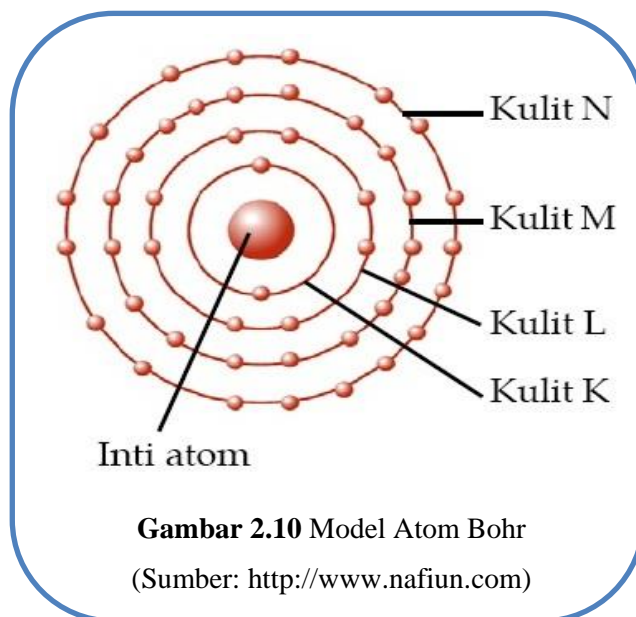


Untuk membedakan isotop yang satu dan isotop lainnya, digunakan tanda atom lengkap yang menunjukkan jumlah proton dan neutron atau nomor atom dan nomor massa. Atom-atom unsur yang berbeda dapat dipastikan mempunyai jumlah proton yang berbeda tetapi dapat mempunyai nomor massa yang sama. Peristiwa ini disebut isobar. Atom yang mempunyai jumlah proton yang berbeda tetapi jumlah neutronnya sama disebut isotop.

**D. Model Atom Niels Bohr dan Konfigurasi Elektron**

Adanya kelemahan teori atom Rutherford mendorong para ilmuwan untuk mencari jawabannya. Percobaan-percobaan selanjutnya mengenai model atom bertujuan untuk menjawab kelemahan teori atom sebelumnya, dan sekaligus untuk mengetahui bagaimana partikel-partikel penyusun atom itu tersusun di dalam suatu atom. Secara umum, atom tersusun atas inti atom yang berisi proton dan neutron, sedangkan elektron berada di luar inti atom pada jarak yang relatif jauh dari inti.

Model atom Bohr merupakan model atom yang diajukan oleh ilmuwan Niels Bohr pada tahun 1913. Niels Bohr mengajukan teorinya mengenai atom berdasarkan analisis spektrum atom. Berikut model atom yang diajukan oleh Niels Bohr :



Dalam atom terdapat lintasan-lintasan tertentu yang disebut kulit atom, yaitu tempat bagi elektron-elektron untuk mengorbit inti tanpa disertai pemancaran atau penyerapan energi. Menurut Niels Bohr, kulit atom adalah orbit berbentuk lingkaran dengan jari-jari tertentu. Tiap kulit dinyatakan dengan lambang K, L, M, N, dan seterusnya. Masing-masing lintasan ditandai dengan satu bilangan kuantum utama ( $n$ ) yang dimulai dari 1,2,3,4, dan seterusnya.

Dengan kata lain:

Lintasan pertama  $\Rightarrow$  kulit K  $\Rightarrow$   $n = 1$

Lintasan kedua  $\Rightarrow$  kulit L  $\Rightarrow$   $n = 2$

Lintasan ketiga  $\Rightarrow$  kulit M  $\Rightarrow$   $n = 3$  , dan seterusnya.

Elektron hanya berada pada lintasan-lintasan yang diperbolehkan sesuai dengan tingkat energinya masing-masing. Pada keadaan (tingkat dasar), elektron menempati lintasan dengan tingkat energi terendah. Elektron tidak boleh berada di antara dua lintasan. Elektron dapat berpindah dari satu kulit ke kulit lain dengan disertai pelepasan atau penyerapan energi. Pelepasan energi terjadi ketika elektron berpindah dari satu kulit ke kulit yang lebih dalam misal dari L ke K. Sebaliknya, penyerapan energi akan terjadi ketika elektron berpindah dari satu kulit ke kulit yang lebih luar misalnya dari K ke L.

Konfigurasi elektron merupakan susunan elektron dalam atom berdasarkan tingkat energi atau kulit. Secara umum konfigurasi elektron dapat ditentukan dengan dua model yaitu model atom Niels Bohr dan model atom mekanika kuantum.

Pada model atom Niels Bohr, semakin besar nomor kulit akan semakin besar pula ruang cakupannya untuk menampung elektron. Dengan kata lain, jumlah elektron yang dapat berada di kulit L akan lebih

besar daripada di kulit K. Jumlah maksimum elektron yang dapat ditampung oleh masing-masing kulit mengikuti persamaan berikut: Jumlah elektron maksimum =  $2 n^2$  elektron

Berdasarkan ketentuan itu, maka :

Kulit K  $\rightarrow n = 1 \rightarrow$  maksimum = 2 elektron

Kulit L  $\rightarrow n = 2 \rightarrow$  maksimum = 8 elektron

Kulit M  $\rightarrow n = 3 \rightarrow$  maksimum = 18 elektron

Kulit N  $\rightarrow n = 4 \rightarrow$  maksimum = 32 elektron

Untuk unsur-unsur yang berada pada golongan utama, berikut beberapa tips menuliskan konfigurasi elektron :

1. Mulai dari lintasan yang paling dekat dengan inti yaitu kulit K.
2. Kulit paling luar hanya boleh ditempati maksimal 8 elektron.
3. Isi penuh sebanyak mungkin kulit berdasarkan daya tampungnya dan hitung elektron yang tersisa.
4. Jika sisa elektron kurang dari 32, maka kulit berikutnya diisi dengan 18 elektron.
5. Jika sisa elektron kurang dari 18, maka kulit berikutnya diisi dengan 8 elektron.
6. Jika sisa elektron kurang dari 8, maka elektron tersebut ditempatkan pada kulit berikutnya dan merupakan kulit terluar.

*Contoh :*

Unsur-unsur golongan IA

$zX$  : K L M N O P Q

${}_1H$  : 1

${}_3Li$  : 2 1

${}_{11}Na$  : 2 8 1 1

${}_9K$  : 2 8 8 1

${}_{37}Rb$  : 2 8 18 8 1

${}_{55}Cs$  : 2 8 18 18 8 1

${}_{87}Fr$  : 2 8 18 32 18 8 1

Unsur-unsur golongan IIA

$zX$  : K L M N O P Q

${}_4Be$  : 2 2

${}_{12}Mg$  : 2 8 2

${}_{20}Ca$  : 2 8 8 2

${}_{38}Sr$  : 2 8 18 8 2

${}_{56}Ba$  : 2 8 18 18 8 2

${}_{88}Ra$  : 2 8 18 32 18 8 2

Unsur-unsur golongan IIIA

$zX$  : K L M N O P

${}_5B$  : 2 3

${}_{13}Al$  : 2 8 3

${}_{31}Ga$  : 2 8 18 3

${}_{49}In$  : 2 8 18 18 3

${}_{81}Ti$  : 2 8 18 32 18 3

### Unsur-unsur golongan IVA

zX	:	K	L	M	N	O	P
${}^6\text{C}$	:	2	4				
${}^{14}\text{Si}$	:	2	8	4			
${}^{32}\text{Ge}$	:	2	8	18	4		
${}^{50}\text{Sn}$	:	2	8	18	18	4	
${}^{82}\text{Pb}$	:	2	8	18	32	18	4

### Unsur-unsur golongan VA

zX	:	K	L	M	N	O	P
${}^7\text{N}$	:	2	5				
${}^{15}\text{P}$	:	2	8	5			
${}^{33}\text{As}$	:	2	8	18	5		
${}^{51}\text{Sb}$	:	2	8	18	18	5	
${}^{83}\text{Bi}$	:	2	8	18	32	18	5

### Unsur-unsur golongan VIA

zX	:	K	L	M	N	O	P
${}^8\text{O}$	:	2	6				
${}^{16}\text{S}$	:	2	8	6			
${}^{34}\text{Se}$	:	2	8	18	6		
${}^{52}\text{Te}$	:	2	8	18	18	6	
${}^{84}\text{Po}$	:	2	8	18	32	18	6

### Unsur-unsur golongan VIIA

zX	:	K	L	M	N	O	P
${}^9\text{F}$	:	2	7				
${}^{17}\text{Cl}$	:	2	8	7			
${}^{35}\text{Br}$	:	2	8	18	7		
${}^{53}\text{I}$	:	2	8	18	18	7	
${}^{85}\text{At}$	:	2	8	18	32	18	7

### Unsur-unsur golongan VIIIA

zX	:	K	L	M	N	O	P
${}^2\text{He}$	:	2					
${}^{10}\text{Ne}$	:	2	8				
${}^{18}\text{Ar}$	:	2	8	8			
${}^{36}\text{Kr}$	:	2	8	18	8		
${}^{54}\text{Xe}$	:	2	8	18	18	8	
${}^{86}\text{Rn}$	:	2	8	18	32	18	8

## E. Teori Atom Mekanika Kuantum

### 1. Mekanika Kuantum

Teori Atom Mekanika Kuantum didasarkan pada dualisme sifat elektron yaitu sebagai gelombang dan sebagai partikel. Menurut de Broglie, cahaya dapat berperilaku sebagai materi dan berperilaku sebagai gelombang (dikenal dengan istilah dualisme gelombang partikel). Menurut Heisenberg, tidak mungkin menentukan kecepatan dan posisi elektron secara bersamaan, tetapi yang dapat ditentukan



hanyalah kebolehjadian menemukan elektron pada jarak tertentu dari inti. Erwin Schrodinger mengajukan teori yang disebut teori atom mekanika kuantum ”*Kedudukan elektron dalam atom tidak dapat ditentukan dengan pasti yang dapat ditentukan adalah kemungkinan menemukna elektron sebagai fungsi jarak dari inti atom*”.

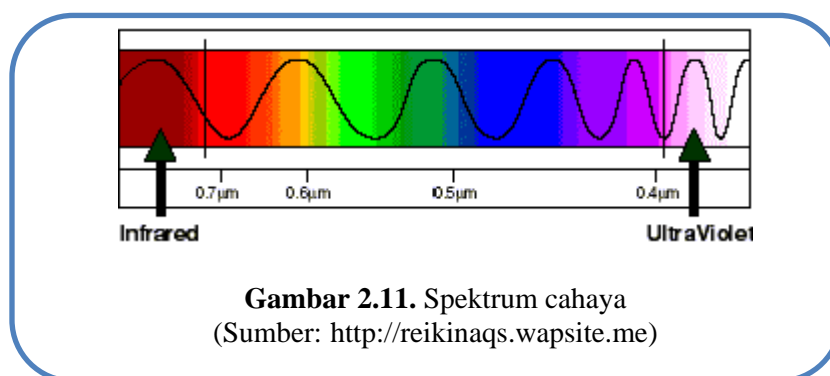
Daerah dengan kemungkinan terbesar ditemukan elektron disebut orbital. Orbital digambarkan berupa awan, yang tebal tipisnya menyatakan besar kecilnya kemungkinan ditemukan elektron di daerah tersebut. Kemudian Werner Heisenberg mengemukakan bahwa metode eksperimen yang digunakan untuk menemukan posisi atau momentum suatu partikel seperti elektron dapat menyebabkan perubahan, baik pada posisi, momentum atau keduanya. Teori Schrodinger dan prinsip ketidakpastian Heisenberg melahirkan model atom mekanika kuantum sebagai berikut :

1. Posisi elektron dalam atom tidak dapat ditentukan dengan pasti.
2. Atom mempunyai kulit elektron.
3. Setiap kulit elektron memiliki subkulit elektron.
4. Setiap subkulit elektron memiliki sub-sub kulit elektron.

## 2. Radiasi Elektromagnetik

Semua jenis radiasi elektromagnetik bergerak melalui ruang hampa dengan kecepatan cahaya, yaitu sebesar  $3,00 \times 10^8$  m/s atau 300.000 kilometer tiap detik. Kecepatannya dapat berubah bila melalui medium tertentu seperti udara, air, atau zat padat. Gelombang yang berkaitan dengan radiasi elektromagnetik, seperti sinar matahari, sinar-X, gelombang radio, dan lainnya disebut dengan gelombang elektromagnetik.

Gelombang radio merupakan gelombang elektromagnetik dengan ukuran panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang besar, dan dapat dipancarkan dari antena radio. Sementara itu, gelombang yang lebih pendek misalnya gelombang cahaya dapat dipancarkan dari atom atau molekul, sedangkan gelombang yang sangat pendek atau mempunyai frekuensi sangat tinggi seperti sinar gamma berasal dari zat radioaktif (nuklir).



**Gambar 2.11.** Spektrum cahaya  
(Sumber: <http://reikinaqs.wapsite.me>)

Apabila unsur dipanaskan maka akan membara dan selanjutnya akan memancarkan cahaya dengan warna tertentu. Uap natrium dan uap raksa (merkuri) bila dipanaskan akan menghasilkan warna

kuning dan dimanfaatkan untuk lampu penerangan jalan yang berwarna kuning (lampu merkuri). Percobaan yang dilakukan dengan cara membakar kristal garam korida dari unsur alkali (LiCl, KCl), alkali tanah (CaCl<sub>2</sub>), dan kristal garam yang lain menunjukkan bahwa setiap unsur akan memancarkan cahaya dengan warna tertentu. Hal itu berarti setiap unsur hanya akan menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu. Hal ini berbeda dengan cahaya yang dihasilkan oleh sinar untuk menghasilkan spektrum yang lengkap. Spektrum lengkap yang dihasilkan oleh cahaya matahari dikenal sebagai spektrum kontinu. Sementara itu, spektrum yang dihasilkan oleh unsur hanya mengandung beberapa garis warna yang terpisah satu sama lain, sehingga dikenal sebagai spektrum garis.

Spektrum warna pada pemanasan unsur-unsur tersebut terjadi karena atom-atomnya dapat memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik berupa cahaya. Besarnya energi yang dipancarkan dari radiasi tersebut tergantung dari panjang gelombangnya. Menurut Max Planck, terdapat hubungan antara panjang gelombang dengan energi dari suatu gelombang elektromagnetik, tetapi penjelasannya tidak berdasarkan teori fisika klasik.

Menurut teori fisika klasik, atom-atom dalam zat padat dapat menyerap atau memancarkan energi berapapun besarnya. Akan tetapi menurut Planck, atom-atom dalam suatu zat hanya dapat menyerap atau memancarkan energi pada paket-paket gelombang tertentu yang disebut “kuantum”. Oleh karena itu, teori dari Max Planck ini disebut dengan teori mekanika kuantum. Besarnya energi kuantum ini oleh Planck dinyatakan sebagai :

$$E = hf \quad (2.1)$$

dengan  $E$  adalah energi dan  $h$  adalah tetapan Planck yang besarnya  $6,63 \times 10^{-34}$  J s. Menurut Planck, energi yang dipancarkan oleh suatu atom merupakan kelipatan dari  $hf$ , misalnya  $hf$ ,  $2 hf$ ,  $3 hf$ , dan seterusnya tetapi tidak bisa  $\frac{1}{2} hf$ ,  $\frac{3}{7} hf$ , dan angka pecahan lainnya.

Teori atom dari Niels Bohr sementara dapat digunakan untuk menjelaskan terjadinya spektrum pada atom hidrogen. Menurut Niels Bohr, terjadinya garis warna (spektrum) pada atom hidrogen tersebut karena eksitasi atau perpindahan elektron dari kulit dalam (energi rendah) ke kulit yang lebih luar (energi tinggi), karena adanya penyerapan energi oleh elektron pada saat atom dipanaskan. Elektron yang tereksitasi ini tidak stabil dan segera kembali ke kulit sebelumnya (kondisi energi sebelumnya) sambil memancarkan energi tertentu yang tampak sebagai garis-garis warna. Besarnya energi yang dipancarkan dalam bentuk garis-garis warna tersebut ternyata merupakan selisih energi dari tingkat elektron lintasa semula dengan lintasan yang baru. Selisih energi tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$E_n = -R_H \left( \frac{1}{n^2} \right) \quad (2.2)$$

dengan  $R_H$  merupakan tetapan Rydberg dengan nilai  $2,18 \times 10^{-18}$  J, dan  $n = 1, 2, 3 \dots$

Jika selisih energi tersebut adalah  $\Delta E = E_2 - E_1$ , maka :

$$\Delta E = \left( \frac{-R_H}{n_2^2} \right) - \left( \frac{-R_H}{n_1^2} \right) \text{ atau } \Delta E = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (2.3)$$

Teori atom Bohr telah berhasil menjelaskan terjadinya spektrum atom hidrogen dan atom-atom yang mempunyai elektron tunggal, tetapi gagal menjelaskan terjadinya spektrum dari atom yang berelektron banyak.

### 3. Model Atom Mekanika Gelombang

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

Schrodinger sependapat dengan Heisenberg bahwa kedudukan elektron dalam atom tidak dapat ditentukan secara pasti, namun yang dapat ditentukan adalah kebolehjadian menemukan elektron pada suatu titik pada jarak tertentu dari intinya. Ruang yang memiliki kebolehjadian terbesar ditemukannya elektron disebut Orbital. Dalam mekanika kuantum, model orbital atom digambarkan menyerupai “awan”. Beberapa orbital bergabung membentuk kelompok yang disebut Subkulit.

Persamaan gelombang ( $\Psi = \text{psi}$ ) dari Erwin Schrodinger menghasilkan tiga bilangan gelombang (bilangan kuantum) untuk menyatakan kedudukan (tingkat energi, bentuk, serta orientasi) suatu orbital, yaitu: bilangan kuantum utama ( $n$ ), bilangan kuantum azimut ( $l$ ) dan bilangan kuantum magnetik ( $m$ ), dan bilangan kuantum spin ( $s$ ).

Bilangan kuantum adalah bilangan yang menyatakan kedudukan atau posisi elektron dalam atom yang diwakili oleh suatu nilai yang menjelaskan kuantitas kekal dalam sistem dinamis. Bilangan kuantum menggambarkan sifat elektron dalam orbital. Bilangan kuantum menentukan tingkat energi utama atau jarak dari inti, bentuk orbital, orientasi orbital, dan spin elektron. Setiap sistem kuantum dapat memiliki satu atau lebih bilangan kuantum. Bilangan kuantum merupakan salah satu ciri khas dari model atom mekanika kuantum atau model atom modern yang dicetuskan oleh Ernest Schrodinger. Dalam mekanika kuantum, bilangan kuantum diperlukan untuk menggambarkan distribusi elektron dalam atom hidrogen dan atom-atom lain. Bilangan-bilangan ini diturunkan dari solusi matematis persamaan Schrodinger untuk atom hidrogen.

Jenis bilangan kuantum adalah :

- a. Bilangan kuantum utama ( $n$ ) yang menyatakan tingkat energi.
- b. Bilangan kuantum azimut/momentum sudut ( $l$ ) yang menyatakan bentuk orbital.
- c. Bilangan kuantum magnetik ( $m$ ) yang menyatakan orientasi orbital dalam ruang tiga dimensi.
- d. Bilangan kuantum spin ( $s$ ) yang menyatakan spin elektron pada sebuah atom.

Kulit	K	L	M	N
Nilai n	1	2	3	4

*Bilangan kuantum utama (primer)* digunakan untuk menyatakan tingkat energi utama yang dimiliki oleh elektron dalam sebuah atom. Bilangan kuantum utama tidak pernah bernilai nol. Bilangan kuantum utama dapat mempunyai nilai semua bilangan positif, yaitu 1,2,3,4 dan seterusnya. Sedangkan kulit atom dinyatakan dengan huruf K,L,M,N dan seterusnya.

contoh:

n=1 elektron berada pada kulit K

n=2 elektron berada pada kulit L

n=3 elektron berada pada kulit M

n=4 elektron berada pada kulit N, dan seterusnya

*Bilangan kuantum utama* juga berhubungan dengan jarak rata-rata elektron dari inti dalam orbital tertentu. Semakin besar n, semakin besar jarak rata-rata elektron dalam orbital tersebut dari inti dan oleh karena itu semakin besar orbitalnya.

*Bilangan kuantum azimut* sering disebut bilangan kuantum anguler (sudut). Energi sebuah elektron berhubungan dengan gerakan orbital yang digambarkan dengan momentum sudut. Momentum sudut tersebut dikarakterisasi menggunakan bilangan kuantum azimut. Bilangan azimut menyatakan bentuk suatu orbital dengan simbol (l) "huruf L kecil". Bilangan kuantum azimut juga berhubungan dengan jumlah subkulit. Nilai ini menggambarkan subkulit yang dimana elektron berbeda. Untuk subkulit s,p,d,f bilangan kuantum azimut berturut-turut adalah 0,1,2,3. Nilai bilangan kuantum azimut atau "l" ini bergantung pada nilai bilangan kuantum utama atau "n" . Untuk nilai n tertentu, l mempunyai nilai bilangan bulat yang mungkin dari 0 sampai (n-1). Bila n=1, hanya ada satu nilai l yakni  $l = n - 1 = 1 - 1 = 0$ . Bila n=2, ada dua nilai l, yakni 0 dan 1. Bila n=3, ada tiga nilai l, yakni 0,1, dan 2. Nilai-nilai l biasanya ditandai dengan huruf s,p,d,f... sebagai berikut :

L	0	1	2	3
Nama orbital	S	P	D	F

Jadi, bila  $l = 0$ , kita mempunyai sebuah orbital s; bila  $l = 1$ , kita mempunyai orbital p dan seterusnya. Sekumpulan orbital-orbital dengan nilai n yang sama seringkali disebut kulit. Satu atau lebih orbital dengan nilai n dan l yang sama dirujuk selalu subkulit. Misalnya, kulit dengan  $n = 2$  terdiri atas 2 subkulit,  $l = 0$  dan 1 (nilai-nilai l yang diizinkan untuk  $n = 2$ ). Sub kulit-sub kulit ini disebut sub kulit 2s dan sub kulit 2p dimana 2 melambangkan nilai n, sedangkan s dan p melambangkan nilai l. Tabel 2.1. di

bawah ini menunjukkan keterkaitan jumlah kulit dengan banyaknya sub kulit serta jenis sub kulit dalam suatu atom.

**Tabel 2.1.** Jumlah Elektron pada Subkulit

Jenis subkulit	Jumlah Orbital	Elektron Maksimum
Subkulit s	1 orbital	2 elektron
Subkulit p	3 orbital	6 elektron
Subkulit d	5 orbital	10 elektron
Subkulit f	7 orbital	14 elektron

Bilangan kuantum magnetik menyatakan tingkah laku elektron dalam medan magnet. Tidak adanya medan magnet luar membuat elektron atau orbital mempunyai nilai  $n$  dan  $l$  yang sama tetapi berbeda  $m$ . Namun dengan adanya medan magnet, nilai tersebut sedikit berubah. Hal ini dikarenakan timbulnya interaksi antara medan magnet sendiri dengan medan magnet luar. Bilangan kuantum magnetik ada karena momentum sudut elektron, gerakannya berhubungan aliran arus listrik. Karena interaksi ini, elektron menyesuaikan diri di wilayah tertentu sekitar inti. Daerah khusus ini dikenal sebagai orbital. Orientasi elektron di sekitar inti dapat ditentukan dengan menggunakan bilangan kuantum magnetik ( $m$ ). Di dalam satu subkulit, nilai  $m$  bergantung pada nilai bilangan kuantum azimut/momentum sudut  $l$ . Untuk nilai  $l$  tertentu, ada  $(2l + 1)$  nilai bulat  $m$  sebagai berikut:  $-l, (-l + 1), \dots, 0, \dots, (+l - 1), +l$

Bila  $l = 0$ , maka  $m = 0$ . Bila  $l = 1$ , maka terdapat tiga nilai  $m$  yaitu  $-1, 0, \text{ dan } +1$ . Bila  $l = 2$ , maka terdapat lima nilai  $m$  yaitu  $-2, -1, 0, +1, \text{ dan } +2$ . Jumlah  $m$  menunjukkan jumlah orbital dalam subkulit dengan nilai  $l$  tertentu.

Bilangan kuantum spin menyatakan momentum sudut suatu partikel. Spin mempunyai simbol " $s$ " atau sering ditulis dengan  $m_s$  (bilangan kuantum spin magnetik). Suatu elektron dapat mempunyai bilangan kuantum spin  $s = +1/2$  atau  $-1/2$ . Nilai positif atau negatif dari spin menyatakan spin atau rotasi partikel pada sumbu. Sebagai contoh, untuk nilai  $s = +1/2$  berarti berlawanan arah jarum jam (ke atas), sedangkan  $s = -1/2$  berarti searah jarum jam (ke bawah). Diambil nilai setengah karena hanya ada dua peluang orientasi, yaitu atas dan bawah. Dengan demikian, peluang untuk mengarah ke atas adalah 50% dan peluang untuk ke bawah adalah 50%.

#### 4. Orbital

Orbital atom adalah fungsi matematika yang menggambarkan perilaku seperti gelombang dari sebuah elektron dalam atom. Wilayah di mana elektron dapat ditemukan di sekitar atom tunggal dalam keadaan energi tertentu dapat dihitung dari fungsi ini. Sebuah orbital sering digambarkan sebagai daerah tiga dimensi di mana ada kemungkinan 95 persen untuk menemukan elektron (lihat gambar).

Kita dapat menerapkan pengetahuan kita tentang bilangan kuantum untuk menggambarkan susunan elektron untuk atom tertentu. Kita melakukan hal ini dengan sesuatu yang disebut konfigurasi elektron. Mereka secara efektif memberi gambaran elektron untuk atom tertentu. Kita melihat empat bilangan kuantum untuk elektron tertentu dan kemudian menetapkan elektron ke orbital tertentu.

**a. Orbital s**

Bentuk orbital subkulit s seperti bola, di manapun elektron beredar akan mempunyai jarak yang sama terhadap inti

**b. Orbital p**

Rapatan elektron terdistribusi pada bagian yang saling berlawanan dengan inti atom. Inti terletak pada simpul dengan kerapatan elektron adalah nol. Orbital p mempunyai bentuk seperti balon terpilih. Dengan memiliki 3 harga m (-1, 0, +1), maka p mempunyai 3 orbital.

**c. Orbital d**

Subkulit d mempunyai 5 orbital.

**d. Orbital f**

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.

**5. Konfigurasi Elektron**

Konfigurasi elektron menggambarkan distribusi elektron dalam orbital atom. Elektron tersusun dalam atom menurut tiga aturan berikut.

**a. Asas Aufbau**

Mempunyai prinsip bahwa pengisian elektron pada orbital di mulai dari tingkat energi terendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Urutan energi dari tingkat yang terendah ke tingkat yang tertinggi, yaitu:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d \dots\dots\dots$$

Contoh:

Soal: Tentukan konfigurasi elektron berdasarkan asas Aufbau pada  ${}_{36}\text{Kr}$

Jawab :  ${}_{36}\text{Kr} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$

**b. Aturan Hund**

Menurut aturan Hund, pada pengisian orbital-orbital dengan tingkat energi yang sama, yaitu orbital-orbital dalam satu subkulit, mula-mula elektron akan menempati orbital secara sendiri-sendiri dengan spin yang paralel, baru kemudian berpasangan.

Contoh :

Soal: Tentukan diagram orbital untuk unsur  ${}^7\text{N}$

Jawab :  ${}^7\text{N} = 1s^2 2s^2 2p^3$ , diagram orbitalnya adalah

### c. Asas Larangan Pauli

Asas larangan Pauli menyatakan bahwa tidak ada dua elektron dalam sebuah atom apa pun dapat mempunyai keempat bilangan kuantum yang sama.

Contoh :

Soal: Tentukan bilangan kuantum dan diagram orbital yang dimiliki oleh atom  ${}^{19}\text{K}$ .

Jawab :  ${}^{19}\text{K} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  atau  $(\text{Ar}) 4s^1$

$$n = 4, l = 0, m = 0, \text{ dan } s = +\frac{1}{2}$$

Sistem periodik unsur terdiri atas dua golongan besar, yaitu golongan utama (A) dan golongan transisi. Konfigurasi elektron atom-atom unsur dapat dikelompokkan ke dalam blok sebagai berikut.

a. Unsur Blok s

Unsur yang konfigurasi elektron yang diakhiri dengan sub kulit s. Unsur-unsur yang termasuk blok s adalah unsur-unsur golongan IA dan IIA.

b. Unsur Blok p

Konfigurasi elektron yang diakhiri dengan sub kulit p. Unsur yang termasuk golongan p adalah unsur-unsur golongan IIIA sampai VIIIA.

c. Unsur Blok d

Konfigurasi elektron yang diakhiri dengan sub kulit d. Unsur yang termasuk blok d adalah unsur golongan IB sampai golongan VIIIB.

d. Unsur blok f

Konfigurasi elektron yang diakhiri subkulit f. Unsur yang termasuk blok f adalah unsur-unsur golongan Lantanida dan golongan Aktinida.

Contoh :

Soal: Tentukan golongan dan perioda pada unsur  ${}^{14}\text{Si}$

Jawab: konfigurasi elektron  ${}^{14}\text{Si} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  atau  $(\text{Ne}) 3s^2 3p^2$

Jumlah elektron valensi = 4, subkulit s dan p, termasuk golongan IV A Subkulit ke-3 sehingga termasuk perioda 3.

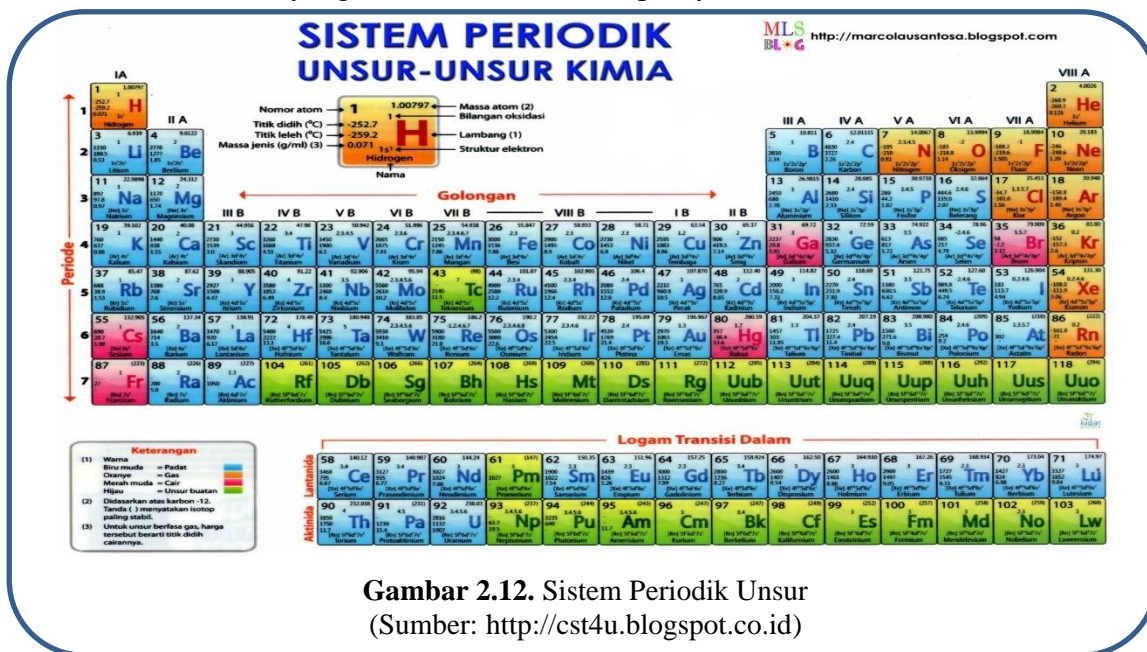
### F. Sistem Periodik Unsur

Pada tahun 1661 masih banyak para ahli yang berpendapat bahwa unsur merupakan suatu zat tidak mungkin dapat diuraikan. Pada saat itu, baru dikenal beberapa unsur, yaitu antimen, arsen, bismut, karbon, tembaga, emas, timbal, air raksa, perak, belerang, timah, dan seng. Pada akhir abad 18 baru ditemukan



adanya 11 unsur baru yang dipublikasikan oleh Lavoisier, yaitu klorin, kobalt, hidrogen, mangan, molibdat, nikel, nitrogen, oksigen, fosfor, platina, dan wolfram. Setelah itu terus ditemukan dua sampai tiga unsur setiap tahun sehingga sampai saat ini sudah dikenal adanya 118 macam unsur.

Untuk mempelajari unsur-unsur yang begitu banyak diperlukan suatu cara agar mudah untuk mengenali sifat-sifatnya. Sistem periodik unsur merupakan suatu sistem yang sangat baik untuk mempelajari kecenderungan sifat unsur dan beberapa sifat yang lainnya. Bahkan dapat digunakan untuk meramalkan sifat-sifat unsur yang belum ditemukan tetapi diyakini ada.



**Gambar 2.12.** Sistem Periodik Unsur (Sumber: <http://cst4u.blogspot.co.id>)

Sistem periodik adalah suatu tabel berisi identitas unsur-unsur yang dikemas secara berkala dalam bentuk periode dan golongan berdasarkan kemiripan sifat-sifat unsurnya. Robert Boyle adalah orang pertama yang memberikan tentang definisi bahwa unsur adalah suatu zat yang tidak dapat lagi dibagi menjadi dua zat atau lebih dengan cara kimia. Sejak itu orang dapat menyimpulkan bahwa unsur-unsur mempunyai sifat yang jelas dan ada kemiripan diantara sifat-sifat unsur itu.

### 1. Pengelompokan Unsur menurut Antoine Lavoisier

Setelah Boyle memberi penjelasan tentang konsep unsur, Lavoisier pada tahun 1769 menerbitkan suatu daftar unsur-unsur. Lavoisier membagi unsur-unsur dalam unsur logam dan non logam. Pada waktu itu baru dikenal kurang lebih 33 unsur. Pengelompokan ini merupakan metode paling sederhana, dilakukan. Pengelompokan ini masih sangat sederhana karena antara unsur – unsur logam sendiri masih banyak perbedaan. Ternyata, selain unsur logam dan non-logam, masih ditemukan beberapa unsur yang memiliki sifat logam dan non-logam (unsur metaloid), misalnya unsur silikon, antimon, dan arsen. Jadi, penggolongan unsur menjadi unsur logam dan non-logam masih memiliki kelemahan.

**Tabel 2.2.** Perbedaan Logam dan Nonlogam

<b>Logam</b>	<b>Non Logam</b>
Berwujud padat pada suhu kamar ( $25^0$ ), kecuali raksa (Hg)	Ada yang berupa zat padat, cair, atau gas pada suhu kamar
Mengkilap jika digosok	Tidak mengkilap jika digosok, kecuali intan (karbon)
Merupakan konduktor yang baik	Bukan konduktor yang baik
Dapat ditempa atau diregangkan	Umumnya rapuh, terutama yang berwujud padat
Penghantar panas yang baik	Bukan penghantar panas yang baik

Pengelompokan ini mempunyai kelebihan yaitu sudah mengelompokkan 33 unsur berdasarkan sifat kima, sehingga bisa dijadikan referensi bagi ilmuwan setelahnya. Sedangkan kelemahannya yaitu pengelompokannya masih terlalu umum.

## 2. Pengelompokan Unsur menurut Johann Wolfgang Dobereiner

Dobereiner adalah orang pertama menemukan hubungan antara sifat unsur dengan massa atom relatifnya. Unsu-unsur dikelompokkan berdasarkan kemiripan sifat-sifatnya. Setiap kelompok terdiri atas tiga unsur, sehingga disebut *triade*. Di dalam *triade*, unsur ke-2 mempunyai sifat-sifat yang berada di antara unsur ke-1 dan ke-3 dan memiliki massa atom sama dengan massa rata-rata unsur ke-1 dan ke-3.

Jenis Triade :

- Triade Litium(Li), Natrium(Na), Kalium(K)
- Triade Kalsium(Ca), Stronsium(Sr), Barium(Br)
- Triade Klor(Cl), Brom(Br), Iodium(I)

Pengelompokan ini mempunyai kelebihan yaitu keteraturan setiap unsur yang sifatnya mirip massa atom ( $A_r$ ) unsur yang kedua (tengah) merupakan massa atom rata-rata di massa atom unsur pertama dan ketiga. Sedangkan kelemahannya yaitu kurang efisien karena ada beberapa unsur lain yang tidak termasuk dalam kelompok Triade padahal sifatnya sama dengan unsur di dalam kelompok triade tersebut.

## 3. Pengelompokan Unsur menurut John Newlands

Triade Deberiner mendorong John Alexander Reina Newlands untuk melanjutkan upaya pengelompokan unsur-unsur berdasarkan kenaikan massa atom dan keterkaitannya dengan sifat unsur. Menurut Newlands, jika unsur-unsur diurutkan letaknya sesuai dengan kenaikan massa atom relatifnya, maka sifat unsur akan terulang pada tiap unsur kedelapan. Keteraturan ini sesuai dengan pengulangan not lagu (oktaf) sehingga disebut Hukum Oktaf (*law of octaves*). Tabel berikut menunjukkan pengelompokan unsur berdasarkan hukum Oktaf Newlands.

**Tabel 2.3** Pengelompokan Unsur Menurut Oktaf Newlands

Do 1	Re 2	Mi 3	Fa 4	Sol 5	La 6	Si 7
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co, Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce, La	Zr	Di, Mo	Ro, Ru
Pd	Ag	Cd	U	Sn	Sb	I
Te	Cs	Ba	Ta	W	Nb	Au
Pt, Ir	Os	V	Tl	Pb	Bi	Th

(Sumber: <https://www.ngerangkum.com>)

Namun pada kenyataannya, masih di ketemukan beberapa oktaf yang isinya lebih dari delapan unsur. Dan penggolongan ini tidak cocok untuk unsur yang massa atomnya sangat besar. Hal ini merupakan kekurangan dari metode ini.

#### 4. Pengelompokan Unsur menurut Dmitri Mendeleev

Dmitri Ivanovich Mendeleev pada tahun 1869 melakukan pengamatan 63 unsur yang sudah dikenal dan mendapatkan hasil bahwa sifat unsur merupakan fungsi periodik dari massa atom relatifnya. Sifat tertentu akan berulang secara periodik apabila unsur-unsur disusun berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya. Mendeleev selanjutnya menempatkan unsur-unsur dengan kemiripan sifat pada satu lajur vertikal yang disebut golongan. Unsur-unsur juga disusun berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya dan ditempatkan dalam satu lajur yang disebut periode.

**Tabel 2.4** Pengelompokan Unsur menurut Mendeleev

Periode	Golongan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
4	K	Ca	-	Ti	V	Vr	Mn	
	Cu	Zn	-	-	As	Se	Br	Fe, Co, Ni
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	-	Ru, Rh, Pd
	Ag	Cd	In	Zn	Sb	Te	I	

(Sumber: <http://belajarsejarahsistemperiodikunsur.blogspot.co.id>)

Pengelompokan ini mempunyai kelebihan, yaitu sistem Periodik Mendeleev menyediakan beberapa tempat kosong untuk unsur-unsur yang belum ditemukan dan dapat meramalkan sifat-sifat unsur yang belum diketahui serta pada perkembangan selanjutnya, beberapa unsur yang ditemukan ternyata cocok dengan prediksi Mendeleev. Sedangkan kelemahannya yaitu terdapat unsur bermassa lebih besar yang letaknya di depan unsur bermassa lebih kecil, adanya unsur-unsur yang tidak mempunyai kesamaan

sifat dimasukkan dalam satu golongan, misalnya Cu dan Ag ditempatkan dengan unsur Li, Na, K, Rb dan Cs serta adanya penempatan unsur-unsur yang tidak sesuai dengan kenaikan massa atom.

## 5. Pengelompokan Unsur menurut Henry Moseley

Tabel periodik Mendeleev dikemukakan sebelum penemuan struktur atom, yaitu partikel-partikel penyusun atom. Partikel penyusun inti atom yaitu proton dan neutron, sedangkan elektron mengitari inti atom. Setelah partikel-partikel penyusun atom ditemukan, ternyata ada beberapa unsur yang mempunyai jumlah partikel proton atau elektron sama, tetapi jumlah neutron berbeda. Unsur tersebut dikenal sebagai isotop. Jadi, terdapat atom yang mempunyai jumlah proton dan sifat kimia sama, tetapi massanya berbeda karena massa proton dan neutron menentukan massa atom. Dengan demikian, sifat kimia tidak ditentukan oleh massa atom, tetapi ditentukan oleh jumlah proton dalam atom tersebut. Jumlah proton menyatakan nomor atom. Dengan demikian sifat-sifat unsur ditentukan oleh nomor atom. Keperiodikan sifat fisika dan kimia unsur disusun berdasarkan nomor atomnya. Pernyataan tersebut disimpulkan berdasarkan hasil percobaan Henry Moseley pada tahun 1913. Menurut Moseley, sifat-sifat kimia unsur merupakan fungsi periodik dari nomor atomnya. Artinya, jika unsur-unsur diurutkan berdasarkan kenaikan nomor atomnya, maka sifat-sifat unsur akan berulang secara periodik.

Susunan periodik yang disusun oleh Moseley akhirnya berkembang lebih baik sampai didapatkan bentuk yang sekarang ini dengan mengikuti hukum periodik bahwa *bila unsur disusun berdasarkan kenaikan nomor atom, maka sifat unsur akan berulang secara periodik*. Sistem periodik modern dikenal juga sebagai sistem periodik bentuk panjang, terdapat *lajur mendatar* yang disebut *periode* dan *lajur tegak* yang disebut *golongan*.

Dalam sistem periodik modern terdapat 7 periode, yaitu:

Periode 1 : terdiri atas 2 unsur

Periode 2 : terdiri atas 8 unsur

Periode 3 : terdiri atas 8 unsur

Periode 4 : terdiri atas 18 unsur

Periode 5 : terdiri atas 18 unsur

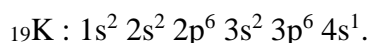
Periode 6 : terdiri atas 32 unsur, yaitu 18 unsur seperti periode 4 atau 5, dan 14 unsur lagi merupakan deret lantanida

Periode 7 : merupakan periode unsur yang belum lengkap. Pada periode ini terdapat deret aktinida

## 6. Hubungan Konfigurasi Elektron dan Sistem Periodik Unsur

Konfigurasi elektron sangat erat hubungannya dengan sistem periodik unsur. Seperti telah kalian ketahui bahwa sifat-sifat unsure sangat tergantung pada jumlah elektron valensinya. Jika jumlah elektron luar yang mengisi orbital dalam sub kulit sama dengan bilangan kuantum utama ( $n$ ), maka atom unsur

tersebut pasti terletak pada golongan yang sama (selain yang berbentuk ion). Sedangkan nilai  $n$  (bilangan kuantum utama) yang terbesar menunjuk nomor periode unsur tersebut dalam sistem periodik unsur. Misal konfigurasi elektron unsur K sebagai berikut.



Nilai  $n$  terbesar adalah 4, maka K menempati periode 4.

Untuk menentukan golongan unsur dalam sistem periodik berdasarkan konfigurasi elektron, perlu dilihat pada jenis dan jumlah elektron terluar yang menempati kulit sama.

- Golongan utama (Gol. A), elektron valensi menempati sub kulit s atau sub kulit s dan p.
- Golongan transisi (Gol. B), elektron valensi menempati sub kulit s dan d.

Untuk lantanida dan aktinida, elektron valensi menempati subkulit s dan f. Tapi jumlahnya tidak menentukan golongan, karena lantanida dan aktinida tidak mempunyai golongan.

## 7. Pembagian Unsur-Unsur menurut Blok s , p, d, dan f

Berdasarkan kesamaan konfigurasi elektron terluar, dapat dikelompokkan unsur-unsur tersebut dalam blok berikut :

### 1. Blok s

Unsur yang mempunyai konfigurasi elektron terluar pada orbital s terletak pada golongan IA dan IIA, kecuali unsur H dan He. Unsur-unsur ini merupakan logam yang reaktif. Misal konfigurasi elektron terluar adalah  $nsx$ , unsur tersebut terletak pada golongan  $x\text{A}$ .

### 2. Blok p

Unsur yang mempunyai konfigurasi elektron terluar pada orbital p, terdapat dalam golongan IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, dan VIII. Golongan unsur-unsur ini meliputi logam, metaloid, dan non logam. Misal konfigurasi elektron terluar adalah  $np_y$ , maka unsure tersebut terletak pada golongan  $(2 + y)\text{A}$ .

### 3. Blok d

Konfigurasi elektron terluar d terdapat dalam unsur-unsur transisi, yaitu golongan IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIIIB, IB, dan IIB. Jika :

- $x + z = 8$ ,  $x + z = 9$ , dan  $x + z = 10$ , maka unsur terletak pada golongan VIIIB
- $x + z = 11$ , maka unsur terletak pada golongan IB
- $x + z = 12$ , maka unsur terletak pada golongan IIB

#### 4. Blok f

Blok f merupakan golongan unsur lantanida dan aktinida. Golongan ini disebut juga golongan transisi dalam.

### G. Sifat-Sifat Keperiodikan Unsur

Sifat keperiodikan unsur adalah sifat-sifat yang berubah secara beraturan sesuai dengan kenaikan nomor atom penyusunnya.

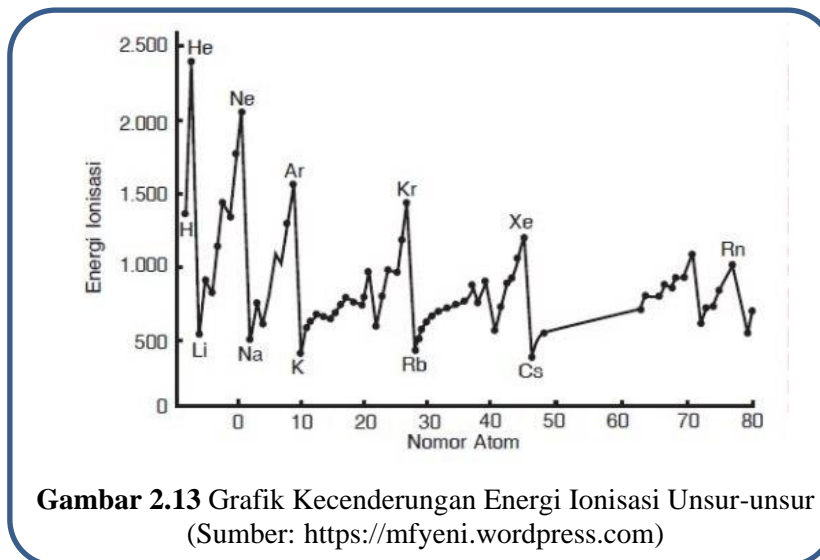
#### 1. Jari-Jari Atom

Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom sampai kulit elektron terluar. Kecenderungan jari-jari atom dapat diprediksi berdasarkan golongan dan periodenya dalam sistem periodik unsur. Dalam satu golongan, dari atas ke bawah jari-jari atom semakin besar sementara dalam satu periode dari kiri ke kanan, jari-jari atom semakin kecil. Hal ini karena dalam satu golongan, dari atas ke bawah, kulit atom bertambah (ingat jumlah kulit = nomor periode), sehingga jari-jari atom juga bertambah besar. Sementara, dari kiri ke kanan, jumlah kulit tetap tetapi muatan inti (nomor atom) dan jumlah elektron pada kulit bertambah. Hal tersebut mengakibatkan gaya tarik-menarik antara inti dengan kulit elektron semakin besar sehingga jari-jari atom makin kecil.

#### 2. Energi Ionisasi

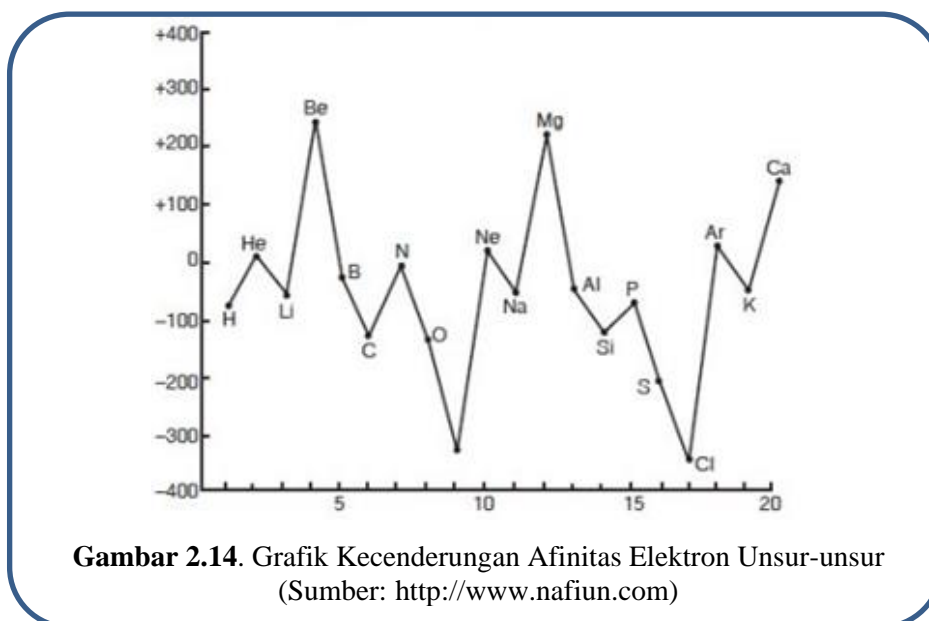
Energi ionisasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari suatu atom netral dalam wujud gas. Energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron kedua disebut energi ionisasi kedua dan seterusnya. Bila tidak ada keterangan khusus maka yang disebut sebagai energi ionisasi adalah energi ionisasi pertama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keperiodikan energi ionisasi adalah sebagai berikut. Dalam satu golongan dari atas ke bawah energi ionisasi semakin berkurang namun dalam satu periode dari kiri ke kanan, energi ionisasi cenderung bertambah. Kecenderungan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Dari atas ke bawah dalam satu golongan jari-jari atom bertambah sehingga daya tarik inti terhadap elektron terluar semakin kecil. Elektron semakin mudah dilepas dan energi yang diperlukan untuk melepaskannya makin kecil. Sementara, dari kiri ke kanan dalam satu periode, daya tarik inti terhadap elektron semakin besar sehingga elektron semakin sukar dilepas. Energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron tentunya semakin besar.





### 3. Afinitas Elektron

Afinitas elektron adalah besarnya energi yang dibebaskan satu atom netral dalam wujud gas pada waktu menerima satu elektron sehingga terbentuk ion negatif. Dalam satu golongan, dari atas ke bawah afinitas elektron semakin kecil, sementara dalam satu periode dari kiri ke kanan afinitas elektron semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan bahwa jika ion negatif yang terbentuk stabil, energi dibebaskan dinyatakan dengan tanda negatif (-). Apabila ion negatif yang terbentuk tidak stabil, energi diperlukan atau diserap dinyatakan dengan tanda positif (+). Kecenderungan dalam afinitas elektron lebih bervariasi dibandingkan dengan energi ionisasi. Grafik kecenderungan afinitas elektron dalam SPU dapat dilihat pada gambar berikut.





#### 4. Keelektronegatifan

Keelektronegatifan adalah suatu bilangan yang menyatakan kecenderungan suatu unsur menarik elektron dalam suatu molekul senyawa. Dalam satu golongan, dari atas ke bawah keelektronegatifan semakin berkurang namun dalam satu periode, dari kiri ke kanan keelektronegatifan semakin bertambah. Tidak ada sifat tertentu yang dapat diukur untuk menentukan atau membandingkan keelektronegatifan unsur-unsur. Energi ionisasi dan afinitas elektron berkaitan dengan besarnya daya tarik elektron. Semakin besar daya tarik elektron semakin besar energi ionisasi, juga semakin besar (semakin negatif) afinitas elektron. Jadi, suatu unsur (misalnya fluor) yang mempunyai energi ionisasi dan afinitas elektron yang besar akan mempunyai keelektronegatifan yang besar. Semakin besar keelektronegatifan, unsur cenderung makin mudah membentuk ion negatif. Semakin kecil keelektronegatifan, unsur cenderung makin sulit membentuk ion negatif, dan cenderung semakin mudah membentuk ion positif.

#### Uji Kompetensi

##### Pilihan Ganda

1. Sinar katode merupakan partikel yang bermuatan negatif. Fakta yang mendukung hal tersebut adalah...
  - a. Sifatnya tidak tergantung pada jenis katode yang digunakan
  - b. Dibelokkan oleh medan listrik menuju kutub positif
  - c. Massa elektron sangat kecil dan bergerak lurus
  - d. Merupakan hasil pancaran dari sinar katode
  - e. Dibelokkan oleh medan listrik menuju kutub negatif
2. Besarnya muatan elektron pertama kali diselidiki oleh Millikan melalui percobaan....
  - a. Sinar katode
  - b. Hamburan sinar alfa
  - c. Sinar X
  - d. Tetes minyak
  - e. Sinar kanal
3. Yang menjadi ciri khas (karakteristik) suatu atom adalah....
  - a. Jumlah neutron
  - b. Jumlah proton
  - c. Jumlah elektron
  - d. Jumlah elektron dan proton
  - e. Jumlah proton dan neutron

4. Percobaan yang membuktikan model atom Thomson tidak tepat adalah percobaan....
  - a. Tetes minyak Millikan
  - b. Sinar kanal
  - c. Sinar katode
  - d. Spektrum atom hidrogen
  - e. Hamburan sinar  $\alpha$  pada lempeng tipis emas
5. Suatu atom yang mempunyai 3 kulit elektron dan 5 elektron valensi, nomor atomnya adalah...
  - a. 19
  - b. 17
  - c. 15
  - d. 11
  - e. 13
6. Massa atom hanya dihitung dari massa proton dan neutron sebab...
  - a. Massa elektron terlalu kecil sehingga dapat diabaikan
  - b. Elektron berada di luar atom sehingga tidak diperhitungkan
  - c. Massa proton sama dengan massa neutron dan elektron
  - d. Elektron kehilangan massa karena bergerak melingkar
7. Pasangan atom berikut yang mempunyai jumlah elektron valensi sama adalah...
  - a.  ${}^6\text{C}$  dan  ${}^{15}\text{P}$
  - b.  ${}^7\text{N}$  dan  ${}^{14}\text{Si}$
  - c.  ${}^9\text{Ne}$  dan  ${}^{10}\text{K}$
  - d.  ${}^8\text{O}$  dan  ${}^{16}\text{S}$
  - e.  ${}^{11}\text{Al}$  dan  ${}^9\text{Ca}$
8. Elektron ditemukan oleh...
  - a. E. Rutherford
  - b. R. A. Millikan
  - c. J. J. Thomson
  - d. Henry Becquerel
  - e. J. Chadwick
9. Jumlah maksimum elektron yang terdapat pada kulit N adalah...
  - a. 71
  - b. 97
  - c. 8
  - d. 32
  - e. 16

10. Suatu atom mempunyai nomor atom 53 dan jumlah neutronnya sebanyak 74. Dapat disimpulkan bahwa atom tersebut mempunyai...
- 74 elektron
  - Nomor massa 53
  - 74 proton
  - 127 proton
  - Nomor massa 127
11. Dari hasil pengamatan percobaan Rutherford didapatkan data bahwa sejumlah kecil partikel alfa yang dihamburkan dibelokkan dengan sudut yang sangat besar. Berdasarkan hal ini, maka kesimpulan yang tidak tepat adalah...
- Inti atom berbentuk bulat
  - Kerapatan inti sangat besar
  - Sebagian besar massa atom terpusat pada inti
  - Inti atom bermuatan positif
  - Ukuan inti sangat kecil
12. Dalam atom krom yang bernomor atom 24 terdapat elektron tidak berpasangan sebanyak...
- 4
  - 3
  - 2
  - 6
  - 5
13. Atom berikut ini yang mempunyai elektron valensi sebanyak tujuh elektron adalah...
- ${}^6\text{C}$
  - ${}^8\text{O}$
  - ${}^{15}\text{P}$
  - ${}^{19}\text{K}$
  - ${}^{17}\text{Cl}$
14. Jumlah maksimum elektron yang dapat menempati kulit L adalah...
- 32 elektron
  - 98 elektron
  - 72 elektron
  - 18 elektron
  - 8 elektron
15. Unsur klorin dengan nomor atom 17 dan nomor massa 35 mempunyai...
- Proton 17 dan neutron 18

- b. Proton 18 dan neutron 17  
 c. Proton 17 dan neutron 35  
 d. Proton 35 dan neutron 17  
 e. Proton 35 dan neutron 18
16. Sub kulit yang tidak mungkin ada dalam suatu atom adalah...
- a.  $4d$   
 b.  $3p$   
 c.  $5f$   
 d.  $2d$   
 e.  $2s$
17. Konfigurasi elektron atom  ${}_{19}^{39}\text{K}$  menurut Niels Bohr adalah...
- a. 2 8 9  
 b. 2 8 8 1  
 c. 2 8 2 7  
 d. 2 9 8  
 e. 2 8 18 8 3
18. Elektron dalam atom  ${}_{17}\text{Cl}$  yang memiliki bilangan kuantum  $l = 1$  adalah...
- a. 5 elektron  
 b. 6 elektron  
 c. 7 elektron  
 d. 10 elektron  
 e. 11 elektron
19. Berikut ini adalah beberapa atom unsur dengan jumlah partikel dasar penyusunnya :
- | Atom | Proton | Neutron | Elektron |
|------|--------|---------|----------|
| P    | 15     | 16      | 15       |
| Q    | 15     | 15      | 15       |
| R    | 14     | 15      | 14       |
| S    | 13     | 14      | 13       |
- Atom yang merupakan isoton adalah...
- a. P dan Q  
 b. R dan S  
 c. Q dan R  
 d. P dan R  
 e. Q dan S
20. Ion berikut yang mempunyai konfigurasi elektron :  $[\text{Ar}] 3d^4$  adalah...
- a.  ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$

- b.  ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$   
 c.  ${}_{22}\text{Ti}^{2+}$   
 d.  ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$   
 e.  ${}_{24}\text{Cr}^{2+}$
21. Pasangan atom berikut yang mempunyai elektron valensi sama banyak adalah...
- a.  ${}_{7}\text{N}$  dan  ${}_{12}\text{Mg}$   
 b.  ${}_{6}\text{C}$  dan  ${}_{15}\text{P}$   
 c.  ${}_{10}\text{Ne}$  dan  ${}_{20}\text{Ca}$   
 d.  ${}_{10}\text{Ne}$  dan  ${}_{19}\text{K}$   
 e.  ${}_{8}\text{O}$  dan  ${}_{16}\text{S}$
22. Jika nomor atom Mn = 25, konfigurasi elektron yang benar untuk ion  $\text{Mn}^{4+}$  adalah...
- a.  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^5$   
 b.  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$   
 c.  $[\text{Ar}] 4s^0 3d^3$   
 d.  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^2$   
 e.  $[\text{Ar}] 3d^7$
23. Atom  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  berisotop dengan atom...
- a.  ${}_{14}^{27}\text{Si}$   
 b.  ${}_{14}^{28}\text{Si}$   
 c.  ${}_{13}^{27}\text{Al}$   
 d.  ${}_{11}^{23}\text{Na}$   
 e.  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$
24. Konfigurasi elektron yang paling tepat dari unsur  ${}_{19}^{39}\text{K}$  adalah...
- a.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$   
 b.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$   
 c.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4d^1$   
 d.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$   
 e.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1$
25. Di dalam sistem periodik unsur, unsur yang terletak pada golongan VIB periode 4 mempunyai nomor atom...
- a. 44  
 b. 58  
 c. 24  
 d. 33  
 e. 40

26. Banyaknya orbital yang ditempati oleh elektron yang telah berpasangan dalam atom yang bernomor 25 adalah...
- 13
  - 15
  - 7
  - 4
  - 10
27. Jika nomor atom belerang adalah 16, maka konfigurasi dari ion  $S^{2-}$  adalah...
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 4s^2$
28. Berikut adalah deretan bilangan kuantum yang dimiliki oleh satu elektron. Deretan bilangan kuantum yang *tidak mungkin* adalah...
- $n=3; l=0; m=0; s=-1/2$
  - $n=3; l=1; m=1; s=+1/2$
  - $n=3; l=1; m=+2; s=-1/2$
  - $n=3; l=2; m=-1; s=+1/2$
  - $n=3; l=2; m=+2; s=+1/2$
29. Konfigurasi elektron yang palingtepat dari unsur  ${}_{23}\text{V}$  adalah...
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2 4p^3$
30. Pernyataan tentang sifat keperiodikan berikut yang *tidak* tepat adalah ...
- Dalam satu golongan, makin besar nomor atomnya makin panjang jari-jari atomnya
  - Dalam satu periode, makin besar atomnya makin panjang jari-jari atomnya
  - Energi ionisasi cenderung meningkat sepanjang periode dari kirannya ke kanan
  - Dalam satu golongan, makin besar nomor atomnya makin kecil energi ionisasinya
  - Dalam satu periode, makin besar nomor atomnya makin tinggi afinitas elektronnya

### Esai

- Jelaskan atom apa saja yang mempunyai jumlah elektron valensi yang sama dengan atom  ${}^9_4\text{Be}$ .  
Jelaskan mengapa atom-atom tersebut mempunyai jumlah elektron valensi sama!

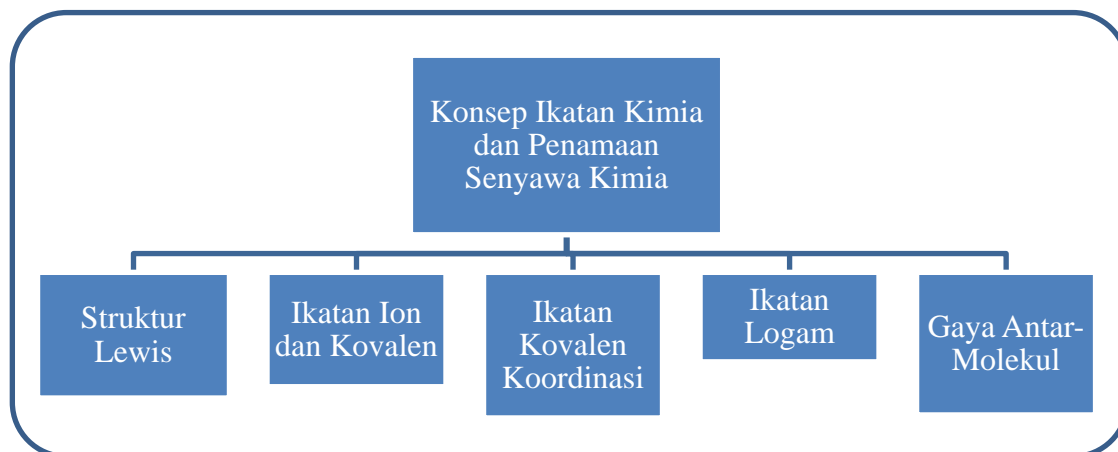
2. Bagaimana kecenderungan titik didih dan titik leleh unsur dalam satu golongan dan dalam satu periode?
3. Gambarkanlah grafik yang menunjukkan perubahan harga energi ionisasi sepanjang periode!
4. Jelaskan kelemahan model atom Rutherford!
5. Apakah perbedaan dari isotop, isoton, dan isobar? Jelaskan!



## BAB 3

### KONSEP IKATAN KIMIA DAN PENAMAAN SENYAWA KIMIA

#### PETA KONSEP



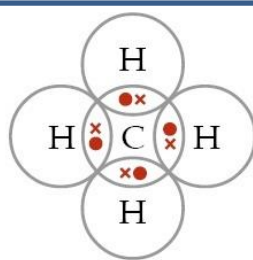
Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang struktur Lewis, ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, ikatan logam, dan gaya antarmolekul.

#### A. Struktur Lewis

Struktur Lewis adalah struktur yang menunjukkan ikatan-ikatan antar atom dalam suatu molekul. Struktur Lewis pada umumnya digunakan untuk menggambarkan ikatan kovalen dan ikatan kovalen koordinasi. Struktur Lewis dapat menunjukkan adanya pasangan elektron yang tidak terlibat dalam ikatan dan muatan formal yang terjadi akibat pemakaian elektron dalam ikatan. Cara penulisan struktur Lewis seperti berikut.

1. Meletakkan satu unsur dengan elektronegativitas yang terendah sebagai pusatnya
2. Menghitung jumlah total elektron valensi (ditambah 1 elektron untuk muatan negatif dan dikurangi 1 elektron untuk muatan positif)
3. Melengkapai aturan oktet untuk semua atom kecuali H
4. Jika jumlah total elektron struktur lebih banyak dari jumlah total elektron valensi, buat ikatan rangkap pada pusat atom
5. Jika terdapat kelebihan elektron, tempatkan pada atom pusat

Contoh penulisan struktur Lewis untuk  $\text{CH}_4$ :



**Gambar 3.1.** Contoh Struktur Lewis  
(Sumber: <http://slametriyanto059.blogspot.co.id>)

## B. Ikatan Ion dan Ikatan Kovalen

Ikatan kimia dapat terjadi antaratom atau antarmolekul dengan cara atom yang 1 melepaskan elektron, sedangkan atom yang lain menerima elektron, atau penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom. Tujuan pembentukan ikatan kimia adalah agar terjadi pencapaian kestabilan suatu unsur. Pada pembentukan ikatan kimia, elektron yang berperan adalah elektron valensi dari suatu atom atau unsur yang terlibat. Salah satu petunjuk dalam pembentukan ikatan kimia adalah adanya satu golongan unsur yang stabil, yaitu golongan VIIIA (gas mulia). Unsur gas mulia mempunyai elektron valensi sebanyak 8 (*kaidah oktet*) atau 2 (*kaidah duplet*, yaitu atom Helium). Oleh sebab itu, dalam pembentukan ikatan kimia, atom-atom akan membentuk konfigurasi elektron seperti pada unsur gas mulia. Kecenderungan unsur-unsur untuk menjadikan konfigurasi elektronnya sama seperti gas mulia terdekat dikenal dengan istilah *Aturan Oktet* yang diperkenalkan oleh W. Kossel dan G.N Lewis.

**Tabel 3.1** Konfigurasi Elektron Gas Mulia

Periode	Unsur	Nomor Atom	K	L	M	N	O	P
1	He	2	2					
2	Ne	10	2	8				
3	Ar	18	2	8	8			
4	Kr	36	2	8	18	8		
5	Xe	54	2	8	18	18	8	
6	Rn	86	2	8	18	32	18	8

Unsur dengan elektron valensi bernilai kecil, yaitu 1, 2, dan 3 mempunyai kecenderungan melepaskan elektron membentuk ion positif atau kation (unsur logam). Pelepasan elektron tersebut untuk membentuk konfigurasi elektron seperti unsur gas mulia.

### 1. Ikatan Ion

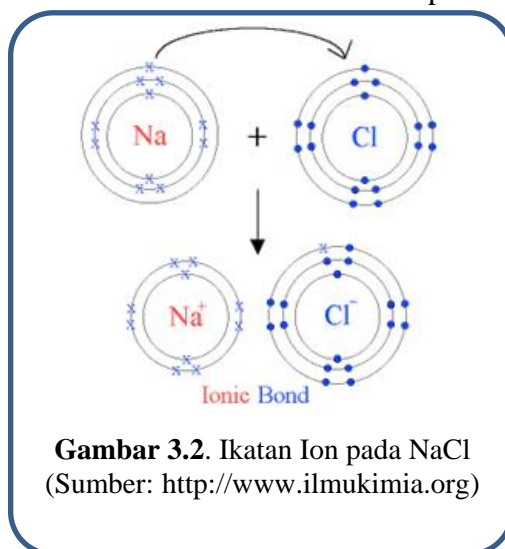
Pada umumnya, ikatan ion terjadi pada unsur-unsur yang mudah melepaskan elektron pada kulit terluar (energi ionisasi rendah) sehingga membentuk ion positif dan unsur-unsur yang mudah menerima

elektron (afinitas elektron tinggi) sehingga membentuk ion negatif. Unsur-unsur logam umumnya mempunyai energi ionisasi yang rendah, sedangkan unsur-unsur non-logam mempunyai afinitas elektron yang tinggi. Oleh karena itu, ikatan ion dapat terjadi antara unsur-unsur logam dengan unsur-unsur non-logam. Atom-atom membentuk ikatan ion karena setiap atom ingin mencapai keseimbangan atau kestabilan seperti struktur elektron gas mulia. Dengan demikian, dapat disimpulkan hal-hal berikut.

- Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi akibat serah terima elektron.
- Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi antara unsur-unsur logam dan nonlogam.
- Ikatan ion terjadi antara ion positif atau kation dan ion negatif atau anion.
- Ikatan ion terjadi antara atom berenergi potensial ionisasi kecil dan atom-atom berafinitas elektron besar (unsur golongan IA, IIA dengan unsur golongan VIA, VIIA).
- Ikatan ion terjadi antara atom dengan keelektronegatifan kecil dengan atom yang mempunyai keelektronegatifan besar.

Senyawa yang terbentuk dari ikatan ion disebut senyawa ion. Contoh beberapa senyawa ion adalah NaCl, CaF<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>. Berbagai garam termasuk juga ke dalam senyawa ion. Sebagaimana disebutkan di atas bahwa ikatan ion adalah ikatan yang terjadi akibat perpindahan elektron dari satu atom ke atom lain. Ikatan antarunsur akan stabil jika elektron terluar berjumlah 2 dan 8. Pada pembentukan garam NaCl, atom Na melepaskan elektron membentuk ion positif, elektron yang dilepaskan diterima oleh unsur Cl yang memiliki ion negatif.

Ikatan ion merupakan ikatan yang relatif kuat. Pada suhu kamar, semua senyawa ion berupa zat padat kristal dengan struktur tertentu. Pembentukan ikatan ion dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Selain bersifat relatif kuat, ikatan ion juga memiliki sifat-sifat yang lain, di antaranya seperti berikut:

- Memiliki titik didih dan titik leleh yang tinggi.
- Ion positif dan negatif dalam kristal senyawa ion tidak bebas bergerak karena terikat oleh gaya elektrostatik yang kuat. Diperlukan suhu yang tinggi agar ion-ion memperoleh energi kinetik yang cukup untuk mengatasi gaya elektrostatik.

- c. Keras tetapi rapuh. Bersifat keras karena ion-ion positif dan negatif terikat kuat ke segala arah oleh gaya elektrostatik. Bersifat rapuh karena lapisan-lapisan dapat bergeser jika dikenakan gaya luar. Ion sejenis dapat berada satu di atas yang lainnya sehingga timbul tolak-menolak yang sangat kuat yang menyebabkan terjadinya pemisahan.
- d. Berupa padatan pada suhu ruang dan berbentuk kristal.
- e. Larut dalam pelarut air (polar), tetapi umumnya tidak larut dalam pelarut organik
- f. Tidak menghantarkan listrik dalam fasa padat, tetapi menghantarkan listrik dalam fasa cair. Zat dikatakan dapat menghantarkan listrik apabila terdapat ion-ion yang dapat bergerak bebas membawa muatan listrik.

## 2. Ikatan Kovalen

Atom-atom yang energi ionisasinya tinggi akan sukar melepaskan elektronnya sehingga dalam mencapai kestabilan akan sukar membentuk ion positif. Demikian pada atom-atom yang mempunyai afinitas elektron yang rendah, dalam mencapai kestabilan tidak membentuk ion negatif. Atom-atom yang sukar melepas elektron atau mempunyai energi ionisasi yang tinggi dan atom yang sukar menarik elektron atau mempunyai afinitas elektron yang rendah mempunyai kecenderungan untuk membentuk pasangan elektron yang dipakai bersama. Pasangan elektron yang dibentuk oleh atom-atom yang berikatan dapat berasal dari kedua atom yang bergabung atau dapat pula berasal dari salah satu atom yang bergabung.

Ikatan kovalen adalah sejenis ikatan kimia yang memiliki karakteristik berupa pasangan elektron yang saling terbagi (pemakaian bersama elektron) di antara atom-atom yang berikatan. Singkatnya, stabilitas tarikan dan tolakan yang terbentuk di antara atom-atom ketika mempergunakan bersama elektron dikenal sebagai ikatan kovalen. Ikatan kovalen termasuk di dalamnya berbagai jenis ikatan, yaitu ikatan sigma, ikatan pi, ikatan logam-logam, interaksi agostik, dan ikatan tiga pusat dua elektron. Istilah bahasa Inggris untuk ikatan kovalen, *covalent bond*, pertama kali muncul pada tahun 1939. Awalan *co-* berarti bersama-sama, berasosiasi dalam sebuah aksi, berkolega, dll. sehingga "co-valent bond" artinya adalah atom-atom yang saling berbagi "valensi", seperti yang dibahas oleh teori ikatan valensi. Pada molekul H<sub>2</sub>, atom hidrogen berbagi dua elektron via ikatan kovalen.

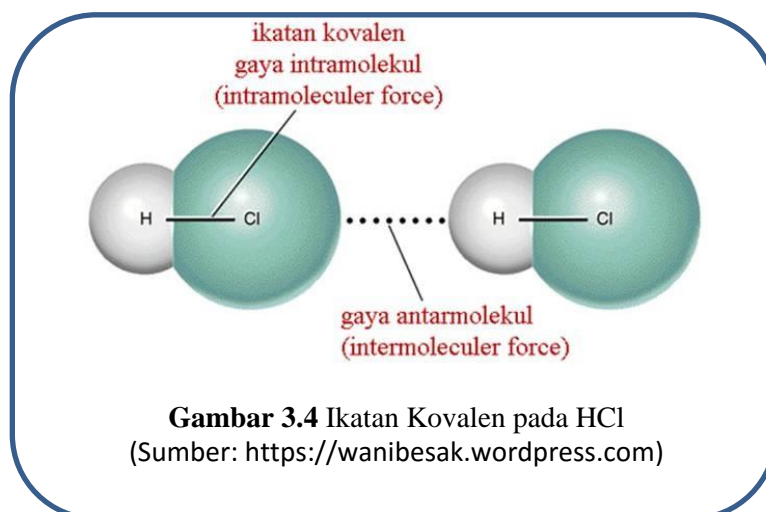
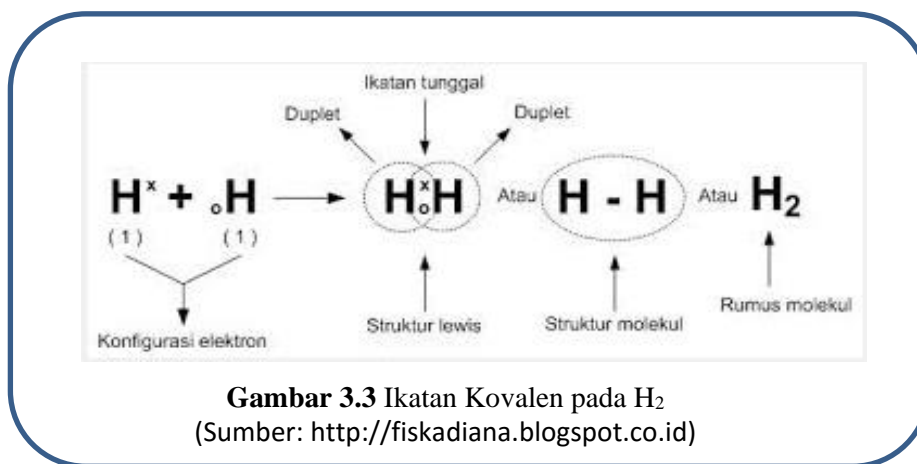
Kovalensi yang sangat kuat terjadi di antara atom-atom yang memiliki elektronegativitas yang mirip. Oleh karena itu, ikatan kovalen tidak sepenuhnya adalah ikatan antara dua atom yang berunsur sama, melainkan hanya pada elektronegativitas mereka. Oleh karena ikatan kovalen adalah saling berbagi elektron, elektron-elektron tersebut perlu terdelokalisasi. Lebih jauh lagi, berbeda dengan interaksi elektrostatik (ikatan ion), kekuatan ikatan kovalen bergantung pada relasi sudut antara atom-atom pada molekul poliatomik.

Ikatan kovalen dibagi menjadi dua, yaitu ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen nonpolar. Ikatan kovalen polar terjadi jika salah satu atom yang berikatan mempunyai elektronegativitas yang jauh lebih

besar daripada yang lain. Ikatan kovalen nonpolar terjadi jika kedua atom berikatan mempunyai afinitas elektron yang sama.

### Pembentukan Kovalen

Untuk menggambarkan bagaimana ikatan kovalen terjadi, digunakan rumus titik elektron (struktur Lewis). Rumus ini menggambarkan bagaimana peranan elektron valensi dalam membentuk ikatan. Rumus titik elektron (struktur Lewis) merupakan tanda atom yang di sekelilingnya terdapat tanda titik, silang atau bulatan kecil yang menggambarkan elektron valensi atom yang diberikan. Untuk menentukan elektron valensi, perlu dibuat konfigurasi elektronnya. Gabungan atom-atom melalui ikatan kovalen akan membentuk molekul. Molekul hidrogen merupakan gabungan dua atom hidrogen melalui ikatan kovalen di mana setiap atom menyumbangkan sebuah elektron dan membentuk sepasang elektron yang digunakan bersama. Contoh ikatan kovalen dapat dilihat pada Gambar 3.2. dan Gambar 3.3.



Jumlah tangan ikatan memberikan informasi jumlah ikatan dalam suatu molekul kovalen. Jika di antara dua atom dalam molekul hanya ada sepasang elektron ikatan (satu tangan ikatan), ikatannya disebut *ikatan kovalen tunggal*. Jika ada dua pasang elektron ikatan, ikatannya disebut *ikatan kovalen rangkap dua*. Jika ada tiga pasang elektron ikatan, ikatannya disebut dengan *ikatan kovalen rangkap tiga*. Sebagai

contoh, molekul  $O_2$  terbentuk dari dua atom oksigen dengan ikatan kovalen rangkap dua, sedangkan molekul  $N_2$  terbentuk dari dua atom nitrogen dengan ikatan kovalen rangkap tiga. Untuk membentuk ikatan kovalen langkah-langkah yang harus diperhatikan adalah seperti berikut.

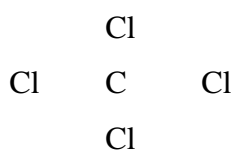
- 1) Hitung elektron valensi atom. Jika zat ini adalah ion, tambahkan elektron ke setiap muatan negatif atau kurangi elektron dari setiap muatan positif.
- 2) Tempatkan satu pasang elektron dalam setiap ikatan.
- 3) Lengkapi bentuk oktet dari ikatan atom ke atom pusat (kecuali H hanya dua elektron).
- 4) Tempatkan setiap penambahan elektron pada atom pusat dalam pasangan.
- 5) Bila atom pusat masih belum dalam bentuk oktet, tambahkan ikatannya dalam bentuk ikatan rangkap.

### Contoh

Gambarkan kerangka ikatan  $CCl_4$

Kita menggambar ikatannya langkah demi langkah dengan mengikuti langkah-langkah berikut.

- 1) Mula-mula kita perlu menggambar rancangan rumus bangunnya. Atom-atom yang lebih elektropositif ditempatkan sebagai atom pusat. Perhatikan tabel elektronegativitas pada bab sebelumnya. C memiliki elektronegativitas = 2,5; sedangkan Cl = 3. Karena Cl lebih elektronegatif atau C lebih elektropositif, dapat diputuskan C sebagai atom pusat



- 2) Hitung jumlah elektron valensinya. Ingat elektron yang digunakan untuk berikatan adalah elektron valensi.

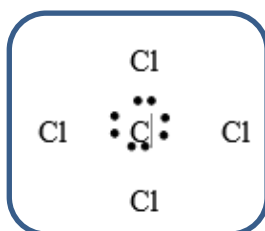
Elektron valensi yang dimiliki ikatan ini adalah

$$\text{Cl} = 4 (7)$$

$$\text{C} = 4$$

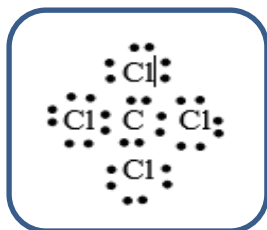
$$\text{Jadi, total elektron valensi} = 32$$

- 3) Distribusikan dengan menempatkan sepasang elektron untuk setiap ikatan. Terlebih dulu ikatan yang terbentuk dengan atom pusat



- 4) Hitung sisa elektron yang masih ada. Karena telah digunakan untuk 4 ikatan, sisa elektron valensi yang ada adalah  $32 - 8 = 24$

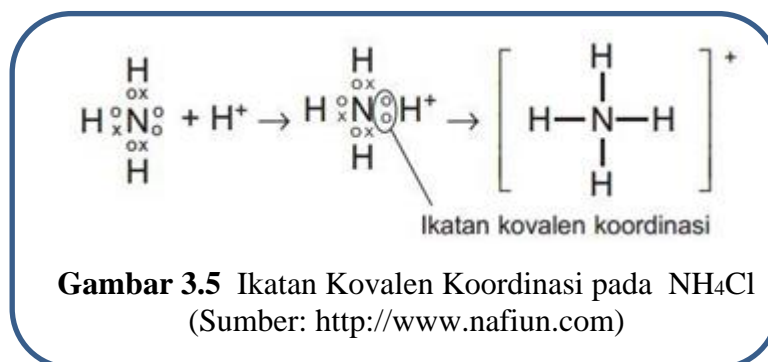
5) Gunakan sisa elektron ini untuk melengkapi atom lainnya sehingga mengikuti aturan oktet.



6) Langkah terakhir adalah mencocokkan ulang jumlah elektron valensi, dan aturan oktetnya. Pada molekul di atas, semua elektron valensi sudah digunakan, dan setiap atom telah dikelilingi oleh delapan elektron.

### C. Ikatan Kovalen Koordinasi

Ikatan kovalen koordinasi adalah ikatan kovalen yang terbentuk dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom/ion/molekul yang memiliki pasangan elektron bebas. Adapun atom/ion/molekul lain hanya menyediakan orbital kosong.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  merupakan salah satu contoh senyawa kovalen koordinasi. Senyawa  $\text{NH}_4\text{Cl}$  terbentuk dari ion  $\text{NH}_4^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$ . Ion  $\text{NH}_4^+$  terbentuk dari molekul  $\text{NH}_3$  dan ion  $\text{H}^+$ , sedangkan ion  $\text{H}^+$  terbentuk jika hidrogen melepaskan satu elektronnya. Perhatikan kovalen koordinasi pada  $\text{NH}_4^+$  berikut ini.



Ikatan kovalen koordinasi digambarkan dengan lambang elektron yang sama (dua titik). Hal itu menunjukkan bahwa pasangan elektron itu berasal dari atom yang sama. Ikatan kovalen dituliskan dengan tanda (-), sedangkan kovalen koordinasi dituliskan dengan tanda ( $\rightarrow$ ). Jika  $\text{NH}_4^+$  berikatan dengan  $\text{Cl}^-$ , akan terbentuk senyawa  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Jadi, pada senyawa  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , terdapat tiga jenis ikatan, yaitu tiga ikatan kovalen, satu ikatan kovalen koordinasi, dan satu ikatan ion (antara ion  $\text{NH}_4^+$  dengan ion  $\text{Cl}$ ).

#### 1. Menggambarkan Rumus Titik Elemen (Struktur Lewis) untuk Molekul Poliatom

Penggambaran rumus titik elektron (struktur Lewis) dari molekul banyak (poliatom) kadang-kadang menimbulkan kesulitan. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dibuat beberapa kemungkinan.

Beberapa catatan berikut dapat berguna dalam meramalkan struktur Lewis dari molekul yang beratom banyak.

- Gambarlah semua elektron valensi setiap atom yang berkaitan.
- Umumnya, atom-atom di dalam struktur Lewis akan mempunyai delapan elektron valensi, kecuali atom hidrogen yang hanya akan mempunyai 2 elektron (duplet).
- Umumnya, atom-atom H akan membentuk pasangan elektron bersama dengan sebuah elektron dari atom O dahulu (ikatan kovalen).
- Sebuah elektron dari atom O yang tersisa akan membentuk pasangan elektron dengan atom lainnya (ikatan kovalen).
- Jika atom H dan O sudah dipasangkan semua, sisa atom oksigen baru membentuk pasangan elektron dengan atom lain dengan ikatan kovalen atau kovalen koordinasi.
- Umumnya, di dalam struktur Lewis, semua elektron berpasangan, termasuk pasangan elektron bebas.

## 2. Penyimpangan Kaidah Oktet

Beberapa molekul kovalen mempunyai struktur Lewis yang tidak oktet atau duplet. Struktur demikian dapat dibenarkan karena fakta menunjukkan adanya senyawa tersebut, misalnya CO dan  $\text{BF}_3$ . Pada umumnya, molekul yang mempunyai jumlah elektron valensi ganjil akan mempunyai susunan tidak oktet, misalnya molekul  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{PCl}_5$ .

## 3. Ikatan Campuran Ion dan Kovalen

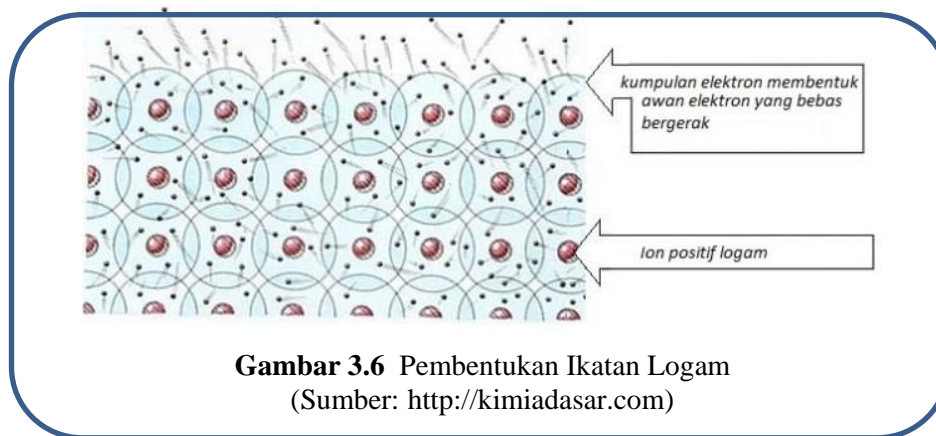
Di dalam suatu molekul, kadang-kadang terdapat ikatan kovalen dan ikatan ion. Bahkan, dapat juga terdapat ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi sekaligus. Untuk itu, penggambaran struktur Lewisnya harus jelas, mana yang menjadi ion positif dan mana yang menjadi ion negatif.

## D. Ikatan Logam

Ikatan kimia antaratom-atom penyusun logam bukanlah ikatan ion ataupun ikatan kovalen. Terdapat suatu jenis ikatan yang dapat mengikat atom-atom logam, yakni ikatan logam. Terdapat beberapa teori yang menerangkan ikatan pada logam. Teori untuk ikatan logam harus dapat menjelaskan sifat-sifat logam yang ada. Salah satu teori yang dapat menjelaskan ikatan logam adalah teori lautan elektron yang ditemukan oleh Drude dan Lorentz. Menurut teori ini, kristal logam tersusun atas kation-kation logam yang terpaten di tempat (tidak bergerak) dikelilingi oleh lautan elektron valensi yang bergerak bebas dalam kisi kristal. Ikatan logam terbentuk akibat adanya gaya tarik-menarik antara muatan positif dari inti atom logam dan muatan negatif dari elektron valensi yang bebas bergerak dalam kisi kristal.

Gambar 3.6 menunjukkan adanya pembentukan ikatan logam.





**Gambar 3.6** Pembentukan Ikatan Logam  
(Sumber: <http://kimiadasar.com>)

Elektron-elektron valensi logam bergerak bebas dan mengisi ruang-ruang di antara kisi-kisi kation logam yang bermuatan positif. Oleh karena bergerak bebas, elektron-elektron valensi dapat berpindah jika dipengaruhi oleh medan listrik atau panas. Kekuatan ikatan logam ditentukan oleh besarnya gaya tarik-menarik antara ion-ion positif dan elektron-elektron bebas. Makin besar jumlah muatan positif ion logam, makin banyak jumlah ikatan bebasnya, makin besar kekuatan logam. Pada ikatan logam, terjadi proses saling meminjamkan elektron. Hanya saja jumlah atom yang bersama-sama saling meminjamkan elektron valensinya (elektron yang berada pada kulit terluar) ini tidak hanya antara dua melainkan beberapa atom, tetapi dalam jumlah yang tidak terbatas. Setiap atom menyerahkan elektron valensi untuk digunakan bersama. Dengan demikian, akan ada ikatan tarik-menarik antara atom-atom yang saling berdekatan.

Jarak antaratom ini akan tetap sama. Maksudnya, seandainya ada atom yang bergerak menjauh, gaya tarik-menarik akan menariknya kembali ke posisi semula. Jika bergerak terlalu mendekat, akan timbul gaya tolak-menolak karena inti-inti atom berjarak terlalu dekat padahal muatan listriknya sama sehingga kedudukan atom relatif terhadap atom lain akan tetap. Inti-inti atom berjarak tertentu dan terletak beraturan, sedangkan elektron yang saling dipinjamkan seolah-olah membentuk kabut elektron. Dalam logam, orbital atom terluar yang terisi elektron menyatu menjadi suatu sistem terdelokalisasi yang merupakan dasar pembentukan *ikatan logam*. Delokalisasi ialah suatu keadaan dimana elektron valensi tidak tetap posisinya pada satu atom, tetapi senantiasa berpindah-pindah dari satu atom ke atom lain.

Atom logam dapat berikatan sambung-menyambung ke segala arah sehingga menjadi molekul yang besar sekali. Satu atom akan berikatan dengan beberapa atom lain di sekitarnya. Akibatnya, atom tersebut terikat kuat dan menjadi logam berwujud padat (kecuali Hg) dan umumnya keras. Sifat-sifat yang dibentuk dari ikatan logam adalah sebagai berikut.

1. Dapat menghantarkan panas dan listrik
2. Memiliki kekerasan yang tinggi
3. Mudah ditempa, dibengkokkan, dan ditarik.
4. Mempunyai sifat mengkilap
5. Membentuk struktur raksasa

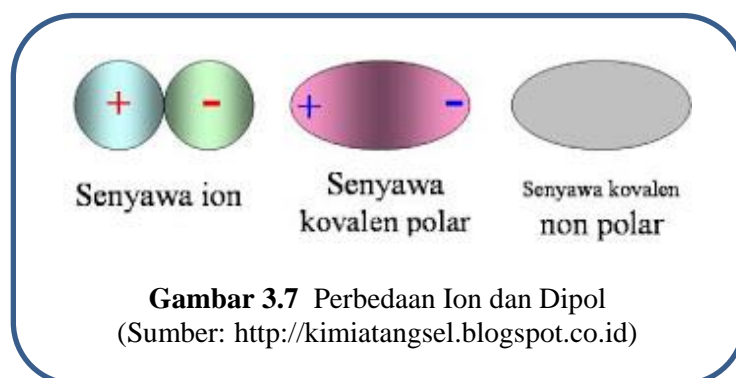
## E. Gaya Antar-molekul

Gaya antarmolekul adalah gaya tarik-menarik antarmolekul yang saling berdekatan. Gaya antarmolekul berbeda dengan ikatan kimia. Ikatan kimia, seperti ikatan ionik, kovalen, dan logam, semuanya adalah ikatan antaratom dalam membentuk molekul. Gaya antarmolekul adalah gaya tarik antarmolekul. Kita akan mempelajari tiga macam gaya antarmolekul, yaitu Gaya Van der Waals, Ikatan Hidrogen, dan Gaya London

Agar dapat memahami gaya antarmolekul dengan baik, kita harus memahami terlebih dahulu tentang apa yang dimaksud dengan dipol dalam suatu molekul.

### 1. Dipol

Dipol singkatan dari dipolar, yang artinya dua kutub. Senyawa yang memiliki dipol adalah senyawa yang memiliki kutub positif ( $\delta^+$ ) di satu sisi, dan kutub negatif ( $\delta^-$ ) di sisi yang lain. Senyawa yang memiliki dipol biasa disebut senyawa polar. Senyawa polar terbentuk melalui ikatan kovalen polar. Perlu diperhatikan bahwa dipol berbeda dengan ion. Kekuatan listrik yang dimiliki dipol lebih lemah dibanding kekuatan listrik ion. Kita pasti ingat, bahwa ion terdapat pada senyawa ionik, dimana molekul terbagi menjadi dua, yaitu ion positif atau kation (+) dan ion negatif atau anion (-). Untuk memahami perbedaan antara ion dan dipol, perhatikan gambar berikut.



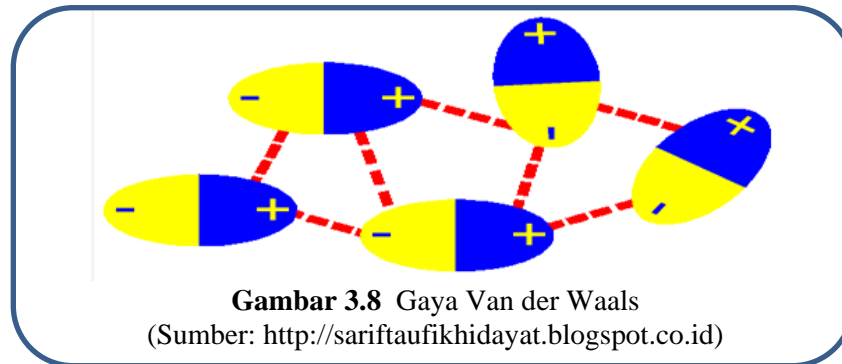
Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa pada senyawa ion, molekul terbagi (bisa juga dikatakan terbelah) menjadi dua bagian. Jadi, ion positif dan ion negatif sebenarnya terpisah. Mereka bersatu hanya karena adanya gaya tarik-menarik antara ion positif dan negatif (gaya Coulomb). Pada senyawa polar, tidak terjadi pemisahan. Molekul merupakan satu kesatuan. Hanya saja pada satu sisi/tepi, terdapat kutub positif ( $\delta^+$ ) dan di sisi/tepi yang lain, terdapat kutub negatif ( $\delta^-$ ). Untuk senyawa non polar, sama sekali tidak ada muatan listrik yang terkandung.

### 2. Gaya Van der Waals

Gaya Van der Waals merupakan gaya tarik antardipol pada molekul polar. Molekul polar memiliki ujung-ujung yang muatannya berlawanan. Ketika dikumpulkan, molekul polar akan mengatur dirinya

(membentuk formasi) sedemikian rupa sehingga ujung yang bermuatan positif akan berdekatan dengan ujung yang bermuatan negatif dari molekul lain, tetapi tentu saja formasinya tidak statis/tetap. Mengapa? Karena sebenarnya molekul selalu bergerak dan bertumbukan atau bertabrakan.

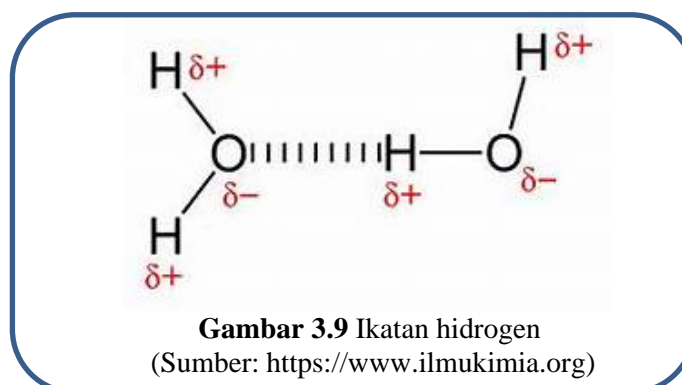
Molekul atau atom atau zat akan diam tak bergerak jika energi kinetiknya = 0 (nol). Keadaan ini disebut keadaan diam mutlak, dicapai jika benda berada pada suhu  $0^{\circ}\text{K}$  ( $-273^{\circ}\text{C}$ ). Gaya Van der Waals dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gaya Van der Waals diperlihatkan dengan garis merah (putus-putus). Kekuatan gaya tarik antara dipol ini biasanya lebih lemah daripada kekuatan ikatan ionik atau kovalen (kekuatannya hanya 1% dari ikatan). Kekuatannya juga akan berkurang dengan cepat jika jarak antardipol makin besar. Jadi, gaya Van der Waals suatu molekul akan lebih kuat pada fase padat dibandingkan dengan kekuatan pada fase cair dan gas.

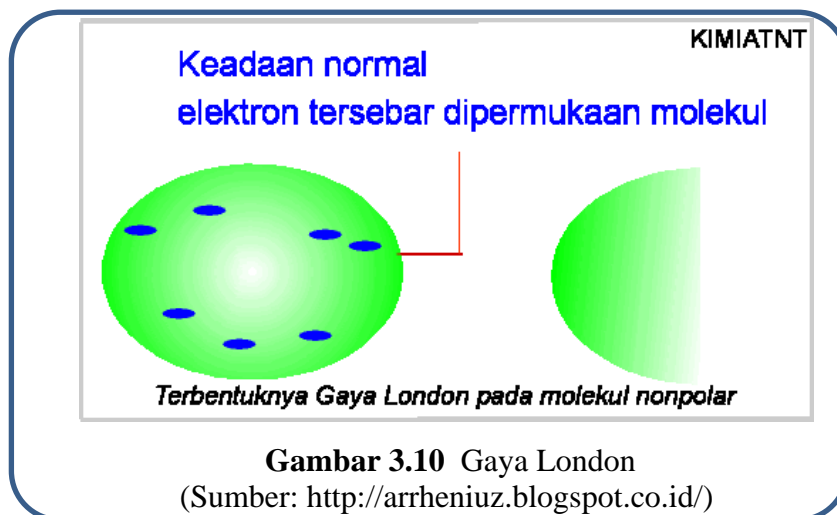
### 3. Ikatan Hidrogen

Ikatan hidrogen adalah ikatan yang terjadi antara atom hidrogen pada satu molekul dengan atom nitrogen (N), oksigen (O), atau fluor (F) pada molekul yang lain. Gaya tarik dipol yang kuat terjadi antara molekul-molekul tersebut. Gaya tarik antarmolekul yang terjadi memiliki kekuatan 5-10% dari ikatan kovalen. Ikatan hidrogen diperlihatkan pada garis merah (putus-putus). Meskipun tidak terlalu kuat, ikatan hidrogen tersebar di seluruh molekul. Inilah sebabnya air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) memiliki titik didih yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan senyawa lain dengan berat molekul ( $M_r$ ) yang hampir sama. Misalnya,  $\text{CO}_2$  ( $M_r = 48$ ) dalam suhu kamar sudah berwujud gas, sedangkan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dengan berat molekul lebih kecil ( $M_r = 18$ ) pada suhu kamar ( $20^{\circ}\text{C}$ ) masih berada pada fase cair.



#### 4. Gaya London

Gaya London merupakan gaya antardipol sesaat pada molekul nonpolar. Molekul nonpolar seharusnya tidak mempunyai kutub/polar (sesuai dengan namanya). Namun, karena adanya pergerakan elektron mengelilingi atom/molekul, ada saat-saat tertentu dimana elektron akan "berkumpul" (terkonsentrasi) di salah satu ujung/tepi molekul, sedang di tepi yang lain elektronnya "kosong". Hal ini membuat molekul tersebut "tiba-tiba" memiliki dipol, yang disebut dipol sesaat. Munculnya dipol ini akan menginduksi dipol tetangga di sebelahnya. Ketika elektron bergerak lagi, dipol ini akan hilang kembali. Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Gaya London  
(Sumber: <http://arrheniuz.blogspot.co.id/>)

Ketika dipol sesaat terjadi, akan timbul pula gaya london. Ketika dipol hilang, gaya london pun hilang. Kekuatan gaya london bergantung pada berbagai faktor berikut.

1. Kerumitan molekul. Makin rumit molekul ( $M_r$  makin besar), gaya london makin kuat.
2. Ukuran molekul. Makin besar ukuran molekul, gaya london juga makin kuat. Hal ini dikarenakan molekul besar lebih mudah terpolarisasi sehingga dipol sesaat lebih mudah terjadi.

#### Uji Kompetensi

##### Pilihan Ganda

1. Unsur  ${}^9Y$  berikatan dengan unsur  ${}^{19}K$  membentuk suatu senyawa. Rumus molekul dan jenis ikatan yang terbentuk secara berurutan adalah
  - a.  $KY$  – ionic
  - b.  $KY$  – kovalen
  - c.  $KY_2$  – kovalen
  - d.  $K_2Y$  – ionic
  - e.  $K_2Y$  – Kovalen
2. Unsur X dengan konfigurasi elektron 2 8 7 dapat mencapai aturan oktet dengan cara
  - a. Melepas 7 elektron
  - b. Menyerap 1 elektron
  - c. Memasangkan 1 elektron
  - d. ion  $Na^+$  kekurangan 1 proton
  - e. ion  $Na^+$  kekurangan 1 neutron

3. Unsur  ${}_{11}\text{X}$  berikatan dengan unsur  ${}_{8}\text{O}$  membentuk suatu senyawa. Rumus kimia dan jenis ikatan pada senyawa yang terbentuk adalah
- $\text{XO}$  – Ionik
  - $\text{X}_2\text{O}$  – Kovalen
  - $\text{X}_2\text{O}$  – Ionik
  - $\text{XO}_2$  - Ionik
  - $\text{XO}$  – Kovalen

4. Zat-zat berikut mempunyai sifat-sifat sebagai berikut.

Zat	Titik Didih	Daya Hantar Listrik	
		Larutan	Cairan
P	Tinggi	Menghantarkan	Menghantarkan
Q	Rendah	Menghantarkan	Tidak Menghantarkan

Maka, ikatan kimia pada senyawa P dan Q adalah . . . .

- ion dan kovalen polar
  - ion dan hidrogen
  - kovalen nonpolar dan ion
  - kovalen polar dan kovalen nonpolar
  - kovalen polar dan ion
5. Sifat-sifat berikut ini yang bukan sifat senyawa ion adalah . . . .
- titik leleh tinggi
  - lelehannya dapat menghantar listrik
  - padatnya dapat menghantar listrik
  - larutannya dapat menghantar listrik
  - rapuh
6. Diantara zat berikut ini, yang mengandung ikatan ion adalah . . . .
- es
  - silikon
  - batu kapur
  - gula
  - perunggu
7. Suatu senyawa memiliki sifat sebagai berikut.
- Larut dalam air
  - Lelehannya menghantarkan listrik
  - Terionisasi sempurna didalam air

Jenis ikatan dalam senyawa tersebut adalah ikatan . . . .

- kovalen polar
  - kovalen nonpolar
  - ion
  - hidrogen
  - logam
8. Berdasarkan sifat periodik unsur-unsur halogen, HF diharapkan mempunyai titik didih paling rendah dibandingkan dengan titik didih HI, HCl, dan HBr, tetapi pada kenyataannya, HF mempunyai titik didih paling tinggi. Hal ini dikarenakan HF memiliki ikatan . . . .

- a. kovalen
  - b. ion
  - c. hidrogen
  - d. Van der Waals
  - e. kovalen-ion
9. Ikatan kovalen dapat terbentuk oleh unsur . . . .
- a. golongan oksigen dengan logam alkali
  - b. logam alkali tanah dengan halogen
  - c. logam alkali dengan halogen
  - d. halogen dengan oksigen
  - e. logam alkali dengan gas mulia
10. Pasangan senyawa berikut yang termasuk senyawa ion adalah . . . .
- a. KCl dan HCl
  - b. KBr dan NaCl
  - c. CH<sub>4</sub> dan SO<sub>2</sub>
  - d. H<sub>2</sub>O dan KBr
  - e. SO<sub>2</sub> dan HCl
11. Susunan elektron valensi gas mulia di bawah ini adalah oktet, *kecuali* . . . .
- a. Xe
  - b. Kr
  - c. Ar
  - d. Ne
  - e. He
12. Atom-atom selain golongan gas mulia cenderung ingin memiliki kestabilan seperti atom-atom gas mulia dengan melakukan cara-cara berikut ini, *kecuali* . . . .
- a. pelepasan elektron
  - b. penyerapan elektron
  - c. memasang elektron
  - d. menerima pasangan elektron
  - e. menerima minimal dua pasang elektron
13. Atom <sup>12</sup>A memiliki ciri . . . .
- a. memiliki elektron valensi 4
  - b. cenderung melepas 4 elektron
  - c. memiliki 2 elektron pada kulit terluar
  - d. cenderung menyerap 4 elektron
  - e. cenderung memasang keempat elektronnya
14. Ikatan yang terjadi antara atom yang sangat elektropositif dengan atom yang sangat elektronegatif disebut ikatan . . . .
- a. ion
  - b. kovalen
  - c. kovalen polar

- d. kovalen nonpolar  
e. kovalen koordinat
15. Unsur di bawah ini yang memiliki kecenderungan menyerap elektron membentuk ion negatif adalah . . . .
- a.  ${}_{16}\text{S}$   
b.  ${}_{18}\text{Ar}$   
c.  ${}_{19}\text{K}$   
d.  ${}_{20}\text{Ca}$   
e.  ${}_{37}\text{Rb}$
16. Di bawah ini merupakan sifat fisis senyawa ion, *kecuali* . . . .
- a. titik leleh tinggi  
b. titik didih tinggi  
c. dalam air membentuk larutan yang dapat menghantarkan listrik  
d. sukar larut dalam pelarut air  
e. keras
17. Senyawa di bawah ini berikatan kovalen tetapi *tidak* memenuhi struktur oktet adalah . . . .
- a.  $\text{CH}_4$   
b.  $\text{CO}_2$   
c.  $\text{Cl}_2\text{O}$   
d.  $\text{PCl}_5$   
e.  $\text{C}_2\text{H}_4$
18. Diantara kelompok senyawa di bawah ini yang semuanya merupakan senyawa polar adalah . . . .
- a.  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
b.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
c.  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$   
d.  $\text{MgO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$   
e.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$
19. Kelompok senyawa berikut ini yang semuanya berikatan ion adalah . . . .
- a.  $\text{KCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{BaCl}_2$   
b.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$   
c.  $\text{NaCl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KBr}$   
d.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$   
e.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CCl}_4$
20. Senyawa berikut ini yang berikatan kovalen adalah . . . .
- a.  $\text{KCl}$   
b.  $\text{CH}_4$   
c.  $\text{CaCl}_2$   
d.  $\text{NaBr}$   
e.  $\text{MgBr}_2$

21. Unsur A dan B membentuk senyawa dengan rumus kimia  $AB_3$ . Kemungkinan nomor atom A dan B berturut-turut adalah . . . .
- 3 dan 7
  - 3 dan 9
  - 5 dan 7
  - 7 dan 13
  - 7 dan 9
22. Unsur  ${}_{11}A$ , dan  ${}_{16}B$  dapat membentuk senyawa dengan rumus kimia dan jenis ikatan . . . .
- $AB$  – Ionik
  - $AB$  – Kovalen
  - $A_2B$  – Ionik
  - $AB_2$  – Ionik
  - $A_2B$  – Kovalen
23. Jumlah elektron yang digunakan bersama dalam molekul  $N_2$  adalah . . . .
- 7
  - 6
  - 5
  - 3
  - 2
24. Unsur X memiliki nomor atom 17, sedangkan unsur Y mempunyai nomor atom 20. Senyawa yang mungkin dibentuk oleh unsur X dan Y serta jenis ikatannya adalah . . . .
- $XY$  – Ion
  - $YX_2$  – Ion
  - $Y_2X$  – Ion
  - $YX$  – Kovalen
  - $YX_2$  - Kovalen
25. Gaya tarik antarmolekul gas metana ( $CH_4$ ) adalah . . . .
- gaya ikatan kovalen
  - gaya ikatan hidrogen
  - gaya london
  - gaya dipol-dipol
  - gaya orientasi
26. Tabel berikut menunjukkan sifat-sifat senyawa A dan B

Zat	Titik Didih ( $^{\circ}C$ )	Daya Hantar Listrik	
		Leburan	Larutan
P	810	Menghantarkan	Menghantarkan
Q	-12	Tidak Menghantarkan	Menghantarkan

Berdasarkan tabel di atas, ikatan yang terdapat dalam senyawa P dan Q berturut-turut adalah . .

- ion dan kovalen polar
- ion dan kovalen koordinasi
- kovalen nonpolar dan ion
- kovalen polar dan kovalen non polar
- kovalen polar dan hidrogen



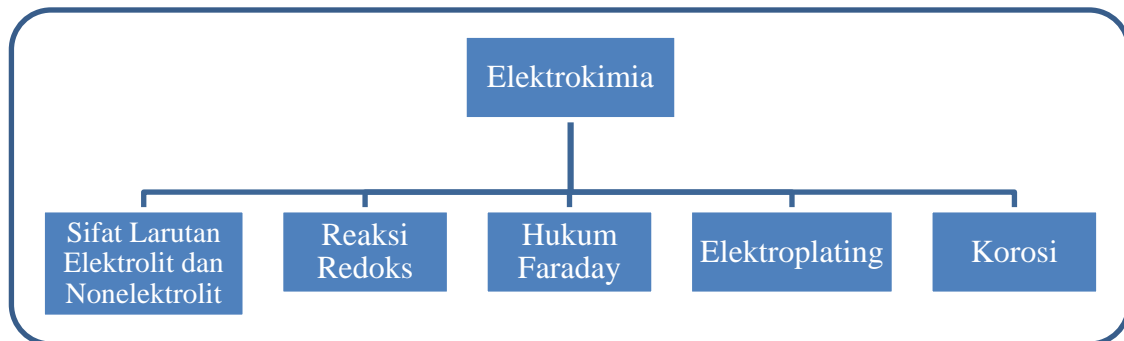
27. Pasangan unsur yang dapat membentuk ikatan kovalen adalah . . . .
- ${}_{17}\text{A}$  dan  ${}_{11}\text{B}$
  - ${}_{17}\text{A}$  dan  ${}_{12}\text{D}$
  - ${}_{6}\text{R}$  dan  ${}_{17}\text{A}$
  - ${}_{20}\text{P}$  dan  ${}_{16}\text{Q}$
  - ${}_{19}\text{C}$  dan  ${}_{35}\text{E}$
28. Diantara kelompok senyawa berikut yang merupakan kelompok senyawa kovalen adalah . . . .
- $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan  $\text{NCl}_3$
  - $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{HCl}$
  - $\text{HF}$ ,  $\text{NaF}$ , dan  $\text{CaF}_2$
  - $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{LiN}_3$
  - $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{S}$
29. Jenis ikatan dalam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  adalah . . . .
- kovalen
  - ion dan kovalen
  - kovalen dan kovalen koodinat
  - ion, kovalen, dan kovalen koordinat
  - ion dan kovalen koordinat
30. Unsur P (nomor atom 15) bersenyawa dengan unsur Cl (nomor atom 17) membentuk  $\text{PCl}_3$ . Banyaknya pasangan elektron bebas pada atom pusat dalam senyawa  $\text{PCl}_3$  adalah . . . .
- 4
  - 3
  - 2
  - 1
  - 0

### Essai

- Jelaskan sifat senyawa kovalen!
- Jelaskan perbedaan senyawa kovalen polar dan nonpolar!
- Jelaskan contoh senyawa yang memiliki ikatan ion
- Tulislah struktur Lewis dan rumus bangun senyawa berikut:
  - $\text{SO}_3$
  - $\text{SCl}_4$
  - $\text{BCl}_3$
  - $\text{N}_2\text{O}_3$
- Terdapat 4 unsur, R, S, T, dan U dengan nomor atom berturut-turut 11, 12, 16, dan 17. Tentukan:
  - Rumus kimia
  - Jenis ikatan
  - Struktur Lewis

## BAB 4 ELEKTROKIMIA

### PETA KONSEP



Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang sel volta, elektrolisis, dan korosi serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Elektrokimia adalah cabang ilmu Kimia yang berkaitan dengan listrik. Konsep elektrokimia berdasarkan reaksi redoks dan larutan elektrolit. Dengan memahami elektrokimia, kamu juga akan mengetahui cara kerja baterai isi ulang, cara kerja sel bahan bakar, proses pelapisan logam, isolasi dan pemurnian logam, serta fenomena korosi di alam.

#### A. Sifat Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan terbagi menjadi 2 golongan, yaitu larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit. Sifat-sifat larutan tersebut di antaranya seperti berikut.

##### 1. Sifat Elektrolit

Sifat elektrolit adalah seperti berikut.

- Dapat menghantarkan listrik
- Tidak terjadi proses ionisasi (terurai menjadi ion-ion)
- Lampu dapat menyala terang atau redup dan ada gelembung gas

Seorang ahli kimia dari Swedia (1887), Svante August Arrhenius (1859 – 1927) menjelaskan bahwa larutan elektrolit mengandung atom-atom bermuatan listrik (ion-ion) yang bergerak bebas hingga mampu untuk menghantarkan arus listrik melalui larutan. Contoh larutan elektrolit: garam dapur ( $\text{NaCl}$ ), cuka dapur ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), air accu ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), garam magnesium ( $\text{MgCl}_2$ ), dan larutan  $\text{HCl}$ .

Larutan  $\text{HCl}$  di dalam air mengurai menjadi kation ( $\text{H}^+$ ) dan anion ( $\text{Cl}^-$ ). Terjadinya hantaran listrik pada larutan  $\text{HCl}$  disebabkan ion  $\text{H}^+$  menangkap elektron pada katoda dengan membebaskan gas hidrogen, sedangkan ion-ion  $\text{Cl}^-$  melepaskan elektron pada anoda dengan menghasilkan gas klorin.

Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dapat dibagi menjadi larutan elektrolit dan nonelektrolit. Larutan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah.

## 2. Elektrolit Kuat

Sifat elektrolit kuat:

- terionisasi sempurna
- menghantarkan arus listrik
- lampu menyala sangat terang
- terdapat gelembung gas

Contoh senyawa : NaCl, HCl, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl

## 3. Elektrolit Lemah

Sifat elektrolit lemah:

- terionisasi sebagian
- menghantarkan arus listrik
- lampu menyala redup
- terdapat gelembung gas

Contoh senyawa : CH<sub>3</sub>COOH, N<sub>4</sub>OH, HCN dan Al(OH)<sub>3</sub>

## 4. Larutan Nonelektrolit

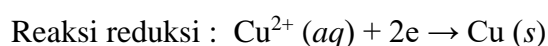
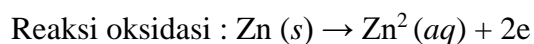
Sifat larutan nonelektrolit:

- tidak terionisasi
- tidak menghantarkan arus listrik
- lampu tidak menyala
- tidak terdapat gelembung gas

Contoh senyawa : C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

## B. Reaksi Redoks

Reaksi redoks adalah gabungan dari reaksi reduksi dan reaksi oksidasi yang berlangsung bersamaan. Ada beberapa pengertian mengenai reaksi redoks, di antaranya adalah peristiwa pelepasan elektron (reaksi oksidasi) dan peristiwa penangkapan elektron (reaksi reduksi). Tidak ada peristiwa pelepasan elektron (reaksi oksidasi) tanpa disertai peristiwa penangkapan elektron (reaksi reduksi). Contoh reaksi redoks misalnya logam seng yang dicelupkan pada larutan tembaga sulfat. Logam seng akan teroksidasi dan ion tembaga akan tereduksi. Masing-masing persamaan reaksinya adalah sebagai berikut.



Zat yang mengalami oksidasi dinamakan reduktor karena zat tersebut menyebabkan zat lain mengalami reduksi. Sebaliknya, zat yang mengalami reduksi disebut oksidator karena zat tersebut

menyebabkan zat lain mengalami oksidasi. Untuk reaksi di atas, manakah yang termasuk reduktor dan oksidator?

## 1. Kespontanan Reaksi Redoks

Reaksi redoks dapat berlangsung spontan maupun tidak spontan. Bagaimana cara menentukan reaksi berjalan spontan atau tidak? Kespontanan suatu reaksi redoks dapat ditentukan menggunakan deret volta. Dalam deret Volta, logam-logam disusun berdasarkan daya oksidasi dan daya reduksinya. Deret tersebut disusun pertama kali oleh Alexander Volta. Urutan logam-logam dalam deret Volta adalah :

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H <sub>2</sub> )-Sb-Bi-Cu-Hg-Ag-Pr-Au
--

Logam-logam di sebelah kiri H<sub>2</sub> merupakan logam-logam aktif (reduktor kuat), sedangkan logam-logam di sebelah kanan H<sub>2</sub> kurang aktif (reduktor lemah). Makin ke kiri sifat reduktor makin lemah dan sifat oksidator makin kuat.

Logam-logam dalam deret Volta dapat mereduksi unsur-unsur di kanannya, tetapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur di sebelah kirinya. Jika suatu logam dapat mereduksi unsur-unsur di sebelah kanannya, reaksi tersebut berlangsung spontan. Sebaliknya, jika tidak dapat mereduksi unsur-unsur di sebelah kanannya, reaksi berlangsung tidak spontan.

Misalnya, reaksi:

- $\text{Mg (s)} + \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow \text{MgSO}_4 \text{ (aq)} + \text{Zn (s)}$  (berlangsung spontan)
- $\text{Mg (s)} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)}$  - (tidak berlangsung spontan)

Mg terletak di sebelah kiri Zn dan di sebelah kanan Na. Dengan demikian, Mg mampu mereduksi Zn, tetapi tidak mampu mereduksi Na.

## 2. Bagaimana Cara Menyetarakan Persamaan Reaksi Redoks?

Seperti halnya reaksi kimia biasa, persamaan reaksi redoks harus disetarakan. Ada 3 hal yang harus diperhatikan dalam menyetarakan persamaan reaksi redoks, antara lain sebagai berikut.

- Jumlah atom di ruas kiri = jumlah atom di ruas kanan.
- Jumlah muatan atom di ruas kiri = jumlah muatan atom di ruas kanan.
- Sebagian besar reaksi redoks berlangsung dalam bentuk larutan dan pada suasana asam atau basa sehingga ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> serta molekul H<sub>2</sub>O yang terlibat dalam reaksi, diikutsertakan dalam penulisan sebagai pereaksi dan hasil reaksi.

Ada dua cara menyetarakan reaksi redoks, yaitu metode bilangan oksidasi dan metode setengah reaksi (ion elektron).

### a. Penyetaraan Reaksi Redoks Metode Bilangan Oksidasi

Penyetaraan redoks dengan metode bilangan oksidasi dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- 1) Hitung dan tuliskan bilangan oksidasi pada tiap-tiap unsur.
- 2) Tentukan reaksi oksidasi atau reduksi dengan melihat unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.
- 3) Tentukan jumlah perubahan bilangan oksidasi untuk setiap reaksi oksidasi dan reduksi.
- 4) Setarakan jumlah perubahan bilangan oksidasi untuk reaksi oksidasi dan reduksi.

**b. Menyetarakan Persamaan Reaksi Redoks Menggunakan Metode Setengah Reaksi**

Reaksi redoks dapat berlangsung dalam dua suasana, yaitu asam atau basa. Jika suasana asam, persamaan reaksi disetarakan dengan langkah-langkah berikut.

1. Tuliskan persamaan setengah reaksi (reaksi oksidasi dan reaksi reduksi).
2. Setarakan jumlah atom dan muatan, dengan urutan sebagai berikut.
  - a) Setarakan jumlah atom selain O dan H.
  - b) Setarakan jumlah atom O dengan menambahkan  $H_2O$ .
  - c) Setarakan jumlah atom H dengan menambahkan  $H^+$ .
  - d) Setarakan jumlah muatan dengan menambahkan elektron.
3. Setarakan jumlah elektron pada kedua setengah reaksi dengan menambahkan koefisien.
4. Jumlahkan kedua setengah reaksi tersebut.

Jika reaksi berlangsung dalam suasana basa, persamaan reaksi disetarakan dengan cara di atas, dilanjutkan dengan langkah berikut.

5. Tambahkan  $OH^-$  pada kedua ruas sebanyak  $H^+$ .  $H^+$  dan  $OH^-$  digabungkan menjadi HA.
6. Setarakan kembali persamaan dengan mengurangi kelebihan  $H_2O$ .

### 3. Sel Elektrokimia

Proses elektrokimia berlangsung dalam suatu sel elektrokimia. Ada dua jenis sel elektrokimia, yaitu sel Volta dan sel elektrolisis. Sel elektrokimia tersusun atas dua elektrode, yaitu anode dan katode. Reaksi oksidasi terjadi pada anode, sedangkan reaksi reduksi terjadi pada katode. Dalam sel elektrokimia, kedua elektrode dicelupkan ke dalam larutan elektrolit.

**a. Sel Volta**

Sel Volta merupakan jenis sel elektrokimia yang dapat menghasilkan energi listrik dari reaksi redoks yang berlangsung spontan. Sel Volta disebut juga sel Galvani. Penamaan sel Volta dan sel Galvani diberikan untuk menghargai jasa penemu kedua sel ini, yaitu Alexander Volta dan Luigi Galvani.

Pada sel Volta, anode adalah kutub negatif dan katode kutub positif. Anode dan katode yang berupa logam dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang mengandung setiap ion logamnya. Kedua larutan dihubungkan dengan jembatan garam, sedangkan kedua elektrode dihubungkan dengan kawat. Listrik yang dihasilkan diukur dengan voltmeter yang dipasangkan pada kawat. Jembatan garam berisi garam dalam gelatin yang berfungsi menjaga kenetralan listrik dari kedua larutan sehingga aliran listrik tidak

terputus. Contoh reaksi redoks spontan dalam sel Volta yang menghasilkan energi listrik adalah reaksi antara seng dan tembaga.

Setiap elektrode mengalami reaksi setengah sel. Anode mengalami reaksi oksidasi, sedangkan katode mengalami reaksi reduksi. Elektron yang dihasilkan dari reaksi oksidasi mengalir melalui kawat menuju larutan elektrolit yang dicelupi katode. Selanjutnya, elektron tersebut digunakan untuk menghasilkan reaksi reduksi membentuk logam. Aliran elektron melalui kawat itulah yang menghasilkan sumber energi listrik.

Penulisan reaksi kimia dalam sel Volta menggunakan diagram sel. Reaksi pada anode ditulis di sebelah kiri, sedangkan reaksi di katode ditulis di sebelah kanan.



Jadi, diagram sel untuk reaksi Zn dan Cu pada sel volta dapat dituliskan sebagai berikut.

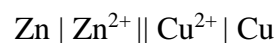


Diagram sel tersebut mengandung arti bahwa pada anode terjadi reaksi oksidasi Zn menjadi  $\text{Zn}^{2+}$ , sedangkan di katode terjadi reduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi Cu. Dua garis sejajar menyatakan jembatan garam.

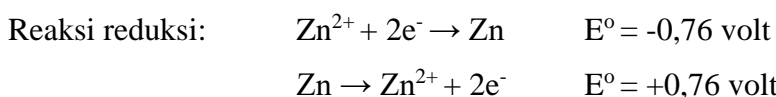
### 1) Potensial Elektrode dan Potensial Sel

Reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu yang disebut potensial reduksi atau potensial elektrode dengan simbol  $E$ . Nilai  $E$  yang sebenarnya dari suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung sebab tidak ada reaksi reduksi tanpa disertai reaksi oksidasi. Nilai  $E$  yang digunakan adalah nilai  $E$  relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektrode standar. Jadi, nilai  $E$  lebih tepat disebut harga  $E^\circ$  (potensial reduksi standar atau potensial elektrode standar).

Potensial elektrode berkaitan dengan reaksi redoks sehingga ada dua jenis potensial elektrode, yaitu potensial reduksi dan potensial oksidasi. Potensial oksidasi mempunyai nilai yang sama dengan potensial reduksi dengan tanda berlawanan.



Contoh:



Beberapa nilai potensial elektrode standar dicantumkan dalam selisih potensial reduksi antara dua reaksi reduksi zat yang berbeda disebut potensial sel.

*Bagaimana Cara Mengukur Potensial Elektrode dan Potensial Sel?*

Nilai potensial elektrode dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut voltmeter. Oleh karena reaksi reduksi dan reaksi oksidasi tidak dapat dilakukan secara terpisah, penentuan potensial sel dilakukan dalam sel Volta.

Dalam pengukuran potensial elektrode, digunakan elektrode hidrogen sebagai pembanding. Elektrode hidrogen dapat bertindak sebagai anode atau katode bergantung pada jenis elektrode yang akan diukur potensialnya.

**Tabel 4.1** Nilai Potensial Reduksi Standar Beberapa Elektrode dalam Larutan Asam dan Basa

Setengah Reaksi Reduksi Larutan Asam	E°, V
<b>Larutan Asam</b>	
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	+2,866
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	+2,075
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$	+2,05
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+1,763
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	+1,51
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	+1,455
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+1,358
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	+1,33
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	+1,23
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+1,229
$2IO_3^-(aq) + 12H^+(aq) + 10e^- \rightarrow I_2(s) + 6H_2O(l)$	+1,20
$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$	+1,065
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	+0,956
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0,800
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0,771
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2O_2(aq)$	+0,695
$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$	+0,535
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0,340
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l) + SO_2(g)$	+0,17
$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}(aq)$	+0,154
$S(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2S(g)$	+0,14
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	-0,125
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	-0,137
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-0,440
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-0,763
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-1,676
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-2,356

$\text{Na}^+ (aq) + e^- \rightarrow \text{Na} (s)$	-2,713
$\text{Ca}^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow \text{Ca} (s)$	-2,84
$\text{K}^+ (aq) + e^- \rightarrow \text{K} (s)$	-2,924
$\text{Li}^+ (aq) + e^- \rightarrow \text{Li} (s)$	-3,040
<b>Larutan Basa</b>	+1,246
$\text{O}_3 (g) + \text{H}_2\text{O} (l) + 2e^- \rightarrow \text{O}^2 (g) + 2\text{OH}^- (aq)$	+0,890
$\text{OCl}^- (aq) + \text{H}_2\text{O} (l) + 2e^- \rightarrow \text{Cl}^- (aq) + 2\text{OH}^- (aq)$	+0,401
$\text{O}_2 (g) + 2 \text{H}_2\text{O} (l) + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^- (aq)$	-0,828
$2 \text{H}_2\text{O} (l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 (g) + \text{OH}^- (aq)$	

## 2) Cara Menghitung Potensial Sel

Dengan mengetahui nilai potensial reduksi setiap zat yang bereaksi redoks, kita dapat menghitung potensial sel.

$$E^\circ \text{ sel} = E^\circ \text{ sel katode} - E^\circ \text{ sel anode} \quad (4.3)$$

Reaksi sel merupakan reaksi penjumlahan dari dua reaksi setengah sel, yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Untuk itu, jumlah elektron yang dilepaskan dan yang diterima harus setara. Jika belum, setarakan terlebih dahulu dengan cara menambahkan koefisien reaksi. Nilai potensial reduksi tidak berubah akibat penyetaraan ini.

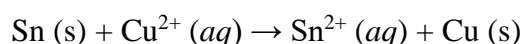
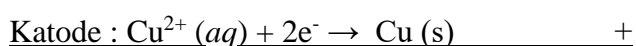
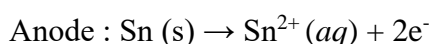
## 3) Bagaimana Menentukan Kespontanan Reaksi Redoks Menggunakan Potensial Sel?

Jika terjadi reaksi redoks dalam suatu sel elektrokimia, potensial sel setiap elektrode (anode dan katode) dapat dihitung. Reaksi redoks berlangsung spontan jika potensial selnya bernilai positif. Sebaliknya, reaksi redoks tidak berlangsung spontan jika potensial selnya bernilai negatif.

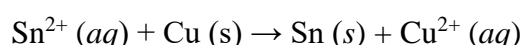
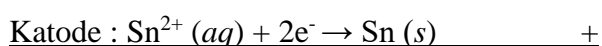
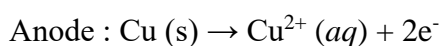
### b. Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis merupakan kebalikan dari sel Volta. Pada sel elektrolisis, katode bermuatan negatif, sedangkan anode bermuatan positif.

Reaksi kimia pada sel Volta:



Reaksi kimia pada sel elektrolisis :





#### 4) Cara Kerja Sel Elektrolisis

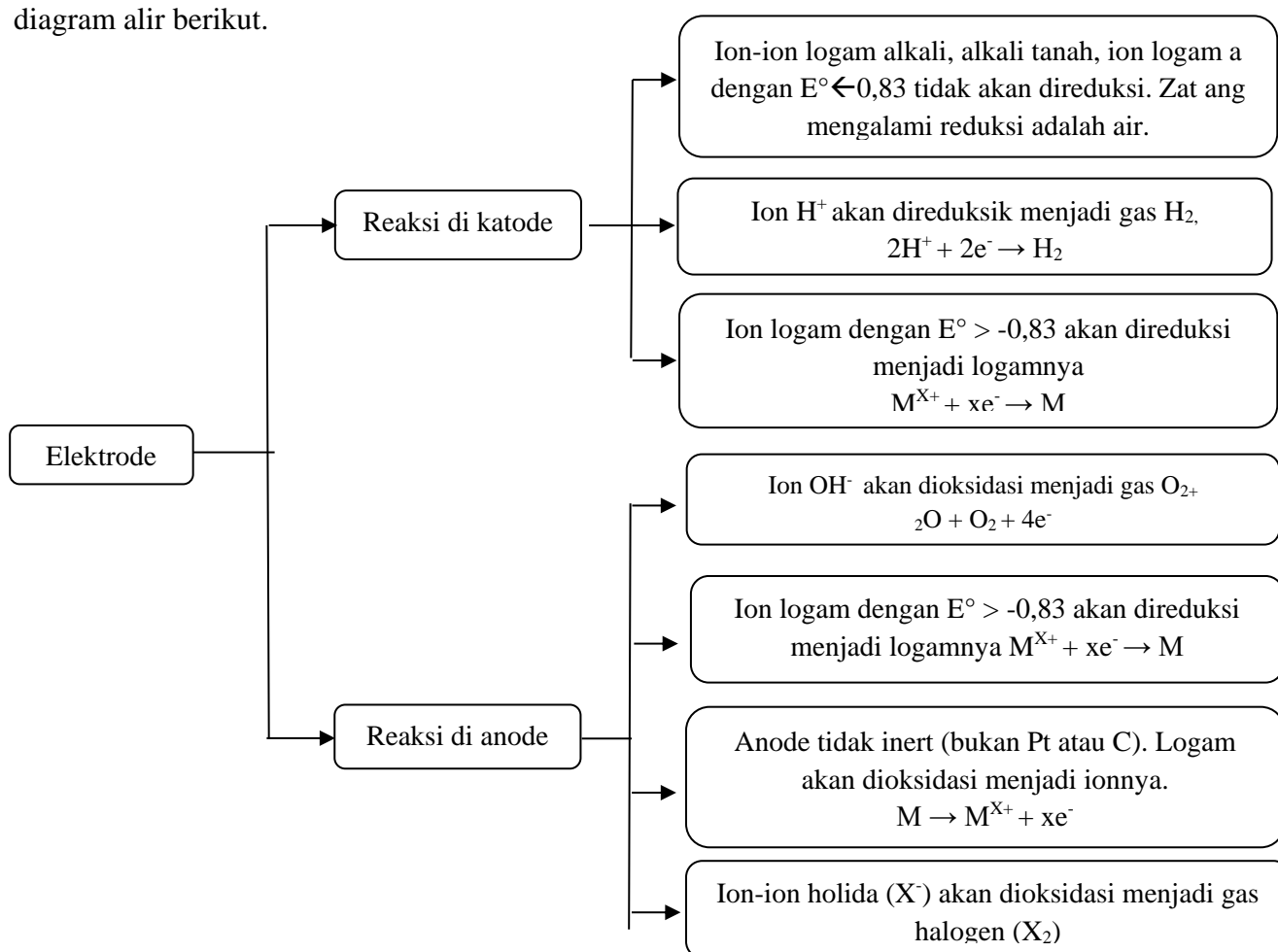
Sel elektrolisis terdiri atas zat yang dapat mengalami ionisasi (larutan atau lelehan), elektrode, dan sumber listrik (baterai). Mula-mula, aliran listrik dialirkan dari kutub negatif baterai ke katode yang bermuatan negatif. Larutan atau lelehan akan terionisasi menjadi kation dan anion. Selanjutnya, kation di katode akan mengalami reduksi. Di anode, anion akan mengalami oksidasi.

#### 5) Bagaimana Cara Menuliskan Reaksi Kimia dalam Sel Elektrolisis?

Berdasarkan jenis elektrolitnya, reaksi pada sel elektrolisis dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu sel elektrolisis dengan elektrolit lelehan dan sel elektrolisis dengan elektrolit larutan.

##### a) Cara Menuliskan Reaksi Kimia dalam Sel Elektrolisis dengan Elektrolit Larutan

Untuk memudahkan penulisan reaksi kimia pada sel elektrolisis dengan elektrolit larutan, gunakan diagram alir berikut.



**Gambar 4.1** Diagram Alir Penulisan Reaksi Kimia pada Sel Elektrolisis

##### b) Cara Menuliskan Reaksi Kimia dalam Sel Elektrolisis dengan Elektrolit Lelehan

Lelehan elektrolit diperoleh dengan cara memanaskan padatan elektrolit tanpa melibatkan air. Kation di katode akan direduksi, sedangkan anion di anode akan dioksidasi. Elektrode yang digunakan merupakan elektrode inert (tidak akan bereaksi) seperti platina atau grafit.

### c. Aplikasi Proses Elektrokimia

#### 1) Jenis dan Aplikasi Sel Volta

Sel Volta dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sel Volta primer, sel Volta sekunder, dan sel Volta bahan bakar. Sel Volta primer adalah sel Volta yang tidak dapat diperbarui (sekali pakai). Reaksi redoks dalam sel Volta ini bersifat *irreversible* (tidak dapat balik). Contoh sel Volta primer adalah set kering (baterai biasa), baterai alkalin, baterai merkuri oksida, dan baterai litium.

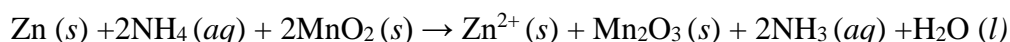
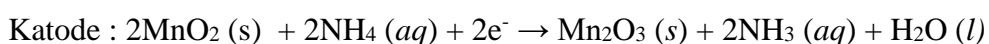
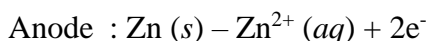
Sel Volta sekunder adalah sel Volta yang dapat diperbarui, (dapat diisi ulang). Reaksi redoks dalam sel Volta ini bersifat *reversible* (dapat balik) sehingga dapat dikembalikan ke keadaan semula. Contohnya aki, baterai Ni-Cd, baterai Ni-logam hidrida, dan baterai ion litium.

Sel Volta bahan bakar (*fuel cell*) adalah sel Volta yang tidak diperbarui, tetapi juga tidak habis. Pada sel bahan bakar, elektrodanya berupa gas-gas yang ditambahkan terus-menerus selama sel itu bekerja. Contohnya, sel campuran hidrogen dan oksigen yang digunakan sebagai bahan bakar pesawat luar angkasa.

#### a) Sel Kering dan Baterai Alkalin

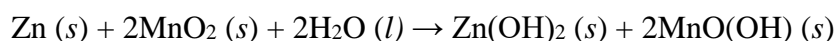
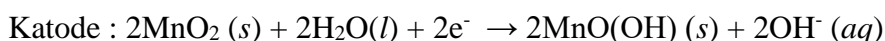
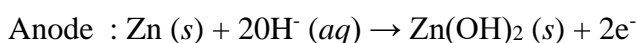
Sel kering tersusun atas silinder seng berisi pasta dari campuran batu kawi ( $\text{MnO}_2$ ), salmiak ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), karbon, dan sedikit air. Seng berfungsi sebagai anode, grafit yang merupakan elektrode inert sebagai katode. Besarnya potensial yang dihasilkan sel kering adalah 1,5 volt.

Reaksi-reaksi yang terjadi dalam baterai kering adalah sebagai berikut.



Baterai kering jenis alkalin merupakan pengembangan dari baterai kering. Cara kerjanya hampir sama dengan sel kering, baterai alkalin menggunakan KOH sebagai pengganti pasta  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam pasta. Potensial baterai alkalin 1,5 volt. Baterai jenis itu lebih tahan lama dibandingkan dengan baterai kering biasa.

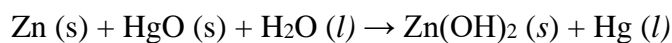
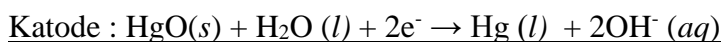
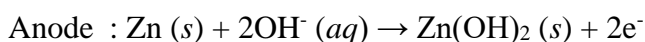
Reaksi pada baterai alkalin adalah sebagai berikut.



#### b) Baterai Merkuri Oksida

Baterai merkuri oksida tersusun atas logam Zn, HgO, dan pasta KOH. Zn berfungsi sebagai anode, HgO sebagai katode sedangkan pasta KOH sebagai elektrolit. Potensial sel yang dihasilkan sebesar 1,3 volt dan dapat bertahan untuk waktu yang cukup lama.

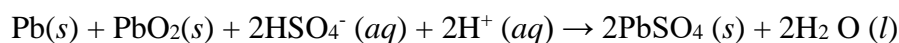
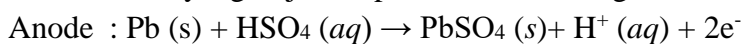
Reaksinya adalah sebagai berikut.



### c) Aki Mobil

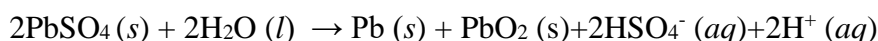
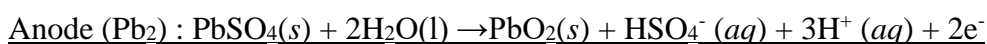
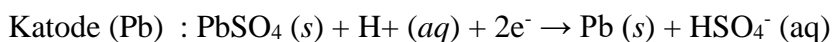
Sel aki tersusun atas keping-keping Pb sebagai anode dan keping PbO<sub>2</sub> (timbel oksida) sebagai katode dengan tegangan sebesar 2 volt. Keping-keping tersebut disusun secara seri berpasangan biasanya 3 hingga 6 pasang. Sel aki berisi larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 30%. Reaksi elektrode dengan asam sulfat sama-sama menghasilkan kerak PbSO<sub>4</sub> pada masing-masing elektrode. Elektron mengalir dari anode ke katode menghasilkan aliran listrik.

Reaksi kimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.



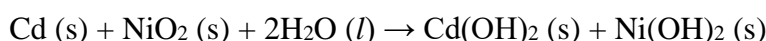
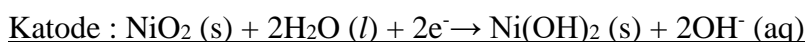
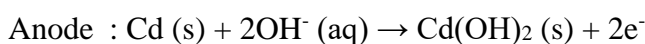
Makin lama, kerak PbSO<sub>4</sub> yang terbentuk makin menutupi anode dan katode. Akibatnya, selisih potensial akan berkurang dan habis. Hal itu berarti aki harus segera diisi ulang.

Aki dapat diisi kembali dengan cara membalik arah aliran elektron. Elektron dialirkan dari katode ke anode. Jadi, hubungkan elektrode Pb dengan kutub negatif sumber arus agar PbSO<sub>4</sub> yang terdapat pada elektrode Pb itu direduksi. Pada saat yang sama, PbSO<sub>4</sub> yang terdapat pada elektrode PbO<sub>2</sub> dioksidasi.



### d) Baterai Nikel-Kadmium dan Nikel-Logam Hidrida

Baterai Ni-Cd tersusun atas logam cadmium (Cd), padatan nikel oksida (NiO<sub>2</sub>), dan larutan basa KOH. Logam Cd bertindak sebagai anode, NiO<sub>2</sub> sebagai katode, sedangkan KOH sebagai larutan elektrolit. Reaksi kimia pada baterai nikel kadmium dapat dituliskan sebagai berikut.

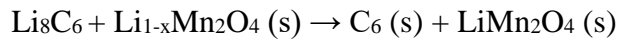
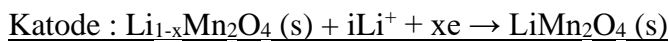
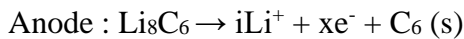


Logam Cd beracun. Oleh karena itu, penggunaan Cd diganti dengan logam hidrida, misalnya litium hidrida (LiH).

### e) Baterai Ion Litium

Baterai ion litium tersusun atas logam Li dalam grafit ( $\text{Li}_8\text{C}_6$ ) sebagai anode, logam litium oksida ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) sebagai katode, dan elektrolit  $\text{LiClO}_4$  dalam etilen karbonat atau pelarut organik.

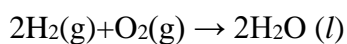
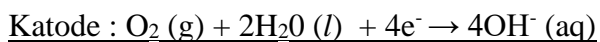
Elektron akan mengalir melalui rangkaian luar, sedangkan ion  $\text{Li}^+$  mengalir dari anode ke katode. Reaksinya adalah sebagai berikut.



Potensial sel yang dihasilkannya cukup besar, yaitu 3,7 volt dan dapat diisi ulang.

#### f) Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar tersusun atas campuran hidrogen dan oksigen, elektrode berbahan karbon berpori (membran) yang mengandung katalis logam platina, dan larutan basa  $\text{KOH}$  yang berada di antara dua katode. Gas oksigen dialirkan ke katode melalui elektrode, sedangkan pada anode dialirkan gas hidrogen. Reaksi kimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.



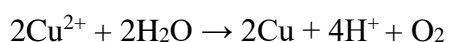
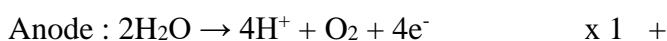
## 2) Aplikasi Sel Elektrolisis

Dalam kehidupan sehari-hari dan industri, prinsip sel elektrolisis banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, di antaranya pemurnian logam, penyepuhan logam, isolasi logam, dan pembuatan gas.

### a) Bagaimanakah Memurnikan Logam dengan Cara Elektrolisis?

Logam-logam dapat diperoleh dengan cara memisahkannya dari bijih logam. Setelah berhasil dipisahkan, logam-logam tersebut belum murni karena masih bercampur dengan logam-logam lain yang terkandung dalam bijih logam. Untuk memurnikannya, campuran logam-logam tersebut dielektrolisis.

Contohnya pemurnian logam Cu.



Logam tembaga murni digunakan sebagai katode, sedangkan logam tembaga yang belum murni digunakan sebagai anode. Logam tembaga yang belum murni biasanya mengandung logam besi (Fe), seng (Zn), emas (Au), perak (Ag), dan platina (Pt). Logam Cu, Fe, dan Zn akan larut dalam larutan sulfat

dalam bentuk ion-ionnya. Adapun logam Au, Ag, dan Pt tidak larut sehingga jatuh ke dasar wadah. Selanjutnya, ion  $\text{Cu}^{2+}$  akan direduksi dalam katode membentuk logamnya.

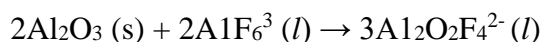
Bagaimana dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$ ? Kedua ion logam tersebut tidak akan direduksi dan tetap berada dalam larutan karena potensial reduksinya lebih kecil dibandingkan ion  $\text{Cu}^{2+}$ .

### b) Bagaimanakah Mengisolasi Logam dengan Cara Elektrolisis?

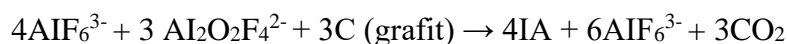
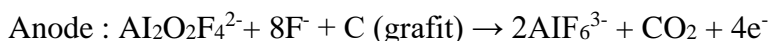
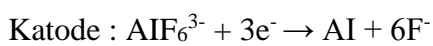
Logam-logam dapat diisolasi dengan cara memisahkannya dari bijih logam. Salah satu caranya dengan mengelektrolisis senyawanya, misalnya isolasi aluminium.

Aluminium (Al) diperoleh dari hasil pemisahan bauksit dalam bentuk aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Logam Al murni dapat diperoleh dengan cara metode Hall-Heroult. Dengan metode ini,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  akan diubah menjadi Al. Bagaimana proses yang terjadi?

Gelembung sel elektrolisis tersusun dari tangki grafit sebagai katode dan batang grafit sebagai anode. Mula-mula,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dicampurkan dengan kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), lalu dilelehkan.



$\text{AlF}_6^{3-}$  akan mengalami reduksi di katode membentuk logam Al. Adapun  $3\text{Al}_2\text{O}_2\text{F}_4^{2-}$  akan dioksidasi di anode menghasilkan  $\text{AlF}_6^{3-}$  dan gas  $\text{CO}_2$ .



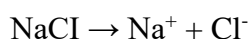
### c) Bagaimanakah Membuat Gas dengan Cara Elektrolisis?

Beberapa gas seperti  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{Cl}_2$  dapat diperoleh dengan cara elektrolisis. Metode yang biasa digunakan adalah sel diafragma klor-alkali dan elektrolisis air.

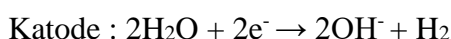
#### 1) Sel Diafragma Klor-Alkali

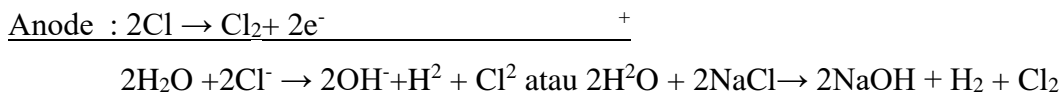
Gas  $\text{Cl}_2$  dan  $\text{H}_2$  dapat diperoleh dari garam  $\text{NaCl}$  dengan cara elektrolisis menggunakan sel diafragma klor-alkali. Dalam proses ini, dihasilkan juga soda api ( $\text{NaOH}$ ).

Sel diafragma tersusun atas anode grafit dan katode besi. Kedua elektrode dipisahkan oleh suatu diafragma (membran berpori). Penggunaan diafragma ini untuk mencegah bercampurnya gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  yang terbentuk serta menghalangi ion  $\text{OH}^-$  menuju wadah anode. Reaksi kimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.



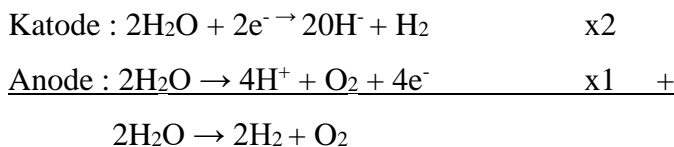
Na merupakan logam alkali sehingga yang direduksi adalah  $\text{H}_2\text{O}$ . Ion Cl merupakan ion halida sehingga akan dioksidasi menjadi gas  $\text{Cl}_2$ .





## 2) Elektrolisis Air

Pada dasarnya, air murni sulit mengalami elektrolisis. Untuk itu, ke dalam air, ditambahkan garam yang tidak dapat terelektrolisis dalam air, misalnya  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Di katode, air akan direduksi menjadi  $\text{H}_2$ , sedangkan di anode, air akan dioksidasi menjadi  $\text{O}_2$ . Gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$  yang terbentuk ditampung dalam wadah terpisah.

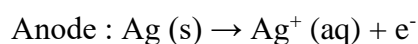
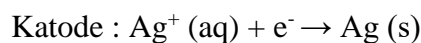


### d) Bagaimanakah Menyepuh Logam dengan Cara Elektrolisis?

Penyepuhan logam dengan cara elektrolisis dikenal dengan istilah elektroplating. Logam yang akan disepuh dijadikan katode, sedangkan logam penyepuh dijadikan anode.

Sebagai larutan elektrolit digunakan larutan yang mengandung logam penyepuh. Contohnya, penyepuhan sendok makan yang terbuat dari besi oleh logam perak ( $\text{Ag}$ ).

Sendok besi dijadikan katode, sedangkan batang  $\text{Ag}$  dijadikan anode. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan  $\text{AgNO}_3$ . Ion  $\text{Ag}^+$  akan tereduksi di katode (sendok) membentuk logam  $\text{Ag}$  yang menempel di sendok. Karena anode yang digunakan bukan elektrode inert, logam  $\text{Ag}$  akan dioksidasi membentuk ion  $\text{Ag}^+$  yang digunakan untuk menyuplai elektron hingga seluruh sendok telah disepuh.



## C. Hukum Faraday

Pada sel elektrolisis, energi listrik diubah menjadi energi kimia. Bagaimana hubungan antara jumlah listrik yang digunakan pada elektrolisis dan massa produk yang dihasilkan di elektrode? Hubungan tersebut dipelajari pertama kali oleh ilmuwan Inggris Michael Faraday yang dituangkan dalam Hukum Faraday. Ada dua Hukum Faraday, yaitu Hukum Faraday I dan Hukum Faraday II.

### Hukum Faraday I

Jumlah zat yang dihasilkan di elektrode berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang melalui elektrolisis.

$$W = e \cdot F = \frac{e \cdot i \cdot t}{96.500} \quad (4.4)$$

## Hukum Faraday II

$$\frac{W_1}{e_1} = \frac{W_2}{e_2} = \dots = \frac{W_n}{e_n} \quad (4.5)$$

Jika arus listrik yang sama dilewatkan pada beberapa sel elektrolisis, yang dihasilkan seetiap sel berbanding lurus dengan berat ekuivalen zat dan tanpa bergantung pada jenis zat yang terlibat dalam reaksi elektrolisis.

Keterangan :

W = jumlah zat yang dihasilkan (g)

e = berat ekuivalen

F = arus listrik untuk mendapatkan 1 mol elektron (F)

i = arus listrik (A)

t = waktu reaksi (detik)

$$e = \frac{Mr}{\text{eletron yang terlibat}} \quad (4.6)$$

1 faraday = 1 mol elektron = 96.500 coulomb/mol elektron

## D. Elektroplating

Kehidupan masyarakat modern tidak bisa terlepas dari benda-benda yang dibuat dengan proses elektroplating. Komponen dan aksesoris kendaraan bermotor, aksesoris mebel, kursi lipat, berbagai alat perkantoran, alat-alat pertanian, jam tangan, aksesoris rumah tangga, dan berbagai alat industri dilakukan pengerjaan akhir melalui proses elektroplating. Elektroplating ditunjukkan untuk berbagai keperluan mulai dari perlindungan terhadap karat seperti pada pelapisan seng pada besi baja yang digunakan untuk berbagai keperluan bahan bangunan dan konstruksi. Pelapisan nikel dan krom umumnya ditujukan untuk menjadikan benda mempunyai permukaan lebih keras dan mengkilap selain juga sebagai perlindungan terhadap korosi.

Elektroplating atau lapis listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Benda yang dilakukan pelapisan harus merupakan konduktor atau dapat menghantarkan arus listrik.

Selain elektroplating, pelapisan atau deposisi logam pada benda dapat dilakukan melalui pengendapan kimia yang dikenal sebagai *electrolessplating* atau *electrolessdeposition*. Pengendapan ini

tidak memerlukan bantuan arus listrik, namun melalui reaksi kimia berdasarkan beda potensial. Berbagai cara pelapisan bahan padat lainnya dengan logam dilakukan dengan pencelupan pada logam cair yang dikenal sebagai hot-dipping, pengendapan logam dari fase uap ke fase padat menggunakan proses *chemical vapour deposition (CVD)*.

Masyarakat umum lebih mengenal istilah *veerzinc*, *veernickel*, *veerchrom* untuk pelapisan seng, nikel maupun krom daripada istilah elektropating, sehingga bila kita membicarakan hal elektroplating masih banyak yang belum memahami dengan jelas. Sedangkan istilah baku yang dipakai untuk elektroplating adalah lapis listrik.

Elektroplating emas biasanya lebih umum dikenal dengan istilah “penyepuhan”. “Sepuh” artinya tua sehingga barang barang yang dilapisi emas seolah olah mirip dengan emas murni meskipun sebenarnya benda tersebut hanya dilapisi beberapa micron dengan emas. Penyepuhan banyak diterapkan pada barang kerajinan maupun perhiasan.

Pelapisan tembaga banyak dijumpai pada industri sirkit hantaran arus listrik dan industri percetakan. Pada industri percetakan pelapisan tembaga dimaksudkan untuk membuat pola cetak dengan system pelukisan logam (*engraving*) atau etsa (*etching*) yang kemudian dilanjutkan dengan pelapisan nikel dan krom. Pelapisan tembaga dilakukan juga sebagai pendasaran pelapisan lanjut nikel maupun krom pada berbagai komponen kendaraan bermotor.

*Electroforming* merupakan bentuk lain dari electroplating, yaitu pelapisan pada suatu benda model untuk menghasilkan barang dengan bentuk tertentu. Hasil plating akan dilepas dari benda modelnya, dengan cara ini dapat dibuat aneka bentuk barang logam sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Pelapisan pada bahan non-konduktif seperti kayu, kaca, plastic banyak juga diterapkan. Salah satu aplikasi yang cukup terkenal dan memerlukan ketelitian dan kehalusan tinggi yaitu plating emas pada bahan keramik bentuk piringan untuk cinderamata. Beberapa jenis plastic yang dapat dibuat untuk menghantarkan arus seperti *ABS*, selanjutnya dapat dilapisi logam untuk keperluan dekoratif.

Industri yang bergerak dalam bidang elektroplating dapat dijumpai pada industri manufaktur kendaraan bermotor, traktor, peralatan elektronik, percetakan, kerajinan logam-kuningan, kran air, aksesoris mebel, dan juga industri jasa penyepuhan emas maupun jasa *plating* komponen kendaraan bermotor. Usaha industri elektroplating dapat dilakukan dari skala mikro, kecil, menengah sampai dengan skala besar, sehingga peluang usaha yang cukup luas dapat dilakukan berbagai kalangan. Jasa penyepuhan emas merupakan salah satu usaha yang mempunyai prospek cukup bagus dengan modal usaha rendah. Jasa plating krom bagi kendaraan bermotor dan mobil dapat dilakukan dengan skala kecil dan menengah. Skala industri besar diarahkan untuk sektor produksi seperti kursi, tanki penyemprot air untuk pertanian, suku cadang kendaraan bermotor dan mobil, dan kereta api.

Isu lingkungan yang menuntut penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan, mengarahkan pengembangan produk dengan limbah sekecil mungkin. Penerapan produksi bersih dapat meningkatkan

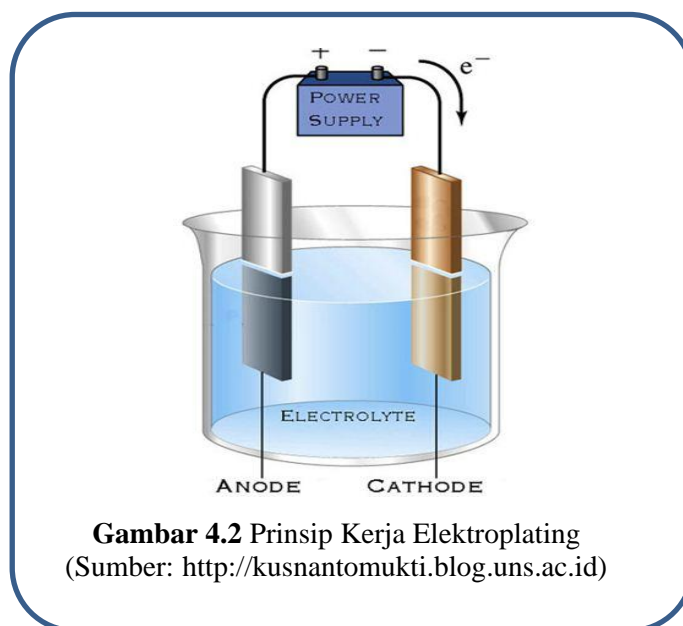


efisiensi dan produktivitas dengan prinsip pencegahan (*elimination*), pengurangan (*reduce*), pakai ulang (*reuse*), daur ulang (*recycle*), dan pungut ulang (*recovery*), bahan-bahan yang dipakai pada industri elektroplating.

Elektroplating didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Ion logam diperoleh dari elektrolit maupun berasal dari pelarutan anoda logam ke dalam elektrolit. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap disebut juga sebagai deposit. Dalam pembahasan selanjutnya digunakan istilah *plating* atau lapis listrik atau pelapisan logam yang maksudnya adalah elektroplating.

### 1. Prinsip Kerja Elektroplating

Prinsip utama terjadinya proses elektroplating ditunjukkan pada Gambar 4.2 yang menerangkan tentang proses elektroplating suatu logam menggunakan elektrolit yang mengandung senyawa logam.



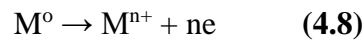
Sumber arus listrik searah dihubungkan dengan dua buah elektroda, yaitu elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda dan elektroda positif disebut anoda. Benda yang akan dilapisi harus bersifat konduktif atau menghantarkan arus listrik dan berfungsi sebagai katoda disebut benda kerja. Pada elektroplating dengan anoda aktif digunakan anoda logam yang mempunyai kemurnian tinggi. Arus mengalir dari anoda menuju katoda melalui elektrolit.

Proses pelapisan pada benda kerja dilakukan pada suatu elektrolit yang mengandung senyawa logam. Untuk meningkatkan hantaran arus, dapat ditambahkan asam atau basa. Ion logam ( $M^{n+}$ ) dalam elektrolit yang bermuatan positif menuju benda kerja sebagai katoda yang bermuatan negatif sehingga ion logam  $M^{n+}$  akan tereduksi menjadi logam  $M$  dan mengendap di katoda membentuk lapisan logam (deposit), menurut reaksi :



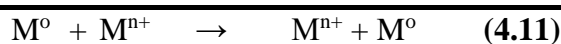
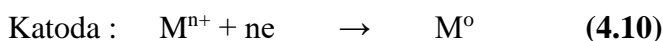
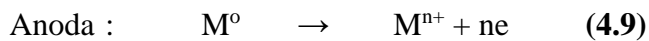
Ion logam dalam elektrolit yang telah tereduksi dan menempel di katoda, posisinya akan diganti oleh anoda logam yang teroksidasi dan larut dalam elektrolit atau dari penambahan larutan senyawa logam.

Pada anoda terjadi oksidasi menurut reaksi:



Apabila proses elektroplating berjalan seimbang, konsentrasi elektrolit akan tetap, anoda makin lama makin berkurang dan terjadi pengendapan logam yang melapisi katoda sebagai benda kerja.

Reaksi oksidasi–reduksi secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:



Apabila *plating* menggunakan anoda inaktif, logam yang menempel pada katoda hanya berasal dari larutan. Akibatnya, konsentrasi larutan makin berkurang dan diperlukan kontrol yang ketat terhadap konsentrasi larutan elektroplating untuk menjaga efisiensi proses dan kualitas lapisan.

## 2. Berat Endapan pada Katoda

Banyaknya logam yang mengendap membentuk lapisan atau deposit pada katoda dinyatakan dalam hukum Faraday I, yaitu berat endapan (W) sebanding dengan kuat arus (I) dan waktu plating (t). Hukum Faraday II menyatakan bahwa berat endapan bergantung pada jenis logam yang dinyatakan sebagai berat ekuivalen.

Pernyataan tersebut dituliskan sebagai berikut:

$$W = Z I t \quad (4.12)$$

Dengan :

W : berat endapan , gr

I : kuat arus , Amper

t : waktu, dt

Z : BE / 96.500

BE : berat ekuivalen = BA / valensi

BA : berat atom (contoh untuk Cu = 63,5)

Valensi, v : banyaknya elektron yang diterima untuk membentuk endapan.

## 3. Efisiensi Plating ( $\eta$ )

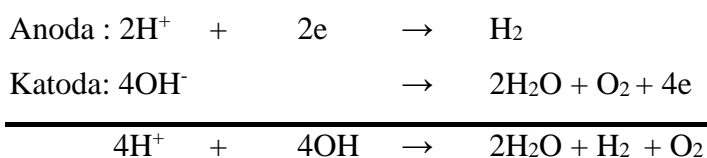
Efisiensi plating pada umumnya dinyatakan sebagai efisiensi arus anoda maupun katoda. Efisiensi katoda ialah arus yang digunakan untuk pengendapan logam pada katoda dibandingkan dengan total arus masuk. Arus yang tidak dipakai untuk pengendapan digunakan untuk penguraian air membentuk gas

hidrogen, hilang menjadi panas atau pengendapan logam-logam lain sebagai impuritas yang tak diinginkan. Efisiensi anoda ialah perbandingan antara jumlah logam yang terlarut dalam elektrolit dibandingkan dengan jumlah teoretis yang dapat larut menurut Hukum Faraday.

Kondisi plating yang baik jika diperoleh efisiensi katoda sama dengan efisiensi anoda sehingga konsentrasi larutan jika menggunakan anoda aktif akan selalu tetap. Efisiensi arus katoda sering dipakai sebagai pedoman menilai apakah semua arus yang masuk digunakan untuk mengendapkan ion logam pada katoda sehingga didapat efisiensi plating sebesar 100% ataukah lebih kecil. Adanya kebocoran arus listrik, larutan yang tidak homogen, dan elektrolisis air merupakan beberapa penyebab rendahnya efisiensi.

Elektrolisis air merupakan reaksi samping yang menghasilkan gas hidrogen pada katoda dan gas oksigen pada anoda.

Reaksi elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut:



Secara praktis, efisiensi plating dinyatakan sebagai perbandingan berat nyata terhadap berat teoretis endapan pada katoda.

Efisiensi katoda dituliskan sebagai:

$$H = W' / W \quad (4.13)$$

dengan:

$W'$  : berat nyata endapan pada katoda

$W$  : berat teoritis endapan pada katoda menurut Hukum Faraday

#### 4. Faktor yang Berpengaruh pada Plating

Kualitas hasil elektroplating maupun efisiensi arus sangat dipengaruhi oleh variabel proses berikut:

- konsentrasi elektrolit,
- sirkulasi elektrolit,
- rapat arus,
- tegangan,
- jarak anoda-katoda,
- rasio dan bentuk anoda-katoda,
- distribusi arus,
- temperatur,
- daya tembus (*throwing power*)

- j. *epitaxy dan leveling*
- k. aditif,
- l. kontaminasi.

#### **a. Konsentrasi Elektrolit**

Larutan elektrolit terdiri dari komponen utama berupa senyawa logam dalam bentuk garam terlarut dan asam atau basa. Senyawa logam merupakan sumber logam yang menempel pada benda kerja. Larutan asam atau basa dalam elektrolit berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas atau daya hantar listrik. Konsentrasi elektrolit selama proses plating berlangsung akan mengalami perubahan terutama karena adanya penguapan dan berpindahnya ion logam dari larutan yang mengendap di katoda. Pada umumnya, kelebihan kadar logam akan menyebabkan menurunnya kekilapan dan kerataan lapisan, dan juga mengakibatkan terjadinya pemborosan bahan. Apabila kadar logam rendah terjadi penurunan konduktivitas sehingga proses plating menjadi lambat. Oleh karena itu, konsentrasi elektrolit perlu dijaga konstan dengan melakukan analisis larutan secara teratur.

#### **b. Sirkulasi Elektrolit**

Distribusi ion-ion di dalam elektrolit seringkali tidak merata. Hal ini disebabkan adanya kelebihan ion negatif di sekitar katoda karena terjadinya perpindahan ion logam positif yang mengendap, sedangkan di sekitar anoda seringkali terjadi kelebihan ion positif yang berasal dari oksidasi logam.

Sirkulasi elektrolit bertujuan agar distribusi ion-ion baik positif ataupun negatif di dalam elektrolit menjadi merata sehingga dapat dihindari terjadinya polarisasi. Polarisasi terjadi jika dua daerah dalam elektrolit sangat positif dan yang lainnya sangat negatif sehingga diperlukan tegangan yang lebih tinggi agar arus dapat mengalir melalui elektrolit dari anoda ke katoda. Sirkulasi elektrolit dapat dilakukan dengan bantuan pompa ataupun dengan hembusan udara dari *blower* melalui pipa-pipa yang dipasang di dasar dan tepi tangki.

#### **c. Rapat Arus**

Berdasarkan hukum Faraday, banyaknya endapan sebanding dengan kuat arus. Akan tetapi dalam praktik, besaran yang diperlukan untuk plating adalah rapat arus, yaitu arus per satuan luas, biasanya dinyatakan dalam Ampere/dm<sup>2</sup> (A / dm<sup>2</sup>) atau Ampere/ft<sup>2</sup> (A/ft<sup>2</sup>). Rapat arus antara anoda dan katoda besarnya berbeda dan rapat arus katoda merupakan besaran yang perlu diperhatikan agar kualitas endapan pada katoda berkualitas baik dan tidak sampai terbakar.

Makin besar rapat arus, laju plating makin cepat dan waktu yang diperlukan untuk memperoleh endapan dengan ketebalan tertentu akan makin singkat. Pada praktik, jika benda yang dilakukan *plating* berjumlah banyak atau luasan benda besar, diperlukan arus yang besar dan kemudian diturunkan jika

jumlah benda sedikit atau luasan benda kecil. Rapat arus yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya panas sehingga benda kerja yang dilapisi dapat terbakar dengan ditandai warna yang menghitam.

#### **d. Tegangan**

Tegangan yang diperlukan untuk proses elektroplating bergantung pada jenis, komposisi dan kondisi elektrolit. Rapat arus dapat dinaikkan dengan menaikkan tegangan. Akan tetapi, hal ini dapat menyebabkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas. Pada keadaan tegangan batas, tidak terjadi aliran arus melalui elektrolit, dan jika tegangan dinaikkan, akan terjadi elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen dan oksigen. Tegangan batas dapat dinaikkan dengan cara sirkulasi elektrolit mempertinggi temperatur larutan dan memperbaiki konsentrasi elektrolit.

#### **e. Jarak Anoda - Katoda**

Jarak anoda-katoda menentukan hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keseragaman tebal lapisan. Besarnya hantaran berbanding terbalik dengan jarak. Apabila jarak anoda-katoda kecil, hambatan menjadi kecil dan konduktivitas besar sehingga untuk mendapatkan rapat arus yang besar, diperlukan tegangan yang lebih rendah.

#### **f. Rasio Anoda - Katoda**

Perbandingan permukaan anoda-katoda sangat penting untuk menjaga agar ion-ion di dalam elektroplating selalu seimbang. Standar rasio anoda-katoda bergantung dari jenis *plating*. Untuk menjaga agar konsentrasi elektrolit selalu seimbang, misalnya saja konsentrasi tembaga sulfat terhadap asam sulfat, pada plating tembaga harus dijaga agar perbandingan anoda tembaga terhadap benda kerja selalu mendekati standar. Jika anoda lebih sedikit dibanding katoda, akan terjadi kekurangan ion tembaga di dalam larutan dan endapan yang terbentuk menjadi lambat dan tak normal.

#### **g. Distribusi Arus**

Lintasan arus dari anoda ke katoda tidak semuanya lurus, tetapi cenderung melengkung terutama yang berasal dari ujung anoda ke ujung katoda. Keadaan ini menyebabkan rapat arus ke ujung-ujung katoda menjadi lebih besar sehingga endapan yang terbentuk pada bagian ujung cenderung lebih tebal. Itulah sebabnya apabila melakukan plating batangan besi dengan tembaga ataupun silinder dengan tembaga dan krom, sering dihasilkan ujung-ujung silinder cenderung lebih tebal dibandingkan pada bagian tengah.

Pada *plating* benda-benda yang rumit, seringkali dihasilkan pelapisan yang tak merata terutama pada daerah arus rendah (*low current*), yaitu daerah-daerah yang berlekuk. Untuk mengatasi keadaan tersebut, biasanya dipasang anoda sekunder sehingga dapat diperoleh rapat arus yang seragam dan daerah yang sulit atau berarus rendah dapat diperkuat dengan adanya anoda bantuan tersebut. Pada daerah dengan arus yang tinggi, dapat dipasang pemecah arus yang biasanya berupa plastik berbentuk sikat gigi.

#### **h. Temperatur**

Temperatur berpengaruh terhadap konduktivitas. Temperatur makin tinggi menyebabkan konduktivitas larutan makin besar sehingga mempercepat hantaran arus listrik. Pada temperatur tinggi, dapat diperoleh rapat arus yang besar dan juga mempertinggi tegangan batas polarisasi. Namun demikian, setiap jenis *plating* mempunyai rentang temperatur operasi optimum yang berkaitan dengan sifat endapan logam pada benda kerja maupun sifat dari aditif. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan endapan terbakar dan terjadi kerusakan aditif.

#### **i. Daya Tembus**

Daya tembus (*throwing power*) didefinisikan sebagai kemampuan proses elektrolitik untuk menutup katoda dengan lapisan seseragam mungkin, ditentukan oleh pengaturan geometri tanki dan berbagai parameter proses termasuk juga jenis elektrolit. Letak geometri katoda-anoda menentukan distribusi arus primer seperti yang telah dibahas pada distribusi arus di atas. Daya tembus terutama sangat perlu diperhatikan apabila melakukan plating benda yang rumit.

Rapat arus yang besar cenderung membuat lapisan pada ujung-ujung benda kerja menjadi lebih tebal karena mendapat rapat arus yang lebih besar. Keadaan ini dapat diatasi dengan pemasangan pemecah arus dari bahan-bahan isolator seperti plastik berbentuk gerigi yang dipasang antara anoda dengan ujung benda kerja. Idealnya, pemasangan anoda-katoda tepat berhadapan-hadapan pada jarak yang sama. Namun, dalam praktik, hal ini jarang dapat dilakukan dan menyebabkan daya tembus tidak sama. Pengaruh lanjut dari daya tembus adalah distribusi arus sekunder sebagai hasil antara distribusi arus primer dan polarisasi.

#### **j. Epitaxy dan Leveling**

Pengertian *epitaxy* adalah lapisan mengikuti bentuk dan struktur dari benda kerja sebagai katoda sehingga benda kerja yang kasar menghasilkan lapisan kasar. Contoh dapat diamati jika benda yang akan dilapis dengan krom permukaannya kasar dan berserat, hasil akhir pelapisan krom juga kasar dan berserat. *Leveling* dimaksudkan bahwa lapisan meratakan bagian-bagian benda kerja yang cekung sehingga plating mempunyai kecenderungan menutupi permukaan-permukaan benda yang cekung menjadi rata. *Epitaxy* dapat dicegah dengan persiapan permukaan benda kerja yang halus. Pembentukan *leveling* yang baik dapat dilakukan dengan penambahan adiktif, seperti pemberian aditif pada *plating* tembaga akan menghasilkan lapisan lebih keras dan permukaan lebih rata.

#### **k. Aditif**

Aditif merupakan zat tambahan dengan jumlah kecil dimaksudkan untuk mengatur pertumbuhan kristal sehingga diperoleh hasil plating dengan kualitas yang baik meliputi kecerahan atau kekilapan (*bright*) dan kekerasan (*hard*). Pemberian aditif dapat pula memperbaiki *leveling*. Aditif umumnya berupa senyawa organik yang bekerja pada rentang temperatur tertentu dan dapat rusak selama proses

berlangsung. Oleh karena itu, kontrol dan tambahan aditif diperlukan jika terjadi penurunan kualitas hasil *plating*, misalnya endapan tidak lagi cemerlang dan menjadi rapuh.

## 1. Kontaminan

Padatan yang melayang-layang, tersuspensi maupun terlarut dalam elektrolit dapat menyebabkan kontaminasi bagi elektrolit yang berpengaruh pada kualitas hasil *plating*. Padatan yang melayang-layang dapat pula ikut mengendap di katoda sehingga hasil *plating* pada benda kerja menjadi kasar. Adanya ion logam yang tak dikehendaki dapat menyebabkan terjadinya noda-noda atau bintik-bintik pada permukaan *plating*.

Elektrolit seringkali juga menjadi rusak karena adanya kontaminan sehingga pengendapan pada katoda tidak dapat berlangsung dengan sempurna. Kontaminan berupa padatan tersuspensi juga akan mengganggu endapan logam pada benda kerja. Kontaminan dapat berasal dari debu terbawa oleh air pada elektrolit, dan dapat pula berasal dari alat-alat untuk kerja maupun dari benda kerja yang tidak dilakukan pembersihan dengan baik.

Kontaminan berupa partikel-partikel yang melayang maupun tersuspensi dapat dihilangkan dengan cara filtrasi pada aliran sirkulasi cairan yang dipasang sebelum pompa. Jika kontaminasi berupa ion-ion terlarut dalam dilakukan pengolahan air sehingga kandungan ion-ion logam menjadi sangat rendah. Menggunakan air distilasi atau air demineralisasi yang kandungan ion-ion terlarut sangat kecil mencegah kontaminasi. Kontaminan bahan organik yang terjadi pada saat proses dihilangkan secara oksidasi dengan hidrogen peroksida maupun secara filtrasi dan penukar ion. Kontaminan bahan anorganik dihilangkan dengan melakukan *dummy*, yaitu elektroplating menggunakan arus yang sangat rendah sehingga ion-ion logam pengotor akan menempel pada katoda yang berbentuk plat bergelombang.

## 5. Peralatan Elektroplating

Elektroplating dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana untuk melakukan praktikum berskala laboratorium sampai dengan peralatan yang cukup lengkap untuk keperluan jasa dan industri.

### a. Peralatan Plating Sederhana

Peralatan *plating* sederhana atau minimal untuk melakukan *plating* meliputi tanki *plating*, *rectifier*, elektroda yang terdiri dari anoda dan benda kerja sebagai katoda, dan penghantar arus. Dengan peralatan tersebut, dapat dilakukan *plating* benda kerja dengan jumlah sedikit.

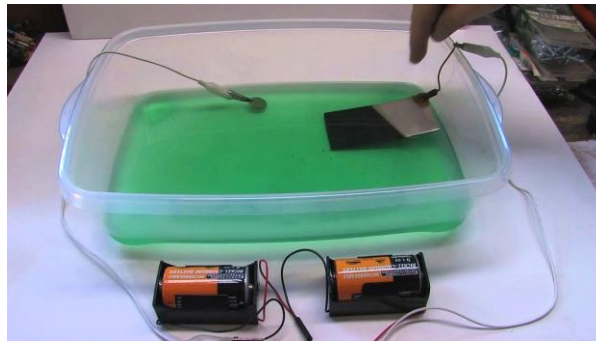
Peralatan yang diperlukan adalah:

1. Tempat elektrolit, dapat berupa ember plastik atau bak dari plastik
2. Anoda, berupa lempengan logam
3. Penghantar arus, berupa plat tembaga atau kabel tembaga
4. Pemanas listrik, hanya diperlukan jika temperatur lebih dari temperatur kamar, misal 50°C
5. Sumber arus searah



Sumber arus searah dapat menggunakan adaptor, *accumulator* (aki), atau *rectifier* kecil.

Peralatan plating sederhana dapat digunakan untuk praktik mempelajari *plating* dan industri skala mikro.



**Gambar 4.3** Contoh Sistem Elektroplating Sederhana

(Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=Q8Xo43sfLgY>)

### b. Peralatan Plating Lengkap

Unit kerja elektroplating berskala mulai dari industri kecil, menengah sampai besar memerlukan peralatan yang lebih lengkap meliputi peralatan untuk persiapan benda kerja, proses elektroplating dan pengerjaan akhir permukaan setelah *plating*. Peralatan proses elektroplating selain peralatan utama, diperlukan peralatan tambahan untuk menghasilkan lapisan plating yang berkualitas baik. Peralatan tersebut meliputi pompa, filter, pengaduk (*agitator*), pemanas (*heater*) atau pendingin (*cooler*), dan juga elektroda tambahan. Untuk plating benda-benda yang kecil dan berjumlah banyak, digunakan *barrel*.



**Gambar 4.4** Contoh Instalasi Elektroplating Lengkap

(Sumber: <https://www.indiamart.com>)

Peralatan untuk persiapan benda kerja meliputi bak asam, pemanas, bak alkali, bak pencucian dan pembilasan, dan mesin *polishing* dan *grinding*. Peralatan yang digunakan untuk *finishing* setelah *plating* meliputi bak pewarna dan mesin pengering (*drier*).

Peralatan yang diperlukan untuk elektroplating skala menengah adalah seperti berikut.

- 1) Bak atau tanki *plating*



- 2) Elektroda : Anoda dan katoda
- 3) *Rectifier*
- 4) Penghantar arus
- 5) *Barrel*
- 6) Pemanas (*heater*) atau pendingin (*cooler*)
- 7) Filter
- 8) Pompa
- 9) *Blower*
- 10) Kompresor

## 6. Bahan-Bahan Kimia Elektroplating

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk elektroplating dapat berupa unsur maupun senyawa. Anoda aktif yang digunakan merupakan unsur seperti tembaga, nikel, emas, dan logam-logam lainnya sebagai sumber ion. Larutan elektrolit merupakan campuran senyawa dalam bentuk garam dan asam atau basa.

Garam merupakan persenyawaan antara ion positif terutama ion logam dan kation dengan ion negatif (anion). Tembaga sulfat, nikel klorida adalah contoh senyawa garam. Asam merupakan senyawa yang mengandung ion  $H^+$ . Asam yang digunakan dapat diambil, contoh asam sulfat, asam klorida, asam borat, dan asam-asam kuat maupun lemah lainnya.

Basa mengandung ion hidroksida, sebagai contoh sodium hidroksida, amonium hidroksida. Oksida merupakan persenyawaan antara unsur logam maupun nonlogam dengan oksigen. Krom trioksida merupakan oksida pembentuk asam kromat yang digunakan untuk plating krom. Persenyawaan logam dengan oksigen menjadikan logam berkarat atau korosi, atau membentuk lapisan tipis yang melindungi logam dari korosi lanjut. Senyawa-senyawa organik yang berasal dari makhluk hidup terdiri dari unsur pembentuk utama karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan kadangkala dengan unsur nitrogen (N). Senyawa organik banyak digunakan sebagai aditif dalam elektroplating. Daftar istilah dan nama bahan kimia yang dipakai pada elektroplating baik berupa oksida, asam, basa, dan garam ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Bahan Kimia yang Dipakai untuk Elektroplating

SENYAWA	Nama Indonesia	Nama Dagang (Nama Bahasa Inggris)	Wujud
<b>OKSIDA</b>			
$Cr_2O_3$	Asam kromat	Chromic acid	Padat, higroskopis
$ZnO$	Seng Oksida	Zinc Oxide	Padat
<b>ASAM</b>			
HCl	Asam Klorida	Hydrochloric acid	Cair (larutan 33%)
$H_2SO_4$	Asam sulfat	Sulphuric acid	Cair, 98%
$HNO_3$	Asam nitrat	Nitric acid	Cair
$H_3PO_4$	Asam fosfat	Phosphoric acid	Cair
$H_3BO_3$	Asam borat	Boric acid	Padat
$CH_3COOH$	Asam asetat	Acetic acid	Cair
<b>BASA</b>			
KOH	Kalium (potasium hidroksida)	Potassium hydroxide	Padat

NaOH	Natrium (sodium hidroksida) Soda api	Sodium hydroxide (caustic soda)	Padat
NH <sub>4</sub> OH	Amonium hidroksida	Ammonia	Cair
<b>GARAM</b>			
CuCN	Tembaga sianida	Cupros cyanide	Padat
CuSO <sub>4</sub>	Tembaga sulfat	Cupric sulphat	Padat
KCN	Kalium sianida	Potassium cyanide	Padat
NaCN	Natrium (sodium) sianida	Sodium cyanide	Padat
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Natrium karbonat (soda abu)	Sodium carbonate (ash soda)	Padat
NaHCO <sub>3</sub>	Natrium bikarbonat (soda kue)	Sodium bicarbonate (cake soda)	Padat
NiCl <sub>2</sub>	Nikel klorida	Nickel chloride	Padat
NiSO <sub>4</sub>	Nikel sulfat	Nickel sulphate	Padat

## E. Korosi

Korosi adalah kerusakan permukaan bahan material, umumnya logam karena pengaruh lingkungan. Contoh korosi yang terkenal adalah perkaratan logam. Secara kimia, korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya. Dalam kehidupan sehari-hari, korosi dapat kita jumpai terjadi pada berbagai jenis logam.

Bangunan-bangunan maupun peralatan elektronik yang memakai komponen logam seperti seng, tembaga, dan besi-baja dapat mengalami korosi. Seng untuk atap dapat bocor karena mengalami korosi. Demikian juga besi untuk pagar, tidak dapat terbebas korosi. Jembatan dari baja maupun badan mobil dapat menjadi rapuh karena peristiwa alamiah yang disebut korosi. Selain pada perkakas logam ukuran besar, korosi ternyata juga mampu menyerang logam pada komponen-komponen renik peralatan elektronik, mulai dari jam digital hingga komputer, serta peralatan-peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam berbagai aktivitas manusia, baik dalam kegiatan industri maupun rumah tangga.

### 1. Sebab Terjadinya Korosi

Korosi merupakan peristiwa alami. Korosi merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen.

Perkaratan besi merupakan proses oksidasi besi karena bereaksi dengan air dan oksigen membentuk karat besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ) yang ditandai dengan terbentuknya warna merah kecokelatan di permukaan logam. Tatkala air mengenai permukaan besi, bagian yang terkena air tersebut berfungsi sebagai anode. Sebagian elektron yang dibebaskan pada reaksi oksidasi dapat menembus ke bagian dalam logam, sedangkan sebagian lagi akan ditangkap oleh oksigen dari udara. Bagaimana dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$ ?  $\text{Fe}^{2+}$  akan masuk ke dalam tetesan air dan teroksidasi oleh oksigen dari udara menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  membentuk senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$  (karat besi) dengan warna merah kecokelatan.

### 2. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Korosi

Faktor-faktor yang memengaruhi korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur lain yang ada dalam bahan, dan cara pembuatan bahan. Adapun faktor dari lingkungan meliputi udara (gas oksigen), suhu, kelembapan (air), dan keasaman zat-zat kimia. Bahan-bahan korosif terdiri atas asam, basa, dan garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik.

Penguapan dan pelepasan bahan-bahan korosif ke udara dapat mempercepat proses korosi. Udara dalam ruangan yang terlalu asam atau basa dapat mempercepat proses korosi peralatan logam di ruangan tersebut.

### 3. Pencegahan Korosi

Prinsip utama dari pencegahan perkaratan adalah mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan logam berkarat. Logam berkarat karena berhubungan dengan air dan udara. Jadi, untuk mencegah karat, kita harus menjauhkan logam dari air dan udara. Bagaimana caranya? Caranya bermacam-macam, di antaranya adalah pelapisan lindung logam dan perlindungan katode.

#### a. Pencegahan Korosi dengan Cara Pelapisan Lindung Logam

Logam yang akan dilindungi dilapisi oleh bahan lain. Bahan tersebut dapat berupa plastik, cat, oli, karet, atau logam lain. Logam-logam seperti tembaga, timah putih, nikel, dan krom biasa digunakan untuk melapisi logam besi. Selain bertujuan mencegah korosi, pelapisan logam bertujuan menambah keindahan benda.

#### b. Pencegahan Korosi dengan Cara Perlindungan Katode

Pada cara ini, logam yang dilindungi mengalami perubahan dari anode menjadi katode. Caranya dengan menempatkan logam yang lebih reaktif sebagai anode atau mengalirkan arus listrik melalui elektrode inert. Kedua cara tersebut akan menyuplai elektron sehingga logam yang dilindungi tidak mengalami oksidasi (karat). Biasanya, cara ini digunakan untuk melindungi pipa besi dan tangki penyimpanan yang berada di bawah tanah serta kapal laut. Logam yang biasa digunakan sebagai pelindung besi adalah logam aluminium, magnesium, dan seng. Ketiga logam tersebut digunakan sebagai pelindung besi karena bersifat lebih reaktif.

### Kegiatan

#### Penentuan Jenis Larutan {Elektrolit (Kuat/Lemah), Nonelektrolit}

A. Alat dan Bahan yang diperlukan:

- Gelas ukur
- Alat uji daya hantar listrik
- 8 Gelas kimia 100 mL

- Larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$
- Larutan alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )
- Larutan Gula
- Larutan Garam dapur
- Larutan  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Larutan  $\text{NaOH}$
- Larutan asam cuka
- Larutan  $\text{HCl}$
- Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

B. Langkah Kerja:

1. Siapkanlah gelas kimia 8 buah, berilah label nomor pada masing-masing gelas kimia.
2. Masukkanlah masing-masing dalam gelas kimia larutan
3. Uji daya hantar masing-masing larutan
4. Catat hasil penyelidikanmu.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Kelompokkanlah hasil pengamatanmu ke dalam larutan elektrolit dan non elektrolit
2. Kelompokkanlah hasil pengamatanmu ke dalam larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah
3. Kesimpulan apa yang Anda dapatkan dari kegiatan tersebut?

### Uji Kompetensi

#### A. Pilihan Ganda

1. Unsur Mn yang mempunyai bilangan oksidasi sama dengan bilangan oksidasi Cr dalam  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , adalah . . . .
 

a. $\text{KMnO}_4$	c. $\text{MnSO}_4$ $\text{MnO}$
b. $\text{K}_2\text{MnO}_4$	d. $\text{MnO}_2$
2. Pada reaksi redoks,  $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaI} \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$  yang berperan sebagai oksidator adalah . . . .
 

a. $\text{NaI}$	d. $\text{I}^-$
b. $\text{H}_2\text{SO}_4$	e. $\text{MnO}_2$
c. $\text{Mn}^{4+}$	
3. Mn yang tidak dapat dioksidasi lagi terdapat dalam . . . .
 

a. $\text{MnO}_2$	d. $\text{KMnO}_4$
b. $\text{Mn}(\text{OH})_2$	e. $\text{MnSO}_4$
c. $\text{MnO}_4^{2-}$	
4. Dalam lingkungan asam terjadi reaksi antara  $\text{MnO}_4^- + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2$ , maka setiap 1 mol

$\text{MnO}_4^-$  dapat menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  sebanyak . . . mol.

- a. 10
- b. 6
- c. 5
- d. 4
- e. 3

5. Reduksi 2 mol ion sianat ( $\text{CNO}^-$ ) menjadi ion sianida melibatkan . . . elektron

- a.  $3 \times 10^{23}$
- b.  $6 \times 10^{23}$
- c.  $12 \times 10^{23}$
- d.  $18 \times 10^{23}$
- e.  $24 \times 10^{23}$

6. Reaksi antara ion iodida dalam larutan dan  $\text{Br}_2$  adalah  $2\text{I}^- + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^- + \text{I}_2$  Pernyataan yang benar dari reaksi tersebut adalah . . . .

- a. ion  $\text{I}^-$  direduksi menjadi  $\text{I}_2$
- b. ion  $\text{I}^-$  mempunyai kekuatan pengoksidasi lebih kuat dari  $\text{Br}_2$
- c. reaksinya bukan reaksi reduksi-oksidasi
- d. ion  $\text{I}^-$  bertindak sebagai pereduksi
- e.  $\text{Br}_2$  sifat pereduksinya lebih kuat dari  $\text{I}^-$

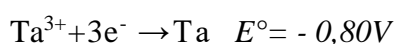
7.  $\frac{1}{2}$  mol ion dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) bereaksi redoks dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$ , maka ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang dibutuhkan . . . mol.

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 6

8. Untuk mengoksidasi 1 mol ion sulfide menjadi ion sulfat, maka jumlah elektron yang dilepaskan . . .

- a. 2
- b. 4
- c. 6
- d. 8
- e. 10

9. Diketahui harga potensial reduksi sebagai berikut:



Urutan ketiga logam di atas dengan sifat reduktor yang meningkat adalah . . .

- a. Bi, Cd, Ta
- b. Ta, Cd, Bi
- c. Bi, Ta, Cd
- d. Ta, Bi, Cd
- e. Cd, Bi, Ta

10. Suatu sel Volta terdiri atas elektrode-elektrode perak dan seng. Diketahui  $E^\circ \text{Ag}^+/\text{Ag} = +0,80$  volt dan  $E^\circ \text{Zn}^{2+}/\text{Zn} = -0,76$  volt. Pernyataan berikut yang *tidak benar* adalah . . . .

- a. Ag bertindak sebagai katode

- b. Zn bertindak sebagai elektrode negatif
- c. Potensial sel 1,56 volt
- d. Reaksi  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag} \rightarrow 2\text{Ag}^+ + \text{Zn}$
- e. Diagram sel  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} \parallel \text{Ag}^+/\text{Ag}$
11. Diketahui potensial reduksi standar ( $E^\circ$ ) :
- $\text{I}_2/\text{I}^- + 0,54 \text{ V}$
- $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+} + 0,15 \text{ V}$
- $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} + 0,77 \text{ V}$
- $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn} - 0,14 \text{ V}$
- Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa iodium dapat mengoksidasi . . . .
- a. Sn menjadi  $\text{Sn}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$
- b. Sn menjadi  $\text{Sn}^{2+}$  dan  $\text{Sn}^{2+}$  menjadi  $\text{Sn}^{4+}$
- c.  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Sn}^{2+}$  menjadi  $\text{Sn}^{4+}$
- d.  $\text{Sn}^{2+}$  menjadi Sn dan  $\text{Sn}^{4+}$  menjadi  $\text{Sn}^{2+}$
- e.  $\text{Sn}^{2+}$  menjadi Sn dan  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$
12. Logam A, B, dan C masing-masing memiliki harga potensial reduksi  $E^\circ$  -0,50 V, +0,80 V dan -0,20 V. Pernyataan yang benar adalah . . . .
- a. A dapat mereduksi C, tetapi tidak mereduksi A
- b. B dapat mereduksi C, tetapi tidak mereduksi A
- c. C dapat mereduksi A, tetapi tidak mereduksi B
- d. A dapat mereduksi B dan C
- e. C dapat mereduksi A dan B
13. Dari tiga logam X, Y, dan Z, diketahui Y dan Z dapat membebaskan gas hidrogen dari larutan encer HCl. Logam X dapat membebaskan Y dari larutan garamnya dan hanya Z yang dapat membebaskan hidrogen dari air. Urutan ketiga logam tersebut, berdasarkan daya reduksi yang menurun adalah . . . .
- a. X, Y, Z
- b. Y, Z, X
- c. Z, Y, X
- d. X, Z, Y
- e. Z, X, Y
14. Diketahui  $E^\circ \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} - 0,44 \text{ V}$  dan  $E^\circ \text{Pb}^{2+}/\text{Pb} - 0,13 \text{ V}$  Jika serbuk besi dan serbuk timbel dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion-ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ . Maka, akan terjadi reaksi yang akan menghasilkan . . . .
- a.  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$
- b.  $\text{Fe}^{2+}$  dan Pb
- c. Fe dan  $\text{Pb}^{2+}$
- d. Fe dan Pb yang larut
- e. Fe dan Pb yang mengendap
15. Aki mobil mempunyai elektrode Pb dan  $\text{PbO}_2$ . Sewaktu aki itu bekerja, akan terjadi perubahan . . . .

- a. Pb menjadi  $\text{PbSO}_4$ , sedangkan  $\text{PbO}_2$  tetap
  - b. Pb menjadi  $\text{PbO}_2$  dan  $\text{PbO}_2$  menjadi  $\text{Pb}_3\text{O}_4$
  - c. Pb dan  $\text{PbO}_2$  kedua-duanya menjadi  $\text{PbSO}_4$
  - d. Pb menjadi  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  Dan  $\text{PbO}_2$  menjadi  $\text{PbO}$
  - e. Pb dan  $\text{PbO}_2$  kedua-duanya menjadi  $\text{PbO}$
16. Dari data  $E^\circ \text{Zn} = -0,76 \text{ V}$ , dapat dikatakan bahwa dalam keadaan standar . . . .
- a. reaksi  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$  selalu tidak spontan
  - b. ion  $\text{Zn}^{2+}$  adalah oksidator kuat
  - c. ion  $\text{H}^+$  lebih mudah tereduksi daripada ion  $\text{Zn}^{2+}$
  - d. Zn kecenderungan lebih besar untuk larut sebagai ion  $\text{Zn}^{2+}$
  - e.  $\text{H}_2$  adalah reduktor yang lebih kuat daripada Zn
17. Di antara logam-logam berikut, logam yang dapat bereaksi dengan asam klorida encer dan menghasilkan gas hidrogen adalah . . . .
- |          |            |
|----------|------------|
| a. emas  | d. tembaga |
| b. besi  | e. perak   |
| c. raksa |            |
18. Pernyataan yang tepat tentang pembuatan logam alkali secara elektrolisis adalah . . . .
- a. dibuat dari elektrolisis larutan garam kloridanya
  - b. digunakan katode karbon dan anode dari besi
  - c. ion logam alkali mengalami reaksi reduksi
  - d. logam alkali yang terbentuk berupa zat padat di anode
  - e. reduksi ion logam alkali terjadi di anode
19. Pada elektrolisis  $\text{NaCl}$  dengan elektrode Pt, pada katode terjadi reaksi . . . .
- a.  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
  - b.  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$
  - c.  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
  - d.  $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
  - e.  $\text{NaCl} - \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
20. Apabila 2 potong logam tembaga dan seng dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat 1 M, maka . . . .
- a. logam seng akan larut menghasilkan gas  $\text{H}_2$
  - b. tembaga akan larut menghasilkan gas  $\text{H}_2$
  - c. logam seng dan tembaga tidak larut
  - d. kedua logam akan larut
  - e. apabila kedua logam dihubungkan dengan kawat, logam tembaga akan larut
21. Logam yang tidak diperoleh dengan proses elektrolisis adalah . . . .

- a. natrium  
b. aluminium  
c. magnesium
- d. kalsium  
e. merkuri
22. Elektrolisis yang menghasilkan gas hidrogen pada katode jika dalam larutan ada ion . . . .
- a. VIIA  
b. VIA  
c. VA
- d. IVA  
e. IA
23. Oksidasi 1 mol ion sianida (CN) menjadi ion sianat (CNO<sup>-</sup>) memerlukan muatan listrik sebanyak . . . faraday.
- a. 1  
b. 2  
c. 3
- d. 4  
e. 6
24. Untuk menetralkan larutan yang terbentuk diperlukan 50 mL larutan HCl 0,2 M. Banyaknya muatan listrik yang digunakan adalah . . . F
- a. 0,005  
b. 0,010  
c. 0,020  
f.
- d. 0,050  
e. 0,100
25. Elektrolisis suatu larutan natrium klorida menghasilkan 11,2 liter (STP) gas Cl<sub>2</sub> pada anode. Banyaknya muatan listrik yang lewat adalah . . . F
- a. 2  
b. ,00  
c. 1,50  
d. 1,00
- e. 0,50  
f. 0,25
26. Pada elektrolisis larutan CuSO<sub>4</sub> dengan elektrode Pt, dialirkan arus listrik 2 ampere selama 965 detik (*Ar* Cu=63,5). Banyaknya logam tembaga yang dihasilkan ... mg.
- a. 317,5  
b. 635,0  
c. 952,5
- d. 1.270  
e. 1.905
27. Larutan Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dielektrolisis dengan elektrode di katode pada elektrolisis platina dan diperoleh tembaga 12,7 gram. Volume oksigen yang dihasilkan pada anode, pada STP adalah ... liter.
- a. 1,12  
b. 2,24  
c. 3,36
- d. 4,48  
e. 5,60
28. Pada elektrolisis larutan AgNO<sub>3</sub> dengan elektrode karbon digunakan muatan listrik 0,05 F.



Banyaknya perak ( $A_r \text{ Ag} = 108$ ) yang diendapkan pada katode adalah ... gram.

- a. 2,7
- b. 5,4
- c. 8,1
- d. 10,8
- e. 54,0

29. Dalam sebuah sel elektrolisis, ion perak akan direduksi menjadi perak pada katode dan tembaga dioksidasi menjadi ion tembaga (II) pada anode. Apabila arus sebesar 13,5 ampere dilewatkan pada sel tersebut selama 60 menit. Berat tembaga ( $A_r = 63,5$ ) yang melarut adalah ... gram.

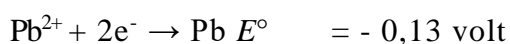
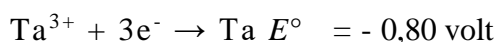
- a. 1,12
- b. 2,24
- c. 3,36
- d. 4,48
- e. 5,60

30. Suatu arus listrik dialirkan pada larutan  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga diperoleh 15,9 gram Cu. Jika  $A_r \text{ Cu} = 63,5$   $A_r \text{ Ag} = 108$ . Dengan arus yang sama, jumlah Ag yang dibebaskan dari  $\text{Ag}^+$  adalah ... gram.

- a. 8
- b. 16
- c. 27
- d. 54
- e. 81

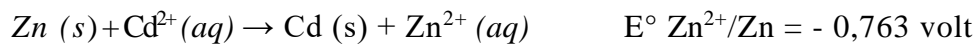
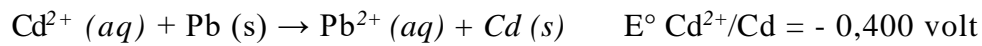
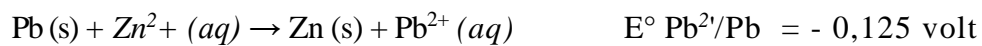
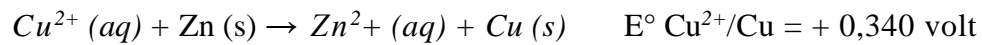
### Esai

1. Pada elektrolisis larutan garam  $\text{CaCl}_2$  dengan elektrode karbon, digunakan arus listrik dengan muatan 0,04 : faraday. Tentukan:
  - a. reaksi yang terjadi di anode dan katode!
  - b. volume gas yang diperoleh hasil elektrolisis, jika diukur pada tekanan dan suhu dimana volume dari 0,8 gram gas metana  $\text{CH}_4 = 1$  liter!  
( $A_r \text{ C} = 12, \text{ H} = 1$ )
2. 200 mL larutan  $\text{MgCl}_2$  0,01 M dielektrolisis dengan menggunakan elektrode Pt. Tentukan:
  - a. reaksi yang terjadi di anode dan katode!
  - b. pH larutan sekitar katode!
3. Diketahui data potensial reduksi beberapa logam sebagai berikut.



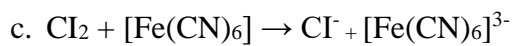
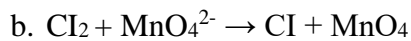
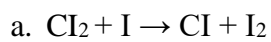
Tentukan reaksi-reaksi pada logam tersebut yang berlangsung spontan!

4. Diketahui reaksi redoks berikut.



Tentukan:

- a. harga  $E^\circ$  sel, berdasarkan harga potensial reduksi!
  - b. reaksi yang berlangsung spontan!
5. Diketahui beberapa reaksi yang terjadi pada gas  $\text{Cl}_2$



Tentukan :

- a. Perubahan biloks  $\text{Cl}_2$  pada reaksi di atas.
- b. Zat yang berperan sebagai reduktor dan oksidator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ebbing, Darrel D. 1984. *General Chemistry*. Wilmington: Houghton Miffling Comp.
- Fessenden, Ralph J. dan Joan S. Fessenden. 1997. *Dasar-dasar Kimia Organik*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Foong, Y. S. 2002. *Kimia Tingkatan 5*. Kuala Lumpur: Percetakan Rina Sdn. Bhd.
- Hill, Graham C., et. al. 1995. *Chemistry in Context*. Ontario: Nelson.
- <https://arifkristanta.wordpress.com/2012/10/10/kalor/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <https://sites.google.com/site/lydhiafitri20/materi-pembelajaran/kelas-x/bab-4-ikatan-kimia/a-pendahuluan-1>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <https://belajar.kemdikbud.go.id/SumberBelajar/tampilajar.php?ver=12&idmateri=94&lv11=3&lv12=1&lv13=0&kl=10>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://criticalwapsite.blogspot.co.id/p/biologi-kelas-8.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://ribkaputi.blogspot.co.id/p/materi.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <https://www.hadiah.me/blog/ingin-wangi-parfum-anda-tahan-lama-ini-tipsnya/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://bangkusekolah.com/2015/08/04/hubungan-ilmu-kimia-dengan-ilmu-lainnya/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://aura.tabloidbintang.com/articles/kesehatan/61826-semprot-obat-nyamuk-cukup-di-lantai-ruangan>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://bahayaanapza.blogspot.co.id/2013/01/jenis-jenis-narkoba-dan-berbagai-macam.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://dedihumas.bnn.go.id/read/section/informasi-narkoba/2012/04/30/373/cannabismarijuanaganja>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://halosehat.com/gaya-hidup/gaya-hidup-buruk/74-bahaya-merokok-bagi-kesehatan-tubuh-yang-mematikan>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <https://www.borobudur-silver.com/blog/alasan-perak-sangat-berpotensi-di-masa-depan/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://sikil-rayapen.blogspot.co.id/2015/09/macam-macam-model-atom-beserta-teori.html?m=1>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <https://pipihseptianingsih.wordpress.com/2012/05/03/atom-2/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://sikil-rayapen.blogspot.co.id/2015/09/macam-macam-model-atom-beserta-teori.html?m=1>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.
- <http://shareajacob.blogspot.co.id/2012/10/kumpulan-teori-atom-dari-teori-dalton.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://fisikitaenal.blogspot.co.id/2015/07/teori-atom.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.kajianteor.com/2013/02/teori-atom-model-teori-atom-bohr.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://gipeng.blogspot.co.id/2012/07/penemuan-elektron-dan-model-atom-thomson.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.sridianti.com/pengertian-isotop.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.nafiun.com/2013/03/cara-menentukan-menghitung-konfigurasi-elektron-dan-elektron-valensi-rumus-kimia-atom.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://reikinaqs.wapsite.me/Spektrum%20Cahaya%20Pelangi>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://cst4u.blogspot.co.id/2012/12/gambar-sistem-periodik-unsur-jpg.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<https://mfyeni.wordpress.com/kelas-x/tabel-periodik-unsur/sifat-keperiodikan-unsur/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.nafiun.com/2013/03/pengertian-afinitas-elektron-unsur-kimia-cara-menentukan-satu-golongan-periode.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.ilmukimia.org/2013/01/ikatan-ion.html>. <http://www.ilmukimia.org/2013/01/ikatan-ion.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://fiskadiana.blogspot.co.id/2014/12/ikatan-kovalen.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<https://wanibesak.wordpress.com/tag/chemical/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.nafiun.com/2013/03/contoh-ikatan-kovalen-koordinasi-proses-pembentukan-pengertian-soal-jawaban-senyawa-unsur-kimia.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://slametriyanto059.blogspot.co.id/2014/01/pembentukan-ikatan-tunggal.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://kimiadasar.com/ikatan-logam/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://kimiatangsel.blogspot.co.id/2011/04/gaya-antar-molekul.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://sariftaufikhidayat.blogspot.co.id/2013/09/gaya-antar-molekul.html>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://arrheniuz.blogspot.co.id/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://kusanantomukti.blog.uns.ac.id/2012/10/elektrolisis-elektroplating/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<https://www.youtube.com/watch?v=Q8Xo43sfLY>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

<http://www.indiamart.com/pearl-electroplating-equipments/>. Diakses tanggal 8 Agustus 2016.

Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C. Wood, J.H., A.H. Pudjaatmaka. 1991. *Kimia Untuk Universitas*. Jilid 1 dan 2. Edisi ke-6. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Petrucci, Ralph H. 1995. *General Chemistry, Principles and Modern Application*. New Jersey: Collier-McMillan.
- Sidharta, A., dan Indrawati. 2009. *Kegunaan Bahan Kimia dalam Kehidupan: SMP untuk Guru. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)*
- Sukardjo. 1990. *Kimia Anorganik*. Yogyakarta: Penerbit Rineka Cipta.

## GLOSARIUM

<b>atom</b>	unsur kimia yang terkecil yang dapat berdiri sendiri dan dapat bersenyawa dengan yang lain
<b>anion</b>	ion yang bermuatan negatif
<b>asam</b>	senyawa yang menghasilkan ion $H^+$ jika dilarutkan dalam air dan bersifat masam
<b>asas Larangan Pauli</b>	menyatakan tidak boleh ada 2 buah elektron dalam 1 atom apa pun yang dapat memiliki keempat bilangan kuantum yang sama
<b>afinitas</b>	besarnya energi yang dibebaskan satu atom netral dalam wujud gas pada waktu menerima satu elektron sehingga terbentuk ion negatif
<b>basa</b>	senyawa yang menghasilkan ion $OH^-$ jika dilarutkan dalam air
<b>bobot molekul</b>	jumlah bobot dari atom-atom yang ditunjukkan dalam rumusnya
<b>bakterisida</b>	pestisida untuk memberantas bakteri atau virus
<b>bilangan kuantum azimuth</b>	digunakan untuk menyatakan bentuk suatu orbital
<b>bilangan kuantum magnetik</b>	menyatakan tingkah laku elektron dalam medan magnet
<b>bilangan kuantum spins</b>	menyatakan momentum sudut suatu partikel
<b>bilangan kuantum utama</b>	digunakan untuk menyatakan tingkat energi utama yang dimiliki oleh elektron dalam sebuah atom
<b>cair</b>	suatu materi yang bentuk dan volumenya berubah sesuai dengan tempatnya volume zat cair tetap
<b>dipol</b>	singkatan dari dipolar yang berarti 2 kutub
<b>elektron</b>	subatom yang bermuatan negatif
<b>energi ionisasi</b>	energi minimum yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari suatu atom netral dalam wujud gas
<b>elektrokimia</b>	cabang ilmu Kimia yang berkaitan dengan listrik. Konsep elektrokimia berdasarkan reaksi redoks dan larutan elektrolit
<b>electroplating</b>	salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit
<b>fungisida</b>	pestisida yang dipakai untuk memberantas dan mencegah pertumbuhan jamur atau cendawan

<b>gas</b>	suatu materi yang bentuk dan volumenya tidak tetap dan akan mengisi seluruh ruang yang ditempatinya
<b>gaya Van der Waals</b>	gaya tarik antardipol pada molekul polar
<b>gaya London</b>	gaya antar dipol sesaat pada molekul non polar
<b>hidrofobik</b>	takut air atau sukar larut dalam air
<b>hidrofilik</b>	suka air atau larut dalam air
<b>herbisida</b>	pestisida yang digunakan untuk membasmi tanaman pengganggu (gulma), seperti alang-alang, rerumputan, dan eceng gondok
<b>heroin</b>	obat bius yang sangat mudah membuat seseorang kecanduan karena efeknya sangat kuat
<b>ilmu Kimia</b>	ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang materi meliputi struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya
<b>ion</b>	spesies bermuatan merupakan suatu atom atau molekul yang kehilangan atau mendapatkan satu atau lebih elektron
<b>ikatan kimia</b>	gaya tarik menarik yang kuat antara atom-atom tertentu bergabung membentuk molekul atau gabungan ion-ion sehingga keadaannya menjadi lebih stabil
<b>ikatan kovalen</b>	ikatan yang terjadi karena pemakaian pasangan elektron secara bersama oleh 2 atom yang berikatan
<b>insektisida</b>	pestisida yang digunakan untuk memberantas serangga
<b>inti atom</b>	pusat atom yang terdiri dari proton dan neutron
<b>isobar</b>	atom-atom dari unsur yang berbeda dan mempunyai jumlah proton yang berbeda, tetapi mempunyai nomor massa yang sama
<b>isoton</b>	atom-atom yang berbeda yang mempunyai mempunyai jumlah neutron yang sama
<b>isotop</b>	atom-atom dari unsur yang sama, tetapi mempunyai nomor massa yang berbeda.
<b>ikatan ion</b>	ikatan yang terjadi karena adanya serah terima elektron
<b>ikatan kovalen-koordinasi</b>	ikatan kovalen yang terbentuk dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom/ion/molekul yang memiliki pasangan elektron bebas
<b>ikatan hidrogen</b>	ikatan yang terjadi antara atom hidrogen pada satu molekul dengan atom nitrogen (N), oksigen (O), atau fluor (F) pada molekul yang lain
<b>jari-jari atom</b>	jarak dari inti atom sampai kulit elektron terluar
<b>kation</b>	ion yang bermuatan positif
<b>keelektronegatifan</b>	suatu bilangan yang menyatakan kecenderungan suatu unsur menarik elektron dalam suatu molekul senyawa
<b>larutan elektrolit</b>	larutan yang dapat menghantarkan arus listrik

<b>larutan non elektrolit</b>	larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik
<b>materi</b>	segala sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang
<b>molekul</b>	bagian terkecil dan tidak terpecah dari suatu senyawa kimia murni yang masih mempertahankan sifat kimia dan fisik yang unik
<b>morfin</b>	hasil olahan dari opium atau candu mentah. Morfin memiliki rasa pahit, berbentuk tepung halus berwarna putih atau dalam bentuk cairan berwarna
<b>nematisida</b>	pestisida yang digunakan untuk memberantas hama tanaman jenis cacing (nematoda)
<b>narkotika</b>	zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintetis maupun semisintetis yang dapat menimbulkan pengaruh-pengaruh tertentu bagi mereka yang menggunakan dengan memasukkan ke dalam tubuh
<b>neutron</b>	sub atom yang bermuatan netral
<b>nomor atom</b>	menyatakan jumlah proton yang dimiliki oleh suatu atom
<b>nomor massa</b>	menyatakan jumlah proton dan neutron yang dimiliki oleh suatu atom
<b>oksida</b>	bijih logam yang mengandung oksigen
<b>oksidasi</b>	reaksi penambahan/penaikan bilangan oksidasi
<b>orbital atom</b>	fungsi matematika yang menggambarkan perilaku, seperti gelombang dari sebuah elektron dalam atom
<b>padat</b>	suatu materi yang bentuk dan volumenya tetap, selama tidak ada pengaruh dari luar
<b>pestisida</b>	semua jenis obat (zat/bahan kimia) pembasmi hama yang ditujukan untuk melindungi tanaman dari serangan serangga, jamur, bakteri, virus, tikus, bekicot, dan nematoda (cacing)
<b>psikotropika</b>	zat atau obat yang bersifat psikoaktif melalui susunan saraf pusat.
<b>proton</b>	subatom yang bermuatan positif
<b>reaksi kimia</b>	transformasi atau perubahan dalam struktur molekul
<b>reaksi ireversibel</b>	reaksi yang berlangsung searah atau reaksi yang tidak dapat balik
<b>rumus molekul</b>	rumus senyawa kimia yang mengandung lambang atom-atom atau radikal yang ada, yang diikuti dengan angka bawah yang menyatakan jumlah setiap jenis atom atau radikal dalam molekul
<b>rodentisida</b>	pestisida yang digunakan untuk memberantas hama tanaman berupa hewan pengerat, seperti tikus
<b>senyawa</b>	gabungan dari beberapa unsur yang terbentuk melalui reaksi kimia
<b>sistem periodik</b>	suatu tabel berisi identitas unsur-unsur yang dikemas secara berkala dalam bentuk periode dan golongan berdasarkan kemiripan sifat-sifat unsurnya



**struktur Lewis  
unsur**

struktur yang menunjukkan ikatan-ikatan antar atom dalam suatu molekul sekelompok atom yang memiliki jumlah proton yang sama pada intinya

## INDEKS

- afinitas**, 10, 94, 95, 103, 106, 108, 109, 174, 176
- anion**, 175
- asam**, 176
- asas Larangan Pauli**, 176
- atom**, 175
- bakterisida**, 29, 52, 176
- basa**, 34, 41, 132, 133, 142, 150, 153, 161, 163, 164, 176
- bilangan kuantum**, 71, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 91, 99, 102, 176, 177
- bilangan kuantum azimuth**, 176
- bilangan kuantum magnetik**, 176
- bilangan kuantum spins**, 177
- bilangan kuantum utama**, 78, 80, 91, 176
- bobot molekul**, 176
- cair**, 2, 11, 27, 50, 87, 108, 119, 147, 177
- dipol**, 117, 118, 119, 120, 126, 177, 178
- elektrokimia**, 13, 129, 133, 134, 137, 162, 177
- elektron**, 8, 9, 22, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 121, 123, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 141, 145, 146, 147, 152, 163, 164, 165, 166, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181
- elektroplating**, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 155, 158, 159, 160, 161, 175, 177
- energi ionisasi**, 9, 93, 94, 95, 103, 106, 108, 177
- fungisida**, 29, 52, 177
- gas**, 2, 4, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 24, 40, 42, 48, 49, 66, 87, 93, 94, 105, 106, 119, 122, 123, 126, 129, 130, 140, 143, 144, 145, 152, 155, 163, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 176, 177
- gaya London**, 178
- gaya Van der Waals**, 178
- herbisida**, 30, 52, 178
- heroin**, 44, 46, 53, 178
- hidrofilik**, 25, 52, 178
- hidrofobik**, 25, 52, 178
- ikatan hidrogen**, 119, 126, 179
- ikatan ion**, 10, 106, 107, 114, 179
- ikatan kimia**, x, 11, 105, 108, 117, 121, 178
- ikatan kovalen**, 11, 104, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 117, 119, 126, 178, 179
- ilmu Kimia**, ix, 1, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 40, 129, 177, 178
- insektisida**, 17, 28, 179
- inti atom**, 22, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 70, 75, 83, 90, 93, 115, 116, 179, 180
- ion**, 8, 9, 11, 25, 40, 41, 91, 94, 95, 101, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 140, 142, 143, 145, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 158, 161, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 174, 175, 176, 178, 179, 180
- isobar**, 70, 103, 179
- isoton**, 70, 100, 103, 179
- isotop**, 67, 69, 70, 90, 103, 174, 179

**jari-jari atom**, 93, 180

**kation**, 10, 106, 115, 117, 130, 138, 161, 180

**keelektronegatifita**, 180

**larutan elektrolit**, x, 5, 129, 130, 134, 142, 145, 177, 180

**larutan non elektrolit**, 180

**materi**, ii, iii, x, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 19, 21, 23, 42, 58, 63, 64, 75, 173, 177, 178, 180, 181

**molekul**, 9, 10, 11, 56, 76, 95, 104, 109, 110, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 125, 132, 175, 178, 179, 180, 182

**morfin**, 44, 46, 54, 180

**narkotika**, 17, 42, 43, 45, 53, 180

**nematisida**, 52, 180

**neutron**, 8, 22, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 90, 96, 97, 99, 121, 179, 181

**nomor atom**, 9, 66, 68, 69, 70, 90, 92, 93, 98, 99, 101, 102, 125, 127, 128, 181

**nomor massa**, 9, 69, 70, 99, 179, 181

**oksida**, 6, 7, 16, 29, 35, 48, 140, 141, 142, 144, 161, 181

**oksidasi**, 11, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 150, 151, 154, 158, 163, 164, 165, 181

**orbital atom**, 78, 83, 116, 181

**padat**, 2, 27, 75, 77, 87, 107, 108, 116, 119, 147, 149, 168, 177, 181

**pestisida**, 12, 13, 28, 29, 30, 52, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182

**proton**, 8, 9, 22, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 90, 96, 97, 98, 121, 179, 181, 182

**psikotropika**, 42, 47, 50, 53, 54, 181

**reaksi ireversibel**, 182

**reaksi kimia**, 4, 10, 19, 132, 134, 138, 147, 182

**rodentisida**, 182

**rumus molekul**, 182

**senyawa**, 6, 7, 8, 10, 11, 17, 36, 40, 41, 46, 48, 57, 58, 95, 107, 112, 113, 114, 117, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 130, 149, 150, 153, 157, 161, 163, 174, 176, 180, 182

**sistem periodik**, ix, x, 56, 90, 91, 93, 101, 182

**struktur Lewis**, 104, 109, 113, 114, 127, 182

**unsur**, viii, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 56, 57, 58, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 128, 132, 161, 163, 174, 175, 179, 180, 182

## BIODATA PENULIS



**Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.** merupakan staf pengajar di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES) (tahun 2013 - sekarang). Dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 11 November 1987, menyelesaikan pendidikan RA Muslimat Sekaran Ponorogo, SDN Sekaran 1, SMPN 1, dan SMPN 2 Ponorogo. Memperoleh gelar strata-1 Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya serta memperoleh gelar strata2 Magister Teknik dan *Master of Science* dalam program *double degree* di Jurusan Teknik Kimia-ITS dan Department of Chemical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology (NTUST), Taiwan. Penelitian dan publikasi penulis adalah di bidang termodinamika teknik kimia. Selama menempuh S1-S2, penulis memenangkan beasiswa prestasi penuh seperti 40 siswa terbaik nasional pemenang Putera Sampoerna Foundation Scholarship untuk pendidikan S1, serta memperoleh beasiswa berprestasi untuk S2 dari ITS dan Pemerintah Taiwan. Selain itu, penulis juga mendapatkan beberapa prestasi seperti Mahasiswa berprestasi 1 Teknik Kimia-ITS, Mahasiswa berprestasi 5 ITS, dan mendapatkan Award dari Telkom Indonesia, serta finalis lomba karya tulis nasional. Di masa sekarang, penulis mendapatkan beberapa hibah penelitian dari LPPM UNNES sebanyak 3 tahun berturut-turut. Karya publikasi penulis telah diterbitkan di beberapa jurnal internasional bereputasi maupun seminar internasional dan nasional.



**Ria Wulansarie, S.T., M.T.** adalah staf pengajar di Universitas Negeri Semarang (UNNES), pada jurusan

Teknik Kimia – Fakultas Teknik (2015 – sekarang). Dilahirkan di Kebumen pada tanggal 27 Januari 1990, menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Pekutan, SMPN 1 Prembun, dan SMAN 1 Purworejo.

Menyelesaikan pendidikan S1 di jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok pada tahun 2012 dan S2 pada tahun 2013. Pada jurusan Teknik Kimia, penulis mengampu mata kuliah di antaranya: Proses Industri Kimia, Teknologi Petrokimia dan Minyak Bumi, Teknologi Plasma Ozon, Teknologi Keramik, Matematika, Fisika Dasar, dan Kimia Dasar.

