



BUKU AJAR **KIMIA DASAR 1**

# BUKU AJAR **KIMIA DASAR 1**

**Program Studi Pendidikan Kimia**  
Fakultas Ilmu Keguruan dan Pendidikan  
<http://kimia.fkip.unsyiah.ac.id>  
[kimiaterdido.unsyiah.ac.id](mailto:kimiaterdido.unsyiah.ac.id)



ISBN 978-602-93333-4-5

Dr. Sulastri, MSI.  
Ratu Fozila Inda Rahmayani, SPd., MSc.

2017

# **BUKU AJAR - KIMIA DASAR I**

**Dr. SULASTRI, M.Si  
RATU FAZLIA INDA RAHMAYANI, S.Pd, M.Sc**

**SYIAH KUALA UNIVERSITY PRESS  
2017**

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang keras memperbanyak, memfotocopy sebagian atau seluruh isi buku ini, serta memperjualbelikannya tanpa mendapat izin tertulis dari penerbit.

**Diterbitkan oleh Syiah Kuala University Press Darussalam – Banda Aceh, 23111**

Judul Buku : **Buku Ajar- Kimia Dasar I**  
Penulis : Dr. Sulastri, M.Si dan Ratu Fazlia Rahmayani, SPd, M.Sc  
Penerbit : Syiah Kuala University Press  
Telp : (0651) 801222  
Email : [upt.percetakan@unsyiah.ac.id](mailto:upt.percetakan@unsyiah.ac.id)  
Cetakan : Pertama, 2017  
ISBN : 978-602-5679-02  
Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Ilahi Rabbi Allah SWT atas Rahmat-Nya tulisan bahan ajar Kimia Dasar ini dapat kami selesaikan. Shalawat beriring salam kepada Yang Mulia Baginda Rasulullah SAW hamba teladan teristimewa yang menjadi penuntun karakter ummat sepanjang zaman. Semoga kita kelak menerima syafaat dari Beliau.

Bahan ajar yang ada dihadapan kita sekarang ini memuat materi dasar kimia yang dapat dipergunakan oleh mahasiswa pada semester awal perkuliahan, materi pengayaan untuk Sekolah Menengah Atas/Sederajat dan bagi pihak-pihak lain yang ingin mempelajari konsep-konsep dasar kimia. Tulisan ini merupakan penyempurnaan dari bahan ajar kimia dasar tertulis yang sudah dipergunakan oleh tim dosen pengampu mata kuliah Kimia Dasar I pada Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala. Pada setiap bab dari bahan ajar ini memuat nilai-nilai karakter, harapannya agar pengguna memahami nilai-nilai yang terkandung dalam materi ajar kimia sebagai upaya menyadarkan, mengetuk hati pengguna untuk memiliki sikap dan perilaku yang baik dalam berinteraksi dan memanfaatkan bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari. Konsep kimia dan bahan-bahan kimia seyogyanya dipahami oleh semua orang. Setiap manusia selalu memanfaatkan bahan kimia dalam kehidupannya, oleh karenanya kemashlahatan hidupnya sangat bergantung kepada pemahamannya terhadap bahan-bahan kimia yang dipergunakan (*chemistry as liberal arts*).

Kepada semua rekan sejawat/dosen dan mahasiswa yang telah turut memperkaya topik-topik dalam bahan ajar ini; kepada pimpinan FKIP sebagai pengelola hibah penulisan bahan ajar yang telah memfasilitasi penulisan buku ajar ini dan kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan yang telah mendanai bahan ajar ini, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan semangat dan kesungguh-sungguhan kita semua untuk menghadirkan bahan ajar ini menjadi ladang amal dan buku ajar ini bermanfaat untuk mencerdaskan pengetahuan dan menumbuh kembangkan sikap serta perilaku yang lebih baik bagi kita semua. Semoga Allah meridhoi dan memudahkan terwujudnya harapan kita..aamiin.

Banda Aceh, Desember 2017

Tim Penulis

Sulastri & Ratu Fazlia Inda Rahmadani

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>		<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>		<b>v</b>
<b>Bab 1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
	A. Mempelajari Ilmu itu Ibadah	1
	B. Deskripsi Ruang Lingkup Bahan Ajar	3
	C. Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar	4
	D. Standar Kompetensi	4
<b>Bab 2</b>	<b>PERKEMBANGAN TEORI ATOM</b>	<b>6</b>
	A. Tujuan Perkuliahan	6
	B. Uraian Materi	6
	a. Teori Atom Modern	8
	a) John Dalton	8
	b) J.J. Thomson	10
	c) Ernest Rutherford	12
	d) Niels Bohr	14
	b. Permulaan Teori Atom Modern	15
	c. Model Atom Mekanika Kuantum	16
	C. Perspektif Nilai Karakter	17
	D. Tugas	19
	a. Tugas Kelompok	19
	b. Tugas Individu	19
<b>Bab 3</b>	<b>SISTEM PERIODIK UNSUR-UNSUR</b>	<b>20</b>
	A. Tujuan Perkuliahan	20
	B. Uraian Materi	20
	a. Perkembangan Sistem Periodik Unsur-Unsur	20
	b. Sistem Periodik dan Konfigurasi Elektron	33
	c. Kecenderungan Sifat Unsur pada Sistem Periodik	33
	a) Ukuran Atom dan Ion	33
	b) Energi Ionisasi	37

		c) Afinitas Elektron	41
		d) Keelektronegatifan	44
	C.	Perspektif Nilai Karakter	46
	D.	Tugas	47
	a.	Tugas Kelompok	47
	b.	Tugas Individu	47
<b>Bab 4</b>		<b>STOIKHIOMETRI</b>	<b>50</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	50
	B.	Uraian Materi	50
	a.	Menyetarakan Persamaan Reaksi Kimia	50
	b.	Hukum-hukum Dasar Kimia	55
		a). Hukum Kekekalan Massa	55
		b). Hukum Perbandingan Tetap	56
		c). Hukum Perbandingan Berganda	56
		d). Hukum Perbandingan Volume	57
		e). Hukum Perbandingan Timbal Balik	58
		f). Hipotesis Avogadro	59
		g). Hukum Boyle	61
		h). Hukum Boyle-Gay Lussac	62
		i). Hukum Dalton tentang Tekanan Parsial	62
	C	Perspektif Nilai Karakter	63
	D	Tugas	63
	a.	Tugas Kelompok	63
	b.	Tugas Individu	64
<b>Bab 5</b>		<b>TATA NAMA SENYAWA ANORGANIK</b>	<b>67</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	67
	B.	Uraian Materi	67
	a.	Senyawa Biner dari Logam dan Nonlogam	68
	b.	Senyawa Biner dari Dua Unsur Nonlogam	71
	c.	Asam-Basa (Biner, Poliatomik, Asam Okso)	73
		a) Penamaan Asam	73
		b) Penamaan Basa	77

	d.	Hidrat	78
	C.	Perspektif Nilai Karakter	79
	D.	Tugas	81
	a.	Tugas Kelompok	81
	b.	Tugas Individu	81
<b>Bab 6</b>		<b>RUMUS DAN PERSAMAAN KIMIA</b>	<b>83</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	83
	B.	Uraian Materi	83
	a.	Lambang Unsur	84
	b.	Rumus Kimia	85
		a) Rumus Molekul	85
		b) Rumus Empiris	88
	c.	Persamaan Reaksi	89
	C.	Perspektif Nilai Karakter	94
	D.	Tugas	95
	a.	Tugas Kelompok	95
	b.	Soal-soal	96
<b>Bab 7</b>		<b>REAKSI-REAKSI KIMIA</b>	<b>98</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	98
	B.	Uraian Materi	98
	a.	Perubahan pada Reaksi Kimia	98
	b.	Macam-macam Oksida	103
	D.	Perspektif Nilai karakter	105
	E.	Tugas	106
	a.	Tugas Kelompok	106
	b.	Tugas Individu	107
<b>Bab 8</b>		<b>IKATAN KIMIA</b>	<b>108</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	108
	B.	Uraian Materi	108
	a.	Ikatan ion	108
	b.	Ikatan Kovalen	109
	c.	Bentuk Molekul	111
	d.	Ikatan pada logam	113
	e.	Hibridisasi	114
	f.	Ikatan Hidrogen	117
	g.	Gaya Van der Wals	117
	C.	Perspektif Nilai Karakter	118



	D.	Tugas	118
	a.	Tugas Kelompok	118
	b.	Soal-soal	118
<b>Bab 9</b>	<b>REAKSI DALAM LARUTAN BERAIR (LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON ELEKTROLIT)</b>		<b>120</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	120
	B.	Uraian Materi	120
	a.	Larutan	120
	b.	Larutan Elektrolit dan Larutan Non-Elektrolit	121
	c.	Konsentrasi Larutan	124
		a). Molalitas	124
		b). Fraksi Mol	125
	d.	Sifat Koligatif Larutan	126
		a). Tekanan Uap Larutan	126
		b). Penurunan Titik Beku dan Kenaikan Titik Didih	130
		c). Tekanan Osmotik	132
		d). Sifat Koligatif Larutan Elektrolit	133
	C.	Perspektif Nilai Karakter	138
	D.	Tugas	138
	a.	Tugas Kelompok	138
	b.	Soal-soal	139
<b>Bab 10</b>	<b>STRUKTUR DAN GAYA ANTAR MOLEKUL</b>		<b>141</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	141
	B.	Uraian Materi	141
	a.	Macam-Macam Gaya Tarik Menarik Antar Molekul	143
		a). Gaya Tarik antara dipol-dipol	143
		b). Ikatan Hidrogen	146
		c). Gaya London	148
	b.	Beberapa Sifat Umum dari Gas, Cairan dan Zat Padat	149
		a). Kemampuan Dimampatkan	150
		b). Difusi	150

		c). Bentuk dan Volume	151
		d).Tegangan Permukaan	152
		e). Penguapan	152
	c.	Panas Penguapan	154
	d.	Tekanan Uap Cairan dan Zat Padat	154
	C.	Perspektif Nilai Karakter	155
	D.	Tugas	155
	a.	Tugas Kelompok	155
	b.	Soal-soal	155
<b>Bab 11</b>		<b>PENGANTAR REDUKSI OKSIDASI</b>	<b>157</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	157
	B.	Uraian Materi	157
	a.	Pengertian Reaksi Redoks	158
	b.	Konsep Oksidator dan Reduktor	164
	c.	Penyetaraan Reaksi Redoks	172
	d.	Setengah Reaksi Redoks	178
	e.	Ekivalen Redoks	180
	C.	Perspektif Nilai Karakter	182
	D.	Tugas	183
	a.	Tugas Kelompok	183
	b.	Soal-soal	184
<b>Bab 12</b>		<b>DEFINISI DAN KLASIFIKASI SENYAWA ORGANIK</b>	<b>186</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	186
	B.	Uraian Materi	186
	a.	Sejarah Kimia Organik Modern	186
	b.	Perbedaan Penting antara Senyawa Organik dan Senyawa An-Organik	187
	c.	Gugus Fungsi dalam Kimia Organik	188
	d.	Keistimewaan Kimia Karbon	190
	C.	Perspektif Nilai Karakter	191
	D.	Tugas	192
	a.	Tugas Kelompok	192
	b.	Soal-soal	192
<b>Bab 13</b>		<b>HIDROKARBON: ALKANA, ALKENA DAN ALKUNA</b>	<b>195</b>
	A.	Tujuan Perkuliahan	195

	B.	Uraian Materi	196
	a.	Alkana	196
	b.	Alkil (-R)	200
	c.	Nomenklatur (Penamaan) Senyawa Alkana	201
	d.	Sikloalkana dan Tata Nama Sikloalkana	205
	e.	Isomer	206
	f.	Kelarutan Alkana	208
	g.	Alkena dan Alkuna	209
	h.	Tata Nama Alkena dan Alkuna	210
	i.	Isomer Geometri dari Alkena dan Sikloalkana	211
	j.	Reaksi-Reaksi pada Alkana dan Sikloalkana	213
	k.	Reaksi Halogenasi	215
	l.	Reaksi pada Alkena	216
		a). Reaksi Adisi	216
		b). Reaksi Hidrogenasi	217
		c). Reaksi Halogenasi	217
		d). Reaksi Hidrasi	218
		e). Reaksi Hidrohalogenasi	218
		f). Polimerisasi	219
	m	Minyak Bumi	224
	C.	Perspektif Nilai Karakter	228
	D.	Tugas	230
	a.	Tugas Kelompok	230
	b.	Soal-soal	230
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>			<b>234</b>
<b>LAMPIRAN</b>			<b>235</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

I	Format Penilaian Presentasi	235
II	Lembar Laporan Tugas Proyek	237
III	Satuan Acara perkuliahan	240
IV	Kontrak Perkuliahan	257
V	RPS Kimia Dasar	259

## BAB 1. PENDAHULUAN

### A. Mempelajari Ilmu itu Ibadah

Sebelum anda belajar tentang ilmu kimia, niatkanlah membaca buku ini untuk ibadah. Membaca (*Iqra'*) adalah wahyu yang pertama sekali Allah turunkan kepada nabi Muhammad. Dengan niat ibadah itu Anda akan memperoleh dua manfaat, yang pertama tambahan pahala kebaikan dan yang kedua mendapatkan ilmu yang berkah bermanfaat untuk modal hidup di dunia. Dalam agama Islam sangat dianjurkan untuk memiliki ilmu, sabda Rasulullah SAW:

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ, وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ, وَمَنْ  
أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Artinya: “Barangsiapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmu; dan barangsiapa yang ingin selamat dan berbahagia di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula”. (HR. Bukhari dan Muslim). Dalam hadis yang lain juga menyebutkan:

مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ  
(رواه مسلم)

Artinya: “Barangsiapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga (HR. Muslim).

Berdasarkan hadis tersebut dapat dipahami bahwa belajar untuk mencari ilmu, mengembangkan ilmu merupakan bagian dari ibadah

yang mendapatkan manfaat untuk kehidupan dunia dan akhirat. Oleh karenanya, bersemangatlah dalam belajar agar ilmu Anda semakin berkembang dan jangan lupa untuk menerapkan ilmu dalam kehidupan sehari-hari.

Bahan kimia bukan merupakan bahan abstrak yang mematikan dan perlu ditakuti. Ilmu kimia sangat banyak manfaatnya dalam kehidupan kita. Semua barang kebutuhan kita, makanan, pakaian, material untuk rumah tempat tinggal, peralatan rumah tangga, obat-obatan, kosmetik, dan berbagai bagian dari alat transportasi merupakan produk kimia. Tidak ada material yang tidak mengandung bahan kimia. Ilmu kimia dapat membantu kita berpikir secara rasional, yang menjelaskan konsep, fakta, prosedur dan fenomena alam secara mendasar. Dengan ilmu kimia kita bisa menjelaskan mengapa bensin mudah terbakar, sedangkan air tidak dapat terbakar.

Fokus dalam kimia meliputi berbagai kegiatan yang erat hubungannya dengan kehidupan kita sehari-hari. Semua kegiatan tersebut melibatkan zat, suatu materi yang membentuk alam ini. Materi yang terlibat saling berinteraksi membentuk senyawa yang memiliki sifat dan karakteristik yang khas dalam menopang proses kehidupan.

Dalam ilmu kimia kita mempelajari alam semesta sampai pada tataran mikroskopis, artinya mempelajari aturan-aturan Allah (Sunnatullah) dalam skala yang sangat kecil. Sebagaimana firman Allah SWT: *“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, serta silih bergantiannya siang dan malam, benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum ulil albab. Yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan terbaring*

*dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya, Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”.* (Al-Imran, 3:190-191).

## **B. Deskripsi Ruang Lingkup Bahan Ajar**

Bahan ajar ini dipersiapkan untuk perkuliahan Kimia Dasar 1. Materi yang dibahas dalam Bahan ajar ini meliputi: Perkembangan Teori Atom, Sistem Periodik Unsur-Unsur, Hukum Dasar dan Dasar-Dasar Perhitungan Kimia, Tata Nama Senyawa Kimia An-Organik, Rumus dan Persamaan Kimia, Reaksi-Reaksi Kimia, Ikatan Kimia (Ikatan ion, Kovalen, Ikatan pada logam, dan Perbandingan Sifat Senyawa Ion dan Kovalen), Reaksi dalam Larutan Berpelarut Air, Struktur dan Gaya antar Molekul, Pengantar Reaksi Reduksi dan Oksidasi, Senyawa Karbon dan Pengantar Reaksi Kimia Organik. Pembahasan dalam Bahan ajar ini juga diperkaya dengan fenomena-fenomena yang terjadi akhir-akhir ini yang berkaitan dengan perkembangan ilmu kimia dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari untuk memperkaya wawasan ilmu kimia mengikuti kondisi kekinian.

Tujuan penulisan Bahan ajar ini adalah untuk mempermudah mahasiswa mempelajari konsep dasar kimia, fakta-fakta tentang aplikasi kimia dasar dalam kehidupan serta sedikit penjelasan tentang prosedur kimia dalam laboratorium. Harapannya Bahan ajar ini selain untuk memperkuat kognitif juga dapat bermanfaat untuk perbaikan sikap dan perilaku yang lebih baik dalam kegiatan sehari-hari dalam hal memanfaatkan bahan kimia yang *smart* sesuai dengan tingkat

perkembangan wawasan kognitifnya. Pada setiap bab dari buku ini juga diupayakan untuk memuat soal-soal bermuatan nilai untuk menstimulasi tumbuh kembangnya karakter-karakter baik dari pengguna buku ini.

### **C. Petunjuk Penggunaan bahan Ajar.**

Untuk memperoleh hasil belajar yang maksimal, dalam menggunakan bahan ajar ini perhatikanlah hal-hal berikut :

- 1) Ikuti instruksi yang disediakan secara berurutan, pastikan mahasiswa sudah melakukannya sesuai dengan petunjuk yang dianjurkan.
- 2) Pahami setiap uraian materi secara cermat dan teliti.
- 3) Kerjakan soal latihan yang disediakan.

### **D. Standar Kompetensi**

Standar Kompetensi: Mahasiswa mampu memahami prinsip-prinsip dasar dan aplikasi dari konsep kimia yang meliputi: perkembangan teori atom, sistem periodik unsur-unsur, hukum dasar dan dasar-dasar perhitungan kimia, tata nama senyawa kimia anorganik, rumus dan persamaan kimia, reaksi-reaksi kimia, ikatan kimia (ikatan ion, kovalen, ikatan pada logam, dan perbandingan sifat senyawa ion dan kovalen), reaksi dalam larutan berpelarut air, struktur dan gaya antar molekul, pengantar reaksi reduksi dan oksidasi, senyawa karbon dan pengantar reaksi kimia organik serta mampu memahami manfaat, kegunaan, dan dampak penggunaan senyawa kimia terhadap kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan; memiliki sikap yang



penuh pertimbangan moral dalam memanfaatkan senyawa kimia dalam kehidupan sehari-hari; memiliki kesadaran lingkungan yang baik sebagai individu dan sebagai warga masyarakat sehingga mampu menjadi panutan bagi orang lain dalam memanfaatkan senyawa kimia.

## **BAB 2. PERKEMBANGAN TEORI ATOM**

### **A. Tujuan Perkuliahan**

Setelah proses pembelajaran ini selesai, diharapkan mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan perkembangan model atom, perbedaan antara masing-masing model atom, kelebihan dan kekurangan tiap model atom, serta dapat mengambil pelajaran moral dari sejarah pengalaman tokoh-tokoh punca ilmu kimia untuk selalu bersemangat mempelajari, mendalami dan mengembangkan ilmu kimia untuk peningkatan kualitas hidup ummat manusia.

### **B. Uraian Materi**

Untuk sampai pada teori atom yang kita adopsi sekarang. Perkembangan teori atom disumbangkan oleh banyak ilmuwan. Atom pertama sekali diketahui dari tulisan **Lucretius** dari Romawi tahun 55 SM yang berjudul *De Rerum Natura (Wujud Sesuatu)*. Dalam tulisan tersebut Ia menjelaskan tentang pendapat Democritus. Dari tulisan inilah diketahui pandangan Democritus tentang atom.

Democritus (470-400 SM) mengungkapkan bahwa semua materi terdiri atas partikel kecil partikel kecil, diskrit, yang tidak dapat dibagi lagi. Democritus menciptakan istilah "*atomos*", untuk merujuk pada unit terkecil dari materi. Gagasannya ini sepenuhnya berdasarkan pada spekulasi filosofis tanpa disertai dengan bukti eksperimental. Pendapat ini ditolak oleh filosof lainnya selama 2000 tahun. Menjelang akhir 1700-an, ilmuwan mulai menyadari bahwa konsep atom

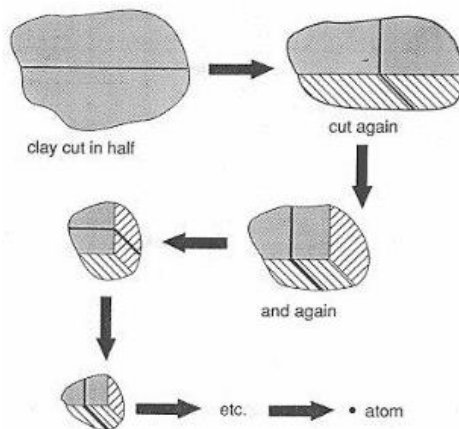
Democritus tersebut dapat dijelaskan dengan pengamatan eksperimental.



**Gambar 1.** Democritus

**Sumber:**<https://mindlikegallows.wikispaces.com/Democritus>

Walaupun ide dari Democritus tidak diterima oleh filosofer pada zaman itu (terutama Plato dan Aristoteles), tapi idenya dianggap sebagai teori atom universal pertama. Bukti eksperimen dari penyelidikan ilmiah awal, mendukung gagasan tentang "*atomisme*" dan secara bertahap memunculkan definisi unsur dan senyawa modern.



**Gambar 2:** Model Atom Democritus

(sumber: <https://www.quora.com/What-did-Democritus-believe-about-the-atomic-model-How-was-this-an-important-contribution-to-history>)

### **a. Teori Atom Modern**

Perkembangan model atom terus berkembang dari masa ke masa. Pembahasan ini dimulai dari teori atom Dalton sampai teori atom mekanika kuantum yang sekarang.

#### **a) John Dalton (1766-1844)**



**Gambar 2.** John Dalton

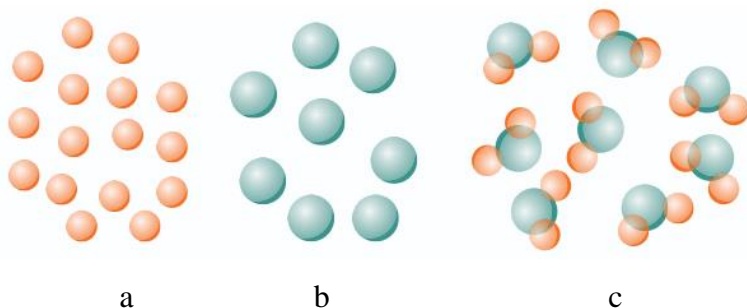
(Sumber:[https://mindlikegallows.wikispaces.com/John Dalton](https://mindlikegallows.wikispaces.com/John+Dalton))

Pada tahun 1808 seorang ilmuwan bahasa Inggris dan guru sekolah, John Dalton, merumuskan pengertian yang tepat untuk unit terkecil dari materi yang kita sebut atom. Dalton beralasan bahwa, jika elemen terdiri dari partikel terkecil, senyawa yang diberikan harus selalu mengandung kombinasi yang sama dari partikel-partikel tersebut.

Karya Dalton menandai dimulainya era kimia modern. Dibandingkan Democritus, teori atom Dalton lebih spesifik. Kesimpulan dari hipotesis Dalton tentang sifat materi mendasari Teori atom Dalton sebagai berikut:

- a. Unsur terdiri dari partikel yang sangat kecil yang disebut atom.

- b. Atom dari unsur tertentu adalah sama (memiliki ukuran, massa, dan sifat kimia yang sama). Atom dari unsur yang berbeda memiliki perbedaan yang mendasar.
- c. Senyawa kimia terbentuk ketika atom dari unsur yang berbeda berkombinasi satu sama lain. Pada suatu senyawa, jumlah atom dari unsur penyusunnya merupakan bilangan bulat atau pecahan sederhana.
- d. Reaksi kimia melibatkan reorganisasi dari atom, atau penataan ulang atom-atom (yang terjadi dalam reaksi kimia hanya pemisahan, kombinasi, atau penataan ulang atom; reaksi kimia tidak mengakibatkan pemusnahan atau penciptaan atom-atom).



Gambar..: Model Atom Dalton: a. Atom Unsur X, b. Atom Unsur Y, c. Senyawa yang Dibentuk dari Unsur X dan Y (sumber: Denniston, 2003: 41)

Hipotesis Dalton mendukung hukum kekekalan massa (*Law of Conversation of Mass*), yaitu materi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Selain itu, hipotesis Dalton juga mendukung Hukum Perbandingan Berganda (*Law of Multiple Proportions*). “Ketika dua unsur membentuk lebih dari satu senyawa, perbandingan massa dari

*unsur yang berkombinasi dengan massa tetap dari unsur yang lain adalah bilangan bulat yang kecil.”*

Banyak anggapan Dalton yang selanjutnya tidak benar, namun karyanya merupakan langkah yang sangat penting dalam mengkarakterisasi atom. Karyanya tidak diakui selama bertahun-tahun, namun berperan penting dalam karya Joseph Gay-Lussac dan Amadeo Avogadro.

#### **b) J.J. Thomson (1898-1903)**

Karya J.J. Thomson menandai awal dari pemahaman para ilmuwan tentang komposisi atom.



**Gambar 3. J.J Thomson**

**Sumber:** <https://mindlikegallows.wikispaces.com/j.jthomson>

Thomson mempelajari sinar katoda dan mempostulatkan bahwa aliran negatif dari partikel yang berasal dari sinar katoda dapat dicirikan sebagai elektron.

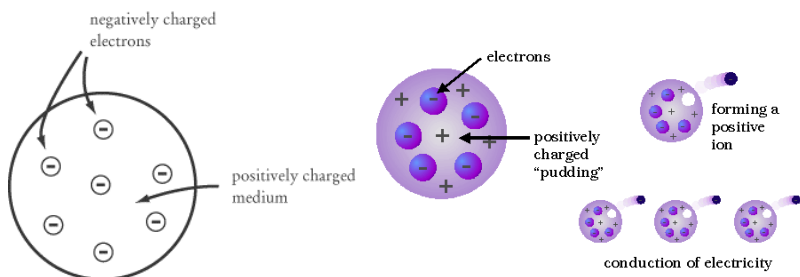
$$e/m = - 1,76 \times 10^8 \text{ C/g}$$

Dimana  $e$  merepresentasikan muatan elektron (*coulomb*) dan  $m$  mewakili massa elektron (gram). Karena harga  $e/m$  tidak bergantung

pada jenis logam pada katoda dan tidak bergantung pada jenis gas dalam tabung, maka elektron ditetapkan sebagai partikel dasar penyusun atom.

Asumsi dari Teori Thomson:

- Thomson menduga bahwa semua atom harus mengandung elektron karena elektron dapat diproduksi.
- Thomson menyimpulkan bahwa sebuah partikel dengan muatan positif juga harus ada untuk menetralkan muatan negatif elektron.
- Thomson membuat model visual pertama dari struktur atom yang disebut ***Model Puding Plum*** (Elektron bermuatan negatif disebarkan secara acak "plum" pada awan kue yang positif).



**Gambar 4.** Model Atom Thomson

c) **Robert Millikan.**

Robert Millikan, pada tahun 1909 ilmuwan yang menggunakan tetes minyak untuk menghitung besarnya muatan elektron ( $-1,6 \times 10^{-19}$  C). Dengan menggunakan muatan elektron dan nilai  $e/m$  Thomson, Millikan berhasil menghitung massa elektron sebesar  $9,11 \times 10^{-28}$  g.



**Gambar 5.** Robert Milikan

**Sumber:**[https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1923/millikan-bio.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1923/millikan-bio.html)

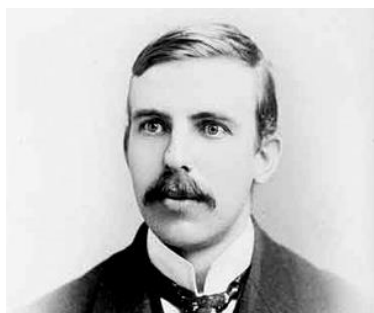
**d) Ernest Rutherford (1911)**

Pada tahun 1911, Ernest Rutherford merancang percobaan untuk menguji model *puding plum* Thomson menggunakan partikel alfa ( $\alpha$ ) yang diarahkan pada lembaran logam emas yang sangat tipis. Partikel  $\alpha$  merupakan partikel bermuatan positif. Menurut Rutherford, volume terbesar dari atom adalah ruang kosong, selain itu di dalam atom ada partikel yang memiliki kerapatan yang sangat tinggi sehingga tidak dapat ditembus oleh partikel  $\alpha$ . Partikel  $\alpha$  tersebut bahkan dipantulkan kembali. Partikel bermuatan positif tersebut oleh Rutherford dinamakan inti atom. Hasil percobaan Rutherford juga menunjukkan bahwa kira-kira setengah dari massa inti atom berasal dari massa proton. Oleh karena itu, di dalam inti atom harus ada partikel lain yang massanya hampir sama dengan massa proton tapi tidak bermuatan. Partikel lain yang dimaksud ditemukan oleh J. Chadwick melalui percobaan kamar kabut. Partikel itu diberi nama neutron.

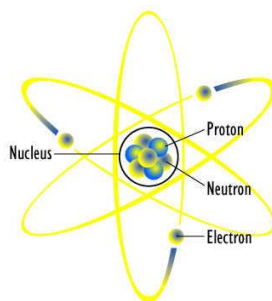


Berdasarkan pengukuran, neutron diketahui memiliki massa sedikit lebih besar daripada proton. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa inti atom terdiri dari neutron dan proton.

Hasil penelitian dari Rutherford menunjukkan bahwa model Thomson tidak benar dan struktur atom hanya bisa dijelaskan dengan masuk akal oleh adanya inti yang dikelilingi oleh elektron. Penelitian dari Rutherford tersebut memberikan fondasi bagi struktur model atom modern.



(a)



(b)

**Gambar 6.** (a) Rutherford dan (b) Model Atom Rutherford

Menurut Rutherford, elektron di dalam atom terus bergerak secara kontinu mengelilingi inti atom dengan percepatan yang tetap. Elektron terus bergerak agar tidak tertarik ke inti. Gerakan elektron mengelilingi inti merupakan syarat untuk dapat menerangkan spektra atom, seperti spektra atom hidrogen.

Model atom Rutherford tidak dapat menerangkan energi yang dilepaskan elektron dalam bentuk radiasi, karena tiap pergerakan elektron dengan kecepatan tetap, elektron akan kehilangan energi yang pada akhirnya akan tertarik ke inti atom. Perilaku tersebut

menimbulkan gerakan berbentuk spiral yang berakhir dengan elektron yang jatuh ke inti. Padahal faktanya atom bersifat stabil dan mantap.

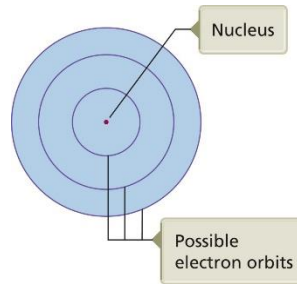
#### e) Niels Bohr (1913)

Pada tahun 1913, Niels Bohr, seorang fisikawan asal Denmark menyatakan bahwa kegagalan Rutherford dapat diperbaiki dengan menerapkan hipotesis Planck tentang mekanika kuantum. Melalui serangkaian percobaan Max Planck menemukan bahwa energi materi tidak berlanjut; Sebaliknya, itu dikuantisasi dan muncul dalam unit diskrit yang disebut **kuantum**. Oleh karena itu, energi menunjukkan sifat yang sama seperti partikel. Teori klasik dari Rutherford dan teori kuantum Planck digunakan oleh Bohr untuk menjelaskan teori atom hidrogen.

Niels Bohr mengembangkan model kuantum untuk atom hidrogen. Struktur modelnya menempatkan elektron hidrogen pada lintasan tertentu yang mengorbit di sekitar inti. Elektron berada pada tingkat-tingkat energi tertentu sesuai dengan bilangan kuantum (teori kuantum Planck). Tingkatan energi atom hidrogen sebesar  $E_n = 2,178 \times 10^{-18} \text{J} \left( \frac{Z^2}{n^2} \right)$ .



(a)



(b)

**Gambar 7.** (a) Niels Bohr dan (b) model atom Niels Bohr

Teori atom Bohr pada waktu itu diterima dan mudah dipahami. Pada perkembangan selanjutnya, banyak gejala fisika yang tidak dapat dijelaskan menggunakan teori atom Bohr. Seperti jika elektron diletakkan pada suatu medan magnet, akan terbentuk emisi yang lebih rumit (**efek Zeeman**). Hal tersebut juga terjadi ketika elektron diletakkan pada suatu medan listrik, terbentuk spektra halus yang lebih rumit (**efek Strack**). Oleh sebab teori atom Bohr tidak dapat menjeaskan kedua efek tersebut, maka teori atom Bohr perlu disempurnakan).

Seorang pakar fisika Jerman, Sommerfeld menyarankan, selain orbit bentuk lingkaran juga ada orbit berbentuk elips. Hasilnya, efek Zeeman dapat dijelaskan dengan model itu, tetapi model atom Bohr-Sommerfeld tidak mampu menjelaskan spektrum polielektron.

## **b. Permulaan Teori Atom Modern**

Penyelesaian permasalahan fisika dan kimia klasik terletak pada mekanika gelombang. Teori yang diajukan Max Planck pada tahun

1900-an dapat menjelaskan peristiwa radiasi benda hitam. Hipotesis Planck menyatakan bahwa sistem mekanika bersifat diskret berupa paket-paket energi yang disebut **kuinta** (kuantum).

Hipotesis kuantum dari Planck kemudian digunakan oleh Einstein pada tahun 1905 untuk menjelaskan gejala yang terjadi pada efek fotolistrik. Einstein mengemukakan bahwa radiasi elektron mempunyai sifat seperti partikel. Partikel ini disebut **foton** yang memiliki nilai tertentu sesuai dengan persamaan Planck,  $E = nh\nu$ .

Pada tahun 1920-an, muncul gagasan de Broglie tentang dualisme materi, disusul Heisenberg tentang ketidakpastian posisi dan momentum suatu partikel berukuran mikroskopik. Dengan menggunakan kedua konsep tersebut, dan didasarkan pada teori kuantum Planck, Schrodinger mencetuskan dasar untuk teori atom modern yang dinamakan teori atom berdasarkan mekanika kuantum.

### **c. Model Atom Mekanika Kuantum**

Ketidakberdayaan Model Bohr mendorong tiga ilmuwan abad ke 20 awal (Heisenberg, de Broglie, dan Schrodinger) untuk mengembangkan pendekatan baru. Penelitian awal mereka berpusat pada bagaimana elektron terikat pada inti dalam gelombang berdiri, posisi yang mirip dengan bagaimana senar alat musik bergetar untuk menciptakan nada musik.

Posisi elektron dalam kaitannya dengan inti dan gerakannya dapat digambarkan dalam fungsi gelombang orbital, yang merupakan bagian dari rumus matematika Schrodinger yang rumit untuk gelombang berdiri. Fungsi gelombang adalah fondasi dari model

mekanika kuantum atom. Persamaan dasar mekanika kuantum yang dikembangkan Schrodinger yaitu:  $\hat{H}\Psi=E\Psi$ . Dimana  $\hat{H}$  adalah operator Hamiltonian, suatu diferensial orde kedua yang dioperasikan terhadap fungsi gelombang,  $\Psi$ . Fungsi gelombang tidak mempunyai makna fisik tertentu, tetapi kuadrat dari fungsi gelombang,  $\Psi^2$  menunjukkan peluang menemukan elektron dalam ruang tertentu.

Berdasarkan teori kuantum yang didasarkan pada sifat gelombang dan sifat partikel dikemukakan suatu model atom mekanika kuantum. Menurut model ini, gerakan elektron mengelilingi inti diungkapkan dalam bentuk kuadrat fungsi gelombang yang disebut orbital. Orbital merupakan kebolehjadian terbesar ditemukannya elektron didalam atom. Elektron yang menghuni orbital dinyatakan sebagai bilangan kuantum yang diturunkan secara matematik.

Teori atom mekanika kuantum dapat menjelaskan sebaran elektron dalam ruang, jarak rata-rata elektron dari inti, dan bentuk orbital. Hasil yang dicapai mekanika kuantum menunjukkan bahwa bilangan kuantum utama ( $n$ ) dan bilangan kuantum azimut ( $l$ ) merupakan fungsi radial.

### **C. PERSPEKTIF NILAI KARAKTER**

Setelah membaca sejarah perkembangan teori atom mulai dari teori atom Democritus sampai dengan teori atom mekanika kuantum pelajaran nilai karakter apa yang dapat anda petik dari kisah tersebut? Apakah Anda berkeinginan untuk menjadi ilmuwan kimia? Persiapkan diri Anda untuk mencapai keinginan tersebut dengan rajin belajar dan penuh rasa ingin tahu dalam menuntut ilmu!

Materi tentang perkembangan teori atom ini, menyadarkan kita semua bahwa Allah Sang Maha Pencipta telah merancang segala sesuatunya dengan *kun fayakun* yang dalam proses dan hasil Penciptaan-Nya sangat rapi dengan perencanaan yang paling sempurna. Perhatikan Firman Allah dalam (QS. Al Furqan 25: 2), yang artinya: “kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.” Ilmuwan memerlukan proses yang sangat lama untuk mengetahui ukuran atom, ukuran electron, neutron dan proton. Bukankah ukuran dan beratnya sangat sempurna?

Atom adalah netral dalam muatan listrik. Bagaimana mereka bisa netral jika mereka berisi elektron yang bermuatan negatif? Atom juga mengandung partikel bermuatan positif yang menghilangkan muatan negatif dari elektron. Namun, partikel positif tidak ditemukan sampai beberapa dekade setelah Thomson menemukan elektron. bagaimana pemahaman struktur atom modern yang berbeda dari Model roti kismis Thomson? Hari ini kita tahu bahwa semua muatan positif dalam atom terkonsentrasi di inti atom yang disebut **nukleus**, dengan elektron bermuatan negatif beredar melalui ruang kosong di sekitarnya. Fenomena ini telah dijelaskan dalam Firman Allah SWT dalam surat (Az-Zariyat 51:49), yang artinya: “Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah”. Dalam Al-qur’an surat (Yasin 36:36) yang artinya ”*Maha Suci yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang*

*ditumbuhkan oleh bumi, dan dari diri mereka dan dari apa yang tidak mereka ketahui*”. Bukankah nukleus dan electron itu merupakan pasangan yang tidak terlihat mata tidak kita ketahui tanpa ilmu pengetahuan? Maha Kuasa Allah yang telah menciptakan segala sesuatu yang berpasang-pasangan sehingga dapat menghasilkan suatu hal yang baru, dan berguna bagi Hamba-hamba Nya.

#### **D. Tugas**

##### **Tugas Kelompok**

Carilah beberapa literatur tentang perkembangan Teori atom, buatlah powerpoint tentang model atom sertakan dengan foto dari para ahli penggagas masing-masing teori!

##### **Rubrik Penilaian Presentasi** (Terlampir)

Tugas Pribadi:

1. Buat *mind mapping* tentang perkembangan teori atom.
2. Deskripsikan kontribusi dari para ilmuwan-ilmuwan dalam memahami struktur atom kepada anda, mulai dari J.J Thomson, R.A. Millikan, Ernest Rutherford, James Chadwick dan Bohr.

## BAB 3. SISTEM PERIODIK UNSUR-UNSUR

### A. Tujuan Perkuliahan:

Setelah proses pembelajaran ini selesai, diharapkan mahasiswa dapat memahami asal muasal penyusunan sistem periodik, memahami sifat periodik unsur-unsur sebagai dasar penggolongan unsur-unsur dan menjadi dasar pertimbangan untuk memprediksi ikatan kimia antar unsur-unsur dalam pembentukan senyawa kimia.

### B. Uraian Materi

#### a. Perkembangan Sistem Periodik Unsur-Unsur

Awal mula penyusunan sistem periodik unsur-unsur ini dimulai setelah berkembang teori atom Dalton. Klasifikasi periodik unsur-unsur merupakan salah satu sumbangan yang sangat menonjol bagi perkembangan ilmu kimia. Pada tahun 1829 Johann Wolfgang Dobereiner (13 December 1780 – 24 March 1849) membuat usaha penting pertama untuk menunjukkan hubungan antara sifat kimia unsur-unsur dengan massa atomnya. Ia mengamati bahwa beberapa unsur yang sangat mirip muncul dalam beberapa kelompok yang masing-masing terdiri dari tiga unsur (*triads*). Suatu ciri yang menarik dari *triad* adalah jika tiga unsur yang mirip sifatnya disusun secara berurutan menurut peningkatan massa atom, maka massa atom unsur yang kedua (ditengah) sangat mendekati rata-rata massa atom dua unsur lainnya. Disamping itu, berbagai sifat lain *unsur tengah* pada *triad-triad* menunjukkan sifat antara kedua unsur lainnya.



Contoh *Triad*:

	<b>Litium</b>	<b>Natrium</b>	<b>Kalium</b>
Massa atom (sma)	6,94	22,99	39,10
Titik leleh (°C)	179	97,8	63,65
Titik didih (°C)	1317	892	774
Massa jenis (kg/dm <sup>3</sup> )	0,534	0,971	0,862

Contoh triad yang lain adalah triad Cl - Br - I dan triad S – Se –Te. Pengelompokan berdasarkan *triad* ini memiliki kelemahan karena kenyataannya banyak unsur yang mirip tetapi jumlahnya lebih dari tiga.

Perkembangan lebih lanjut dari pengelompokan Dobereiner sangat lambat karena massa atom yang akurat untuk unsur-unsur belum diperoleh. Perkembangan yang pesat dari metode eksperimen untuk mengukur massa atom sejak 1860 membawa kemajuan pula pada pengelompokan unsur-unsur menuju klasifikasi periodik modern.



Gambar 3.1. Triad Dobereiner dan J.A. R. Newlands

- a. Johann Wolfgang Dobereiner    b. John Alexander R. Newlands.  
(sumber: <https://www.emaze.com/@ATCCZFOT/History-of-the>)

Pada tahun 1866 John Alexander Reina Newlands (ahli kimia dan pencinta musik dari Inggris) mengemukakan daftar pengelompokan unsur berdasarkan peningkatan berat atom. Ia menemukan bahwa kemiripan sifat kimia dan fisika selalu berulang setiap 8 unsur dan ia menamakannya *Hukum Oktaf*.

Tabel 3.1. Daftar Periodik Newlands

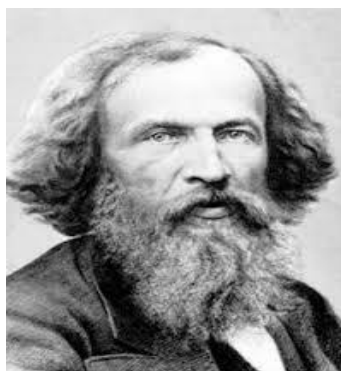
H <sup>1</sup>	F <sup>8</sup>	Cl <sup>15</sup>	Co, Ni <sup>22</sup>	Br <sup>29</sup>	Pd <sup>36</sup>	I <sup>42</sup>	Pt, Ir <sup>50</sup>
Li <sup>2</sup>	Na <sup>9</sup>	K <sup>16</sup>	Cu <sup>23</sup>	Rb <sup>30</sup>	Ag <sup>37</sup>	Cs <sup>44</sup>	Tl <sup>53</sup>
G <sup>3</sup>	Mg <sup>10</sup>	Ca <sup>17</sup>	Zn <sup>25</sup>	Sr <sup>31</sup>	Cd <sup>38</sup>	Ba, V <sup>45</sup>	Pb <sup>54</sup>
Bo <sup>4</sup>	Al <sup>11</sup>	Cr <sup>19</sup>	Y <sup>24</sup>	Ce, La <sup>33</sup>	U <sup>40</sup>	Ta <sup>46</sup>	Th <sup>56</sup>
C <sup>5</sup>	Si <sup>12</sup>	Ti <sup>18</sup>	In <sup>26</sup>	Zr <sup>32</sup>	Sn <sup>39</sup>	W <sup>47</sup>	Hg <sup>52</sup>
N <sup>6</sup>	P <sup>13</sup>	Mn <sup>20</sup>	As <sup>27</sup>	Di, Mo <sup>34</sup>	Sb <sup>41</sup>	Nb <sup>48</sup>	Bi <sup>55</sup>
O <sup>7</sup>	S <sup>14</sup>	Fe <sup>21</sup>	Se <sup>28</sup>	Ro, Ru <sup>35</sup>	Te <sup>43</sup>	Au <sup>49</sup>	Os <sup>51</sup>

Kelemahan utamanya ialah banyak unsur yang dikenal kemudian tidak mempunyai ruang pada daftar Newlands. Disamping itu terdapat banyak pasangan unsur yang terpaksa ditempatkan pada satu posisi dalam daftar. Lebih lanjut, dalam berbagai tempat, khususnya unsur-

unsur setelah kalsium, menunjukkan perbedaan sifat yang jelas dari unsur sekolom, seperti klor berupa gas sedangkan kobal berupa logam.

Penyempurnaan sistem periodic dilakukan oleh ahli berikutnya oleh Dmitri Ivannovich Mendeleev dari Rusia dan Julius Lothar Meyer dari Jerman. Ketika itu seorang guru kimia yang bernama **Dmitri Mendeleev** berkebangsaan Rusia dan **Julius Lothar Meyer** seorang Doctor of Medicine dari Würzburg Jerman, keduanya secara terpisah bekerja dalam periode yang hampir bersamaan menghasilkan daftar teriodik unsur-unsur. Mereka juga menghasilkan daftar yang mendekati kesamaan. Mendeleev mengkomunikasikan penemuannya pada Maret tahun 1869, sedangkan daftar Meyer baru dipublikasikan pada Desember 1869.

Daftar periodik Mendeleev (yang direvisi pada tahun 1871) pada dasarnya merupakan “bentuk pendek” dari daftar periodik sekarang, kecuali tidak ada gas-gas mulia karena memang belum ditemukan pada saat Mendeleev menyusun daftarnya.



Gambar 3.2. a.Dmitri Mendeleev      b. Julius Lothar Meyer

Sumber: <https://www.emaze.com/@ALOCZLLF/Philosophers-of-science.pptx-copy1>

Tabel 3.2. Sistem Periodik Mendeleev tahun 1871

Deret	Grup I $R_2O$	Grup II $RO$	Grup III $R_2O_3$	Grup IV $RH_4$ $RO_2$	Grup V $RH_3$ $R_2O_5$	Grup VI $RH_2$ $RO_3$	Grup VII $RH$ $R_2O_7$	Grup VIII — $RO_4$
1	H=1							
2	Li=7	Be=9, 4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=2 4	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K= 39	Ca=40	—=44	Ti=48	V =51	Cr=52	Mn=55	Fe=56,C o=59

								Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63 )	Zn=65	—=68	72 —=	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104 Rh=104 Pd=106 Ag =108
7	(Ag=10 8)	Cd=11 2	In=113	Sn=118	Sb =122	Te=128	I=127	
8	Cs=133	Ba=13 7	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — — —

<b>9</b>	(—)	—	—	—	—	—	—	—
<b>10</b>	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195 Ir=197 Pt=198 Au=199
<b>11</b>	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
<b>12</b>	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — — —

Mendeleev tampak sebagai orang pertama yang memahami sepenuhnya arti penting dari periodisitas. Dalam makalahnya Mendeleev menekankan kemiripan kelompok unsur-unsur. Sampai-sampai dibaliknya urutan massa atom apabila hal itu diperlukan untuk dapat mempertahankan kemiripan kelompok seperti letak Telurium dan Iodium. Hal lain yang penting dan menarik adalah bahwa Mendeleev telah meninggalkan ruang kosong pada daftar yang diperkirakan akan diisi oleh unsur baru yang kelak ditemukan.

Keunggulan lain dari daftar periodik Mendeleev ialah memungkinkan untuk meramalkan sifat unsur-unsur yang belum ditemukan, karena setiap lajur mempunyai sifat yang mirip. Misalnya germanium yang terletak di bawah silikon dan di atas stanum dalam golongan IV belum ditemukan pada saat Mendeleev menyusun daftarnya, sehingga tempatnya kosong pada daftar periodik Mendeleev. Ia meramalkan bahwa sifat germanium, yang ia sebut dengan nama *eka-silikon*, harus merupakan sifat antara silikon dan stanum.

Kebutuhan untuk menempatkan unsur-unsur tidak berdasarkan kenaikan massa atom (seperti halnya Tl dan I) berulang kembali setelah gas-gas mulia ditemukan. Ditemukan bahwa massa atom Argon (39,9) lebih besar dari pada kalium (39,1), namun berdasarkan sifat kimia dan fisis, kalium tergolong golongan I (setelah argon), sedangkan argon harus dimasukkannya ke dalam satu golongan terpisah dengan gas-gas mulia lainnya. Penempatan terbalik ini tidak menjadi masalah jika unsur ditempatkan berdasarkan peningkatan *nomor atom*, dan bukan massa atom.

Tabel periodik yang diajukan oleh Lothar Meyer sangat mirip dengan yang dipublikasikan oleh Mendeleev. Dengan menekankan sifat-sifat fisika unsur-unsur, Meyer menunjukkan bahwa, pada umumnya, *sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari massa atomnya*.

Berbagai bentuk klasifikasi periodik unsur terus bermunculan dan tiap tabel dirancang untuk menunjukkan berbagai kecenderungan dan hubungan yang dianggap oleh penciptanya sebagai yang paling penting. Pada tahun 1900 juga muncul keraguan mengenai tempat dari gas-gas mulia. Jelas bahwa ada sesuatu dalam struktur fundamental unsur-unsur yang menyebabkan timbulnya periodisitas ini, tetapi massa atom rupanya bukan merupakan jawaban akhirnya.

Pada tahun 1913, H. G. J. Moseley melakukan studi terperinci mengenai spektra sinar-X karakteristik yang dipancarkan oleh berbagai unsur. Dari pengamatannya, Moseley menyimpulkan bahwa *nomor atom* merupakan ukuran dari muatan positif dalam inti atom. Besaran ini tampaknya merupakan besaran yang lebih fundamental dibandingkan massa atom. Moseley menyimpulkan bahwa *sifat unsur-unsur kimia adalah fungsi periodik dari nomor atomnya*.

Pernyataan modern tentang *hukum periodik* ialah: jika unsur-unsur disusun berdasarkan peningkatan nomor atom, terdapat pengulangan periodik dari sifat-sifat fisis dan kimia. Dengan demikian nomor atom dan jumlah elektron dalam atom netral unsur menjadi faktor penting dalam penentuan urutan unsur, dan kedua faktor ini berkaitan dengan sifat-sifat unsur.

Pengetahuan tentang unsur dan senyawanya sudah demikian luas, dan hal ini dapat dengan lebih mudah dipelajari dengan



menggunakan Sistem Periodik. Sistem periodik modern (Tabel 4) disusun oleh sejumlah kolom vertikal yang disebut *golongan* dan sejumlah baris horizontal yang disebut *perioda*. Akhir-akhir ini telah diadakan usaha untuk menghilangkan perbedaan dalam pemberian lambang A dan B untuk nomor golongan dalam sistem periodik yang digunakan di Amerika dan Eropa. IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) telah merekomendasikan untuk menggunakan angka Arab dalam memberi nomor golongan unsur dari kiri ke kanan dengan angka 1 sampai 18. Buku-buku “General Chemistry” cetakan terakhir sudah memperkenalkan cara ini, meskipun mempergunakan konvensi lama.

Tabel 3.3. Sistem Periodik menurut Lothar Meyer

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
—	B=11	Al=27,3	—	—	—	?In=113,4	—	Tl =202,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	C=12	Si=28	—	—	—	Sn=117,8	—	Pb=206,4
—	—	—	Ti=48	—	Zr= 89,7	—	—	—
—	N=14	P=30,9	—	As=74,9	—	Sb=122,1	—	Bi=207,5
—	—	—	V=51,2	—	Nb =93,7	—	Ta=182,2	—
—	O=16	S=32	—	Se=78	—	Te=128?	—	—
—	—	—	Cr=52,4	—	Mo=95,6	—	W=183,5	—
—	F=19,1	Cl=35,4	—	Br=79,75	—	I =126,5	—	—
—	—	—	Mn=54,8	—	Ru=103,5	—	Os=198,6?	—
—	—	—	Fe=55,9	—	Rh=104,1	—	Ir =196,7	—
—	—	Co=58,6	Ni=58,6	—	Rb=106,2	—	Pt=196,7	—

Li= 7,0	Na=22,9	K= 39	—	Rb=85,2	—	Cs=132,7	—	—
—	—	—	Cu=63,3	—	Ag =107,7	—	Au=192,2	—
?Be9,3	Mg=23,9	Ca=39,9	—	Sr = 87	—	Ba= 136,8	—	—
—	—	—	Zn=64,9	—	Cd =111,6	—	Hg=199,3	—

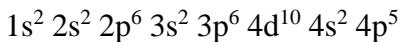
Perjalanan panjang proses penyusunan sistem periodic unsur-unsur yang terjadi membutuhkan waktu yang lam, sampai akhirnya kita sekarang menggunakan sistem periodik unsur-unsur yang kita kenal sekarang, seperti pada Gambar 3.3. berikut.

MAIN-GROUP ELEMENTS														MAIN-GROUP ELEMENTS													
IA (1)		IIA (2)		TRANSITION ELEMENTS										IIIA (13)		IVA (14)		VA (15)		VIA (16)		VIIA (17)		VIIIA (18)			
1	1	3	4											5	6	7	8	9	10								
	H	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne								
	1.008	6.941	9.012											10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18								
3	11	12											13	14	15	16	17	18									
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar									
	22.99	24.31											26.98	28.09	30.97	32.07	35.45	39.95									
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36									
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr									
	39.10	40.08	44.96	47.88	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.69	63.55	65.39	69.72	72.61	74.92	78.96	79.90	83.80									
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe									
	85.47	87.62	88.91	91.22	92.91	95.94	(98)	101.1	102.9	106.4	107.9	112.4	114.8	118.7	121.8	127.6	126.9	131.3									
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86									
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn									
	132.9	137.3	138.9	178.5	180.9	183.9	186.2	190.2	192.2	195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0	(209)	(210)	(222)									
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118									
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																		
	(223)	(226)	(227)	(261)	(262)	(266)	(262)	(265)	(266)	(269)	(272)	(277)		(285)		(289)											
INNER TRANSITION ELEMENTS																											
6	Lanthanides	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71												
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu												
		140.1	140.9	144.2	(145)	150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.0	175.0												
7	Actinides	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103												
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr												
		232.0	(231)	238.0	(237)	(242)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(260)												

Gambar 3.3. Sistem Periodik Unsur-Unsur

### **a. Sistem Periodik dan Konfigurasi Elektron**

Dari konfigurasi elektron atom, dapat diramalkan posisi suatu unsur pada sistem periodik. Sebagai contoh kita ambil suatu unsur bernomor atom 35. Susunan elektron bagi atom tersebut ialah:



Elektron terakhir pada atom tersebut menempati sub kulit p dalam kulit dengan  $n=4$ . Sementara itu jumlah elektron kulit terluar ialah  $2+5=7$ . Jadi, unsur tersebut berada pada golongan VIIA periode ke-4, dan merupakan unsur blok p. Contoh kedua ialah atom unsur bernomor atom 46. Susunan elektronnya:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^8 4f^0 5s^2$ . Unsur ini termasuk blok d (transisi) karena elektron terluarnya mengisi sub kulit 4d. Nomor periodanya 5 sesuai dengan kulit terakhirnya. Nomor golongan bagi unsur ini sama dengan jumlah elektron yang ada pada sub kulit 4d dan 5s, yakni  $8+2=10$ . Akan tetapi karena nomor golongan hanya sampai 8 maka unsur tersebut termasuk golongan VIII.

### **b. Kecenderungan Sifat Unsur pada Sistem Periodik**

Terdapat kecenderungan sifat unsur dari kiri ke kanan dalam satu perioda, serta dari atas ke bawah dalam satu golongan. Kecenderungan sifat unsur berhubungan dengan konfigurasi elektron atom dari unsur-unsur. Berikut ini dibahas kecenderungan empat sifat unsur yakni ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan keelektronegatifan.

#### **a) Ukuran atom dan ion**

Sangat sukar mendefinisikan ukuran atom, sebab tidak ada batas yang jelas pada titik mana kerapatan elektron menjadi nol dalam atom.

Ukuran atom yang tepat dalam molekul atau kisi padatan bergantung pada sifat dan kekuatan ikatan atom-atom tersebut. Jika unsur terdapat dalam kisi ion, maka ukurannya disebut *ukuran ion*. Oleh karena atom dan ion berbentuk bola, ukurannya disebut *jari-jari atom* dan *jari-jari ion*.

Ukuran dari atom yang terdapat dalam molekul atau dalam kisi ikatan kovalen disebut *jari-jari kovalen*. Berbeda lagi dengan kristal logam, ukuran atomnya disebut *jari-jari logam* dan mirip dengan jari-jari kovalen. Lain lagi halnya dengan atom-atom yang bersentuhan tetapi tidak membentuk ikatan misalnya atom gas mulia dalam bentuk padatan atau cairan. Dalam hal ini disebut *jari-jari non-logam* atau *jari-jari van der Waals*.

Tabel 3.4. Jari-jari atom dan ion unsur golongan utama/pm (1 nm = 100 pm)

				<b>H</b>				
Kovalen/ ion				37 208 (H <sup>-</sup> )				
	<b>Li</b>	<b>Be</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>
Kovalen/ logam ion	152 68 (Li <sup>+</sup> )	160 35 (Be <sup>+</sup> )	88	77	70 171 (Al <sup>3+</sup> )	66 132(O <sup>2-</sup> )	64 133 (F <sup>-</sup> )	
	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>
Kovalen/ logam ion	186 99 (Na <sup>+</sup> )	140 66(Mg <sup>2+</sup> )	126 51(Al <sup>3+</sup> )	118	110	102 184(S <sup>2-</sup> )	99 181 (Cl <sup>-</sup> )	
	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>
Kovalen/ logam ion	231 133 (K <sup>+</sup> )	197 99 (Ca <sup>2+</sup> )	122 62 (Ga <sup>3+</sup> )	122	112	116 191(Se <sup>2-</sup> )	114 196(Br <sup>-</sup> )	

	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>
Kovalen/ logam ion	244 147 (Rb <sup>+</sup> )	215 112 (Sr <sup>2+</sup> )	162 81 (In <sup>3+</sup> )	140 71(Sn <sup>4+</sup> ) 93(Sn <sup>2+</sup> )	141 76 (Sb <sup>3+</sup> )	137	133 220 (I <sup>-</sup> )	
	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>
Kovalen/ logam ion	262 167(Cs <sup>+</sup> )	217 134(Ba <sup>2+</sup> )	171 95(Tl <sup>3+</sup> ) 147(Tl <sup>+</sup> )	175 84(Pb <sup>4+</sup> ) 120(Pb <sup>3+</sup> )	146 96(Bi <sup>3+</sup> )	(140)	(140) (240) (At <sup>-</sup> )	



Ada beberapa kecenderungan yaitu,

1. Jari-jari kovalen bertambah dari atas ke bawah dalam satu golongan, dan jari-jari ion dengan muatan yang sama bertambah dari atas ke bawah dalam satu golongan.

( $r_{\text{Li}} = 152 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Na}} = 186 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{K}} = 231 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Li}}^{+} = 68 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Na}}^{+} = 99 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{K}}^{+} = 133 \text{ pm}$ ).

2. Dalam satu perioda jari-jari kovalen, dan jari-jari ion berkurang dari kiri ke kanan.

( $r_{\text{Li}} = 152 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Be}} = 106 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{B}} = 88 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{C}} = 77 \text{ pm}$ ).

3. Jari-jari ion positif lebih kecil dari jari-jari kovalen

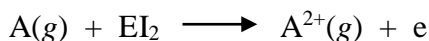
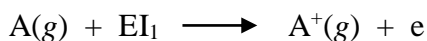
( $r_{\text{Na}} = 186 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Na}}^{+} = 99 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{K}} = 231 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{K}}^{+} = 133 \text{ pm}$ )

4. Jari-jari ion negatif lebih besar dari pada jari-jari kovalen

( $r_{\text{F}} = 64 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{F}}^{-} = 133 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Cl}} = 99 \text{ pm}$ ,  $r_{\text{Cl}}^{-} = 181 \text{ pm}$ )

### b) Energi Ionisasi

Energi ionisasi (EI) atau potensial ionisasi adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan sebuah elektron dari atom atau ion dalam keadaan gas.



$\text{EI}_1$  = energi ionisasi pertama

$\text{EI}_2$  = energi ionisasi kedua

Energi ionisasi dapat dinyatakan dalam  $\text{kJ mol}^{-1}$  atau  $\text{kcal mol}^{-1}$  atau dalam elektron Volt (eV). Tabel 6 di bawah ini menunjukkan energi

ionisasi (dalam satuan elektro volt,eV) untuk 20 unsur pertama pada sistem periodik.

Dari data tabel 6 tersebut jelas terlihat bahwa energi ionisasi terbesar yang mencerminkan kestabilan, dimiliki atom-atom gas mulia. Terlihat juga untuk unsur-unsur golongan IA energi ionisasi pertama relatif rendah sedangkan energi ionisasi kedua jauh lebih besar. Untuk unsur-unsur golongan IIA kenaikan energi ionisasi terjadi setelah dua elektron dilepaskan, sedangkan untuk unsur-unsur golongan IIIA kenaikan energi terjadi setelah tiga elektron lepas. Secara umum dapat dikatakan bahwa loncatan energi ionisasi selalu terjadi setelah atom melepaskan elektron dengan jumlah sama dengan nomor golongannya. Loncatan yang besar harga ionisasi terjadi setelah atom mencapai konfigurasi gas mulia menunjukkan kestabilan atom ketika mencapai konfigurasi gas mulia.

Kecenderungan energi ionisasi pertama unsur-unsur seperiode dari kiri ke kanan, dan dari atas ke bawah dalam satu golongan, paralel dengan kecenderungan ukuran atom. Keparalelan ini disebabkan oleh energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari suatu atom bergantung pada berapa jauh elektron itu dari inti atom. Dalam satu golongan, peningkatan nomor atom menyebabkan berkurangnya energi ionisasi. Sementara itu dari kiri ke kanan dalam satu perioda energi ionisasi pertama kian bertambah besar.

Tabel 3.5. Energi ionisasi 20 unsur pertama (eV)

	<b>EI<sub>1</sub></b>	<b>EI<sub>2</sub></b>	<b>EI<sub>3</sub></b>	<b>EI<sub>4</sub></b>	<b>EI<sub>5</sub></b>	<b>EI<sub>6</sub></b>	<b>EI<sub>7</sub></b>	<b>EI<sub>8</sub></b>
<b>H</b>	13,6							
<b>He</b>	24,6	54,4						
<b>Li</b>	5,4	75,6	121,8					
<b>Be</b>	9,3	18,1	153,1	216,6				
<b>B</b>	8,3	25,0	37,6	258,1	338,5			
<b>C</b>	11,3	24,3	47,6	64,2	390,1	490,0		
<b>N</b>	14,5	29,6	47,4	77,5	97,9	552,1	667,0	
<b>O</b>	13,6	34,9	54,9	77,0	113,0	137,5	739,0	871,1
<b>F</b>	17,3	34,8	62,4	86,7	113,7	156,4	184,3	953,6
<b>Ne</b>	21,6	40,9	63,2	97,2	126,4	158,0	—	—
<b>Na</b>	5,1	47,1	70,7	99,1	138,6	172,4	208,4	264,2
<b>Mg</b>	7,6	15,0	79,7	108,9	141,2	225,0	266,0	—
<b>Al</b>	6,0	18,7	28,3	119,4	153,4	190,4	241,9	285,1

<b>Si</b>	8,2	16,3	33,4	44,9	165,6	205,1	246,4	303,1
<b>P</b>	11,0	19,6	30,0	51,1	64,7	220,4	263,3	309,3
<b>S</b>	10,4	23,3	34,9	47,1	72,5	88,0	231,0	328,8
<b>Cl</b>	13,0	23,8	39,9	53,5	67,8	96,7	114,3	348,3
<b>Ar</b>	15,8	27,6	40,9	59,8	75,0	91,3	124,0	143,5
<b>K</b>	4,3	31,8	46,5	60,9	82,6	99,7	118,0	155,0
<b>Ca</b>	6,1	11,9	51,2	67,0	84,4	109,0	128,0	143,0

Beberapa ketidakaturan terdapat dalam kecenderungan energi ionisasi atom unsur seperiode. Pada periode kedua, energi ionisasi berilium lebih besar daripada boron. Disamping itu, energi ionisasi pertama bagi nitrogen lebih besar daripada oksigen. Pada kasus berilium, elektron pertama yang dilepaskan terletak pada sub kulit 2s yang terisi penuh, sedangkan elektron pertama yang dilepaskan boron terletak pada sub kulit 2p yang berisi 1 elektron. Sub kulit 2p mempunyai energi lebih tinggi daripada sub kulit 2s. Pada kasus nitrogen, konfigurasi elektron atom nitrogen ialah  $1s^2 2s^2 2p^3$ . Jadi, sub kulit 2p setengah penuh. Sementara itu atom oksigen sub kulit 2p berisi 4 elektron. Oleh karena sub kulit yang setengah penuh mempunyai kestabilan tambahan, maka elektron dari atom nitrogen lebih sulit dilepaskan. Ketidakaturan yang sama dijumpai pada periode ketiga dan keempat. Energi ionisasi pertama fosfor lebih besar daripada belerang, dan energi ionisasi pertama arsen lebih besar daripada selenium.

### c) Afinitas Elektron

Afinitas elektron ialah energi yang dilepaskan atau diserap jika satu elektron ditambah ke dalam atom netral dalam keadaan gas.



Proses penangkapan elektron umumnya merupakan proses eksoterm karena elektron yang ditambahkan ke dalam atom akan mengalami atraksi inti. Jika pelepasan elektron memerlukan kerja (endoterm), maka proses lawannya, yakni proses penangkapan elektron merupakan proses eksoterm.

Jika lebih dari satu elektron ditambah ke dalam kulit valensi suatu atom, misalnya oksigen bereaksi membentuk ion  $O^{2-}$ , elektron kedua yang ditambahkan untuk membentuk ion  $-2$  memperoleh tolakan dari ion  $-1$  sehingga diperlukan kerja. Jadi afinitas elektron kedua merupakan besaran endotermis. Pada Tabel 6 diperlihatkan harga-harga afinitas elektron beberapa unsur golongan utama. Daftar itu tidak lengkap karena afinitas elektron sukar diukur.

Tabel 3.6. Afinitas elektron unsur-unsur utama (eV)

<b>IA</b>	<b>IIA</b>	<b>IIIA</b>	<b>IVA</b>	<b>VA</b>	<b>VI</b>	<b>VIIA</b>
H 0,75						
Li 0,61	Be $\approx - 0,60$	B 0,30	C 1,25	N $\approx - 0,09$	O 1,25	F 3,46
Na $\approx 0,50$	Mg $\approx - 0,30$	Al 0,52	Si 1,40	P 0,74	S 1,70	Cl 3,62
K $\approx 0,40$	Ca —	Ga 0,18	Ge 1,20	As 0,60	Se 1,70	Br 3,37
Rb $\approx 0,20$	Sr —	In —	Sn —	Sb —	Te —	I 3,07
Cs —	Ba —	Tl —	Pb —	Bi —	Po —	At —

Kecenderungan afinitas elektron paralel dengan kecenderungan energi ionisasi atau ukuran atom. Penyebabnya ialah lebih dekat elektron ke inti, lebih besar pengaruh muatan inti terhadap elektron itu. Atom-atom yang berukuran kecil dan mempunyai kulit elektron yang mengalami muatan inti efektif yang besar (unsur pada daerah kanan atas sistem periodik) mempunyai afinitas elektron sangat besar. Sebaliknya atom besar dan memiliki kulit terluar yang mengalami muatan inti efektif kecil (misalnya unsur golongan IA dan IIA), mempunyai afinitas elektron rendah.

Pada Tabel 7 tampak bahwa fluor, yang berukuran lebih kecil dari pada klor, mempunyai afinitas elektron lebih rendah. Hal itu menunjukkan pengaruh repulsi antar elektron dialami oleh elektron baru yang masuk ke kulit terluar atom fluor lebih besar.

Nitrogen mempunyai afinitas elektron negatif. Hal ini berarti proses penangkapan elektron oleh atom nitrogen merupakan proses endotermis. Fakta ini menunjukkan kestabilan konfigurasi setengah penuh. Karbon mencapai konfigurasi tersebut dengan menangkap satu elektron, sedangkan nitrogen mempertahankan konfigurasi elektron setengah penuh dengan menolak elektron tambahan. Hanya dalam kondisi tertentu atom nitrogen menangkap elektron.

#### **d) Keelektronegatifan**

Keelektronegatifan (elektronegativitas) suatu unsur ialah suatu ukuran kemampuan atom unsur tersebut menarik elektron dalam senyawanya. Keelektronegatifan berbeda dengan afinitas elektron. Afinitas elektron merupakan sifat atom yang berdiri sendiri. Skala



keelektronegatifan yang digunakan secara luas didasarkan pada penilaian energi ikatan yang dikemukakan oleh Linus Pauling. Pada skala Pauling, atom yang paling elektronegatif, fluor, diberi harga 4,0. Sementara itu unsur yang atomnya mempunyai daya tarik paling lemah terhadap elektron, yakni sesium, harga keelektronegatifan ialah 0,7. Unsur-unsur lainnya mempunyai harga keelektronegatifan antara 4 dengan 0,7. Harga keelektronegatifan (Pauling) untuk unsur-unsur golongan utama diberikan pada Tabel 8.

Tabel. 3.7. Keelektronegatifan beberapa Unsur

H					
2,20					
Li	Be	B	C	N	O
0,98	1,57	2,04	2,55	3,04	3,44
Na	Mg	Al	Si	P	S
0,93	1,31	1,61	1,90	2,19	2,58
K	Ca	Ga	Ge	As	Se
0,82	1,00	1,81	2,01	2,18	2,55
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te
0,82	0,95	1,78	1,96	2,05	2,10
Cs	Ba				
0,79	0,89				

Dari data Tabel 8 tampak jelas bahwa dari kiri ke kanan pada satu perioda, keelektronegatifan semakin besar. Dari atas ke bawah dalam satu golongan, keelektronegatifan semakin kecil.

## **Perspektif Nilai karakter**

Unsur-unsur dalam satu golongan memiliki kemiripan sifat. Sifat ini beraturan secara periodik. Proses untuk sampai pada pemetaan keteraturan sifat ini berlangsung beberapa abad. Setiap unsur memiliki kekhasan, sifat tertentu yang membedakannya dengan yang lain, memiliki manfaat bagi kehidupan ummat manusia.

Dalam (QS. An-Nahl 16: 18) Allah SWT berfirman: “Jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tidak dapat menentukan jumlahnya. Sungguh Allah Maha Benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang”. Dalam QS. Ar-Rahman 55, Allah berulang-ulang sebanyak 31 kali mengatakan : “Maka nikmat Tuhan yang mana lagi yang kamu dustakan?” (Note: 31 kali itu identik sama dengan jumlah hari dalam satu bulan). Mari kita lihat manfaat dari salah satu unsur yang ada dalam sistem periodik. Bahkan dalam Al Quran terdapat nama surat tentang unsur tersebut, yaitu surat Al-Hadid yang berarti besi. Bacalah Surat Al-Hadid dan pahami artinya!

Besi (Fe), unsur penting dalam kehidupan makhluk hidup di bumi, tanpa unsur besi manusia tidak bisa hidup. Tidak ada sumber makanan. Kenapa? Warna hijau pada tumbuhan disebabkan karna adanya klorofil. Klorofil mengandung zat besi yaitu ion ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Bahkan di dalam tubuh manusia dan hewan terdapat unsur besi berupa ion  $\text{Fe}^{3+}$  dalam sel darah merah. Penting sekali unsur ini dalam kehidupan. Masih banyak unsur lain yang menarik untuk dikaji. Semakin dipelajari semakin meningkatkan keimanan kita kepada Allah. Fabi-ai ala irabbikum tukazziban...

### **Tugas kelompok:**

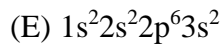
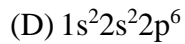
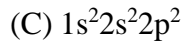
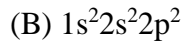
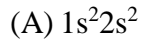
Bersama teman sekelompok, buatlah gambar Sistem Periodik Unsur-Unsur yang lengkap dengan data sifat keperiodikan yang telah Anda pelajari dalam bab ini.

### **SOAL-SOAL**

1. Pelajaran nilai apa yang dapat Anda petik dari kinerja masing-masing ilmuwan berikut. Bagaimana proses yang mereka lalui dalam mengembangkan ilmu?
  - a) Dobereiner
  - b) Newlands
  - c) Mendeleyev
  - d) Meyer
  - e) Moseley
2. Apakah yang menjadi dasar pengelompokan unsur dalam sistem periodik modern? Mengapa?
3. Bagaimana fenomena golongan-golongan pada sistem periodik berdasarkan rekomendasi IUPAC terbaru.
4. Bagaimana kecenderungan jari-jari atom unsur-unsur seperiode dari kiri ke kanan. Jelaskan apa sebab terjadi kecenderungan seperti itu.
5. Gambarkan dalam bentuk grafik kecenderungan energi ionisasi unsur-unsur seperiode dari kiri ke kanan dalam sistem periodik. Jelaskan sebab kecenderungan itu.
6. Apa yang dimaksud dengan:
  - a. Keelektronegatifan

b. Afinitas elektron

7. Unsur dengan konfigurasi elektron di bawah ini yang mempunyai jari-jari atom terbesar adalah ....



## **BAB 4. STOIKHIOMETRI**

### **A. Tujuan Perkuliahan**

Setelah proses pembelajaran ini selesai, diharapkan mahasiswa dapat membuktikan dan mengkomunikasikan penerapan hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan, menerapkan hukum Gay-Lussac dan hukum Avogadro serta konsep mol dalam reaksi kimia.

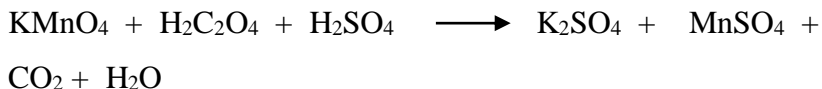
### **B. Uraian Materi**

Stoikiometri berasal dari bahasa Yunani yaitu "*stoicheon*" artinya unsur, dan "*metrei*" artinya mengukur. Jadi, stoikiometri berarti mengukur unsur-unsur. Pengertian unsur-unsur dalam hal ini adalah partikel-partikel atom, ion, molekul atau elektron yang terdapat dalam unsur atau senyawa yang terlibat dalam reaksi kimia. Stoikiometri menyangkut cara (perhitungan kimia) untuk menimbang dan menghitung zat-zat kimia. Dengan kata lain *stoikiometri* adalah perhitungan kimia yang menyangkut hubungan kuantitatif zat yang terlibat dalam reaksi kimia.

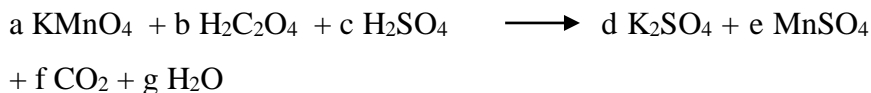
#### **a. Menyetarakan Persamaan Reaksi Kimia**

Dalam menyetarakan persamaan reaksi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: cara langsung, cara matematika, dan cara setengah reaksi atau bilangan oksidasi. Untuk menyetarakan persamaan reaksi yang biasa dan mudah dapat dilakukan dengan cara langsung, sedang untuk reaksi yang rumit dapat dilakukan dengan menggunakan suatu persamaan eliminasi dan substitusi dengan cara permisalan masing-masing koefisien dengan huruf, juga dapat disetarakan dengan cara setengah reaksi.

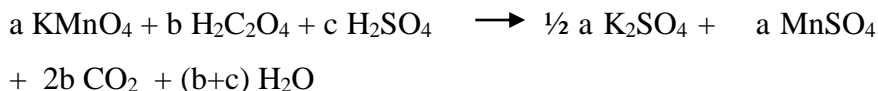
Menyetarakan reaksi dengan cara matematika untuk reaksi berikut.



Misalkan persamaan reaksi :



Unsur yang terdapat dalam satu senyawa di kiri dan satu senyawa di kanan adalah K, Mn, dan C, maka unsur K :  $d = \frac{1}{2} a$ , unsur Mn :  $e = a$ , dan unsur C :  $f = 2b$ , Unsur H ada dalam dua senyawa di kiri dan satu senyawa di kanan, sehingga  $g = b + c$ .



Unsur yang lain: O dan S, maka :

$$\text{Unsur O : } 4a + 4b + 4c = 2a + 4a + 4b + b + c$$

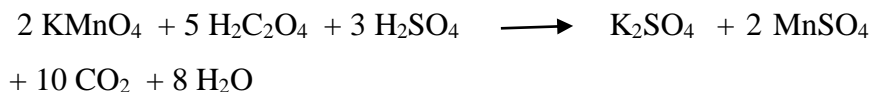
$$3c = 2a + b$$

Misalkan  $a = 1$ , maka  $3c = 2 + b$

Unsur S :  $c = \frac{1}{2} a + a$ , maka  $c = 1\frac{1}{2}$

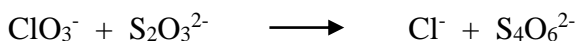
Akibatnya :  $3c = 2 + b$ ,  $3 (1\frac{1}{2}) = 2 + b$ , maka  $b = 2\frac{1}{2}$

Jika semua dikalikan dua, maka  $a = 2$ ,  $b = 5$  dan  $c = 3$ . Jadi persamaan reaksi adalah :



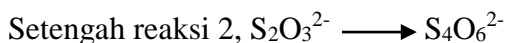
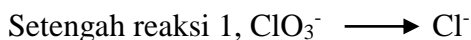
Contoh :

Menyetarakan persamaan reaksi secara setengah reaksi dalam suasana asam untuk reaksi berikut.



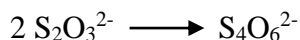
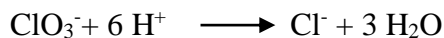
Langkah 1.

Menuliskan setengah reaksi yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dalam bentuk ionnya dan menjumlahkan atom-atom tersebut pada kedua belah spesi.



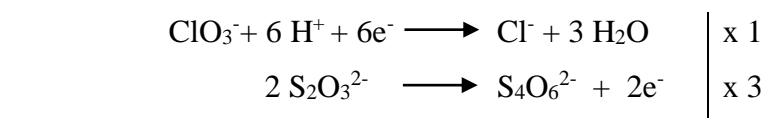
Langkah 2.

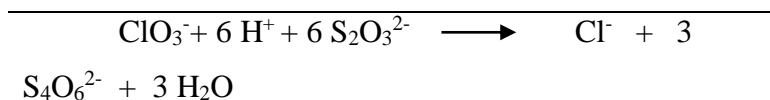
Pada spesi yang kekurangan oksigen ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}$  sebanyak jumlah O, dan pada spesi yang kekurangan hidrogen dengan menambahkan  $\text{H}^+$



Langkah 3.

Menyeimbangkan jumlah muatan pada kedua setengah reaksi dengan menambahkan elektron pada yang kekurangan muatan, dan menjumlahkan kedua setengah reaksi tersebut dengan menyeimbangkan muatannya.





Sehingga reaksi tersebut menjadi :



Contoh 5:

Menyetarakan reaksi secara setengah reaksi dalam suasana basa untuk reaksi.



Langkah 1.

Menuliskan setengah reaksi yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dalam bentuk ionnya dan menjumlahkan atom-atom tersebut pada kedua belah spesi.



Pada spesi yang kekurangan oksigen ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}$  sebanyak jumlah O, dan pada spesi yang kekurangan hidrogen dengan menambahkan  $\text{H}^+$

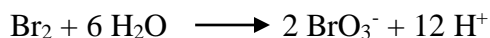


Langkah 3.

Karena reaksi tersebut dalam suasana basa, maka ditambahkan dengan  $\text{OH}^-$  pada kedua spesi sebanyak  $\text{H}^+$ .

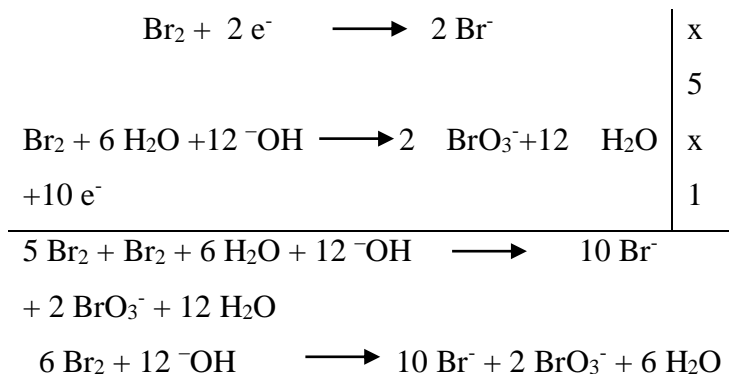


$\text{Br}_2 \longrightarrow 2 \text{Br}^-$  (tidak ditambah  $\text{H}_2\text{O}$  karena tidak ada O)



Langkah 4.

Menyeimbangkan jumlah muatan pada kedua setengah reaksi dengan menambahkan elektron pada yang kekurangan muatan.



Sehingga reaksi tersebut menjadi :




---

Contoh di atas adalah penyetaraan reaksi secara umum, baik untuk reaksi redoks maupun metatesis.

## **b. Hukum-Hukum Dasar Kimia**

Hasil dari penelitian dengan menggunakan prinsip-prinsip ilmiah, telah melahirkan beberapa hukum dasar yang akan dibahas berikut.

### **a) Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier, 1774)**

Lahirnya hukum kekekalan massa diawali oleh Einstein yang menyatakan bahwa massa dapat diubah menjadi energi.

Berdasarkan hal tersebut Lavoisier melakukan penyelidikan untuk mempelajari apakah perubahan materi juga disertai dengan perubahan massa? Sampai akhirnya ia menemukan bahwa:

*Jumlah zat sebelum reaksi sama dengan jumlah zat sesudah reaksi atau pada reaksi kimia, massa zat pereaksi sama dengan massa hasil reaksi.*



Contoh

2 gram hidrogen bereaksi dengan 16 gram oksigen membentuk 18 gram air ( $\text{H}_2\text{O}$ )

### **b) Hukum Perbandingan Tetap (Proust, 1799)**

Berdasarkan data percobaan di laboratorium Proust menemukan bahwa massa unsur-unsur yang membentuk suatu senyawa itu selalu tetap. Dalam bahasa lainnya dapat dikatakan bahwa:

*Pada suatu reaksi kimia, massa zat yang bereaksi dengan sejumlah tertentu zat lain massa yang tetap atau suatu senyawa selalu terdiri atas unsur-unsur yang sama dengan perbandingan yang tetap.*



Pernyataan yang dinyatakan oleh proust itu dikenal sebagai hukum perbandingan tetap. Akan tetapi hukum ini tidak berlaku untuk senyawa yang non-stoikhiometris, misalnya besi (II) oksida, dengan rumus senyawa FeO. Pada senyawa ini persen berat oksigen bergantung pada teknik pembuatannya.

Contoh:

Tentukan perbandingan berat dari unsur-unsur penyusun glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ).

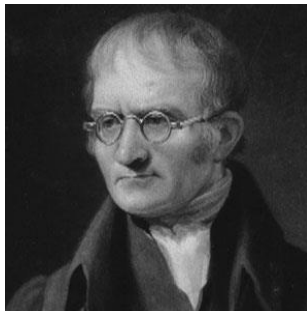
$$\begin{aligned}\text{Jawaban: } m(C) : m(H) : m(O) \\ &= \{(6 \times A_r C) : (12 \times A_r H) : (6 \times A_r O)\} \\ &= (6 \times 12) : (12 \times 1) : (6 \times 16) \\ &= 72 : 12 : 96 = 6 : 1 : 8\end{aligned}$$

### c) Hukum Perbandingan Berganda (Dalton -1803)

Senyawa yang paling sederhana biasanya dibentuk dari penggabungan dua unsur tunggal (senyawa biner), dimana tiap unsur menyumbang satu atomnya masing-masing. Tetapi banyak juga dijumpai dua macam unsur dapat bergabung membentuk lebih dari satu macam senyawa dengan komposisi tertentu. Contohnya pembakaran

unsur nitrogen oleh oksigen pada kondisi yang berbeda-beda dapat membentuk senyawa yang berbeda-beda pula, bisa sebagai NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O dan N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dari hasil penyelidikan dalton diketahui bahwa:.

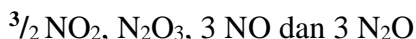
*Jika dua unsur dapat membentuk lebih dari satu senyawa, maka perbandingan massa unsur yang satu, yang bersenyawa dengan unsur lain yang tertentu massanya, merupakan bilangan bulat dan sederhana*



Contoh:

Tentukan perbandingan N jika nitrogen bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa-senyawa NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO dan N<sub>2</sub>O.

Jawaban : untuk menentukan perbandingan N, kita buat jumlah O pada semua senyawa yang terbentuk yaitu NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO dan N<sub>2</sub>O sama, maka :



Perbandingan nitrogennya (N) adalah :

$$= \frac{3}{2} \text{N} : 2 \text{N} : 3 \text{N} : 6 \text{N}$$

$$= 3 : 4 : 6 : 12$$

#### **d) Hukum Perbandingan Volume (Gay-Lussac, 1805)**

Gay Lussac merupakan seorang pakar kimia yang berasal dari Perancis. Ia melakukan penelitian untuk mengukur volume gas-gas yang bereaksi pada suhu dan tekanan tetap. Pada percobaannya ia memvariasikan volume dari salah satu gas yang dipergunakan

sementara yang lainnya dikondisikan berada dalam volume yang tetap.

Dari hasil penyelidikannya ia menemukan bahwa;

*Volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi yang diukur pada suhu dan tekanan yang sama berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana.*



Contoh:

$$\frac{n \text{ gas I}}{n \text{ gas II}} = \frac{V \text{ gas I}}{V \text{ gas II}}$$

Pada reaksi :  $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ . Jika masing-masing gas diukur pada suhu dan tekanan yang sama, maka perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dari hasil reaksinya adalah

*Jawaban :*

Perbandingan gas  $\text{N}_2$  : gas  $\text{H}_2$  : gas  $\text{NH}_3$

= mol  $\text{N}_2$  : mol  $\text{H}_2$  : mol  $\text{NH}_3$

= 1 : 3 : 2

### **e) Hukum Perbandingan Timbal Balik- Jeremias Benjamin Richter (1792)**

Jeremias Benjamin Richter (1762-1807) adalah ahli kimia Perancis termasuk sebagai orang yang pertama kali meletakkan prinsip-prinsip dasar stoikiometri. Dari hasil penelitiannya yang teliti, ia menemukan bahwa:

*Jika dua unsur A dan B masing-masing bereaksi dengan unsur C yang massanya sama membentuk AC dan BC, maka perbandingan massa A dan massa B dalam membentuk AB adalah sama dengan perbandingan massa A dan Massa B ketika membentuk AC dan BC atau kelipatan dari perbandingan ini.*



Contoh:

Dalam metana 75 g C bereaksi dengan 25 g H. Dalam CO 42,86 g C bereaksi dengan 57,14 g O. Tunjukkan bahwa data ini sesuai dengan hukum perbandingan timbal-balik.

Jawaban :

Dalam metana 75 g C bereaksi dengan 25 g H.

Dalam CO 42,86 g C bereaksi dengan 57,14 g O atau 75 g C bereaksi dengan :

$$\frac{75 \text{ g}}{42,86 \text{ g}} \times 57,14 \text{ g O} = 99,99 \text{ gram O}$$

Perbandingan H dengan O yang masing-masing bereaksi dengan 75 g C:

$$= 25 : 99,99 = 1 : 4$$

#### **f) Hipotesis Avogadro (1811**

Amadeo Avogadro merupakan pakar kimia yang berasal dari Italia. Berdasarkan fakta yang ditemukan oleh Gay-Lussac pada tahun

1811 ia mengajukan hipotesis barunya saat itu. Hipotesis Avogadro dikenal dengan nama “teori molekul”. Hipotesis Avogadro menyatakan bahwa:



Gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada suhu dan tekanan sama, mengandung jumlah molekul yang sama.

Hipotesis ini didasarkan pada sejumlah material yang berasal dari jenis gas yang sama dengan volume yang berbeda dan pada material gas yang volumenya sama tetapi jenis gasnya berbeda.

$$n \text{ gas I} = n \text{ gas II}$$

Menurut Avogadro, 1 volume gas hidrogen akan mengandung jumlah molekul sama banyak dengan 1 volume gas klorin. Jika perbandingan antara keduanya 1:1, penjelasan Avogadro untuk reaksi pembentukan gas hidrogen klorida bila mengikuti hukum dikemukakan Gay Lussac adalah sebagai berikut.

gas hidrogen	gas klorin	gas hidrogen klorida
1 volume	1 volume	2 volume
n	n	2n
1 molekul	1 molekul	2 molekul

Bila mengacu pada gagasan Gay Lussac dapat dimaknai bahwa satu molekul hidrogen klorida dihasilkan dari setengah atom hidrogen dan setengah atom klorin. Bila seperti itu, gagasan tersebut sudah menyalahi teori atom Dalton, yang menyebutkan bahwa atom

merupakan bagian terkecil dari suatu unsur yang tidak dapat dibelah-belah lagi.

Berdasarkan hal itu, Avogadro menyatakan bahwa bagian terkecil dari suatu materi itu tidak selalu merupakan atom tunggal, tetapi dapat juga merupakan kumpulan atom yang dinamakan dengan molekul. Pada reaksi antara gas hidrogen dan gas klorin menghasilkan dua buah molekul hidrogen klorida. Bermakna bahwa molekul hidrogen dan molekul klorin terdiri dari dua buah atom sejenis. Dengan penjelasan ini, hipotesis molekul dari Avogadro dapat diterima, dan dikenal sebagai teori molekul. Satu molekul apa saja mengandung sebanyak  $6,02 \times 10^{23}$  jumlah partikel.

Contoh:

Bila  $N$  adalah bilangan Avogadro sama dengan  $6,02 \times 10^{23}$ , maka berapa jumlah molekul air yang terkandung dalam 0,5 mol air?

*Jawaban :*

1 mol suatu senyawa =  $6,02 \times 10^{23}$  molekul,

0,5 mol =  $0,5 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{23}$  molekul

### **g) Hukum Boyle**



Pada suhu tetap hasil kali tekanan dan volume suatu gas selalu tetap

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ atau } P V = \text{konstan}$$



dimana : P = tekanan (atm), V = volume (liter)

Hukum Boyle hanya berlaku dalam kondisi

1. suhu gas tetap;
2. gas berada dalam ruang tertutup;
3. tidak terjadi reaksi kimia;
4. tidak terjadi perubahan wujud gas.

Contoh Soal Hukum Boyle:

Ruang tertutup yang volumenya  $0,2 \text{ m}^3$  berisi gas dengan tekanan 60.000 Pa. Berapakah volume gas jika tekanannya dijadikan 80.000 Pa?

**Jawab:**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = (P_1 V_1) : P_2$$

$$= (60.000 \times 0,2) : 80.000 = 1,2/8 = 0,15 \text{ m}^3$$

Jadi, volume gas sekarang adalah  $0,15 \text{ m}^3$ .

### **h) Hukum Boyle – Gaylussac**

Hasil kali tekanan dan volume dibagi suhu mutlak pada suatu gas selalu tetap. Hukum ini dapat digunakan untuk menghitung volume gas di luar keadaan standar yang dinyatakan dengan rumus

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

### **i) Hukum Dalton Tentang Tekanan Parsial**

Dalton menyelidik tentang kelembaban dan udara basah, yakni campuran udara dengan uap air. Ia menemukan hubungan dengan menganggap masing-masing gas dalam campuran berperilaku

independen satu sama lain. Tekanan total dari campuran berbagai macam gas sama dengan jumlah tekanan parsial dari gas-gas yang saling bercampur tersebut.

$$P_{\text{Total}} = P_1 + P_2 + P_3$$

Persamaan Gas Ideal :

$$PV = n R T$$

Persamaan Dalton menggambarkan bahwa dalam campuran gas masing-masing komponen memberikan tekanan yang independen satu sama lain. Walaupun ada beberapa gas dalam wadah yang sama, tekanan yang diberikan masing-masing tidak dipengaruhi oleh kehadiran gas lain.

Bila fraksi molar gas A,  $x_A$ , dalam campuran  $x_A = n_A/(n_A + n_B)$ , maka  $p_A$  dapat juga dinyatakan dengan  $x_A$ .

$$p_A = [n_A/(n_A + n_B)]P$$

Dengan kata lain, tekanan parsial setiap komponen gas adalah hasil kali fraksi mol,  $x_A$ , dan tekanan total  $P$ . Tekanan uap jenuh (atau dengan singkat disebut tekanan jenuh) air didefinisikan sebagai tekanan parsial maksimum yang dapat diberikan oleh uap air pada temperatur tertentu dalam campuran air dan uap air. Bila terdapat lebih banyak uap air, semua air tidak dapat bertahan di uap dan sebagian akan mengembun.

### **C. Perspektif Nilai karakter**

Setelah anda mempelajari beberapa hukum dasar kimia yang ada pada bab 4 ini. Tahukah anda bagaimana proses perkembangan pengetahuan pada zaman dulu sebelum ada peralatan informasi komunikasi canggih seperti sekarang ini? Ilmu pengetahuan itu

berkembng karena ilmuwan mendedikasikan dirinya untuk mengembangkan ilmu untuk kepentingan ilmu itu sendiri dan mengembangkan ilmu untuk membantu mengatasi permasalahan dalam kehidupan. Perlembangan ilmu itu dari satu wilayah, misalnya Romawi kuno sampai kepada filsosof di belahan Negara lain melalui komunitas. Komunitas untuk desimiansi ilmu telah lazim dilakukan oleh filosof sejak zaman dahulu. Sebagai contoh Plato memperkenalkan gagasannya melalui *Republic of Plato*. Phytagoras menyebarkan teorinya melalui *Pythagoras Society*. Para ilmuwan dan filosof zaman dulu aktif menuliskan gagasannya, itu menjadi warisan ilmu bagi kita sekarang. Oleh karenanya, biasakanlah selalu untuk menuliskan gagasan, buah piker dan karya, karena dengan tulisan itu ilmu berkembang.

#### **D. Tugas**

##### **a. Kelompok**

Tulislah sejarah dan temuan para ilmuwan penggagas hukum dasar ilmu kimia dalam bentuk buku cerita. Setiap anggota menghasilkan satu bab cerita.

##### **b. Individu**

Setarakan reaksi berikut.

1. Gas nitrogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk gas amonia.
2. Logam natrium bereaksi dengan air menghasilkan larutan natrium hidroksida dan gas hidrogen.

3. Magnesium oksida bereaksi dengan hidrogen klorida membentuk magnesium klorida dan air
4. larutan barium nitrat bereaksi dengan larutan natrium sulfat menghasilkan endapan barium sulfat dan larutan natrium nitrat.
5. Larutan kalium hidroksida bereaksi dengan karbon monoksida menghasilkan larutan kalium karbonat dan air.
6. Larutan natrium klorida bereaksi dengan larutan perak nitrat menghasilkan endapan perak klorida dan larutan natrium nitrat.
7.  $\text{C}_8\text{H}_{18} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
8.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CaSO}_4$
9.  $\text{HPO}_3^{2-} + \text{OBr}^- \longrightarrow \text{Br}^- + \text{PO}_4^{3-}$  (dalam suasana basa)
10.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{HSO}_4^-$  (dalam suasana asam)

#### Tugas II:

1. Besi, Fe seberat 35 gram bereaksi dengan 25,5 gram serbuk belerang, S. Setelah dipanaskan dengan sempurna membentuk zat baru (besi(II) sulfat). Berapa gram zat baru yang terbentuk.
2. Perbandingan massa besi dan belerang dalam senyawa besi sulfida adalah 7 : 4. Jika tersedia 12 gram besi, tentukan massa belerang yang diperlukan dan massa besi sulfida yang terbentuk.
3. Dua liter gas nitrogen tepat bereaksi dengan tiga liter gas oksigen membentuk dua liter gas R, semuanya diukur pada T dan P yang sama. Tentukan rumus molekul gas R tersebut.
4. Suatu gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) bereaksi dengan gas klorin ( $\text{Cl}_2$ ) menghasilkan gas hidrogen klorida. Tentukan perbandingan volumenya.

5. Air mengandung 11,11 % hidrogen. Hidrogen sulfida mengandung 6 % hidrogen. Belerang dioksida mengandung 50 % oksigen. Tunjukkan bahwa data di atas sesuai dengan hukum perbandingan terbalik.

## **BAB 5. TATA NAMA SENYAWA ANORGANIK**

### **A. Tujuan Perkuliahan**

Setelah proses pembelajaran ini selesai, diharapkan mahasiswa dapat memahami Tata Nama Senyawa Kimia Anorganik dan mampu mengaplikasikannya dalam penulisan nama senyawa kimia yang benar.

### **B. Uraian Materi**

Pada awalnya jumlah senyawa kimia yang dikenal sangat sedikit, sehingga memungkinkan untuk mengingat nama-nama senyawa tersebut. Banyak senyawa kimia dinamai berdasarkan penampilan fisik, sifat, asal, atau aplikasinya. Misalnya gas tertawa, batu kapur, soda kaustik, soda cuci, dan soda kue. Seiring berjalannya waktu, jumlah senyawa kimia yang telah diketahui lebih dari 13 juta senyawa. Oleh karenanya, kita tidak mampu menghafal nama senyawa-senyawa tersebut. Selama bertahun-tahun ahli kimia telah menyusun dengan jelas sistem penamaan zat kimia. Aturan yang diterima di seluruh dunia, memfasilitasi komunikasi antara ahli kimia dan menyediakan cara yang berguna untuk menamai berbagai zat. Dengan menguasai aturan tata nama ini akan menguntungkan dalam mempelajari kimia.

Dalam penamaan senyawa kimia, yang paling utama harus bisa membedakan antara senyawa anorganik dan organik. Senyawa organik mengandung karbon, biasanya karbon berkombinasi dengan unsur-unsur seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, dan belerang. Semua senyawa lain diklasifikasikan sebagai senyawa anorganik. Beberapa

senyawa yang mengandung karbon, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), karbon disulfida (CS<sub>2</sub>), ion sianida (CN<sup>-</sup>), ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), dan ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dianggap sebagai senyawa anorganik.

Untuk memudahkan mempelajari, penamaan senyawa anorganik akan dibagi menjadi empat kategori yaitu senyawa biner dari logam dan non logam, senyawa biner dari dua unsur nonlogam, asam-basa (biner, poliatomik, asam okso), dan hidrat.

#### **a. Senyawa Biner dari Logam dan Nonlogam.**

Senyawa biner adalah senyawa yang terbentuk dari dua unsur. Aturan penulisan senyawa biner dari logam dan nonlogam yaitu:

- unsur pertama yang dinamai adalah logam (kation) tanpa modifikasi,
- kemudian tulis nama nonlogam (anion), modifikasikan dengan akhiran *-ida*.

NaCl = Natrium klorida

MgI<sub>2</sub> = Magnesium iodida

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Aluminium oksida

KBr = Kalium bromida

ZnI<sub>2</sub> = Zink iodida

Akhiran "-ida" juga digunakan untuk kelompok anion tertentu yang mengandung unsur-unsur yang berbeda, seperti hidroksida (OH<sup>-</sup>) Dan sianida (CN<sup>-</sup>). Sehingga senyawa LiOH dan KCN diberi nama lithium hidroksida dan kalium sianida, berturut-turut. Kedua senyawa

tersebut dan sejumlah zat ionik lain disebut senyawa terner, yang berarti senyawa yang terdiri dari tiga unsur.

**Tabel 5.1.** Beberapa Ion Sederhana

<b>Nama</b>	<b>Lambang</b>	<b>Nama</b>	<b>Lambang</b>
<b>Ion Positif (Kation)</b>			
Ion lithium	Li <sup>+</sup>	Ion kromium(II)	Cr <sup>2+</sup>
Ion natrium	Na <sup>+</sup>	Ion kromium(III)	Cr <sup>3+</sup>
Ion kalium	K <sup>+</sup>	Ion besi(II)	Fe <sup>2+</sup>
Ion rubidium	Rb <sup>+</sup>	Ion besi(III)	Fe <sup>3+</sup>
Ion sesium	Cs <sup>+</sup>	Ion kobalt(II)	Co <sup>2+</sup>
Ion magnesium	Mg <sup>+</sup>	Ion kobalt(III)	Co <sup>3+</sup>
Ion kalsium	Ca <sup>+</sup>	Ion tembaga(I)	Cu <sup>+</sup>
Ion stronsium	Sr <sup>+</sup>	Ion tembaga(II)	Cu <sup>2+</sup>
Ion barium	Ba <sup>+</sup>	Ion merkuriu(I)	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>
Ion aluminium	Al <sup>+</sup>	Ion merkuriu(II)	Hg <sup>2+</sup>
Ion zink	Zn <sup>+</sup>	Ion timah(II)	Sn <sup>2+</sup>
Ion perak	Ag <sup>+</sup>	Ion timbal(II)	Pb <sup>2+</sup>
<b>Ion Negatif (Anion)</b>			
Ion hidrida	H <sup>-</sup>	Ion fosfida	P <sup>3-</sup>
Ion fluorida	F <sup>-</sup>	Ion oksida	O <sup>2-</sup>
Ion klorida	Cl <sup>-</sup>	Ion sulfida	S <sup>2-</sup>
Ion bromida	Br <sup>-</sup>	Ion selenida	Se <sup>2-</sup>
Ion iodida	I <sup>-</sup>	Ion tellurida	Te <sup>2-</sup>
Ion nitrida	N <sup>3-</sup>	Ion karbida	C <sup>4-</sup>



Logam transisi, dapat membentuk lebih dari satu jenis ion. Contohnya besi memiliki dua ion yaitu  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ .

$\text{Fe}^{2+}$  dinamakan ion besi(II)

$\text{Fe}^{3+}$  dinamakan ion besi(III)

Angka romawi yang dituliskan setelah logam mengindikasikan bilangan oksidasinya atau muatan ion tersebut. Jadi  $\text{FeCl}_2$  = besi(II) klorida dan  $\text{FeCl}_3$  = besi(III) klorida. Sistem tata nama terdahulu masih menggunakan dua akhiran kata yang berbeda untuk membedakan dua senyawa biner yang mengandung dua unsur yang sama tetapi berbeda biloks atau muatannya. Seperti  $\text{FeCl}_2$  (fero klorida) dan  $\text{FeCl}_3$  (feri klorida). Contoh lainnya seperti  $\text{Cu}_2\text{O}$  dan  $\text{CuO}$ . Pada  $\text{Cu}_2\text{O}$ , biloks Cu adalah +1 dan  $\text{CuO}$  biloks Cu +2.  $\text{Cu}_2\text{O}$  dinamai kupro oksida dan  $\text{CuO}$  kupri oksida.

Penamaan menggunakan akhiran -o (untuk biloks yang lebih rendah) dan akhiran -i untuk biloks yang lebih tinggi) memiliki keterbatasan untuk logam yang memiliki lebih dari dua biloks dalam senyawanya. Contohnya dalam penamaan empat oksida dari vanadium ( $\text{VO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{VO}_2$ , dan  $\text{V}_2\text{O}_5$ ).

$\text{V}^{2+}$  :  $\text{VO}$  vanadium(II) oksida

$\text{V}^{3+}$  :  $\text{V}_2\text{O}_3$  vanadium(III) oksida

$\text{V}^{4+}$  :  $\text{VO}_2$  vanadium(IV) oksida

$\text{V}^{5+}$  :  $\text{V}_2\text{O}_5$  vanadium(V) oksida

Penyebutan nama dari senyawa oksida vanadium yaitu: “vanadium-dua oksida”, “vanadium-tiga oksida”, “vanadium-empat oksida”, dan “vanadium-lima oksida” (menggunakan sistem Stock).

## **b. Senyawa Biner dari Dua Unsur Nonlogam**

Jika senyawa unsur dari senyawa biner keduanya adalah nonlogam, aturan penamaannya yaitu

- Unsur pertama dari unsur disebutkan terlebih dahulu dan unsur kedua dinamai dengan menambahkan akhiran -ida.
- Baik dalam rumus maupun namanya, unsur dengan bilangan oksidasi positif ditulis terlebih dahulu. Beberapa contohnya yaitu:

HCl          hidrogen klorida

HBr          hidrogen bromida

SiC          silikon karbida

- Beberapa pasang nonlogam membentuk beberapa senyawa molekul biner, sehingga penting untuk membedakannya. Untuk itu digunakan awalan Yunani untuk menunjukkan jumlah atom dari setiap unsur. Awalan dari jumlah atom yaitu mono = 1, di = 2, tri = 3, tetra = 4, penta = 5, heksa = 6, hepta = 7, okta = 8, nona = 9, deka = 10, dan seterusnya. Contohnya yaitu:

CO          karbon monoksida

CO<sub>2</sub>          karbon dioksida

- Awalan mono- tidak digunakan untuk unsur pertama dalam senyawa. Sehingga tidak adanya awalan untuk unsur pertama berarti unsur tersebut hanya terdiri dari satu atom dalam molekulnya. Contoh:

NO          nitrogen monoksida

PCl<sub>3</sub>          fosfor triklorida

- Untuk awalan yang berakhiran dengan huruf a atau o dan nama unsur dimulai dengan a atau o, maka huruf vokal terakhir dari awalan dapat diluluhkan untuk mempermudah pengucapan.

Contoh:

CO	karbon monoksida	bukan
	karbon monooksida	
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	dinitrogen tetroksida	bukan
	dinitrogen tetraoksida	
PI <sub>3</sub>	fosforus triodida	bukan
	fosforus triiodida	

**Tabel 5.2.** Penamaan Senyawa Biner unsur Nonlogam

Rumus	Nama
BCl <sub>3</sub>	Boron triklorida
CCl <sub>4</sub>	Karbon tetraklorida
CO	Karbon monoksida
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksida
NO	Nitrogen monoksida
NO <sub>2</sub>	Nitrogen dioksida
N <sub>2</sub> O	Dinitrogen monoksida
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Dinitrogen tetroksida
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Dinitrogen pentoksida
PCl <sub>3</sub>	Fosfor triklorida
PCl <sub>5</sub>	Fosfor pentaklorida
SF <sub>6</sub>	Sulfur heksaflourida

Rumus	Nama
SO <sub>2</sub>	Sulfur dioksida
SO <sub>3</sub>	Sulfur trioksida

### c. Asam-Basa (Biner, Poliatomik, Asam Okso)

#### a) Penamaan Asam

Meskipun senyawa biner murni seperti HCl dinamakan hidrogen klorida, namun perlu ditekankan bahwa larutan berairnya adalah asam. Asam dapat dideskripsikan sebagai zat yang mengion atau terurai menjadi ion hidrogen ( $H^+$ ) dan anion dalam air. *Asam biner* adalah senyawa dua-unsur yang terdiri dari hidrogen dan suatu nonlogam.

Aturan penamaan asam adalah dengan menggunakan awalan hidro- diikuti oleh nama nonlogam lain yang dimodifikasi dengan akhiran -ida. Dalam beberapa kasus, dua nama berbeda diberikan untuk senyawa yang memiliki rumus kimia yang sama. Contoh:

HCl	hidrogen klorida
HCl(aq)	asam hidroklorida

Nama yang diberikan pada senyawa bergantung pada keadaan fisiknya. Dalam bentuk gas atau cairan murni, HCl adalah senyawa molekular yang disebut hidrogen klorida. Ketika HCl dilarutkan dalam air, molekul-molekul HCl terurai menjadi ion  $H^+$  dan  $Cl^-$ , sehingga dalam bentuk larutan HCl disebut asam hidroklorida. Beberapa contoh asam biner yaitu:

HF(aq)	asam hidrofiorida
HBr(aq)	asam hidrobromida
HCl(aq)	asam hidroklorida
HI(aq)	asam hidroidida
H <sub>2</sub> S(aq)	asam hidrosulfida

Dalam *ion poliatomik (polyatomic ion)*, dua atau lebih atom H dihubungkan oleh ikatan kovalen. Sejumlah ion poliatomik dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 5.3.** Beberapa Ion Poliatomik

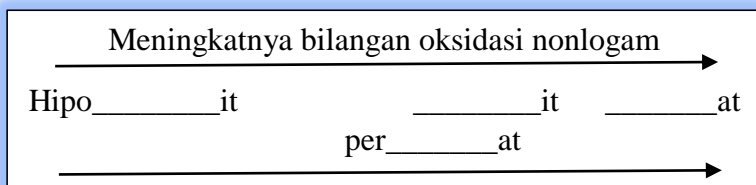
<b>Nama</b>	<b>Rumus</b>
<b>Kation</b>	
Ion amonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
<b>Anion</b>	
Ion asetat	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Ion karbonat	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Ion hidrogen karbonat (ion bikarbonat)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ion hipoklorit	ClO <sup>-</sup>
Ion klorit	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Ion klorat	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ion perklorat	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Ion kromat	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Ion dikromat	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>
Ion sianida	CN <sup>-</sup>
Ion nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>

<b>Nama</b>	<b>Rumus</b>
Ion nitrat	$\text{NO}_3^-$
Ion oksalat	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
Ion permanganat	$\text{MnO}_4^-$
Ion fosfat	$\text{PO}_4^{3-}$
Ion hidrogen fosfat	$\text{HPO}_4^{2-}$
Ion dihidrogen fosfat	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$
Ion sulfit	$\text{SO}_3^{2-}$
Ion hidrogen sulfit	$\text{HSO}_3^-$
Ion sulfat	$\text{SO}_4^{2-}$
Ion hidrogen sulfat (ion bisulfat)	$\text{HSO}_4^-$
Ion tiosulfat	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
Ion hidroksida	$\text{HO}^-$

Berdasarkan Tabel 5.3 diketahui bahwa:

- Anion poliatomik lebih lazim dibandingkan kation poliatomik.
- Akhiran yang lazim dari ion poliatomik yaitu  $-\text{it}$  dan  $-\text{at}$ , dan beberapa berawalan hipo- atau per-. Hanya beberapa anion poliatomik berakhiran  $-\text{ida}$  pada namanya.
- Unsur yang paling lazim dalam anion poliatomik adalah oksigen. Anion sepseri ini dinamakan oksoanion atau anion okso.
- Non logam seperti Cl, N, P, dan S membentuk deret anion okso yang mengandung atom oksigen dengan jumlah berbeda. Namanya terkait dengan bilangan oksidasi atom nonlogam yang

mengikat atom O, berkisar dari hipo- (terendah) hingga per- (tertinggi) seperti skema:



- e. Beberapa deret anion okso juga mengandung atom H dalam jumlah bervariasi dan namanya disesuaikan. Contoh:  $\text{HPO}_4^{2-}$  adalah ion hidrogen fosfat.

Sebagian besar asam adalah senyawa terner (ternary compound). Asam ini mengandung tiga unsur berbeda-hidrogen dan dua nonlogam lainnya. Jika salah satu non logam adalah oksigen, asam ini dinamakan *asam okso (oxoacid)*. Penamaan asam okso sama dengan anion okso dengan akhiran -it dan -at.

Tabel 5.4. Tata Nama Beberapa Asam Okso dan Garamnya

Bilangan Oksidasi	Rumus Asam *	Nama Asam	Rumus Garam	Nama Garam
Cl: +1	HClO	Asam hipoklorit	NaClO	Natrium hipoklorit
Cl: +3	HClO <sub>2</sub>	Asam klorit	NaClO <sub>2</sub>	Natrium klorit
Cl: +5	HClO <sub>3</sub>	Asam klorat	NaClO <sub>3</sub>	Natrium klorat
Cl: +7	HClO <sub>4</sub>	Asam perklorat	NaClO <sub>4</sub>	Natrium perklorat

N: +3	HNO <sub>2</sub>	Asam nitrit	NaNO <sub>2</sub>	Natrium nitrit
N: +5	HNO <sub>3</sub>	Asam nitrat	NaNO <sub>3</sub>	Natrium nitrat
S: +4	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Asam sulfit	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Natrium sulfit
S: +5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Asam sulfat	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Natrium sulfat
P: +3	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	Asam fosfit	Na <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	Natrium fosfit
P: +5	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Asam fosfat	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Natrium fosfat

\*Dalam semua asam ini, atom H terikat pada atom O, bukan pada atom nonlogam pusat. Sehingga rumusnya sering ditulis HOCl bukan HClO dan HOCIO bukannya HClO<sub>2</sub>.

### b) Penamaan Basa

Basa dapat dideskripsikan sebagai zat yang melepaskan ion hidroksida (HO<sup>-</sup>) ketika dilarutkan dalam air. Beberapa contohnya yaitu:

NaOH	sodium hidroksida / natrium hidroksida
KOH	potasium hidroksida / kalium hidroksida
Ba(OH) <sub>2</sub>	Barium hidroksida

Ammonia (NH<sub>3</sub>), merupakan senyawa molekular dalam bentuk gas atau cairan murni, juga diklasifikasikan sebagai basa. Ketika amonia dilarutkan dalam air, NH<sub>3</sub> bereaksi sebagian dengan air menghasilkan ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>. Oleh sebab itu NH<sub>3</sub> digolongkan ke dalam basa.



#### d. Hidrat

Hidrat adalah senyawa yang mempunyai sejumlah spesifik molekul air yang tersemat pada senyawa tersebut. Namun, tidak berarti bahwa senyawa itu basah. Molekul air terpadu dalam struktur padat senyawa tersebut. Sebagai contoh, dalam keadaan normal, tiap unit Tembaga(II) sulfat mempunyai 5 molekul air yang terasosiasi dengannya. Nama untuk senyawa ini adalah tembaga(II) sulfat pentahidrat dan rumus kimianya ditulis sebagai  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Molekul air tersebut dapat dihilangkan dengan cara pemanasan. Ketika pemanasan terjadi, senyawa yang dihasilkan adalah  $\text{CuSO}_4$  yang disebut sebagai tembaga(II) sulfat anhidrat. Anhidrat berarti bahwa senyawa tersebut tidak lagi mengandung molekul air terasosiasi dengannya.



Gambar 5.1. . Kristal  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (kiri) berwarna biru dan  $\text{CuSO}_4$  (kanan) berwarna putih

**Tabel 5.5.** Nama umum dan sistematik dari beberapa senyawa.

Formula	Nama Umum	Nama Sistematik
$\text{H}_2\text{O}$	Air	Dihidrogen oksida
$\text{NH}_3$	Amoniak	Trihidrogen nitrida

Formula	Nama Umum	Nama Sistematis
<b>CO<sub>2</sub></b>	Es Kering	Karbon dioksida padat
<b>NaCl</b>	Garam meja	Sodium klorida
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	Gas ketawa	Dinitrogen oksida
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Marmer, batu kapur	Kalsium karbonat
<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	Baking soda	Sodium hidrogen karbonat
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·10H<sub>2</sub>O</b>	Soda cuci	Sodium karbonat dekahidrat
<b>MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O</b>	Garam epton	Magnesium sulfat heptahidrat

### C. Perspektif Nilai Karakter

Dalam kehidupan sehari-hari, kita selalu bersentuhan dengan garam-garam ternak tanpa menyadarinya. Saat makan biskuit sereal di dalamnya terdapat besi (II) sulfat, FeSO<sub>4</sub>, atau besi (II) fosfat, Fe<sub>3</sub>(PO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; kalsium karbonat, CaCO<sub>3</sub>. Ketika membeli buah dan sayuran segar di supermarket, buah dan sayuran agar kesegarannya bertahan lebih lama diaplikasikan dengan sodium sulfit, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan sodium hidrogen sulfit, NaHSO<sub>3</sub>. Restoran juga menggunakan kedua sulfites ini untuk menjaga agar salad mereka lebih diminati. Daging pada kebab, sosis dan kornet, warna merah daging segar dipelihara dengan menambahkan natrium nitrit, NaNO<sub>2</sub>. Sodium phosphate, Na<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, digunakan untuk mencegah rasa ion logam dan mengendalikan keasaman pada beberapa makanan kalengan.

Banyak garam asam terner digunakan dalam pengobatan. Lithium karbonat,  $\text{LiCO}_3$ , telah biasa digunakan untuk memerangi *jet lag* yang parah. Lithium karbonat juga berguna dalam pengobatan maniak, depresi, alkoholism, dan skizofrenia. Magnesium sulfat,  $\text{MgSO}_4$ , kadang membantu mencegah kejang selama kehamilan dan untuk mengurangi kelarutan barium sulfat beracun pada preparat yang diberikan secara internal yang dikonsumsi sebelum dilakukan *treatment sinar-X gastrointestinal*.

Garam asam terner lainnya mungkin juga dapat Anda temukan di rumah Anda, misalnya kalium klorat,  $\text{KClO}_3$ , dalam korek api sebagai agen pengoksidasi dan sumber oksigen; natrium hipoklorida,  $\text{NaClO}$ , pada pemutih dan penghilang jamur; dan amonium karbonat,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , yang merupakan bahan utama dalam menghilangkan bau pada garam. Batu kapur dan marmar adalah kalsium karbonat; gypsum dan plester dari senyawa kalsium sulfat,  $\text{CaSO}_4$ . Warna-warni yang indah dari kembang api berasal dari garam seperti barium nitrat,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , yang memberi warna hijau; strontium karbonat,  $\text{SrCO}_3$ , yang memberi warna merah; dan tembaga (II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , yang menghasilkan warna biru. Untuk memadamkan api, diperlukan senyawa amonium fosfat,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ , natrium hidrogen karbonat,  $\text{NaHCO}_3$ , dan kalium hidrogen karbonat,  $\text{KHCO}_3$ . di pemadam api kering ABC. Tempat yang tidak terduga untuk menemukan garam asam terner juga adalah dalam tagihan telepon jarak jauh Anda, disana terdapat nitrat,  $\text{NO}^{3-}$ .

Masih banyak garam-garam lain lagi yang bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Sudah merasa cukupkah Anda dengan

pengetahuan Anda miliki sekarang? Bila belum, semangatlah untuk terus menambah wawasan Anda agar benar-benar menjadi ahli yang sebenarnya dalam ilmu kimi.

## **D. Tugas**

### **a. Tugas Kelompok**

Buatlah daftar bahan-bahan kimia an-organik yang ada dalam kehidupan sehari-hari! Tuliskan nama dan rumus kimianya, manfaat dan efek negatifnya bagi makhluk hidup manusia, hewan, tumbuhan dan lingkungan.

### **b. Soal-soal**

1. Namai senyawa-senyawa berikut:

- |                                  |                                |                                       |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| a. $\text{SrO}$                  | f. $\text{Cu}(\text{OH})_2$    | k. $\text{LiCN}$                      |
| b. $\text{I}_2\text{Cl}_6$       | g. $\text{S}_2\text{N}_4$      | l. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |
| c. $\text{Cs}_2\text{SO}_4$      | h. $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ | m. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  |
| d. $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$   | i. $\text{Cr}_2\text{O}_3$     | n. $\text{SiF}_4$                     |
| e. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | j. $\text{NaHSO}_4$            | o. $\text{Fe}(\text{OH})_2$           |

2. Tuliskan rumus untuk senyawa-senyawa berikut:

- |                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| a. Asam hidrobromat      | f. Magnesium perklorat           |
| b. Amonium dikromat      | g. Timbal(II) asetat             |
| c. Kobalt(II) nitrat     | h. Kalium hidrogen sulfit        |
| d. Dinitrogen tetroksida | i. Trikarbon disulfida           |
| e. Kalsium fosfat        | j. Fosforus diklorida triklorida |

3. Tuliskan rumus untuk:

- a. Oksida dari Nitrogen dengan biloks unsur  $\text{N} = +5$

- b. Asam okso sulfur dengan biloks S = +7 dan muatan ioniknya 2-
  - c. Sulfat dari besi yang mengandung Fe dengan biloks +3
  - d. Oksida dari karbon dengan biloks unsur C adalah +4/3
  - e. Klorida dari titanium yang mengandung Ti dengan biloks +4
4. Tuliskan nama untuk asam-asam berikut:
- a. Asam hidrofluorida
  - b. Asam fosfit
  - c. Asam sianida
  - d. Asam iodat

## **BAB 6. RUMUS DAN PERSAMAAN KIMIA**

### **A. Tujuan Perkuliahan**

Setelah proses pembelajaran ini selesai, diharapkan mahasiswa dapat memahami lambang unsur, rumus kimia, menuliskannya dalam persamaan reaksi kimia.

### **B. Uraian Materi**















Seperti yang sudah anda pahami bahwa ilmu kimia mempelajari tentang perubahan materi. Perubahan materi dari satu bentuk menjadi bentuk yang lain, tentu akan menghasilkan produk baru berupa senyawa baru yang berbeda komposisi atom-atom unsur penyusunnya. Sudah pernah disampaikan juga bahwa banyak senyawa kimia pada awalnya dinamai berdasarkan penampilan fisik, sifat, asal, atau aplikasinya. Misalnya gas tertawa, batu kapur, soda kaustik, soda cuci, dan soda kue. Seiring berjalannya waktu, jumlah senyawa kimia yang telah diketahui lebih dari 13 juta senyawa. Agar senyawa-senyawa kimia baik yang baru maupun yang lama, baik yang diperoleh melalui reaksi dalam laboratorium maupun melalui reaksi alami di alam, Maka nama-nama senyawa dan reaksi-reaksi kimia itu perlu ditulis dalam bentuk rumus molekul senyawa dan dalam bentuk persamaan reaksi. Ungkapan untuk menyatakan reaksi kimia yang berlangsung dalam bentuk persamaan disebut persamaan kimia.

Untuk dapat menuliskan persamaan kimia, perlu memiliki pengetahuan tentang rumus kimia dari materi yang terlibat dalam reaksi. Pengetahuan tentang rumus kimia diawali oleh adanya

pengetahuan tentang lambing unsur, karena rumus kimia ditulis dengan menggunakan lambing unsurnya.

### a. Lambang Unsur

Tentu akan sangat merepotkan, tidak efektif, tidak informatif dan *ribet* kalau menuliskan persamaan kimia menggunakan nama unsur. Oleh karenanya untuk menyederhanakan, memudahkan, menjadi lebih efektif dan informatif para ahli kimia mengusulkan untuk menggunakan lambang unsur. Butuh proses lama sampai menghasilkan kesepakatan penulisan nama unsur yang dipergunakan sekarang. Gambar 6.1 memperlihatkan perkembangan perubahan lambang unsur dari zaman alkimia sampai pada lambing unsur Berzelius yang kita pergunakan sekarang..

Nama unsur	Zaman Alkimia	Menurut Dalton	Menurut Berzelius
Emas			Au
Perak			Ag
Tembaga			Cu
Besi			Fe
Merkuri			Hg
Belerang			S
Karbon			C

**Gambar 6.1.** Lambang Unsur dari Masa ke Masa unsur-unsur kimia diidentifikasi. Kesulitan dalam memberi lambang unsur dan kesulitan juga dalam mengingat bentuk lambang unsur dan nama unsur yang tepat sesuai dengan gambarnya. Lambang unsur yang diusulkan Berzelius mengatasi kesulitan ini, dengan cara, penulisan lambang unsur diambil dari huruf pertama nama unsur yang bersangkutan dan ditulis dengan huruf capital. Jika ada dua atau lebih unsur yang memiliki nama dengan huruf awal yang sama, lambang unsurnya dituliskan dengan cara menambahkan satu huruf lagi setelah huruf pertama yang dipilih dari namanya dan ditulis dalam huruf kecil dan seterusnya. Lambang unsur yang kita gunakan telah disepakati untuk dipergunakan secara internasional yang ditetapkan oleh organisasi kimia internasional (IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry). Lebih lengkap tentang lambang unsur ini dapat dilihat pada Sistem Periodik Unsur-Unsur (SPUU).

## **b. Rumus Kimia**

Jika senyawa unsur dari senyawa biner keduanya adalah nonlogam, aturan penamaannya

### **a) Rumus Molekul**

Umumnya zat yang berada di alam merupakan senyawa. Senyawa tersusun dari lebih dari satu unsur penyusun. Untuk itu diperlukan kesepakatan untuk menuliskan nama senyawa yang dapat menginformasikan jenis unsur penyusun senyawanya, jumlah perbandingan unsur-unsur penyusunnya sesuai dengan hukum



perbandingan tetap. Lambang dari suatu senyawa yang menunjukkan unsur-unsur penyusun beserta komposisi atau jumlah relatif atom-atom tiap unsur yang menyusun senyawa itu disebut dengan rumus kimia.

Komposisi unsur-unsur penyusun senyawa diperoleh berdasarkan percobaan. Sebagai contoh, dari hasil analisis diketahui bahwa suatu senyawa tersusun dari unsur hidrogen dan oksigen dengan perbandingan 2:1. Berarti senyawa tersebut tersusun dari dua unsur hidrogen dan satu unsur oksigen. Dengan demikian rumus kimia senyawa tersebut ditulis sebagai  $\text{H}_2\text{O}$ . Dimana huruf kapital H menyatakan lambang unsur hidrogen dan huruf kapital O menyatakan lambang unsur oksigen. Angka 2 menyatakan jumlah atom hidrogen dan angka 1 menyatakan jumlah unsur oksigen, tetapi angka 1 tidak perlu dituliskan.

Contoh hasil analisis terhadap beberapa senyawa lainnya, hasil analisis terhadap suatu zat diketahui bahwa zat tersebut tersusun dari karbon dan oksigen dengan perbandingan massa 12:32 dan perbandingan atom-atom penyusunnya 1:2. Data ini menunjukkan bahwa perbandingan relative dari jumlah atom C dan atom O dari senyawa tersebut adalah 1:2. Dengan demikian rumus molekulnya adalah  $\text{CO}_2$ . Angka 2 pada molekul tersebut adalah nilai indeks yang diperoleh melalui percobaan. Perbandingannya tidak dapat disederhanakan lagi.

Di alam terdapat juga molekul yang tersusun dari satu jenis unsur penyusunnya yakni berupa gas seperti gas oksigen, gas nitrogen, gas klor, uap posfor dan uap belerang yang rumus molekul senyawanya adalah  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{P}_4$  dan  $\text{S}_8$ . Terdapat juga molekul monoatomik: He,

Ne, Ar, Kr, Xe dan Ra yang merupakan unsur-unsur golongan gas mulia Helium, Neon, Argon, Kripton, Xenon dan Radon.

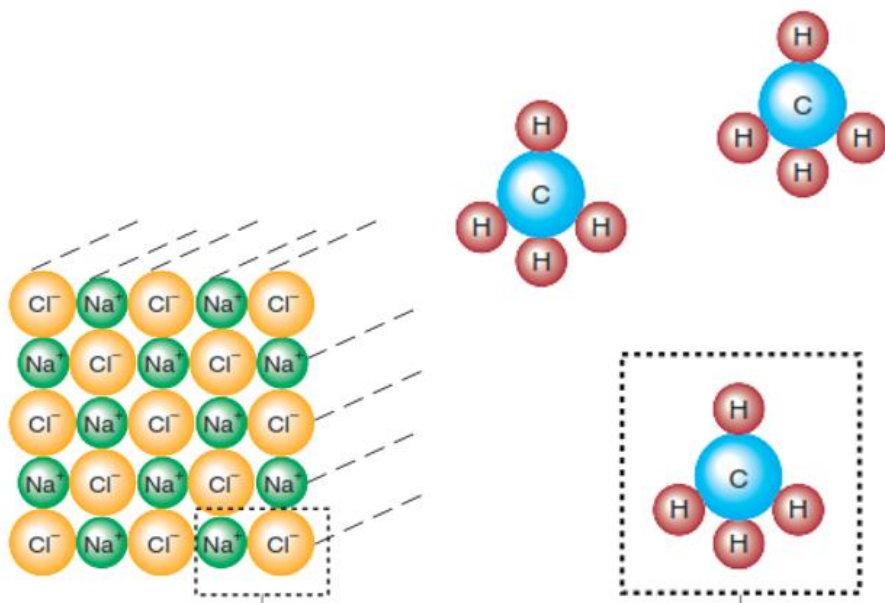
Contoh:

Suatu senyawa mengandung belerang dan oksigen yang dapat menimbulkan pencemaran udara yang parah, keberadaannya di alam dapat menimbulkan hujan asam. Hasil analisis senyawa murni tersebut diperoleh data bahwa zat tersebut mengandung 50.1% belerang dan 49.9% oksigen. Tentukanlah apa rumus senyawa dari zat tersebut.

Penyelesaiannya:

Unsur penyusun	% Kandungan unsur dalam senyawa	Perbandingan mol unsur penyusun	Perbandingan mol penyusun dengan mol terkecil dari penyusun senyawa	Rumus Molekul senyawa
S	50,1	$50,1/32,1 = 1,56$	$1,56/1,56 = 1$	SO <sub>2</sub>
O	49,9	$49,9/16,0 = 3,12$	$3,12/1,56 = 2$	

Di alam juga terdapat zat yang ditemukan bukan sebagai molekul seperti yang telah dijelaskan, tetapi zat tersebut merupakan kesatuan struktur yang sangat besar yang tersusun dari ion-ionnya, contoh dari zat yang dimaksud adalah NaCl. Kesatuan rumus didefinisikan sebagai gugusan atom atau ion yang dilambangkan secara eksplisit di dalam rumus.



Gambar 6.2. Satu Kesatuan Struktur Senyawa Ion NaCl dan 1 Unit Rumus Senyawa Kovalen  $\text{CH}_4$

### b) Rumus Empiris

Sudah dibahas sebelumnya bahwa setiap senyawa memiliki proporsi tertentu yang tetap dari unsur-unsur penyusunnya. Rumus empiris menunjukkan perbandingan yang paling sederhana dari unsur-unsur penyusun senyawa. Misalnya kita memiliki satu sampel senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen saja, dengan perbandingan adalah mol C berbanding dengan 3 mol H. Jalan satu-satunya agar perbandingan mol C:H = 1:3 adalah perbandingan atimnya juga harus 1:3, sehingga rumus empirisnya harus 1:3.

Untuk kasus yang lain, cara menentukan rumus empiris suatu senyawa, kita harus mengetahui massa dari setiap unsur penyusun

senyawa tersebut. Setelah mengetahui massa dari unsur-unsur penyusun senyawa, kita perlu menghitung jumlah mol dari masing-masing unsur-unsurnya. Selanjutnya menentukan perbandingan unsur penyusun itu dalam bilangan yang paling mudah dan bulat.

Contoh kasusnya, suatu senyawa pencemar berupa gas yang berwarna coklat, setelah diselidiki diperoleh data bahwa senyawa tersebut mengandung 2,34 g Nitrogen dan 5,34 Oksigen. Bagaimana rumus yang paling sederhana dari gas pencemar lingkungan tersebut? Untuk mendapatkan rumus empirisnya, penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

Unsur penyusun	massa Kandungan unsur dalam senyawa (g)	Perbandingan mol unsur penyusun	Perbandingan mol penyusun dengan mol terkecil dari penyusun senyawa	Rumus Molekul senyawa
N	2,34	2,34 g(1 mol/14 g) = 0,167	0,167/0,167 = 1	NO <sub>2</sub>
O	5,34	5,34 g(1 mol/16 g) = 0,334	0,334/0,167 = 2	

### c. Persamaan Reaksi

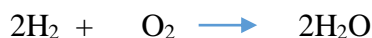
Setelah memahami tentang rumus kimia, sekarang kita akan mempelajari tentang reaksi kimia. Reaksi kimia merupakan suatu proses perubahan suatu senyawa menjadi senyawa baru. Untuk menyatakan proses reaksi dan perubahan senyawa dari senyawa semula menjadi senyawa baru menggunakan bahasa standar yang disebut

dengan persamaan reaksi atau persamaan kimia. Persamaan reaksi memberikan informasi gambaran singkat mengenai suatu reaksi kimia.

Mari kita mulai dengan kasus, gas hidrogen terbakar di udara yang mengandung oksigen menghasilkan air. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan persamaan reaksinya sebagai berikut:



Tanda + berarti **bereaksi dengan** tanda  $\longrightarrow$  berarti **menghasilkan**. Jadi persamaan reaksi di atas dibaca **molekul hidrogen bereaksi dengan oksigen menghasilkan air**, arah reaksi berlangsung ke kanan sesuai dengan arah anak panah. Tetapi persamaan reaksi tersebut belum lengkap karena atom oksigen pada sebelah kiri tanda panah lebih banyak (berjumlah 2) dari pada jumlah atom oksigen pada sebelah kanan anak panah (berjumlah 1). Agar memenuhi hukum kekekalan massa, dimana banyaknya atom-atom di kedua sisi kiri dan kanan harus dalam jumlah yang sama atau dengan bahasa lain jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi harus sama. Maka, reaksi tersebut harus disetarakan, dengan cara menempatkan koefisien yang sesuai agar jumlah atom sebelum dan sesudah reaksinya sama. Oleh karenanya persamaan reaksi menjadi:



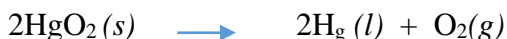
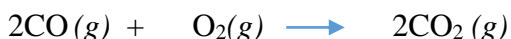
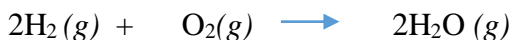
Perbandingan jumlah molekul sama dengan perbandingan jumlah mol, sehingga persamaan reaksi tersebut dapat dibaca **2 mol molekul hidrogen bereaksi dengan satu mol molekul oksigen menghasilkan dua mol molekul air**. Diketahui bahwa massa 1 mol gas hidrogen adalah 2 gram, 1 mol gas oksigen 32 gram, dan 1 mol air massanya 18

gram. Dengan demikian maknanya adalah 4 gram gas hidrogen bereaksi dengan 32 gram gas oksigen menghasilkan 36 gram air.

Pada reaksi di atas gas hidrogen dan gas oksigen disebut reaktan atau pereaksi, yaitu material awal dalam reaksi kimia. Air disebut produk atau hasil reaksi yaitu zat yang terbentuk sebagai hasil dari suatu reaksi kimia. Informasi tambahan lainnya juga perlu disediakan. Dalam persamaan reaksi di atas belum terdapat informasi wujud fisik reaktan dan produknya.

Ada empat macam wujud fisik zat, yakni larutan (dalam air), dinotasikan dengan *aq*, berasal dari kata *aqueous*. Zat yang berwujud fisik padat dinotasikan dengan *s*, berasal dari kata *solid*. Zat yang berwujud fisik. Zat murni yang tidak bercampur dengan pelarut atau air dinotasikan dengan *l*, berasal dari kata *liquid* dan zat yang berwujud fisik gas dinotasikan dengan *g* yang berasal dari kata *gas*.

Sebagai contoh:



Secara umum, langkah-langkah penyetaraan persamaan reaksi adalah sebagai berikut.

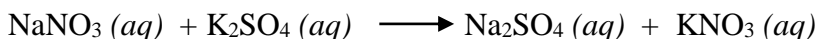
- 1) Menuliskan persamaan reaksi yang belum setara sesuai rumus kimia antara zat yang bereaksi dan zat hasil reaksi secara benar.
- 2) Memberikan koefisien reaksi untuk tiap rumus kimia pada persamaan reaksi sehingga menjadi reaksi yang setara (jumlah atom di kiri sama dengan jumlah atom di ruas kanan).

3) Menuliskan wujud zat untuk masing-masing pereaksi dan hasil reaksi.

Perhatikan contoh-contoh berikut dan pahami cara menyetarakannya.

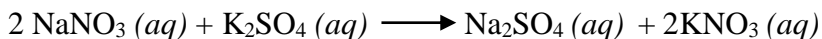
Contoh 1

Menyetarakan reaksi secara langsung untuk reaksi berikut.



Jawaban :

Reaksi tersebut dapat disetarakan dengan cara mengalikan 2 pada senyawa  $\text{NaNO}_3$  dan  $\text{KNO}_3$  untuk menyetarakan atau menyeimbangkan jumlah unsur-unsur pada pereaksi maupun hasil reaksi, yaitu :

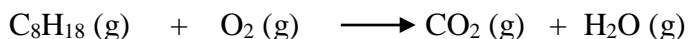


Contoh 2.

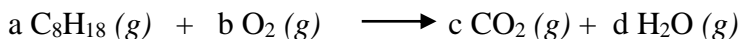
Reaksi gas oktana ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) yang merupakan komponen bensin dengan gas oksigen membentuk gas karbon dioksida dan uap air.

Jawaban :

Langkah 1. menuliskan rumus kimia pereaksi dan hasil reaksi :



Langkah 2. misalkan koefisien reaksi adalah :



Unsur yang terdapat dalam satu senyawa di kiri dan satu senyawa di kanan adalah :C dan H, yaitu unsur C :  $8a = c$ , dan unsur H :  $18 a = 2d$ . Sedangkan unsur lain yaitu O :  $2b = 2c + d$ .

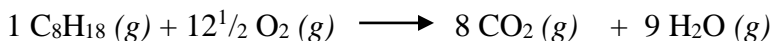
Misalkan  $a = 1$ , maka :

$$8a = c, \text{ maka } 8 (1) = c, \text{ sehingga } c = 8$$

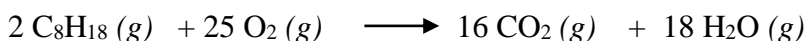
$$18 a = 2d, \text{ maka } 18 (1) = 2d, \text{ sehingga } d = 9.$$

$$2b = 2c + d, \text{ maka } 2b = 2(8) + 9, \text{ sehingga } 2b = 25, b = 12\frac{1}{2}$$

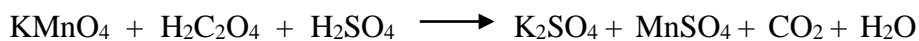
Persamaan reaksi menjadi :



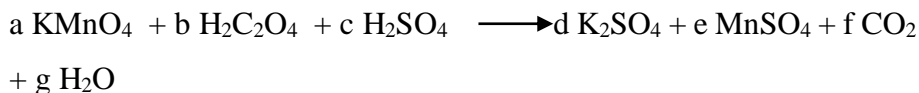
Agar koefisien reaksi tidak dalam bentuk bilangan pecahan, maka reaksi tersebut dikalikan dengan 2 pada pereaksi dan hasil reaksi, sehingga persamaan reaksi tersebut menjadi :



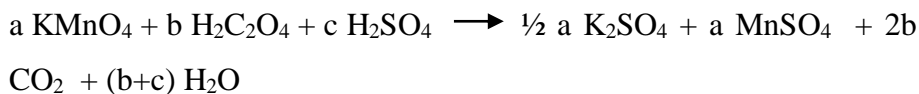
Menyetarakan reaksi dengan cara matematika untuk reaksi berikut.



Misalkan persamaan reaksi :



Unsur yang terdapat dalam satu senyawa di kiri dan satu senyawa di kanan adalah K, Mn, dan C, maka unsur K :  $d = \frac{1}{2} a$ , unsur Mn :  $e = a$ , dan unsur C :  $f = 2b$ , Unsur H ada dalam dua senyawa di kiri dan satu senyawa di kanan, sehingga  $g = b + c$ .



Unsur yang lain: O dan S, maka :

$$\text{Unsur O : } 4a + 4b + 4c = 2a + 4a + 4b + b + c$$

$$3c = 2a + b$$

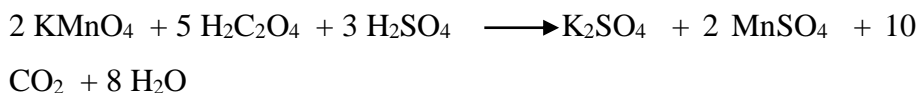
Misalkan  $a = 1$ , maka  $3c = 2 + b$

$$\text{Unsur S : } c = \frac{1}{2} a + a, \text{ maka } c = 1\frac{1}{2}$$

$$\text{Akibatnya : } 3c = 2 + b, 3(1\frac{1}{2}) = 2 + b, \text{ maka } b = 2\frac{1}{2}$$



Jika semua dikalikan dua, maka  $a = 2$ ,  $b = 5$  dan  $c = 3$ . Jadi persamaan reaksi adalah :



### C. Perspektif Nilai Karakter

Setiap segala sesuatu yang ada di bumi ini semuanya ciptaan Allah. Allah telah mengatur semuanya dengan sempurna. Setiap zat memiliki sifat yang khas/karakter yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Bang Senyawa kimia juga merupakan materi ciptaan Allah yang sangat banyak jenisnya yang semuanya ada di bumi ini dalam jumlah tertentu yang secara alamiah seimbang berada di alam. Zat-zat kimia itu memiliki warna yang indah, bentuk yang unik. Lihatlah beberapa bahan kimia yang disajikan pada gambar.. ini.



**Gambar 6.3. 1 mol beberapa senyawa**

Satu mol beberapa senyawa. Yang ditengah cairan yang tidak berwarna adalah air,  $\text{H}_2\text{O}$  1 mol = 18,0 gram. Padatan yang berwarna

putih sebelah kiri adalah senyawa asam oksalat anhidrat,  $(\text{COOH})_2$  1 mol = 90,0 gram. Padatan putih yang sebelah kanan adalah asam oksalat terhidrat,  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1 mol = 126,0 gram. Padatan yang berwarna biru itu adalah tembaga (II) sulfat terhidrat,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1 mol = 249,7 gram. Padatan merah adalah raksa (II) oksida 1 mol = 216,6 gram. Senyawa-senyawa ini ada yang sangat diperlukan oleh tubuh dan bahkan ada yang tidak boleh dikonsumsi, tapi dia ada di alam. Keberadaan di alam bukan untuk pelengkap tapi memiliki manfaat untuk menopang keseimbangan alam dan bermanfaat secara tidak langsung bagi manusia. Banyak sekali senyawa kimia dengan nama dan rumus kimia yang sangat-sangat banyak yang masih belum kita ketahui semuanya. Oleh karenanya kita harus selalu belajar untuk dapat belajar tentang ciptaan Allah.

#### **D. Tugas**

##### **a. Tugas Kelompok**

Setiap anggota kelompok membuat 10 soal tentang rumus kimia, 5 soal tentang persamaan reaksi kimia yang setara dan 2 soal tentang rumus empiris beserta jawabannya. Berbagilah soal itu dengan sesama teman dalam satu kelompok. Pastikan tidak ada soal yang sama antara satu orang dengan yang lainnya.

## b. Tugas Individu

1. Tuliskan rumus kimia dari senyawa-senyawa berikut:

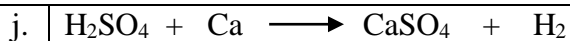
- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| a. Arang         | f. Asam cuka      |
| b. Air kapur     | g. Gula           |
| c. Garam dapur   | h. Air raksa      |
| d. Garam Inggris | i. Asam posfat    |
| e. Soda api      | j. Karbondioksida |

2. Tuliskan nama senyawa berikut:

a.	$\text{Al}_2\text{O}_3$	f.	$\text{PbS}$
b.	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	g.	$\text{BeO}$
c.	$\text{HClO}_4$	h.	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
d.	$\text{MgCO}_3$	i.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
e.	$\text{ZnS}$	j.	$\text{Ba}(\text{OH})_2$

3. Seimbangkan dan buatlah wujud fisik reaktan dan produk dari reaksi berikut. Anggap semua rumus kimianya sudah benar.

a.	$\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
b.	$\text{P}_4\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$
c.	$\text{Cu} + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
d.	$\text{PCl}_5 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4$
e.	$\text{CO}_2 + \text{KOH} \longrightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
f.	$\text{Br} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HBr} + \text{HBrO}$
g.	$\text{MgCO}_3 \longrightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$
h.	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_3 \longrightarrow \text{PbO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
i.	$\text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HClO}$



4. Tentukanlah persamaan kimia yang setara dari reaksi:
  - a. Padatan kalsium posfat dan larutan asam sulfat bereaksi membentuk kalium sulfat yang berupa padatan. Produk reaksi yang lain adalah asam posfat, yang tetap berada dalam larutan.
  - b. Ozon dan gas nitrogen monoksida dihasilkan membentuk gas nitrogen dioksida dan oksigen.
5. 0.1000 gram sampel etilalkohol (alkohol tape) mengandung unsur karbon, hidrogen dan oksigen, dibakar habis dalam gas oksigen menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Hasilnya ditampung terpisah, dalam tampungan itu terdapat 0,1910 gram  $\text{CO}_2$  dan 0,1172 gram  $\text{H}_2\text{O}$ . Bagaimana rumus empiris dari senyawa itu?

## BAB 7. REAKSI-REAKSI KIMIA

### A. Tujuan Perkuliahan

Mampu mengklasifikasikan jenis reaksi-reaksi kimia berdasarkan contoh-contoh yang ada.

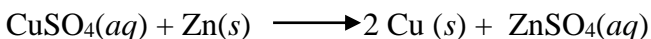
### B. Uraian Materi

Reaksi kimia adalah suatu proses dimana satu atau lebih reaktan berubah menjadi satu atau lebih produk. Reaksi kimia bisa terjadi dalam waktu yang sangat cepat ataupun sangat lambat. Beberapa reaksi kimia terjadi secara spontan pada suhu dan tekanan normal pada saat terjadi kontak antar reaktan. Sedangkan beberapa reaksi kimia lainnya hanya dapat terjadi jika mendapat energi eksternal seperti panas, cahaya, atau listrik.

#### a. Perubahan pada Reaksi Kimia

Reaksi kimia biasanya berlangsung disertai dengan perubahan fisik seperti:

- a. Terjadi perubahan warna



Larutan biru

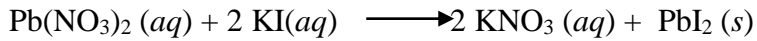
Larutan tak berwarna

Beberapa contoh hasil reaksi kimia yang menghasilkan warna dapat dilihat pada gambar 7.1.

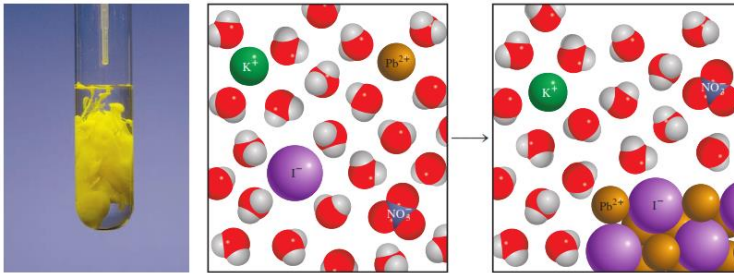


Gambar 7.1 Reaksi kimia yang menghasilkan warna dan sekaligus juga ada endapannya. Dari kiri ke kanan: CdS, PbS, Ni(OH)<sub>2</sub>, dan Al(OH)<sub>3</sub>

b. Terbentuknya endapan

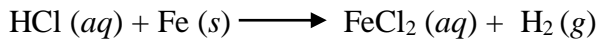


Endapan kuning

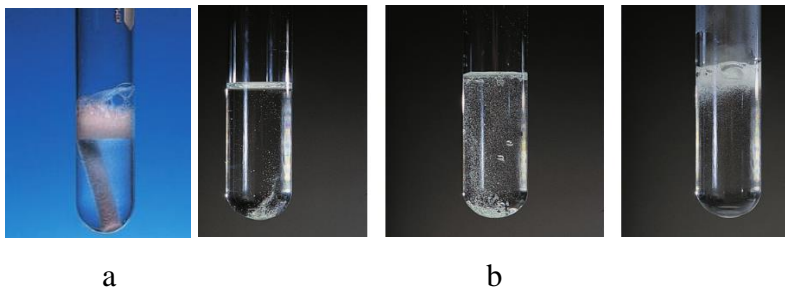


Gambar 7.2. Reaksi pengendapan PbI<sub>2</sub>, hasil reaksi antara Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan KI (Sumber: Chang, 2003, 101).

c. Dihasilkannya gas

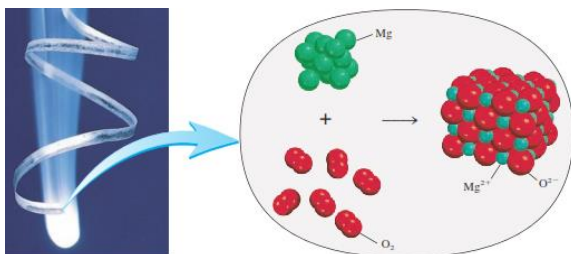
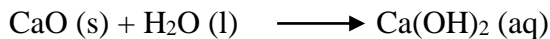


Salah satu contoh reaksi yang dapat menghasilkan gas dapat dilihat pada gambar 7.3.



Gambar 7.3. a. Reaksi antara sebatang kapur tulis dengan hydrogen klorida menghasilkan gas karbon dioksida; b. Reaksi antara logam Fe, Zn dan Mg dengan gas HCl

d. Terjadi perubahan temperatur



Gambar 7.4. Gambar Reaksi Pembakaran Pita Mg

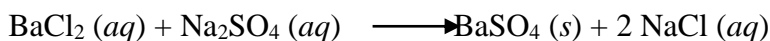
Reaksi kimia dapat digolongkan ke dalam beberapa kelompok, yaitu:

1. Reaksi sintesis (kombinasi/pembentukan), yaitu pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya.

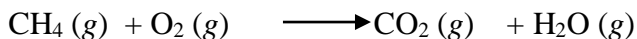


Jika klorin yang tersedia berlebih, maka akan terbentuk senyawa  $\text{PCl}_5$  (padatan putih).

2. Reaksi metatesis (pergantian/pertukaran ganda), yaitu reaksi pergantian suatu ion (atau atom) dalam suatu senyawa dengan ion (atau atom) dari unsur lain.



3. Reaksi Pembakaran, yaitu reaksi suatu zat dengan oksigen dan biasanya ditandai dengan pelepasan panas (kalor).



4. Reaksi dekomposisi, yaitu reaksi penguraian senyawa menjadi komponen-komponennya.



5. Reaksi Pendesakan (pertukaran tunggal)



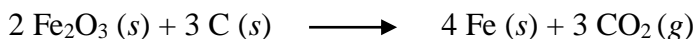
Syarat agar reaksi dapat berlangsung:

Logam M harus terletak di sebelah kiri logam L (Deret Volta).

Contoh :



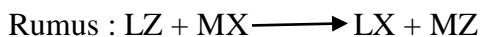
6. Reaksi reduksi-oksidasi (redoks) yaitu reaksi yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



7. Reaksi dalam Larutan

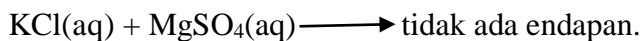
Ada 3 jenis reaksi yang tergolong dalam reaksi yang berlangsung dalam larutan yaitu :

- a. Reaksi pengendapan



Syarat reaksi berlangsung :

Garam yang dihasilkan harus mengendap atau sukar larut.



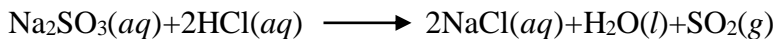
Tabel 7.1. Kelarutan Ion

Ion	Aturan Kelarutan
$\text{NO}_3^-$	Semua garam nitrat larut
$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	Semua garam asetat larut ( $\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ kelarutan sedang)
$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$	Semua garam klorida, bromida, dan iodida umumnya larut kecuali berikatan dengan $\text{Ag}^+$ ,

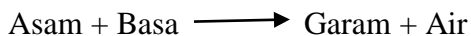


Ion	Aturan Kelarutan
	$\text{Pb}^{2+}$ dan $\text{Hg}_2^{2+}$ . ( $\text{PbCl}_2$ sedikit larut dalam air dingin dan kelarutan sedang dalam air panas)
$\text{SO}_4^{2-}$	Semua garam sulfat mudah larut kecuali jika berikatan dengan $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , dan $\text{Sr}^{2+}$ .
$\text{CO}_3^{2-}$ dan $\text{PO}_4^{3-}$	Semua garam karbonat dan fosfat tidak larut kecuali jika berikatan dengan $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ dan $\text{NH}_4^+$ . (Banyak Asam fosfat mudah larut).
$\text{HO}^-$	Semua hidroksida tidak larut kecuali jika berikatan dengan $\text{Na}^+$ dan $\text{K}^+$ . Hidroksida dari $\text{Ba}^{2+}$ dan $\text{Ca}^{2+}$ sedikit larut.
$\text{S}^{2-}$	Semua sulfida tidak larut, kecuali dengan $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ dan $\text{NH}_4^+$ dan ion alkali tanah $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ dan $\text{Ba}^{2+}$ . (Sulfida dari $\text{Al}^{3+}$ dan $\text{Cr}^{3+}$ terhidrolisis dan mengendap sebagai $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ).
$\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ dan $\text{NH}_4^+$	Semua garam dari ion sodium, potasium, dan amonium mudah larut, kecuali dalam beberapa anion.

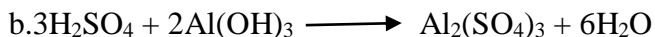
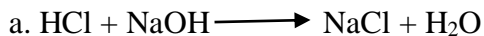
b. Reaksi pembentukan gas



c. Reaksi asam-basa



Contoh :



Unsur : - Logam + O<sub>2</sub>  $\longrightarrow$  Oksida Basa.

Oksida Basa + H<sub>2</sub>O  $\longrightarrow$  Basa

- Non Logam + O<sub>2</sub>  $\longrightarrow$  Oksida Asam.

Oksida Asam + H<sub>2</sub>O  $\longrightarrow$  Asam

Oksida = pembentuk

Oksida basa = pembentuk basa

Oksida asam = pembentuk asam

### **b. Macam-macam Oksida**

1) Berdasarkan unsur asalnya, ada 2 macam yaitu :

a. Oksida Logam

Contoh : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O ( logam + O<sub>2</sub> )

b. Oksida non Logam

Contoh : CO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dan lain-lain.

2) Berdasarkan sifatnya, ada 5 macam yaitu :

a. Oksida Basa

Contoh : Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaO (golongan IA dan IIA + O<sub>2</sub>)

b. Oksida Asam

Contoh : N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, dan lain-lain

a. Oksida Amfoter, yaitu oksida yang dapat membentuk asam maupun basa tergantung lingkungannya. Dalam lingkungan asam akan membentuk basa, dalam lingkungan basa akan membentuk asam.

Contoh : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SnO, SnO<sub>2</sub>, PbO, PbO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

- b. Peroksida, yaitu oksida yang kelebihan atom O (umumnya kelebihan satu atom)

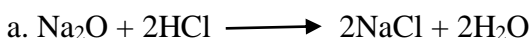
Contoh :  $\text{Na}_2\text{O}_2$  : natrium peroksida

$\text{CaO}_2$  : kalsium peroksida

$\text{H}_2\text{O}_2$  : hidrogen peroksida / perhidrol

- Oksida Basa + Asam  $\longrightarrow$  Garam + Air

Contoh :



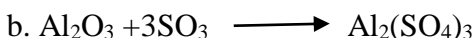
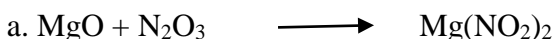
- Oksida Asam + Basa  $\longrightarrow$  Garam + Air

Contoh :



- Oksida Asam + Oksida Basa  $\longrightarrow$  Garam

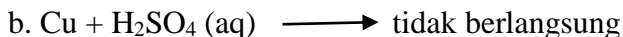
Contoh :



- Logam + Asam Kuat <sub>(encer)</sub>  $\longrightarrow$  Garam + Gas  $\text{H}_2$

\*Logam L harus terletak di sebelah kiri H dalam deret Volta

Contoh :



\*\*Jika asamnya  $\text{HNO}_3$

Contoh :





### C. Perspektif Nilai karakter

Setelah mempelajari topik reaksi-reaksi kimia pada bab 7 ini, Anda telah mengetahui bahwa reaksi kimia berlangsung dengan sangat teratur sesuai dengan sifat-sifat dari unsur penyusunnya. Reaksi kimia dapat terjadi dalam tabung reaksi karena direaksikan oleh manusia, dapat terjadi di alam dengan sendirinya dengan didukung oleh kondisi media, suhu, pelarut dan katalis yang terdapat di alam dan bahkan juga terjadi dalam tubuh makhluk hidup tumbuhan, manusia dan hewan. Siapakah yang mengendalikan reaksi kimia itu agar berlangsung teratur, hasilnya bermanfaat untuk semua makhluk yang ada di bumi. Coba Anda pikirkan, bagaimana IlmuNya Sang Maha Pencipta, menghadirkan garam-garam di lautan, garam itu dalam tubuh manusia berfungsi mengatur tekanan osmotik cairan sel manusia. Manusia tidak bisa hidup bila tidak ada ion Natrium dalam tubuhnya. Demikian juga hewan. Tumbuh-tumbuhan tidak bisa hidup bila tidak ada ion Besi dalam daunnya. Fotosintesis tidak dapat terjadi. Kehidupan akan punah karena tidak ada produsen. Bagaimana hebatnya Sang Khalik mengendalikan reaksi-reaksi kimia agar semua kehidupan di bumi ini bisa berlangsung. Allah berfirman dalam QS-Al-An'am(...):

يَعْلَمُهَا لَا إِلَهَ إِلَّا وَرَقَةً مِّنْ تَسْفُطٍ وَمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي مَا وَيَعْلَمُ هُوَ إِلَّا يَعْلَمُهَا لَا الْغَيْبِ مَفَاتِحُ وَعِنْدَهُ  
مُؤْمِنِينَ كِتَابٍ فِي إِلَّا يَابِسٍ وَلَا رَطْبٍ أَوَّلَ الْأَرْضِ ظَلَمَتْ فِي حَبَّةٍ وَلَا

Yang artinya: “Dan pada sisi Allah-lah kunci-kunci semua yang ghaib; tak ada yang mengetahuinya kecuali Dia sendiri, dan Dia mengetahui

apa yang di daratan dan di lautan, dan tiada sehelai daunpun yang gugur melainkan Dia mengetahuinya (pula), dan tidak jatuh sebutir bijipun dalam kegelapan bumi dan tidak sesuatu yang basah atau yang kering, melainkan tertulis dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)”.

Renungkanlah. Pantaskah bila kita sebagai hamba yang tidak berdaya kit berlaku sombong? Tidak tahu berterimakasih kepadaNya? Tidak memujinya?

#### **D. Tugas**

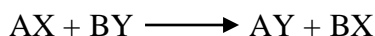
##### **a. Kelompok**

Diskusikan bersama kelompok mu masing-masing 10 contoh untuk setiap jenis reaksi-reaksi kimia berikut (lengkap dengan penyetaraan dan fasa)! Untuk membantu silahkan kunjungi perpustakaan untuk mendapatkan buku-buku kimia universitas.

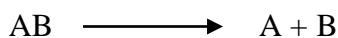
1. Reaksi sintesis (kombinasi/pembentukan)

Jawab:  $A + B \longrightarrow AB$  Reaksi metatesis

(pergantian/pertukaran ganda)



2. Reaksi Pembakaran (Reaksi yang melibatkan oksigen)
3. Reaksi dekomposisi



4. Reaksi Pendesakan (pertukaran tunggal)

$AX + B \longrightarrow AB + X$  (Syarat agar reaksi dapat berlangsung:

Logam A harus terletak di sebelah kiri logam B (Deret Volta)).

5. Reaksi reduksi-oksidasi (redoks)
6. Reaksi pengendapan

$LZ + MX \longrightarrow LX + MZ$  (Syarat reaksi berlangsung : Garam yang dihasilkan harus mengendap atau sukar larut).

7. Reaksi asam-basa

- Asam + Basa  $\longrightarrow$  Garam + Air
- Oksida Basa + Asam  $\longrightarrow$  Garam + Air
- Oksida Asam + Basa  $\longrightarrow$  Garam + Air
- Oksida Asam + Oksida Basa  $\longrightarrow$  Garam
- Logam + Asam Keras (Kuat) Encer  $\longrightarrow$  Garam + Gas  $H_2$

**b. Soal-soal**

Lengkapi hasil reaksi antara kation dan anion pada tabel berikut!, sertai dengan fasa dan warna garam yang terbentuk.

No		Anion				
		Gol V	Gol VI	Gol VII	sulfat	posfat
K a t i o n	Gol IA					
	Gol IIA					
	Gol IIIA					
	GolTransisi pada perioda 4					

## BAB 8. IKATAN KIMIA

### A. Tujuan Perkuliahan

Mampu menjelaskan proses pembentukan senyawa melalui ikatan kovalen, ion dan logam, membedakan senyawa yang berikatan ion, kovalen dan Logam, memahami perbedaan sifat antara senyawa yang berikatan ion, kovalen dan senyawa yang berikatan logam.

### B. Uraian Materi

#### a. Ikatan ion

Ikatan ion merupakan ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar ion negatif (anion) dengan ion positif (kation). Gaya tarik menarik ini disebut juga sebagai gaya elektrostatis. Mudah atau tidaknya senyawa ionis terbentuk, ditentukan oleh ionisasi potensial, afinitas elektron dari atom penyusun senyawa ionis dan energi kisi senyawa ion tersebut.

Pada senyawa biner, apabila selisih keelektronegatifan senyawa tersebut  $\geq 1,7$  maka senyawa biner tersebut digolongkan sebagai senyawa ionik. Sedangkan jika selisih keelektronegatifan  $< 1,7$  sampai dengan nol, maka senyawa tersebut digolongkan sebagai senyawa kovalen.

Bila atom Na dan Cl bereaksi membentuk natrium klorida (NaCl), reaksi pembentukannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Natrium cenderung melepaskan satu elektron pada kulit terluar untuk mencapai konfigurasi seperti gas mulia (Neon). Sedangkan klorin,

cederung menangkap 1 elektron untuk mencapai konfigurasi seperti gas mulia (Argon). Dengan demikian, elektron yang dilepaskan oleh atom Na diterima oleh atom Cl untuk mengisi kulit terluarnya (terjadi transfer elektron dari Na ke Cl).

Pada senyawa biner, apabila selisih keelektronegatifan senyawa tersebut  $\geq 1,7$  maka senyawa biner tersebut digolongkan sebagai senyawa ionik. Sedangkan jika selisih keelektronegatifan  $< 1,7$  sampai dengan nol, maka senyawa tersebut digolongkan sebagai senyawa kovalen.

Sifat-sifat senyawa ionik:

- a. Struktur/ susunan kristal;
- b. Isomorf (mempunyai bentuk kristal yang sama);
- c. dapat menghantarkan listrik;
- d. titik didih dan titik leleh tinggi;
- e. Senyawa ionis larut dalam pelarut polar.

## **b. Ikatan Kovalen**

Ikatan kovalen adalah ikatan yang terjadi karena adanya pemakaian elektron secara bersama. Ikatan pada berbagai senyawa kovalen, dapat dijelaskan melalui struktur lewis, sedangkan bentuk molekul senyawa kovalen, dijelaskan melalui teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pairs Repulsion*). Pada tahun 1916, Lewis mengemukakan teori yang menyatakan bahwa atom-atom membentuk ikatan kovalen dengan cara membentuk pasangan elektron hasil sumbangan kedua atom yang berikatan. Terbentuknya ikatan kovalen tersebut karena kecenderungan atom-atom untuk memiliki konfigurasi

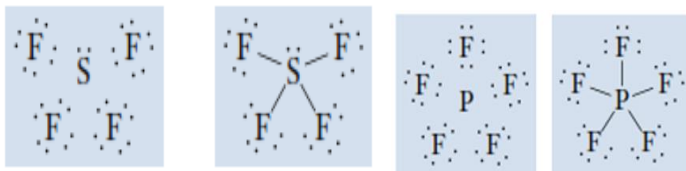


elektron atom gas mulia, yaitu 8 elektron pada kulit terluar (2 elektron pada atom Helium). Oleh sebab itu, teori Lewis mengenai ikatan kovalen disebut **teori oktet**.

Lewis menggambarkan ikatan kovalen melalui struktur Lewis atau rumus elektron yang terdiri dari simbol Lewis, yaitu lambang atom yang dikelilingi oleh sejumlah elektron valensi. Berdasarkan pengamatan terhadap sejumlah molekul senyawa, dikemukakan beberapa pedoman penulisan struktur Lewis:

1. Senyawa yang mempunyai rumus umum  $MX_n$  maka M (atom pusat) biasanya diletakkan ditengah dan memiliki n buah ikatan M-X.
2. Hidrogen dan halogen umumnya membentuk satu ikatan (H-, Br-). Unsur golongan 16 (VIA) seringkali membentuk dua ikatan ( $O=$ ,  $-O-$ ). Unsur golongan 15 (VA) cenderung membentuk tiga ikatan ( $N$ ,  $-N=$ ). Golongan 14 (IVA) biasanya membentuk empat ikatan.
3. Unsur golongan 2 (IIA) dan golongan 3 (IIIA) sering disebut unsur kekurangan elektron (electron deficient). Unsur ini dalam struktur Lewis senyawa kovalennya sering kurang dari 8 elektron dan disebut juga perluasan teori oktet.
4. Unsur setelah nomor atom 12 seringkali termasuk unsur hipervalen yaitu dapat mengekspansi kulit terluarnya hingga memiliki lebih dari 8 elektron pada senyawa tertentu.

Contoh:



Ketentuan-ketentuan ini bukanlah aturan baku dan terdapat beberapa pengecualian. Meskipun demikian pedoman ini dapat mempermudah penulisan struktur Lewis.

Beberapa struktur Lewis dari senyawa dapat dilihat pada Gambar 8.1.berikut.

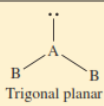
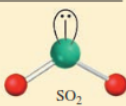
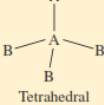
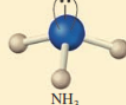
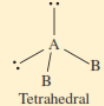
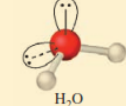
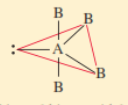

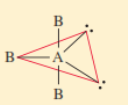

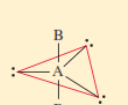
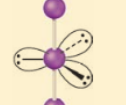
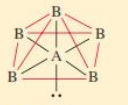

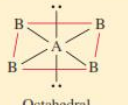
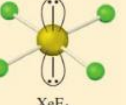
Rumus Kimia	Struktur Lewis		
$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{H} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{H} \\   \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{H} : \text{O} : \ddot{\text{S}} : \text{O} : \text{H} \\   \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{H} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{H} \\   \\ \text{O} \end{array}$
$\text{ClO}_4^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} - \text{Cl} - \text{O} \\   \\ \text{O} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} : \text{Cl} : \text{O} \\   \\ \text{O} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} - \text{Cl} - \text{O} \\   \\ \text{O} \end{array} \right]^-$
$\text{NO}_3^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} - \text{N} - \text{O} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} : \text{N} : \text{O} \end{array} \right]^-$	$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{O} - \text{N} - \text{O} \end{array} \right]^-$

Gambar 8.1. Struktur Lewis dari  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{ClO}_4^-$ , dan  $\text{NO}_3^-$

### c. Bentuk molekul

Bentuk molekul atau struktur molekul atau geometri molekul merupakan bentuk tiga dimensi suatu molekul yang ditentukan oleh jumlah ikatan dan besarnya sudut ikatan yang ada disekitar atom pusat. Secara teoritis, bentuk molekul dapat diramalkan berdasarkan konsep

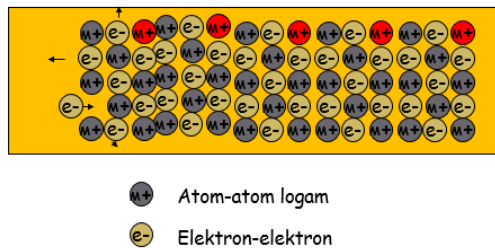
hibridisasi dan teori VSEPR. Beberapa bentuk geometri molekul dapat dilihat pada Gambar 8.2.

Molekul	Jlh pasangan Elektron	Jlh pasang-an berikatan	Jlh pasa-ngan elek-tron sunyi	penataan pasangan elektron	struktur geometri	contoh
$AB_2E$	3	2	1	 Trigonal planar	Bent	 $SO_2$
$AB_3E$	4	3	1	 Tetrahedral	Trigonal pyramidal	 $NH_3$
$AB_2E_2$	4	2	2	 Tetrahedral	Bent	 $H_2O$
$AB_4E$	5	4	1	 Trigonal bipyramidal	Distorted tetrahedron (or seesaw)	 $SF_4$
$AB_3E_2$	5	3	2	 Trigonal bipyramidal	T-shaped	 $ClF_3$
$AB_2E_3$	5	2	3	 Trigonal bipyramidal	Linear	 $I_3^-$
$AB_5E$	6	5	1	 Octahedral	Square pyramidal	 $BrF_5$
$AB_4E_2$	6	4	2	 Octahedral	Square planar	 $XeF_4$

Gambar 8.2. Geometri Molekul Beberapa Molekul dan Ion yang Atom Pusatnya Memiliki Lebih dari Satu Pasangan Elektron Sunyi

#### d. Ikatan pada logam

Ikatan yang terdapat didalam logam disebut ikatan logam. Menurut teori awan eletron, ikatan logam didefinisikan sebagai gaya tarik antara kation-kation logam dengan awan elektron yang bermuatan negatif yang terbentuk dari elektron valensi atom-atom logam tersebut. Atom-atom logam terikat satu sama lain seolah-olah berada ditengah lautan elektron.



Logam yang memiliki elektron valensi lebih banyak akan menghasilkan kation dengan muatan positif yang lebih besar dan awan elektron dengan jumlah elektron lebih banyak atau lebih rapat. Akibatnya Logam yang tersusun atas atom-atom logam dengan jumlah elektron valensi lebih banyak akan memiliki ikatan logam yang lebih kuat dibanding logam yang tersusun dengan jumlah elektron valensi yang lebih sedikit. Kekuatan ikatan logam tercermin pada titik lebur dan titik didih masing-masing logam.

Karena elektron valensi yang mudah bergerak, logam memiliki sifat:

- Memiliki kilau
- Dapat ditempa (*malleable*)
- Dapat diregangkan (ductile) - drawn into wires.

- Menghantar panas dan listrik

#### e. **Hibridisasi**

Jika kita tinjau konfigurasi elektron Be, B, dan C

- Be ( $Z = 4$ ) :  $1s^2 2s^2$
- B ( $Z = 5$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^1$
- C ( $Z = 6$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^2$

Berdasarkan konfigurasi, Be yang orbitalnya terisi penuh tidak dapat membentuk satupun ikatan kovalen, sedangkan karbon hanya dapat membentuk 2 ikatan kovalen. Kontradiksi antara pengamatan eksperimen dan ramalan berdasarkan model orbital atom, menunjukkan bahwa model orbital atom masih jauh dari sempurna untuk menjelaskan ikatan kimia. Oleh karena itu penyusunan elektron dalam orbital setiap bilangan kuantum utama perlu ditata kembali, sehingga muncullah konsep *hibridisasi*.

#### **Aturan Hibridisasi:**

- a) hanya orbital yang mempunyai energi yang hampir sama besar yang membentuk orbital hibrida
- b) orbital hibrida yang terbentuk harus sama banyak dengan jumlah orbital atom yang bercampur
- c) macam hibridasi yang diterapkan untuk suatu struktur ditentukan oleh geometri molekul yang diperoleh dari eksperimen.

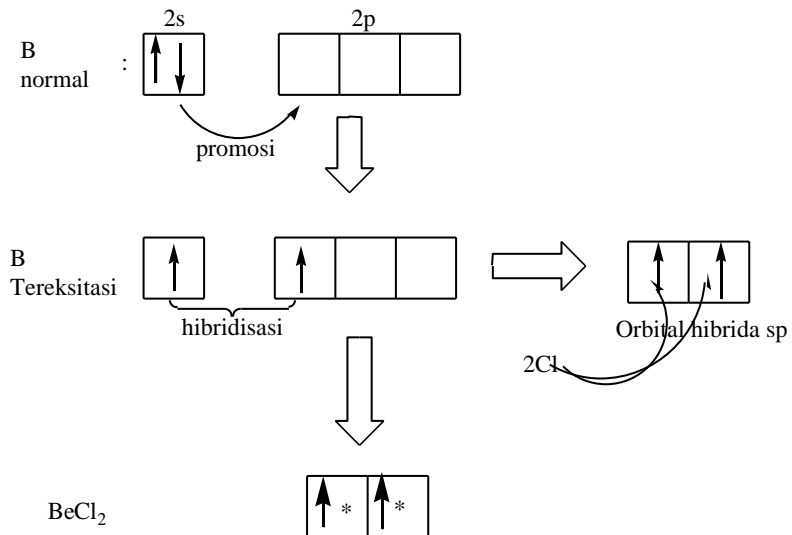
#### **Proses Hibridisasi:**

Hibridisasi berlangsung dalam 2 tahap, yaitu promosi dan hibridisasi.

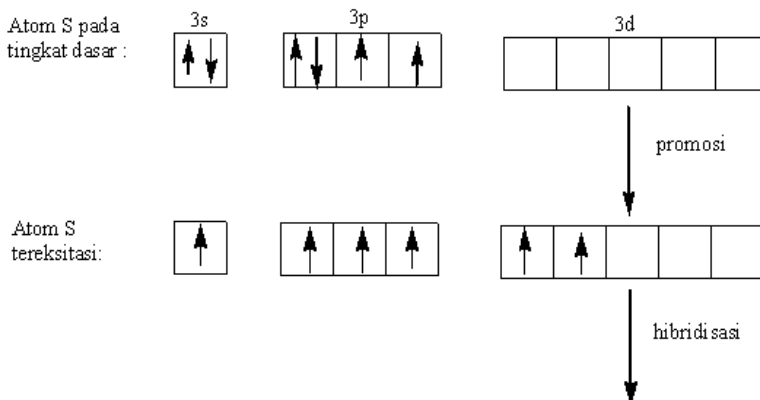
- Promosi; elektron mengalami promosi ke orbital yang tingkat energinya lebih tinggi. misalnya dalam atom Be, sebuah elektron 2s promosi ke orbital 2p
- Hibridisasi: orbital-orbital bercampur membentuk orbital hibrida yang ekivalen

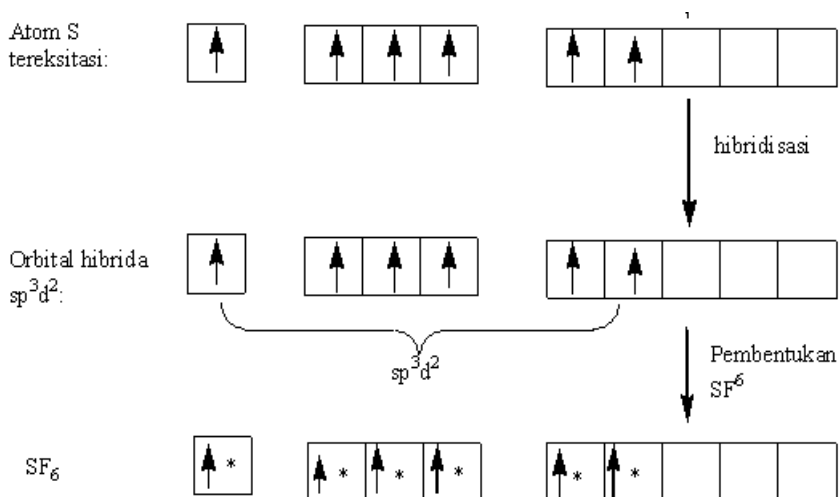
Contoh:

### 1. Hibridisasi pada pembentukan molekul $\text{BeCl}_2$



### 2. Proses hibridisasi pada pembentukan $\text{SF}_6$





Beberapa hibridisasi dan bentuk molekul dapat dilihat pada Tabel 8.1.

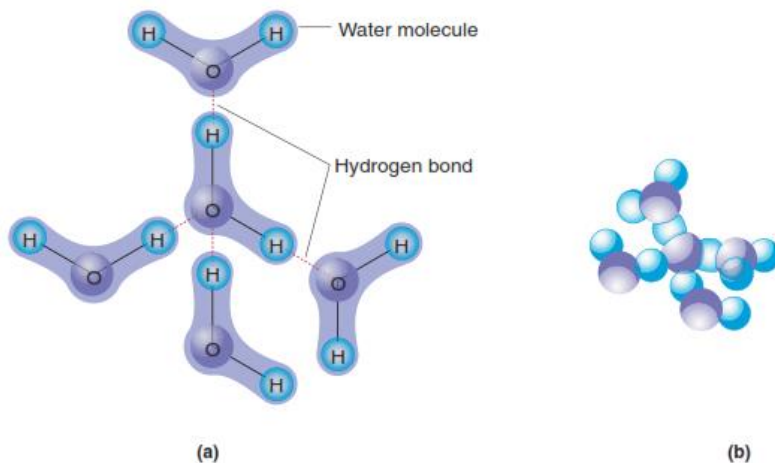
Tabel 8.1. Macam Hibridisasi dan Bentuk Molekul

Orbital hibrida	Jumlah pasangan elektron ikatan dan bebas	Bentuk Molekul	Sudut ikatan	Contoh
sp	2	Garis lurus	$180^\circ$	$BeCl_2$
$sp^2$	3	Trigonal	$120^\circ$	$C_2H_2$
$sp^3$	4	Bujur sangkar,	$90^\circ$	$Ni(CN)_4^{2-}$
$sSp^3d$	5	tetrahedral	$109,5^\circ$	$CH_4$
$d^2sp^3$	6	Bipiramidal	$120^\circ$ dan $90^\circ$	$PCl_5$
$sp^3d^2$	6	trigonal Oktahedral	$90^\circ$	$Fe(CN)_6^{3-}$
		oktahedral	$90^\circ$	$SF_6, FeF_6^{3-}$

## f. Ikatan Hidrogen

Ikatan hidrogen adalah ikatan yang terjadi antara atom H yang terikat pada atom yang elektronegatif dalam suatu molekul dengan atom yang elektronegatif dari molekul lain.

*Contoh:*  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{HF}$ .



Gambar : Ikatan Hidrogen pada Molekul Air

Antar molekul ini membentuk ikatan hidrogen, karena atom H terikat pada atom yang elektronegatif O, N, dan F. akibat adanya ikatan hidrogen yaitu titik didih senyawa tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan titik didih senyawa yang lain dalam satu golongan. Penjelasan lebih lanjut tentang gaya pada ikatan hidrogen ada pada bab 10.

## g. Gaya Van der Waals

Gaya van der Waals terjadi sebagai akibat adanya fluktuasi distribusi muatan listrik dalam suatu molekul pada keadaan tertentu. Sebagai akibat peristiwa tersebut, memungkinkan terjadinya dipol-dipol dalam suatu molekul. Dipol yang dihasilkan dengan cara ini disebut dipol terinduksi. Gaya tarik menarik antara dipol terinduksi-dipol terinduksi



inilah yang dikenal dengan gaya van der Waals atau gaya dispersi London. Gaya van der Waals dapat menjelaskan kenapa gas inert seperti He dapat dipadatkan

### **C. Perspektif Nilai Karakter**

Di dunia ini adakah makhluk yang bisa hidup tanpa bekerja sama dengan harmonis dengan makhluk lain? Tentu saja tidak ada. Demikian juga dengan senyawa kimia. Allah SWT berfirman dalam (QS Adz-Dzariyat [51]: 49): *“Dan, segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan agar kamu mengingat (kebesaran Allah).”* Di antara gambaran kebesaran Allah adalah bahwa Dia menciptakan segala makhluk di alam semesta ini berpasangan tak terkecuali atom sekalipun.

### **D. Tugas**

#### **a. Tugas kelompok**

Diskusikan bersama kelompokmu jawaban dari soal-soal berikut! Untuk membantu silahkan kunjungi perpustakaan untuk mendapatkan buku-buku kimia universitas.

1. Carilah dari literatur, perbandingan sifat senyawa ion dan kovalen! Jelaskan hasil pencarianmu!

#### **b. Tugas Individu**

1. Logam mana yang mempunyai ikatan logam lebih kuat diantara 1 mol logam Na, Mg dan Al? Jelaskan jawabanmu!

2. Berdasarkan data keelektronegatifan, tentukan senyawa biner di bawah ini tergolong ke dalam ikatan ion atau kovalen! Jelaskan jawaban anda!

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| a. $\text{Li}_2\text{S}$  | h. $\text{RbF}$           |
| b. $\text{N}_2\text{O}_3$ | i. $\text{NaF}$           |
| c. $\text{BF}_3$          | j. $\text{NH}_3$          |
| d. $\text{TiCl}_4$        | k. $\text{CaS}$           |
| e. $\text{ZnF}_2$         | l. $\text{K}_3\text{N}_2$ |
| f. $\text{HgO}$           | m. $\text{P}_2\text{O}_5$ |
| g. $\text{SO}_3$          |                           |

## **BAB 9. REAKSI DALAM LARUTAN BERAIR (LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON ELEKTROLIT)**

### **A. Tujuan Perkuliahan**

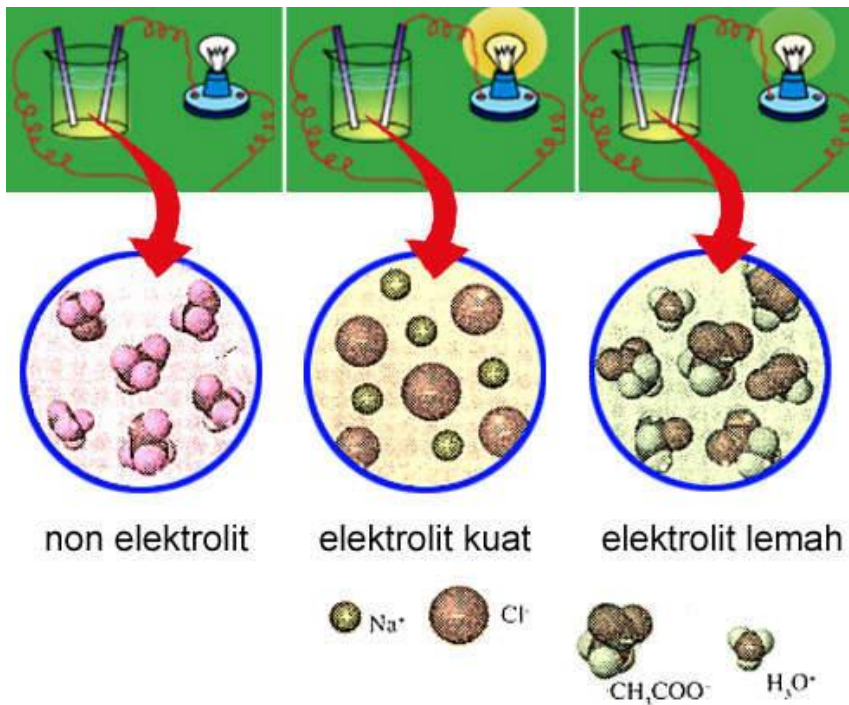
Pada bab ini diharapkan mahasiswa dapat memahami pengertian dari larutan beserta contohnya, menjelaskan perbedaan larutan elektrolit dan non elektrolit dan klasifikasinya, menghitung konsentrasi ion dalam larutan elektrolit kuat, memahami sifat koligatif larutan dan penerapannya dalam kehidupan.

### **B. Uraian Materi**

#### **a. Larutan**

Kita mulai pembahasan materi ini dengan definisi larutan. Larutan adalah campuran homogen antar zat pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solut*). Larutan dapat berupa gas ( contoh: udara), padatan (*alloy*) dan *liquid* (air laut). Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dibagi menjadi larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Elektrolit adalah substansi yang ketika dilarutkan ke dalam air menghasilkan suatu larutan yang dapat menghantarkan listrik. Sedangkan nonelektrolit tidak menghantarkan listrik ketika dilarutkan dalam air. Perhatikan gambar 9.1. berikut.

## b. Larutan elektrolit dan larutan non-elektrolit



Gambar 9.1. Perbandingan Daya hantar listrik dan ionisasi larutan elektrolit kuat, elektrolit lemah dan non-elektrolit.

Perbandingan sifat-sifat larutan elektrolit dan larutan non elektrolit dapat dilihat pada tabel 9.1.

Tabel 9.1. Perbandingan Sifat Larutan Elektrolit dan Non-Elektrolit

Larutan elektrolit	Larutan non elektrolit
1. Dapat menghantarkan listrik	1. Tidak dapat menghantarkan listrik
2. Terjadi proses ionisasi	2. Tidak terjadi proses ionisasi
3. Lampu dapat menyala terang atau redup	3. Lampu tidak menyala
4. Adanya gelembung gas	4. Tidak ada gelembung gas

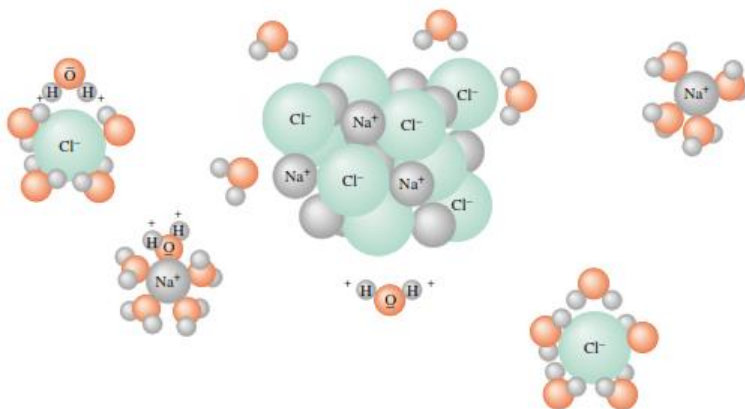
Beberapa contoh dari elektrolit kuat, lemah dan non-elektrolit yaitu:

<b>Elektrolit Kuat</b>	<b>Elektrolit Lemah</b>	<b>Non-Elektrolit</b>
HCl	CH <sub>3</sub> COOH	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (urea)
HNO <sub>3</sub>	HF	CH <sub>3</sub> OH (metanol)
HClO <sub>4</sub>	HNO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OH (etanol)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	NH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (glukosa)
NaOH	H <sub>2</sub> O**	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (sukrosa)
Ba(OH) <sub>2</sub>		
Senyawa Ionik		

\*H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mempunyai ion H<sup>+</sup> terionisasi

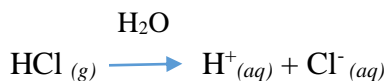
\*\*Air murni merupakan elektrolit yang sangat lemah

Senyawa ionik seperti NaCl, KI, dan Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, merupakan elektrolit kuat. Di dalam cairan tubuh manusia, mengandung banyak elektrolit kuat dan lemah. Air merupakan pelarut yang sangat efektif untuk senyawa ionik. Ketika suatu senyawa ionik seperti NaCl, dilarutkan dalam air, jaringan 3 dimensi ion dalam padatan akan hancur. Ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> akan terpisah satu sama lain dan mengalami hidrasi (proses suatu ion dikelilingi oleh molekul air) seperti pada gambar 9.2. Tiap ion Na<sup>+</sup> akan dikelilingi oleh sejumlah molekul air mengorientasikan kutub negatif terhadap kation (melalui tarikan elektrostatik). Sama halnya dengan setiap ion Cl<sup>-</sup> yang dikelilingi oleh molekul air dengan mengorientasikan kutub positif terhadap anion. Hidrasi menyebabkan ion menjadi stabil dalam larutan dan menghalangi kation berkombinasi dengan anion.

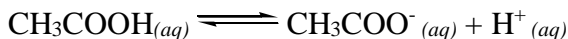


Gambar 9.2. Hidrasi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$

Asam dan basa juga merupakan elektrolit. Beberapa asam seperti  $\text{HCl}$  dan  $\text{HNO}_3$  adalah elektrolit kuat. Asam yang merupakan elektrolit kuat terionisasi sempurna di dalam air. Ketika gas  $\text{HCl}$  dilarutkan dalam air akan membentuk ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  terhidrasi.



Dengan kata lain, semua molekul  $\text{HCl}$  terlarut terpisah menjadi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  terhidrasi. Sehingga ketika ditulis  $\text{HCl}_{(aq)}$ , maknanya larutan tersebut hanya ion  $\text{H}^+_{(aq)}$  dan  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  dan tidak ada molekul  $\text{HCl}$  terhidrasi. Asam seperti  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , tidak terionisasi sempurna dan merupakan elektrolit lemah.



$\text{CH}_3\text{COO}^-$  disebut ion asetat. Istilah ionisasi digunakan untuk mendeskripsikan pemisahan dan asam dan basa menjadi ion. Ionisasi dari asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) merupakan reaksi kesetimbangan (reaksi dapat terjadi dalam dua arah). Pada mulanya, sejumlah molekul

$\text{CH}_3\text{COOH}$  terurai mmenjadi ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}^+$ . Akan tetapi beberapa  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  dan  $\text{H}^+$  berkombinasi kembali menjadi molekul  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Keadaan ketika molekul asam terionisasi sama cepatnya dengan ketika ion-ionnya berkombinasi kembali disebut kesetimbangan kimia.

Kuantitas zat terlarut dalam suatu larutan atau pelarut dinyatakan dalam satuan-satuan konsentrasi. Konsentrasi suatu larutan dalam kimia dapat dinyatakan dalam beberapa satuan diantaranya Molaritas (M), molalitas (m), Normalitas (N), fraksi mol (X), dan lain-lain. Sifat suatu larutan sangat ditentukan oleh jumlah (mol) zat terlarut. Sifat ini dikenal dengan sifat *koligatif* larutan. Sifat ini meliputi: penurunan tekanan uap jenuh pelarut, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku serta tekanan osmotik

### c. Konsentrasi Larutan

#### a) molalitas (m)

molalitas suatu larutan menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap Kg pelarut.

$$m = \frac{\text{mol}}{\text{Kg}(\text{pelarut})}; \quad \text{atau}$$

$$m = \frac{G}{M_r} \times \frac{1000}{P(g)}$$

Keterangan: m = molalitas, G = berat zat terlarut (g);  $M_r = M_r$  zat terlarut dan

P = berat pelarut (g)

Contoh soal: Berapa gram glukosa yang harus dilarutkan ke dalam 500 gram air untuk menghasilkan larutan 0,1 molal.

Jawab:  $0,1 = \frac{G}{180} \times \frac{1000}{500}$  ; jadi  $G = 9$  gram.

### **b) Fraksi Mol (X)**

Fraksi mol suatu zat terlarut/pelarut dalam suatu larutan menyatakan perbandingan mol zat terlarut/pelarut terhadap jumlah mol total komponen dalam suatu larutan. Jika suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut A dan pelarut B, maka fraksi mol zat A ( $X_A$ ) dapat dinyatakan sebagai:

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} ; \text{dimana } n_A = \text{mol zat A}; n_B = \text{mol zat B dan}$$

$$X_B = 1 - X_A; \text{ dan } X_A + X_B = 1.$$

*Contoh Soal:* Suatu campuran dibuat dari 45,0 g benzena ( $C_6H_6$ ) dan 80,0 g toluena ( $C_7H_8$ ), (a) tentukan fraksimol masing-masing komponen. (b) Jika benzena sebagai pelarut, tentukan molalitas larutan yang dihasilkan

*Jawab:* a) pertama, tentukan dahulu mol masing-masing komponen. Dalam hal ini benzena dan toluena, yaitu:

$$n(C_6H_6) = \frac{G}{M_r} = \frac{45}{78} = 0,577 \text{ mol}$$



$$n(\text{C}_7\text{H}_8) = \frac{G}{M_r} = \frac{80}{92} = 0,869$$

$$\text{jadi } X(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_6)}{n(\text{C}_6\text{H}_6) + n(\text{C}_7\text{H}_8)} = \frac{0,577}{0,577 + 0,869} = 0,4$$

$$\begin{aligned} X(\text{C}_7\text{H}_8) &= 1 - X(\text{C}_6\text{H}_6) \\ &= 1 - 0,4 = 0,6 \end{aligned}$$

$$\text{b). } m = \frac{G}{M_r} \times \frac{1000}{P(g)} = \frac{45}{78} \times \frac{1000}{80} = 7,21$$

#### **d. Sifat Koligatif Larutan**

Sifat koligatif adalah sifat larutan yang bergantung pada banyaknya partikel zat terlarut dalam larutan dan tidak bergantung pada jenis zat terlarut. Sifat ini bergantung pada banyaknya partikel zat terlarut yang ada, baik itu berupa partikel atom, ion atau molekul. Sifat koligatif meliputi penurunan tekanan uap jenuh, kenaikan titik didih, penurunan titik beku dan tekanan osmotik larutan. Pembahasan sifat koligatif disini pada larutan yang relative encer (larutan yang konsentrasinya kurang dari atau sama dengan 0,2M).

##### **a) Tekanan Uap Larutan**

Sifat fisik suatu senyawa akan berubah jika menjadi bagian dari larutan. Contohnya, air yang membeku pada 0°C akan mencair kembali jika dicampurkan dengan cairan anti beku etilenglikol. Tekanan uap suatu larutan merupakan salah satu sifat fisik yang dipengaruhi oleh zat terlarut.

Jika suatu pelarut yang sukar menguap (*non volatil*) dilarutkan dalam suatu pelarut cair, maka tekanan uap pelarut akan turun. Dalam kaitan ini, menurut Hukum **Roult**, bahwa **tekanan uap larutan** berbanding lurus dengan **fraksimol** pelarut. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

Dimana X adalah fraksimol pelarut dalam larutan dan  $P^0$  adalah tekanan uap pelarut murni. Penurunan tekanan uap jenuh pelarut,  $\Delta P$  dihitung dengan rumus,

$$\Delta P = P^0 - P$$

*Contoh Soal:* Tentukan tekanan uap larutan yang mengandung 95 % mol air dan 5 % mol suatu larutan non volatil. Jika diketahui tekanan uap pelarut pmurni adalah 100 torr

*Jawab:*  $X(\text{H}_2\text{O}) = 0,95$ ; jadi  $P = 0,95 (100 \text{ torr}) = 95 \text{ torr}$

*Contoh Soal:* 10,0 g parafin,  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ , suatu senyawa sukar menguap, dilarutkan dalam 50,0 g benzena,  $\text{C}_6\text{H}_6$ . Pada suhu  $53^\circ\text{C}$  tekanan uap benzena murni adalah 300 torr. Berapakah tekanan uap larutan pada suhu tersebut.

*Jawab:*  $P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$  ; pelarut adalah benzena,  $\text{C}_6\text{H}_6$

$$X(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_6)}{n(\text{C}_6\text{H}_6) + n(\text{C}_{20}\text{H}_{42})}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{50,0\text{g}}{78\text{g/mol}} = 0,64 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}_{20}\text{H}_{42}) = \frac{10,0\text{g}}{282\text{g/mol}} = 0,035 \text{ mol}$$

Jadi 
$$X(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{0,64}{0,64 + 0,035} = 0,948;$$

$$P_{\text{larutan}} = 0,948 (300 \text{ torr}) = 284 \text{ torr.}$$

Larutan yang mengandung lebih dari satu komponen zat yang mudah menguap. Dalam larutan dimana baik zat terlarut maupun pelarut keduanya mudah menguap, seperti benzena dan karbontetraklorida, maka tekanan uap larutan merupakan jumlah dari tekanan uap seluruh komponen. Andaikan suatu campuran terdiri dari senyawa A dan B, maka tekanan parsial A dan B diberikan oleh:

$$p_A = X_A p_A^o$$

dan

$$p_B = X_B p_B^o$$

Maka sesuai dengan Hukum Dalton, tekanan uap total,  $P_t$  campuran merupakan jumlah keseluruhan tekanan uap parsialnya, yaitu:

$$P_t = p_A + p_B$$

Atau

$$P_t = X_A P_A^o + X_B P_B^o$$

*Contoh Soal:* Suatu campuran dibuat dari 50,0 gram karbontetraklorida,  $\text{CCl}_4$  dan 50,0 g kloroform,  $\text{CHCl}_3$ . Pada  $50^\circ\text{C}$ , tekanan uap  $\text{CCl}_4$  dan  $\text{CHCl}_3$  berturut-turut adalah 317 dan 526 torr. Berapa tekanan uap campuran pada suhu tersebut?

*Jawab:* 
$$n(\text{CCl}_4) = \frac{50,0\text{g}}{154\text{g/mol}} = 0,325 \text{ mol}$$

$$n(\text{CHCl}_3) = \frac{50,0\text{g}}{119,5\text{g/mol}} = 0,419 \text{ mol}$$

Fraksimol masing-masing komponen yaitu:

$$X_{\text{CCl}_4} = \frac{n(\text{CCl}_4)}{n(\text{CCl}_4) + n(\text{CHCl}_3)} = \frac{0,325}{0,325 + 0,419} = 0,437$$

$$X_{\text{CHCl}_3} = \frac{0,419}{0,419 + 0,325} = 0,563$$

Sekarang kita hitung tekanan parsial masing-masing komponen,

$$\begin{aligned} P_{\text{CCl}_4} &= X_{\text{CCl}_4} P^{\circ}_{\text{CCl}_4} \\ &= (0,437)(317 \text{ torr}) \\ &= 139 \text{ torr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{CHCl}_3} &= X_{\text{CHCl}_3} P^{\circ}_{\text{CHCl}_3} \\ &= (0,563)(526 \text{ torr}) \\ &= 296 \text{ torr} \end{aligned}$$

Tekanan uap total, adalah

$$\begin{aligned} P_t &= P_{\text{CCl}_4} + P_{\text{CHCl}_3} \\ &= 139 \text{ torr} + 296 \text{ torr} \end{aligned}$$

$$= 435 \text{ torr}$$

Jadi tekanan uap larutan adalah 435 torr.

### **b) Penurunan Titik Beku dan Kenaikan Titik Didih**

Seperti apa yang telah kita pelajari bahwa zat terlarut non volatil dapat menurunkan tekanan uap pelarut, maka hal yang sama juga mempengaruhi sifat fisik yang lain, yaitu titik beku dan titik didih. Telah diketahui tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murni. Sebagai akibat, titik didih larutan lebih tinggi dari titik didih pelarut murni. Hal yang sama juga berlaku untuk titik beku. Titik beku larutan lebih rendah dari titik beku pelarut murni.

Untuk suatu larutan encer ditemukan bahwa besarnya kenaikan titik didih dan titik beku tergantung pada molalitas zat terlarut, yaitu:

$$\Delta T_b = mK_b; \quad \Delta T_b = T_b - T_b^{\circ}$$

dan 
$$\Delta T_f = mK_f; \quad \Delta T_f = T_f^{\circ} - T_f$$

keterangan:  $K_b$  = konstanta kenaikan titik didih molal

$K_f$  = konstanta penurunan titik beku molal

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih larutan

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku

$T_b$  = titik didih larutan

$T_b^{\circ}$  = titik didih pelarut murni

$T_f$  = titik beku larutan

$T_f^{\circ}$  = titik beku pelarut murni

*Contoh Soal:* Tentukan titik didih dan titik beku 6,20 g larutan etilenglikol,  $C_2H_6O_2$ , yang merupakan suatu zat anti beku dalam radiator mobil, dalam 200 g air. Jika diketahui  $K_f$  dan  $K_b$  untuk  $H_2O$  berturut-turut 1,86 °C/m dan 0,52 °C/m.

*Jawab:* Untuk menentukan  $\Delta T_f$  dan  $\Delta T_b$  perlu diketahui dahulu harga molalitats,  $m$  zat terlarut. Dalam hal ini harus ditentukan dahulu  $m$  etilenglikol.

$$m(C_2H_6O_2) = \frac{G}{M_r} \times \frac{1000}{P} = \frac{6,20g}{62} \times \frac{1000}{200} = 0,50$$

$$\Delta T_f = mK_f = 0,5 \text{ m} (1,86 \text{ } ^\circ\text{C/m}) = 0,93 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\Delta T_b = mK_b = 0,5 \text{ m} (0,52 \text{ } ^\circ\text{C/m}) = 0,26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jadi  $T_f = T_f^\circ - \Delta T_f = 0,93 - 0 = -0,93 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$T_b = T_b^\circ + \Delta T_b = 100 + 0,26 \text{ } ^\circ\text{C} = 100,26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

*Contoh Soal:* 5,50 g suatu senyawa baru hasil sintesis dilarutkan dalam 250,0 g benzena. Larutan ini membeku pada 1,02 °C dibawah titik beku benzena. Jika  $K_f$  benzena 5,12 °C/m maka tentukan berat molekul senyawa tersebut!

*Jawab:*  $\Delta T_f = mK_f \implies m = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1,02}{5,12} = 0,199$

$$m = \frac{G}{M_r} \times \frac{1000}{P} \quad \Longrightarrow \quad M_r = \frac{G \times 1000}{m \times P} = \frac{5,50 \text{ g} \times 1000}{0,199 \times 250 \text{ g}} = 110$$

g/mol

Jadi massamolekul relative dari senyawa tersebut adalah 110 g/mol.

### c) Tekanan Osmotik

Osmosis merupakan peristiwa perpindahan molekul pelarut dari larutan yang encer ke larutan yang lebih pekat melalui suatu membran semipermeabel. Membran semipermeabel adalah membran yang hanya dapat dilewati oleh molekul pelarut, dan tidak dapat dilewati oleh molekul zat terlarut. Akibat perpindahan tersebut akan menghasilkan suatu tekanan yang diberikan oleh larutan. Tekanan tersebut disebut tekanan osmotik.

Untuk suatu larutan yang encer, besarnya tekanan osmotik sebanding molaritas  $M$  zat terlarut, dan konstanta  $RT$ , dimana  $R$  adalah tetapan gas dan  $T$  temperatur mutlak.

$$\Pi = MRT$$

Karena  $M = \frac{n}{V}$ , maka  $\Pi = \frac{n}{V} RT$

Maka  $\Pi V = nRT$ , yang identik dengan persamaan gas ideal,  $PV = nRT$ .

*Contoh Soal:* Tentukan tekanan osmotik yang dihasilkan oleh 0,010 mol suatu zat terlarut dalam 1 L larutan pada suhu 25 °C.

*Jawab:*  $\Pi = MRT$

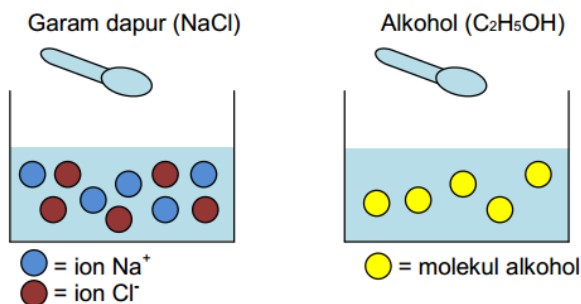
$$= 0,010 \text{ mol/L} (0,08205 \text{ atm.L/mol K})(298 \text{ K})$$

$$= 0,24 \text{ atm}$$

Jika tekanan yang lebih besar dari tekanan osmotik diterapkan terhadap larutan, maka akan terjadi peristiwa osmosa balik (*reverse osmosis*). Peristiwa osmosa balik digunakan untuk pemurnian air laut. Dalam peristiwa tersebut, molekul air dari larutan garam/larutan konsentrasi tinggi dipaksa melewati suatu membran berpindah ke larutan dengan konsentrasi rendah.

#### e. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Sifat koligatif elektrolit berbeda pendekatannya dengan penyelesaian kasus pada larutan non-elektrolit. Hal ini dikarenakan larutan elektrolit mengalami ionisasi menjadi ion-ion penyusunnya dalam larutan. Dengan demikian jumlah partikel dalam larutan menjadi dua atau lebih bila dilarutkan dalam air. Lihat gambar 9.3. (penting selalu untuk mengingat bahwa: sifat koligatif larutan ditentukan oleh banyaknya partikel zat yang terdapat dalam larutan).

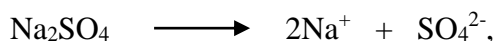


Gambar 9.3. Partikel Larutan Elektrolit dan Non-Elektrolit



Dalam tiap satuan NaCl terurai menjadi dua ion,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ , jadi sifat koligatif 0,1 m larutan NaCl akan dua kali lebih besar dibandingkan dengan sifat koligatif 0,1m larutan alkohol,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Sama juga halnya 0,1 m larutan  $\text{CaCl}_2$  tentu akan menurunkan titik beku tiga kali lebih banyak dari pada larutan sukrosa.

Prinsip seperti yang dijelaskan di atas berlaku juga untuk penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku serta tekanan osmotik karena suatu larutan tergantung pada jumlah partikel yang ada dalam larutan tersebut. Larutan non elektrolit, tidak terionisasi, sehingga jika 1 mol senyawa ini dilarutkan maka dalam larutan juga terdapat satu mol. Lain halnya dengan larutan elektrolit. Senyawa ion seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dalam air akan terionisasi:



Pada ionisasi natrium sulfat dihasilkan 2 ion  $\text{Na}^+$  dan 1 ion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Sehingga setiap satu mol senyawa tersebut dilarutkan dalam air akan menghasilkan 4 partikel.

Untuk menjelaskan pengaruh ini digunakan modifikasi persamaan sifat koligatif sebagai berikut:

$$\Delta T_d = i K_d m$$

$$\Delta T_b = i K_b m$$

$$\pi = i MRT$$

Variabel  $i$  adalah factor *van't Hoff*, yang didefinisikan sebagai: jumlah partikel sebenarnya dalam larutan setelah pengurangan dibagi dengan jumlah satuan rumus yang semula terlarut dalam larutan.  $i$  itu bernilai 1 untuk semua non-elektrolit. Untuk elektrolit kuat seperti NaCl dan

$\text{KNO}_3$ ,  $i$  seharusnya 2 dan untuk elektrolit kuat seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MgCl}_2$ ,  $i$  seharusnya 3.

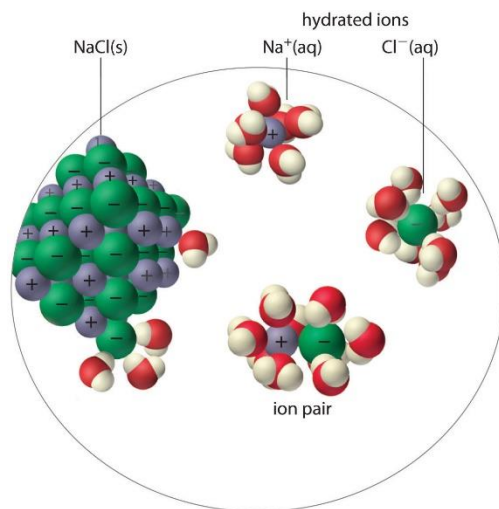
Pada kenyataannya, sifat koligatif larutan elektrolit biasanya lebih kecil daripada yang diperhitungkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, gaya elektrostatik berpengaruh, sehingga kation dan anion juga saling tarik menarik (untuk memahami ini lihat bab 10). Satu kation dan satu anion yang terikat oleh gaya elektrostatik dinamakan pasangan ion (*ion pair*). Pembentukan satu pasangan ion menurunkan jumlah partikel dalam larutan sebanyak satu, mengakibatkan berkurangnya sifat koligatif (lihat gambar 9.4). Tabel 9.2. menunjukkan nilai  $i$  yang diukur melalui percobaan dan yang diitung dengan asumsi penguraian sempurna.

Tabel 9.2. Data nilai faktor van't Hoff hitungan dan hasil pengukuran

Jenis Eleltrolit	$i$ (diukur)	$i$ (dihitung)
Sukrosa	1,0	1,0
HCl	1,9	2,0
NaCl	1,9	2,0
MgSO <sub>4</sub>	1,3	2,0
MgCl <sub>2</sub>	2,7	3,0
FeCl <sub>3</sub>	3,4	4,0
Sukrosa merupakan larutan non-elektrolit, dicantumkan hanya untuk perbandingan		

Data pada tabel 9.2 memperlihatkan ketidak samaan antara nilai factor van't Hoff hasil perhitungan dan hasil pengukuran. Niai-nilai tersebut mendekati ketidaksempurnaan, ini terjadi karena banyaknya

pembentukan pasangan ion dalam larutan seperti yang dapat dilihat pada gambar 9.4.



Gambar 9.4. Pembentukan pasangan ion pada larutan elektrolit, NaCl

*Contoh Soal:* Larutan kalsium klorida,  $\text{CaCl}_2$  ( $M_r = 111$ ) dibuat dengan cara melarutkan 25,0 g  $\text{CaCl}_2$  dalam 500 g air. Berapa tekanan uap larutan ini pada  $80^\circ\text{C}$ ? Air mempunyai tekanan uap sebesar 355 torr pada suhu tersebut.

*Jawab:*  $P_{\text{larutan}} = X_{\text{pelarut}} P_{\text{pelarut}}^0$

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{25,0}{111} = 0,225 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{500}{18} = 27,8 \text{ mol}$$

karena  $\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ , maka 1 mol  $\text{CaCl}_2$  akan menghasilkan 3 mol ion, yakni 1 mol ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan 2 mol ion  $\text{Cl}^-$ . Jadi:

$$X_{H_2O} = \frac{27,8 \text{ mol } H_2O}{27,8 \text{ mol } H_2O + 3(0,225 \text{ mol}) \text{ ion}} = 0,975$$

$$P_{\text{larutan}} = 0,975 (355 \text{ torr})$$

$$= 346 \text{ torr}$$

jadi sifat koligatif untuk larutan elektrolit berlaku:

$$\Delta P = P^0 X_2 \{ 1 + (n-1) \alpha \}$$

$$\Delta T_f = m K_f \{ 1 + (n-1) \alpha \}$$

$$\Delta T_b = m K_b \{ 1 + (n-1) \alpha \}$$

$$\Pi = MRT \{ 1 + (n-1) \alpha \}$$

Dimana:  $X_2$  = fraksimol zat terlarut

$n$  = jumlah ion

$\alpha$  = derajat ionisasi, jika elektrolit kuat,  $\alpha = 1$

dan faktor  $\{ 1 + (n-1) \alpha \} = i$  = faktor van't Hoff

Contoh Soal: Berapa titik beku larutan yang dihasilkan jika dilarutkan 34,2 gram garam aluminum sulfat,  $Al_2(SO_4)_3$  ( $M_r = 342$ ) dalam 500 gram air.  $K_f$  air adalah  $1.86^\circ\text{C/m}$ .

Jawab:  $Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$ ,  $n = 5$ , dan  $\alpha = 1$ , karena elektrolit kuat.

$$\Delta T_f = m K_f \{ 1 + (n-1) \alpha \}$$

$$m = \frac{G}{M_r} \times \frac{1000}{P}$$

$$= \frac{34,2}{342} \times \frac{1000}{500} = 0,2$$

$$\Delta T_f = mK_f \{ 1 + (n-1)\alpha \}$$

$$= 0,2(1,86)\{ 1 + (5 - 1)1 \}$$

$$= 1,86$$

### **C. Perspektif Nilai Karakter**

Tahukan Anda, bahwa prinsip sifat koligatif larutan ini telah melindungi manusia dari malapetaka akibat mencairnya es di lautan dan di kutub. Fabia ala irabbikuma tukazziban. Siapakah Pengaturnya?

### **D. Tugas**

#### **a. Tugas kelompok**

Lakukan percobaan sederhana dengan menggunakan peralatan dan bahan yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari untuk menguji sifat koligatif larutan non-elektrolit dan larutan elektrolit. Buat laporan tertulis disertai dengan dokumentasi foto kegiatan.

## b. Tugas Individu

### Soal-Soal Latihan

1. Jika 45,0 g gliserin,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , dilarutkan dalam 100 g air. (a) berapa molalitas larutan, (b) tentukan fraksimol air. *Jawab:* a) 4,89; b)  $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0,919$
2. Suatu larutan yang mengandung 121,8 g  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  per liter mempunyai kerapatan 1,107 g/mL. Hitung: (a) molalitas; (b) molaritas dan (c) fraksimol zat terlarut. *Jawab:* (a) 0,653; (b) 0,6431 (c) 0,0116
3. Tekanan uap benzena,  $\text{C}_6\text{H}_6$  pada 25 °C adalah 93,4 torr. Berapa tekanan uap suatu larutan pada suhu tersebut jika 56,4 gram suatu zat non volatil,  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ , dilarutkan dalam 1000 g benzena. *Jawab:* 92,0 torr.
4. Heptana,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ , dan oktana,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , masing-masing mempunyai tekanan uap 791 torr dan 352 torr pada 100 °C. Berapa tekanan uap campuran 25,0 g heptana dan 35,0 g oktana? *Jawab:* 549 torr.
5. Berapa titik beku suatu larutan yang dibuat dengan melarutkan 55,0 g gliserol,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  dalam 250 g air? *Jawab:* -4,44 °C.
6. Suatu larutan non elektrolit sebanyak 16,9 gram dilarutkan dalam 250 gram air. Larutan ini membeku pada -0,774 °C. Jika diketahui senyawa ini terdiri dari 57,2 % C, 4,77 % H dan 38,1 % O. Bagaimanakah rumus molekul senyawa tersebut? *Jawab:*  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$
7. Suatu larutan diketahui membeku pada -2,47 °C. berapa titik didih larutan tersebut.? *Jawab:* 100,68 °C.

8. Hitung titik beku dalam  $^{\circ}\text{C}$  dari 0,100 m larutan elektrolit lemah HZ yang terionisasi sebanyak 7,5 %. *Jawab:*  $-0,19995^{\circ}\text{C}$
9. Suatu larutan 0,400 g polipeptida dalam 1,00 L larutan encer mempunyai tekanan osmotik pada  $27^{\circ}\text{C}$  sebesar 3,74 torr. Berapa massa molekul polimer tersebut. *Jawab:* 2000 g/mol
10. Dengan asumsi terurai sempurna, berapa titik beku 0,10 m larutan  $\text{MgSO}_4$ ? *Jawab:*  $-0,56^{\circ}\text{C}$ .
11. Berapa tekanan osmotik, dalam atm, dari 0,010 M larutan NaCl pada  $25^{\circ}\text{C}$  (dengan anggapan NaCl terurai sempurna dalam air). *Jawab:* 0,2445 atm
12. Berapa tekanan uap pada  $25^{\circ}\text{C}$  suatu larutan yang sukar menguap dalam benzena, jika diketahui larutan ini membeku pada  $2,63^{\circ}\text{C}$ , dan tekanan uap benzena pada suhu tersebut adalah 93,4 torr dan titik beku benzena murni  $5,5^{\circ}\text{C}$ .

## **BAB 10**

### **STRUKTUR DAN GAYA ANTAR MOLEKUL**

#### **A. Tujuan Perkuliahan**

Bab ini akan membahas tentang struktur dan gaya antar molekul dari zat padat, cair dan gas. Beberapa hal yang akan dibahas dalam bab ini adalah: gaya intermolekular, keadaan padat, keadaan kristal, ikatan pada padatan, dan fase transisi. Setelah kegiatan perkuliahan diharapkan mahasiswa mampu membedakan antara gaya dan ikatan, menjelaskan bermacam-macam gaya antar molekul, mendeskripsikan pengaruh struktur molekul terhadap gaya-gaya yang terjadi antar molekul, memprediksi sifat fisika senyawa berdasarkan struktur molekul, menjelaskan hubungan antara fasa dengan massa jenis, massa dan volume, menjelaskan nilai ekologis dari gaya antar molekul air dan nilai religi.

#### **B. Uraian Materi Perkuliahan**

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menggunakan materi yang berwujud padat, cair maupun gas. Kita sering minum teh manis dingin, jus buah atau air putih yang ditambahkan dengan es. Es selalu mengapung di atas air. Bagaimana penjelasan ilmiah dari fenomena tersebut? Dapatkan Anda menjelaskannya. Pernahkan Anda memperhatikan apa yang terjadi bila air mineral dalam gelas atau dalam botol plastik Anda bekukan dalam *freezer*? Apa yang terjadi? Bagaimana volumenya setelah beku? Perhatikan gambar 10.1

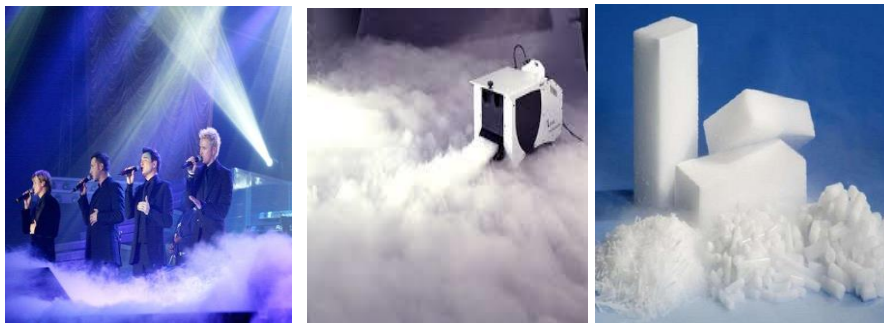




Gambar 10.1. Fenomena Es Mengapung.

Sumber: <http://www.oceanlight.com/spotlight.php?img=24822> dan <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-floating-ice-water-drink-image2371597>

Anda juga pasti pernah menyaksikan langsung atau melalui televisi, asap yang muncul di panggung seperti pada gambar 9.2.



Gambar 10.2. Konser westlife dengan dekorasi Es Kering, Mesin Produksi Es Kering dan Es Kering (Karbondioksida beku).

Dapatkah Anda menjelaskan bagaimana proses kimia dan gaya apa yang terjadi pada proses pembuatan asap itu? Fenomena tersebut dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep gaya antar molekul

(*intermolecular force*). Apa yang dimaksud dengan gaya antar molekul?

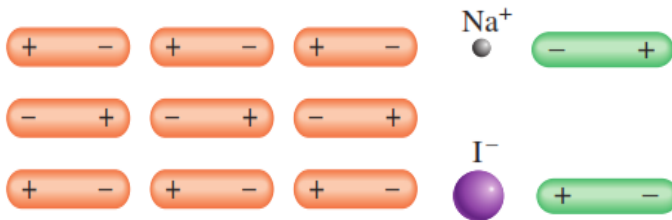
#### **a. Macam-Macam Gaya Tarik Menarik Antar Molekul**

Gaya antar molekul merupakan gaya tarik-menarik yang terjadi antar molekul yang saling berdekatan. Gaya ini terjadi **antar molekul yang satu dengan molekul yang lainnya**. Oleh karenanya gaya antar molekul tidak sama dengan ikatan kimia. Ikatan kimia: ikatan ionik, kovalen, dan logam, ikatannya terjadi **antar atom dalam membentuk molekul**. Ikatan ini lebih kuat dari gaya antar molekul. Sifat-sifat fisik dari zat diukur tanpa ada perubahan komposisi kimia lain zat diteliti, berarti ikatan kimianya tak dipengaruhi. Kekuatan dari gaya tarik intermolekul inilah yang menentukan apa yang akan terjadi. Oleh karena inilah perlu dibicarakan bagaimana terjadinya gaya tarik intermolekul. Dikenal ada tiga macam gaya antar molekul, yaitu: Gaya Van der Waals, Ikatan Hidrogen dan Gaya London.

##### **a) Gaya Tarik antara Dipol-dipol**

Untuk dapat memahami gaya antar molekul dengan baik. Perlu dipahami terlebih dahulu tentang **dipol** dalam suatu molekul. Apa yang dimaksud dengan **dipol**? Dipol, berasal dari suku kata **di** (dua) dan **polar** (kutub) yang bermakna senyawa yang memiliki dua kutub. Gaya dipol-dipol merupakan gaya yang bekerja antar molekul-molekul polar, yaitu antara molekul-molekul yang memiliki momen dipol. Gaya ini berasal dari gaya elektrostatik. Makin besar momen dipolnya, makin kuat gayanya (lihat gambar 10.3). Dalam cairan, penataan molekul-

molekulnya tidak kaku seperti padatan, tetapi tersusun sedemikian rupa sehingga rata-rata energi kinetiknya berada pada kondisi maksimum.



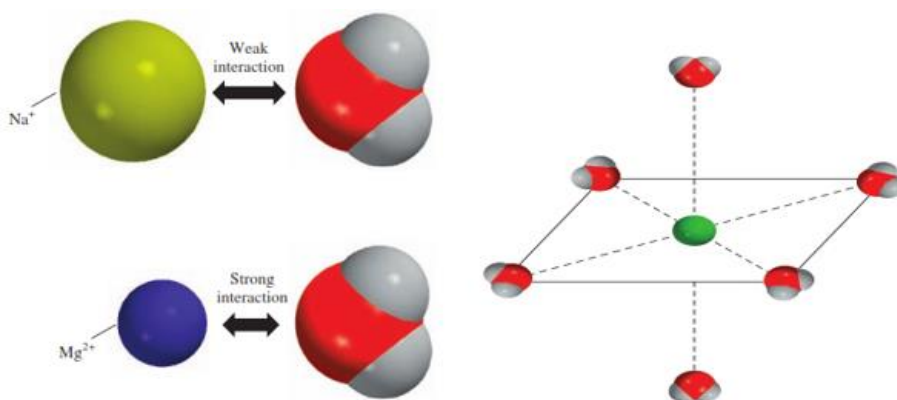
Gambar 10.3. a. Pengaturan Muatan dalam Molekul Polar

Molekul yang memiliki momen dipol permanen, agar memiliki interaksi tarikan maksimum cenderung mengatur diri dengan muatan berlawanan yang berselang-seling dalam fasa padat. Pada gambar 10.3 memperlihatkan orientasi molekul polar yang berada dalam dalam fasa padat. Dalam cairan, molekul polar tidak kompak seperti padatan, namun cenderung menyesuaikan mencari bentuk rata-rata sehingga interaksi gaya tarik-menariknya maksimal.

Gaya tarik antara dipol biasanya lebih lemah dari pada ikatan ion dan ikatan kovalen (kekuatannya hanya 1% dari ikatan). Juga kekuatan seakan berkurang dengan cepat bila jarak antara dipol makin besar. Maka pengaruh gaya tarik antara molekul yang jaraknya berjauhan seperti pada gas sangat kurang sekali dibandingkan pada molekul-molekul yang letaknya berdekatan seperti pada zat cair atau zat padat. Inilah mengapa molekul-molekul gas berperilaku seolah-olah tidak terjadi tarik antara molekul sama sekali.

Hukum Coulomb juga menjelaskan gaya dipol ion, yang menarik ion (baik kation atau anion) dan molekul polar satu sama lain

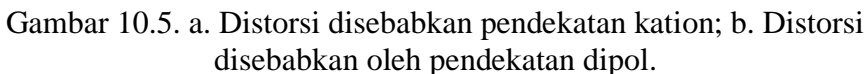
(gambar 10.3). Kekuatan interaksi ini bergantung pada muatan dan ukuran ion dan besarnya momen dipol dan ukuran molekul. Tuduhan pada kation umumnya lebih terkonsentrasi, karena kation biasanya lebih kecil dari anion. Oleh karena itu, kation berinteraksi lebih kuat dengan dipol daripada anion yang memiliki perubahan dengan besaran yang sama.



Gambar 10.4. Interaksi Dipol pada Molekul Ion

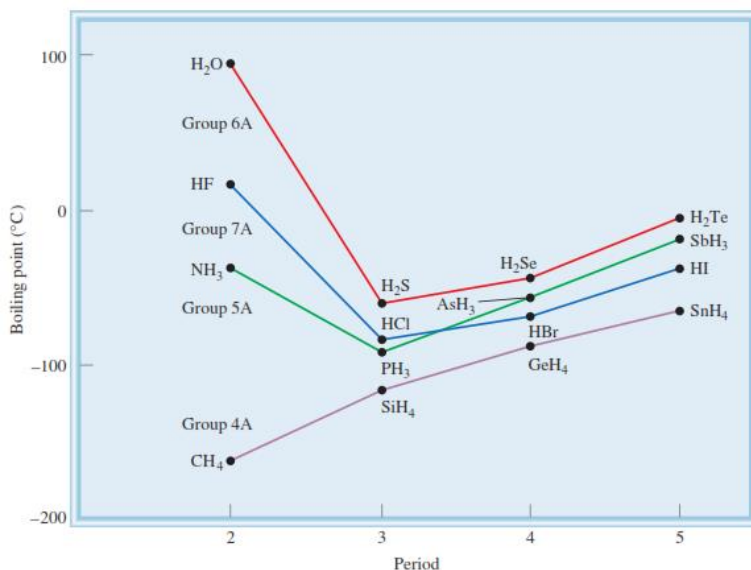
Hidrasi, merupakan salah satu contoh interaksi ion dipol. Gambar 10.4 menunjukkan interaksi dipol ion antara ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan molekul air, yang memiliki momen dipol besar (1,87D). Karena ion  $\text{Mg}^{2+}$  memiliki muatan lebih tinggi dan radius ionik yang lebih kecil (78 pm) daripada ion  $\text{Na}^+$  (98 pm), ia berinteraksi lebih kuat dengan molekul air. (pada kenyataannya, masing-masing ion dikelilingi oleh sejumlah molekul air dalam larutan). Perbedaan serupa ada pada anion dengan muatan dan ukuran yang berbeda.

Jika kita meletakkan satu ion atau satu molekul polar berdekatan dengan satu atom atau molekul non polar, distribusi elektron atom (atau molekul) terdistorsi oleh gaya yang diberikan oleh ion atau molekul



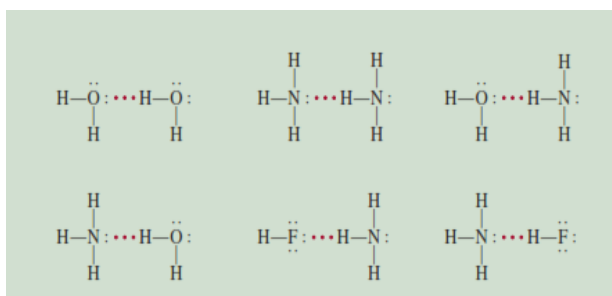
Pada bab 8 Anda sudah mempelajari tentang ikatan hidrogen. Pada bagian ini mari kita lihat gaya yang terjadi pada ikatan hidrogen. Biasanya, titik didih dari senyawa yang mengandung unsur dalam kelompok periodik yang sama meningkat dengan meningkatnya molar gas. Peningkatan titik didih ini disebabkan oleh peningkatan gaya dispersi untuk molekul yang mengandung lebih banyak elektron. Senyawa hidrogen kelompok 4A mengikuti tren ini, seperti yang ditunjukkan gambar 12.6. Senyawa paling ringan,  $\text{CH}_4$ , memiliki titik didih paling rendah, dan senyawa terberat,  $\text{SnH}_4$ , memiliki titik didih tertinggi. Namun, senyawa hidrogen dari unsur-unsur dalam Kelompok 5A, 6A dan 7A tidak mengikuti tren ini. Perhatikanlah grafik pada gambar 10.7 berikut.

Pada masing-masing serial senyawa ini, senyawa teringan ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{HF}$ ) memiliki titik didih tertinggi, berlawanan dengan prediksi berdasarkan massa molar.



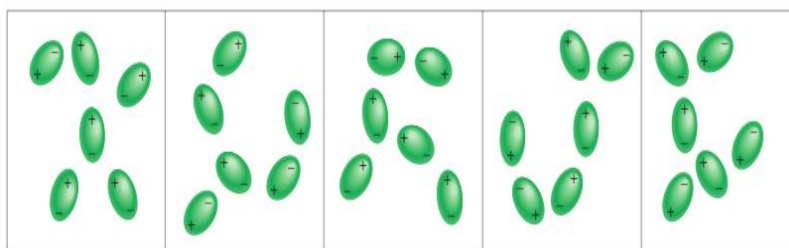
Gambar 10.7. Titik didih Senyawa Golongan 4A, 5A, 6A dan 7A

Fakta ini menjelaskan bahwa ada daya tarik intermolekul yang lebih kuat pada  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{HF}$ , dibandingkan dengan molekul lain dalam kelompok yang sama. Daya tarik intermolekul yang sangat kuat ini disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen, yang merupakan jenis interaksi dipol-dipol khusus antara atom hidrogen dalam ikatan polar, seperti  $\text{NH}$ ,  $\text{OH}$ , atau  $\text{FH}$ , dan elektronegatif  $\text{O}$ ,  $\text{N}$  atau atom  $\text{F}$ .



### c) Gaya London

Interaksi tarik menarik antara ion dan dipol induksi disebut interaksi dipole ion-ter-induksi, dan interaksi tarik menarik antara molekul polar dan dipol ter-induksi disebut interaksi dipol ter-induksi dipol. Perhatikan Gambar 10.6. memperlihatkan interaksi dipol terinduksi.



Gambar 10.6. Interaksi Dipol Terinduksi

Gaya dispersi, atau disebut juga dengan gaya London, biasanya meningkat seiring dengan massa molar karena molekul dengan massa molar yang lebih besar cenderung memiliki lebih banyak elektron, dan gaya dispersi meningkat mengikuti jumlah elektron. Selanjutnya, massa molar yang lebih besar sering berarti atomnya lebih besar, elektron terluarnya lebih mudah lepas. Tabel 10.2 membandingkan titik leleh meningkat seiring jumlah elektron dalam molekul meningkat. Oleh

karenanya pada molekul nonpolar, satu-satunya kekuatan gaya tarik menarik antar molekul adalah gaya dispersi.

Tabel 10.1. Titik Leleh Beberapa Molekul

Senyawa	Titik leleh
CH <sub>4</sub>	-182.5
CF <sub>4</sub>	-150.0
CCl <sub>4</sub>	-23.0
CBr <sub>4</sub>	90.0
Cl <sub>4</sub>	171.0

Dalam banyak kasus, gaya dispersi sebanding dengan atau bahkan lebih besar daripada gaya dipol-dipol antara molekul polar. Untuk ilustrasi yang dramatis, mari kita bandingkan titik didih CH<sub>3</sub>F (-78,8°C) dan CCl<sub>4</sub> (-76,5°C). Meskipun CH<sub>3</sub>F memiliki momen dipol 1,8D, gas ini mendidih pada suhu yang jauh lebih rendah daripada CCl<sub>4</sub>, molekul nonpolar, CCl<sub>4</sub> mendidih pada suhu yang lebih tinggi hanya karena mengandung lebih banyak elektron. Akibatnya, gaya dispersi antara molekul CCl<sub>4</sub> lebih kuat daripada gaya dispersi ditambah gaya dipol-dipol antara molekul CH<sub>3</sub>F. (Ingatlah bahwa kekuatan dispersi ada di antara spesies dari semua jenis, apakah netral atau menanggung muatan bersih dan apakah itu polar atau nonpolar).

#### b. Beberapa Sifat Umum dari Zat Gas dan Zat Padat

Sifat fisika zat padat dan cair ditentukan oleh letak molekul-molekulnya yang berdekatan yang menyebabkan gaya antara molekul-molekulnya kuat. Gaya Tarik molekul juga mempengaruhi sifat lainnya, yaitu Sifat mudah dimampatkan dan kecepatan berdifusi dipengaruhi



oleh bagaimana ketatnya partikel-partikel dikemas. Sifat-sifat seperti bentuk, volume dan kemampuan untuk mengalir, tegangan permukaan dan kecepatan menguap dipengaruhi oleh kekuatan gaya tarik antarmolekul.

#### **a) Kemampuan Dimampatkan**

Kemampuan dimampatkan adalah suatu istilah yang berhubungan dengan derajat volume suatu zat akan diperkecil dengan bantuan tekanan. Jadi terjadi perubahan volume yang sangat besar bila tekanan diperbesar, maka dikatakan bahwa zat tersebut mudah dimampatkan.

Dalam suatu gas molekul-molekulnya sangat berjauhan sehingga banyak ruang kosong di antaranya, berarti gas mudah dimampatkan. Tetapi molekul-molekul zat cair atau zat padat sangat berdekatan hingga hanya sedikit ruang di antaranya. Maka, menaikkan tekanan akan berpengaruh pada volumenya, berarti *tak dapat dimampatkan*. Sifat tak dapat dimampatkan cairan merupakan hal yang sangat berguna. Banyak macam mesin hidrolik tergantung dari sifat ini untuk meneruskan gaya yang sangat kuat yang akan mengangkat dan memindahkan barang-barang yang berat.

#### **b) Difusi**

Pada gas molekul-molekulnya cepat sekali berdifusi dibandingkan dengan cairan atau zat padat, sebab molekul-molekulnya relatif akan bergerak dalam jarak jauh sebelum ia bertabrakan. Tetapi bila dua cairan bercampur, molekul-molekul cairan yang satu berdifusi melalui molekul-molekul cairan lainnya dengan kecepatan jauh lebih rendah daripada bila dua macam gas bercampur. Kita dapat mengamati

difusi dari dua cairan dengan meneteskan sedikit tinta ke dalam air. Difusi terjadi karena molekul-molekul dari kedua cairan dapat bergerak ke seluruh wadah. Tetapi karena molekul-molekul cairan letaknya sangat berdekatan, maka jarak yang ditempuh di antara tumbukan antara tumbukan antara molekulnya sangat pendek dinamakan *lintasan bebas rata-rata*. Molekul-molekulnya akan mengalami berjuta-juta benturan sebelum dapat bergerak sehingga gangguan terus menerus selama perjalanan ini menyebabkan tak dapat menyebar secara cepat dalam cairan.

Difusi dalam zat padat lebih lambat lagi daripada dalam cairan. Tidak saja karena letak molekul-molekulnya terikat kuat pada tempatnya. Molekul-molekulnya dalam zat padat tak bebas bergerak, walaupun tiap molekul mungkin akan bergetar dan bergerak keliling ruang kecil yang terdapat dalam suatu kristal. Hanya molekul-molekul (atau ion-ion, bila zat padatnya terdapat ion-ion) yang mempunyai energi kinetik yang besar yang dapat bergerak melewati tetangga-tetangganya. Maka difusi sangatlah lambat pada suhu kamar.

### **c) Bentuk dan Volume**

Sifat yang mudah dilihat dari gas, cairan dan zat padat adalah bagaimana perilakunya bila dipindah dari satu wadah ke wadah lain. Gas seperti diketahui akan mengembang dan menempuh seluruh wadah yang ditempatinya. Gas dan zat cair keduanya dapat berubah, dapat mengalir dan dapat dipompa dari suatu tempat ke tempat lain. Adapun zat padat merupakan sesuatu yang tak dapat berubah baik bentuk maupun volumenya.

#### d) Tegangan Permukaan

Pada cairan, setiap molekul akan bergerak di bawah pengaruh molekul sekelilingnya. Sebuah molekul yang terletak di dalam cairan dikelilingi sepenuhnya oleh molekul lain yang akan menariknya. Tetapi, molekul yang terletak pada permukaan hanya ditarik oleh molekul-molekul disisi dan di bawahnya. Berarti pada molekul yang terletak di permukaan ada sisa gaya ke bawah karena dari atas permukaan tak ada gaya yang menarik. Bila ada sebuah molekul yang ingin sampai ke permukaan, harus dapat melawan gaya tarik ke bawah ini, berarti energi potensialnya harus naik. Harus dilakukan usaha agar molekul sampai ke permukaan. Jadi untuk memperluas permukaan cairan diperlukan tambahan energi dan jumlah energi yang diperlukan ini sebanding dengan **tegangan permukaan** cairan. Lihatlah Gambar 10.7. Coba jelaskan mengapa ada tetesan air di atas kulit apel dan mengapa hewan tersebut bisa mengapung di atas air.



Gambar 10.7. Hewan air dan Apel

#### e) Penguapan

Dalam zat cair atau padat seperti juga pada gas, molekul-molekulnya selalu mengalami benturan, yang akan mempercepat pergerakan masing-masing molekul, juga energi kinetiknya. Pada

temperatur kamarpun, sebagian kecil dari molekul-molekulnya selalu bergerak dengan energi kinetik yang relatif tinggi. Bila beberapa dari molekul yang bergerak dengan kecepatan tinggi ini, sehingga dapat melampaui gaya tarik dalam zat cair dan zat padat tersebut, maka molekul ini akan keluar melalui permukaan dan menjadi gas disebut menguap.

Es kering adalah karbondioksida padat yang menguap. Kapur barus juga sama dengannya. Peristiwa ini disebut dengan sublimasi. Pada zat cair penguapan dipengaruhi berbagai fakta. Salah satu adalah luas permukaan cairan. Bila luas permukaan diperbesar, maka lebih banyak molekul dengan energi yang tinggi akan bergerak ke dekat permukaan, sehingga yang akan meninggalkan cairan tiap detiknya akan lebih banyak. Faktor lain adalah suhu, telah diketahui bahwa air akan lebih mudah menguap pada hari panas daripada hari dingin. Faktor ketiga adalah kekuatan dari gaya tarik antara molekul. Bila kita membandingkan dua cairan pada suhu yang sama. Pada cairan yang gaya tariknya sangat kuat, hanya molekul-molekul yang kecepatannya tinggi mempunyai cukup energi kinetik untuk melawan gaya tarik ini dapat ke luar dari cairan. Karena hanya sedikit molekul yang memenuhi syarat ini, maka penguapan lambat. Sedangkan pada cairan yang gaya tarik antara molekulnya lemah, maka fraksi molekul yang dapat meninggalkan cairan lebih banyak, berarti cairan lebih mudah menguap. Gaya tarik molekul pada zat padat jauh lebih besar dari pada cairan, sehingga jelas mengapa zat padat umumnya sukar menguap atau menyublim.

### c. Panas Penguapan

Jumlah energi yang diperlukan oleh satu mol cairan untuk menguap pada tekanan tetap disebut panas penguapan molar atau disingkat panas penguapan saja. Karena panas penguapan molar diukur pada tekanan konstan, maka ini merupakan perubahan entalpi. Secara simbolis ditulis  $\Delta H_{\text{penguapan}}$  ( $\Delta H_{\text{uap}}$ ). Secara umum diartikan sebagai perbedaan antara entalpi dari uap dan cairan.

$$\Delta H_{\text{uap}} = \Delta H_{\text{uap}} - \Delta H_{\text{cairan}}$$

Panas penguapan molar adalah suatu sifat fisika yang penting dari suatu zat. Ahli-ahli mesin harus tau mengenai ini ketika merancang sebuah pabrik kimia, sebab harus diketahui berapa banyak energi yang diperlukan untuk menguapkan pelarut yang dipakai dalam setiap proses.

### d. Tekanan uap Cairan dan Zat Padat

Bila suatu cairan pada suatu wadah yang terbuka menguap, semua cairan lama-lama akan hilang, sebab molekul-molekul yang membentuk uap akan berdifusi ke udara. Tetapi bila wadahnya kita tutup, molekul-molekul yang menguap ini tak dapat keluar dan akan berkumpul pada ruang uap di atas cairan. Di sini uap ini akan memberikan tekanan seperti juga molekul-molekul lainnya. kita sebut dengan **tekanan uap**.

Bila kita pelajari bagaimana perubahan tekanan uap pada cairan yang ditempatkan pada wadah yang kosong terlihat bahwa mula-mula tekanan ini akan naik kemudian secara bertahap akan menjadi kosong. Pada suhu tertentu tekanan uap suatu cairan adalah tetap tak tergantung

dari ukuran wadah atau jumlah cairannya, asal masih ada cairan tertentu ketika tekanan akhirnya telah tercapai.

### **C. Perspektif Nilai Karakter**

Pernahkan Anda membaca kisah Nabi Khaidir? Bagaimana Kisah Nabi Allah yang dapat berjalan di atas air ini dapat Anda jelaskan dengan menggunakan pengetahuan yang Anda pelajari dalam bab ini? Dari pelajaran pada kisah ini, dapatkah Anda petik pelajaran bahwa tidak ada ilmu yang luput dari Pengetahuan Allah Yang Maha Mengetahui.

### **D. Tugas**

#### **a. Tugas Kelompok**

Carilah firman Allah SWT dalam Al-Quran yang berkaitan dengan topik bahasan yang baru Anda pelajari pada bab ini.

#### **b. Soal-soal**

1. Senyawa tertentu "X" mengandung unsur hidrogen dan oksigen. Ini mencakup sekitar 75% permukaan bumi. Ia juga merupakan bagian utama dari semua organisme hidup. Tubuh manusia mengandung sekitar 65% X. Ciri unik X adalah bahwa "X" dalam keadaan padat mengapung di atas "X" dalam keadaan cair. Jawab pertanyaan berikut:
  - a. Senyawa apakah X itu?
  - b. Apa arti ekologis terkait dengan fakta bahwa X(s) mengambang dari X (l)?

- c. Hanya persentase yang sangat kecil (2,5%) dari total "X" di bumi yang tersedia untuk konsumsi manusia. Mengapa?
2. Gaya antarmolekul apa saja yang ada pada masing-masing senyawa berikut ini: (a) Benzene, (b)  $\text{CHCl}_3$ , (c)  $\text{PF}_3$ , (d)  $\text{NaCl}$ , (e)  $\text{CS}_2$
  3. Manakah dari senyawa ini yang dapat berikatan hidrogen di antara mereka sendiri. (a)  $\text{C}_2\text{H}_6$ , (b)  $\text{HI}$ , (c)  $\text{KF}$ , (d)  $\text{BeH}_2$ , (e)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
  4. Urutkan senyawa berikut ini berdasarkan urutan peningkatan titik didih:  $\text{RbF}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{Br}$ . Jelaskan alasannya.
  5. Apa hubungan antara gaya antarmolekul yang ada pada cairan dan tegangan permukaannya?
  6. Faktanya bahwa stainless jauh lebih padat daripada air, tetapi mengapa pisau silet stainless steel dapat mengapung di atas air?

## **BAB 11**

### **PENGANTAR REDUKSI OKSIDASI**

#### **A. Tujuan Perkuliahan**

Pada kegiatan pembelajaran ini Anda akan mempelajari senyawa tentang pengantar reaksi reduksi oksidasi (redoks) dan reaksi-reaksi kimia yang berkaitan dengan redoks. Setelah mempelajari bab ini Anda diharapkan mampu: (1) menjelaskan prinsip reaksi redoks, (2) membedakan antara reaksi reduksi dan reaksi oksidasi, (3) menentukan zat yang mengalami reduksi dan oksidasi dari suatu proses kimia dalam kehidupan sehari-hari, (4) mengaplikasikan prinsip reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, (5) menyetarakan persamaan reaksi redoks dalam kondisi netral, asam dan basa, (6) merancang percobaan *electroplating* sederhana untuk melindungi logam, (7) mendeskripsikan aplikasi potensial reduksi standar dalam reaksi kimia dan pengaruhnya terhadap kereaktifan logam, (8) menjelaskan prinsip kerja sel baterai, dan (9) memiliki kesadaran moral dalam memanfaatkan sumber energi baterai yang ramah lingkungan.

#### **B. Uraian Materi Perkuliahan**

Perhatikanlah apa yang terjadi dengan jembatan dan atap rumah, dan mobil pada Gambar 10.1. Mengapa besi jembatan, mobil dan atap seng rumah berkarat? Reaksi apa yang terjadi pada logam-logam tersebut.



a. Pengertian Reaksi Redoks



Gambar 10.1. Jembatan, Atap Rumah dan Mobil yang Berkarat

Perhatikan juga gambar 10.2 . Fenomena apa yang diperlihatkan pada gambar itu? Sudahkan Anda menjumpai di tempat tinggal Anda? Prinsip reaksi kimia apa yang berkaitan dengan gambar tersebut?

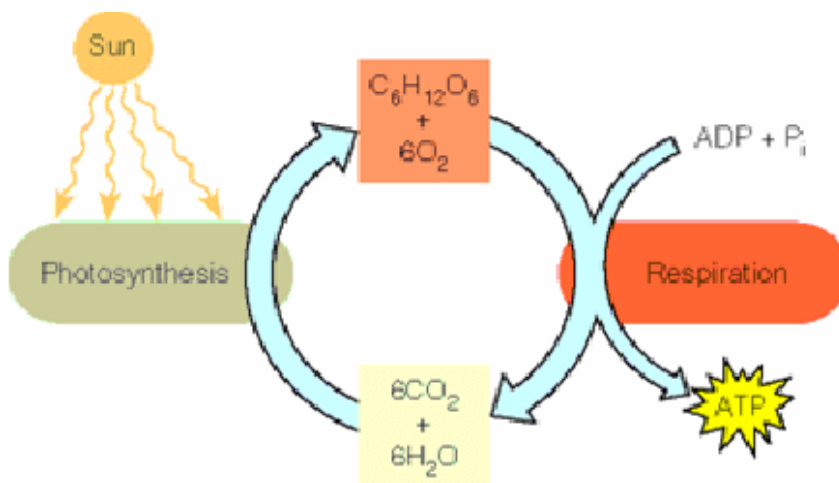


Gambar 10.2. Mobil Hibrida (Sumber Energi untuk Menggerakkan Mobil Ini Berasal dari Bahan Bakar dan Arus Listrik)

Di sekitar kita terdapat berbagai proses kimia yang berlandaskan pada prinsip reaksi reduksi-oksidasi atau reaksi redoks.

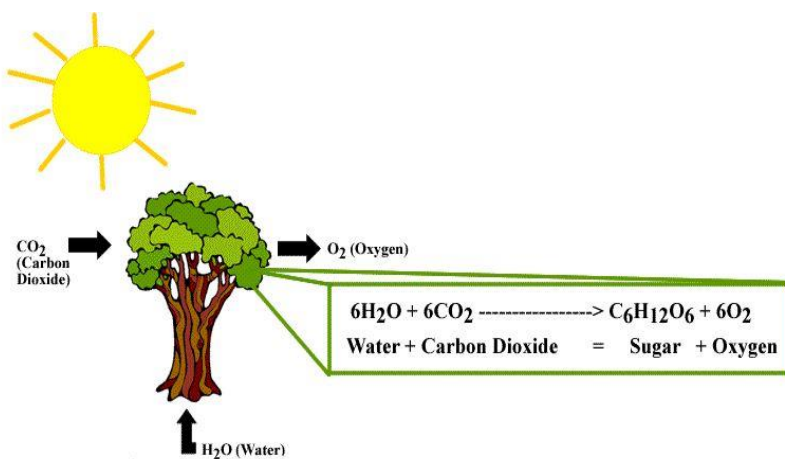
Beberapa contoh reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari akan dibahas berikut ini.

1. Respirasi :  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (s) + 6 \text{O}_2 (g) \rightarrow \text{CO}_2 (g) + 6 \text{H}_2\text{O} (l)$



Gambar 10.3. Reaksi fotosintesis dan respirasi sel

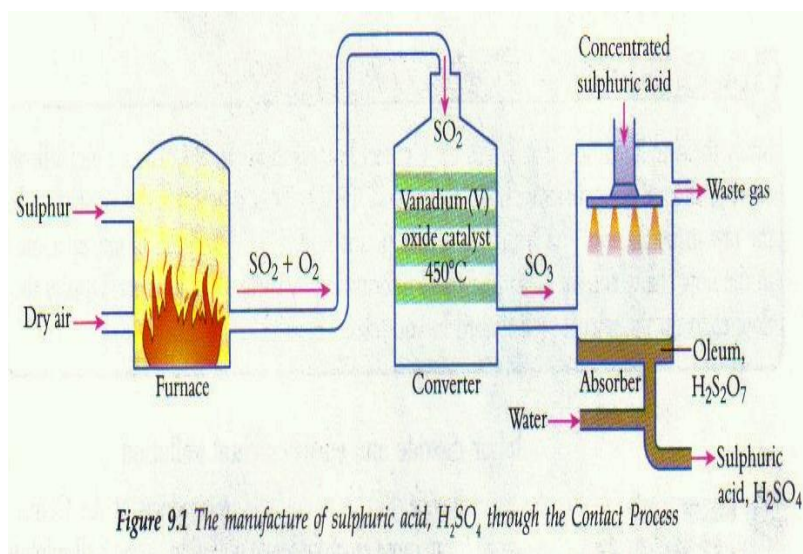
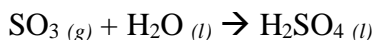
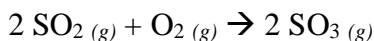
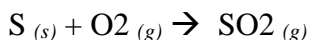
2. Fotosintesis:  $6\text{CO}_2 (g) + 6 \text{H}_2\text{O} (l) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (s) + \text{O}_2 (g)$



Gambar 10.4. Reaksi fotosintesis

Sumber: <http://agroteknologi.web.id/perbedaan-antara-fotosintesis-dan-respirasi-pada-tanaman/>

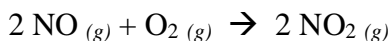
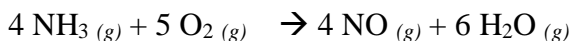
3. Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak:

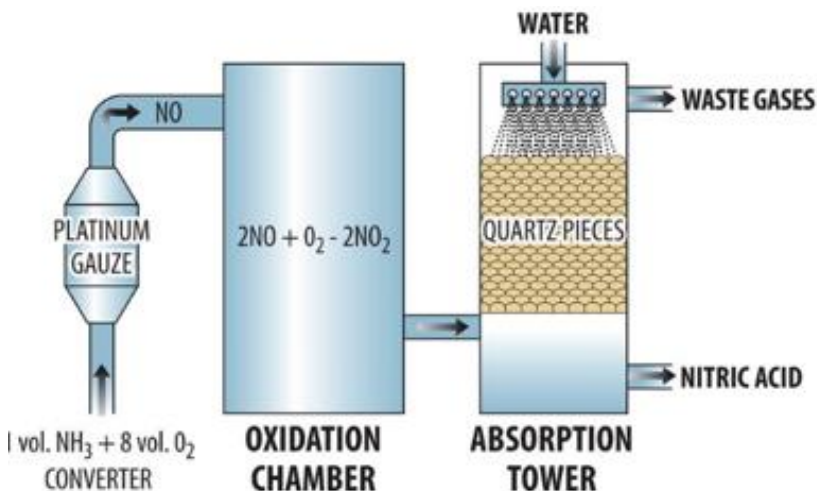


Gambar 10.5. Proses Kontak untuk Sintesa Asam sulfat

Sumber: <http://www.worldofchemicals.com/425/chemistry-articles/sulfuric-acid-oil-of-vitriol-king-of-chemicals-industrial-production.html>

4. Pembuatan asam nitrat;

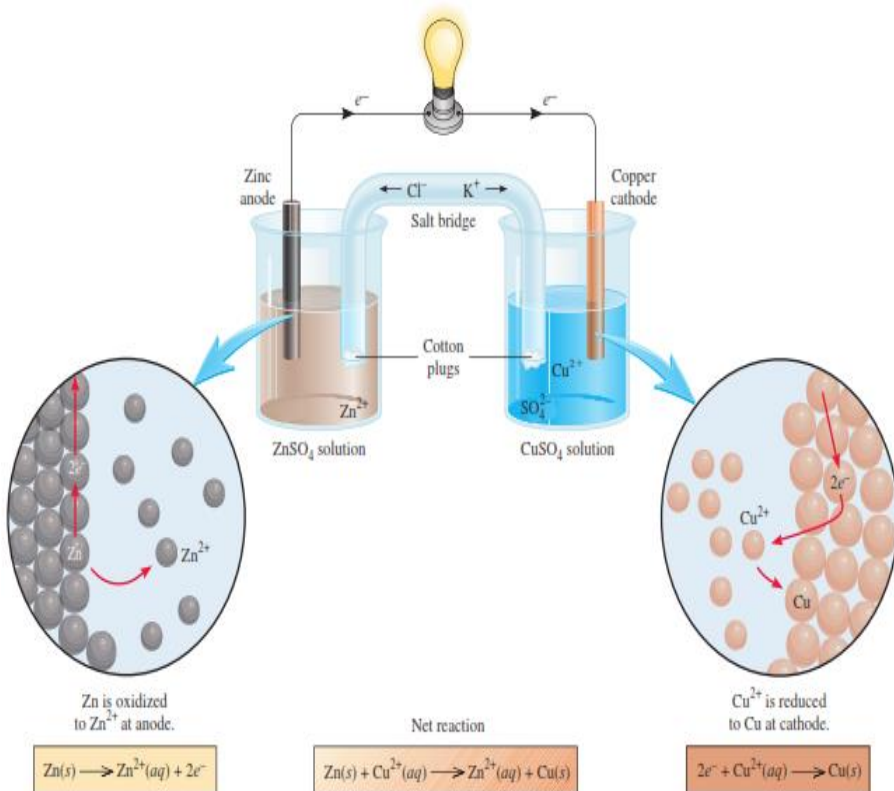




Gambar 10.6. Proses Ostwald untuk menghasilkan Asam Nitrat.  
(Sumber: <https://need-media.smugmug.com/Graphics/Graphics/i-vSkg5kS>)

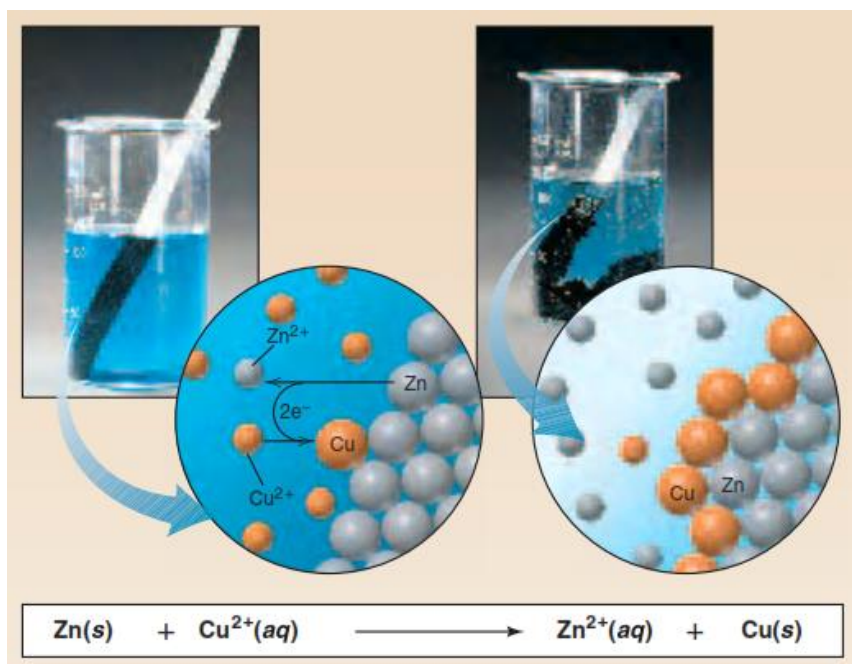
5. Pembuatan asam klorida, amonia dan pembuatan gas-gas di laboratorium
6. Fotografi:  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 (aq) + 2 \text{Ag}^+ (aq) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 (aq) + 2 \text{Ag} (s) + 2\text{H}^+ (aq)$
7. Pemangangan biji logam:
 
$$2 \text{Cu}_2\text{S} (s) + 3 \text{O}_2 (g) \rightarrow 2 \text{Cu}_2\text{O} (s) + 2 \text{SO}_2 (g)$$

$$2 \text{ZnS} (s) + 3 \text{O}_2 (g) \rightarrow 2 \text{ZnO} (s) + 2 \text{SO}_2 (g)$$
8. Reaksi pada sel Volta dan sel Galvani), Elektrolisis dan penyepuhan serta proses korosi



Gambar 10.7 Proses Penyepuhan/ Sel Galvanic

Tentukanlah zat mana yang mengalami reduksi dan zat mana pula yang mengalami oksidasi pada reaksi 1 sampai dengan 8. Selanjutnya perhatikan penampilan sub-mikroskopis dari reaksi antara logam seng dengan larutan tembaga sulfat pada gambar 10.7



Gambar 10.8. Reaksi Spontan antara Logam Seng dengan Larutan Tembaga Sulfat.

Gambar 10.8 memperlihatkan penampilan sub-mikroskopis dari pertukaran elektron pada reaksi redoks antara logam seng dengan larutan tembaga sulfat. Dapatkan anda menceritakan proses transfer elektron tersebut dengan menggunakan kalimat Anda sendiri? Ayo mencoba!.

Selama abad kesembilan belas istilah oksidasi digunakan untuk menjelaskan reaksi suatu zat dengan oksigen sedangkan reaksi-reaksi yang menyangkut penguraian zat dengan melepaskan oksigen disebut reduksi. Sejalan dengan perkembangan ilmu kimia, konsep oksidasi reduksi yang semula hanya menyangkut perpindahan oksigen kini telah

diperluas, menyangkut reaksi tanpa keterlibatan oksigen. Untuk jelasnya dapat dilihat pada tabel 1

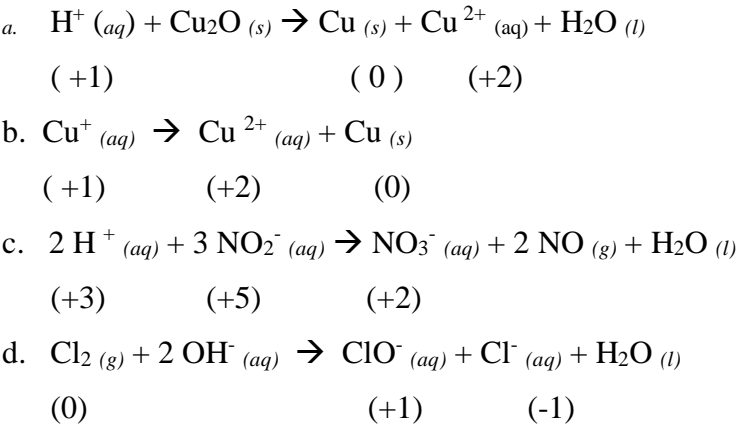
Tabel 11.1. Perkembangan Konsep reaksi redoks

Oksidasi	Reduksi
Reaksi suatu zat dengan oksigen Contoh: $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$	Reaksi pelepasan oksigen Contoh: $2 \text{MgO} \rightarrow 2 \text{Mg} + \text{O}_2$
Reaksi pelepasan elektron Contoh: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$	Reaksi penangkapan elektron Contoh: $\text{Cl}_2 + 2 e \rightarrow 2 \text{Cl}^-$
Reaksi kenaikan biloks Contoh: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$ 0            +1	Reaksi penurunan biloks Contoh: $\text{Cl}_2 + 2 e \rightarrow 2 \text{Cl}^-$ 0                    -1
Yang terjadi di anoda suatu sel elektrokimia	Yang terjadi di katoda suatu sel elektrokimia

## b. Konsep Oksidator Dan Reduktor

Pada reaksi redoks zat yang mengoksidasi zat lain disebut oksidator atau zat pengoksidasi sedangkan zatnya sendiri mengalami pengurangan biloks. Zat yang mereduksi zat lain disebut reduktor atau zat pereduksi sedangkan zatnya sendiri mengalami penambahan biloks. Hubungan antara oksidator, reduktor dan perubahan bilangan oksidasi serta perubahan elektron dapat diringkas dalam tabel 2. Reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi secara simultan (bersamaan) oleh suatu spesi disebut reaksi *disproporsionasi* atau autooksidasi/auto redoks. Spesi ini mengandung unsur yang mempunyai biloks diantara biloks tertinggi, dan terendah saling berinteraksi;

Contoh reaksi Redoks:



Tabel 11.2. Pengertian oksidator reduktor serta perubahannya

Pengertian	Biloks	Perubahan Elektron
Oksidasi	Bertambah	Melepaskan elektron
Reduksi	Berkurang	Menangkap elektron
Oksidator	Berkurang	Menerima elektron
Reduktor	Bertambah	Memberikan elektron
Zat yang dioksidasi	Bertambah	Kehilangan elektron
Zat yang direduksi	Berkurang	Menerima elektron

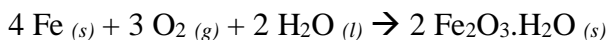
Dalam penyelesaian reaksi redoks sangat diperlukan pemahaman tentang konsep oksidator, reduktor serta perubahannya. Dalam reaksi, oksidator akan mengalami reduksi sedangkan reduktor akan mengalami oksidasi untuk jelasnya dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut;

Oksidator dan reduktor yang umum;

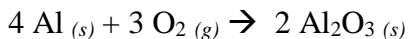


## 1. Oksigen adalah oksidator umum

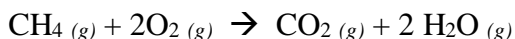
- a. Pada proses perkaratan besi



- b. Pada pembentukan oksida dari logam yang reaktif



- c. Pembakaran bahan bakar



## 2. Klor

Klor banyak digunakan sebagai zat disinfektan untuk air minum dan sebagai pemutih dalam industri kertas.



Gambar 10.9. Reaksi gas klor pada pembuatan  $\text{FeCl}_3$

## 3. Kalium permanganat, $\text{KMnO}_4$

Kalium permanganat adalah oksidator kuat. Zat ini digunakan sebagai disinfektan dan digunakan di laboratorium untuk menganalisis kadar besi dalam baja dengan mengoksidasi ion  $\text{Fe}^{2+}$

#### 4. Kalium dikromat

Digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol dalam udara diparu-paru (napas) peminum alkohol dengan prinsip mereduksi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  yang berwarna jingga  $\rightarrow \text{Cr}^{3+}$  yang berwarna hijau. Dalam larutan asam, ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} (aq)$  dapat direduksi menjadi ion  $\text{Cr}^{3+} (aq)$  yang berwarna hijau. Jumlah ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  yang berubah menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  dapat digunakan untuk menentukan jumlah zat pereduksi. Prinsip ini digunakan dalam alat uji alkohol dalam napas (*breathlizer*). Minuman beralkohol mengandung etanol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Alat ini digunakan untuk menguji napas peminum alkohol. Dalam alat ini terdapat kristal  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Peminum alkohol mengeluarkan napas dan dihirup kembali melalui alat ini. Alkohol dalam napas mereduksi dikromat yang berwarna jingga, menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  yang berwarna hijau. Perubahan warna pada alat menunjukkan jumlah uap alkohol dalam udara paru-paru seseorang.



Gambar10.10. Larutan Beberapa Senyawa Yang Mengandung Ion Kromium. Dari kiri ke kanan Kromium (II) Klorida  $\text{CrCl}_2$  berwarna biru, kromium (III) Klorida  $\text{CrCl}_3$  berwarna hijau, Kalium Kromat  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  berwarna kuning dan Kalium Kromat  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berwarna orange.

## 5.Sulfur dioksida

Sulfur dioksida digunakan sebagai pengawet karena dapat memperlambat oksidasi oleh bakteri pada buah-buahan kering dan jus buah-buahan.

## 6.Hidrogen

Hidrogen digunakan sebagai reduktor untuk menghasilkan energi. Gas hidrogen, H<sub>2</sub>, terbakar dalam udara atau oksigen menghasilkan air. Pada pembakaran ini dilepaskan sejumlah energi. Roket utama dari pesawat luar-angkasa Challenger menggunakan bahan bakar hidrogen dan oksigen.



Gambar 10.11. Pendorong Gas Hidrogen  
(sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Apollo\\_11\\_Saturn\\_V\\_lifting\\_off\\_on\\_July\\_16,\\_1969.jpg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Apollo_11_Saturn_V_lifting_off_on_July_16,_1969.jpg))

Setelah mengetahui tentang reduksi dan oksidasi. Perhatikanlah reaksi berikut apakah termasuk reaksi redoks atau tidak. Apapaun jawabannya berikanlah alasannya.





Gambar 10.12. Spiral tembaga dicelupkan dalam larutan perak nitrat

Tabel 11.3.. Beberapa Reduktor dan Hasil Oksidasinya

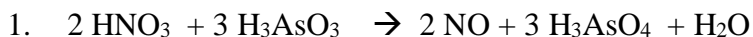
Reduktor	Hasil Oksidasi
$H_2$	$H^+$
Zn	$Zn^{2+}$
$H_2$	$H_2O$
$SO_2$	$SO_4^{2-}$
$C_2O_4^{2-}$	$CO_2$
$SnCl_2$	$Sn^{4+}$
$Fe^{3+}$	$FeSO_4$
$Na_3AsO_3$	$AsO_4^{3-}$
HJ	$J_2$
$Fe^2$	$Fe^{3+}$

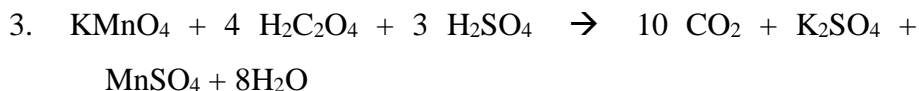
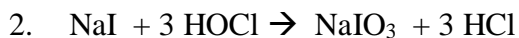
Tabel 11.4. Beberapa Oksidator dan Hasil Reduksinya

Oksidator	Hasil Reduksi
Cl <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup>
J <sub>2</sub>	J <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>
HNO <sub>2</sub>	NO
HNO <sub>3</sub> encer	NO/N <sub>2</sub> O/N <sub>2</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
HNO <sub>3</sub> pekat	NO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pekat	SO <sub>2</sub>
KClO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>
KBrO <sub>3</sub>	Br <sup>-</sup>
KJO <sub>3</sub>	J <sup>-</sup>
NaOCl	Cl <sup>-</sup>
MnO <sub>2</sub>	Mn <sup>2+</sup>
PbO <sub>2</sub> /PbO <sub>3</sub>	Pb <sup>2+</sup>
KMnO <sub>4</sub> asam	Mn <sup>2+</sup>
KMnO <sub>4</sub> Basa	MnO <sub>2</sub>
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> asam	Cr <sup>3+</sup>

Contoh:

Tentukanlah zat yang dioksidasi, reduksi, oksidator dan reduktor dari reaksi berikut, agar mudah dilihat perubahannya, buatlah jawabannya dalam tabel.

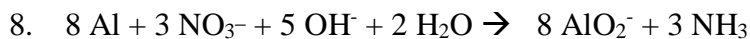
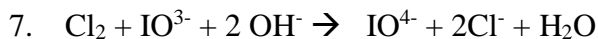
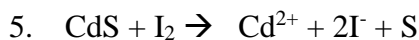
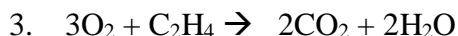
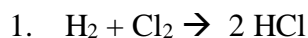




Penyelesaian:

Zat yang dioksidasi	Zat yang direduksi	Oksidator	Reduktor
H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>
NaI	HOCl	HOCl	NaI
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>

Dari reaksi redoks berikut tentukan zat yg dioksidasi, zat yg direduksi, oksidator dan reduktor



Tabel 11.5. Biloks unsur dalam molekul dan ion

Unsur-unsur dan molekul dari atom murni biloks	=	0
H dalam senyawa biloks	=	+1
kecuali, H dalam hidrida biloks	=	-1
O dalam senyawa biloks	=	-2
Kecuali, O dalam OF <sub>2</sub>	=	+2
O dalam peroksida	=	-1
Unsur gol IA dalam senyawa biloks	=	+1
Unsur gol IIA dalam senyawa biloks	=	+2
Jumlah aljabar biloks dalam senyawa	=	0
Jumlah aljabar biloks dalam ion	=	muatannya

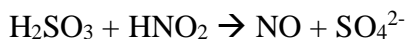
### c. Penyetaraan reaksi redoks

Ada dua cara menyetarakan reaksi redoks yaitu cara setengah-reaksi dan cara perubahan bilangan oksidasi.

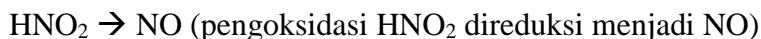
Cara Setengah-Reaksi

1. Setiap persamaan reaksi redoks merupakan penjumlahan dua setengah reaksi.
2. Dalam persamaan reaksi redoks yang sudah setara, jumlah elektron yang dilepaskan pada oksidasi sama banyak dengan jumlah elektron yang diterima pada reduksi.
3. Ada tiga tahap
  - a) Menuliskan kerangka setengah-reaksi
  - b) Mengimbangkan setiap setengah-reaksi
  - c) Menjumlah kedua setengah-reaksi

Contoh: setarakan reaksi yang berlangsung dalam suasana asam

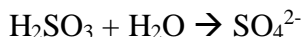


Tahap 1: Menulis kedua kerangka setengah-reaksi

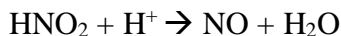
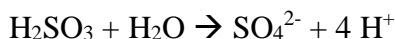


Tahap 2: Mengimbangkan setiap setengah-reaksi

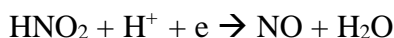
a) Menambahkan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk mengimbangkan O



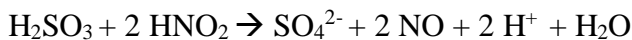
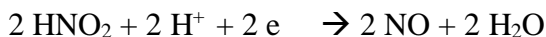
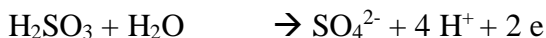
b) Menambahkan  $\text{H}^+$  untuk mengimbangkan



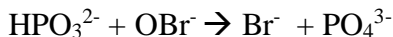
c) Menambahkan elektron untuk mengimbangkan muatan



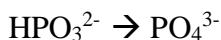
Tahap 3: Menjumlahkan kedua setengah-reaksi



Contoh: setarakan reaksi yang berlangsung dalam suasana basa



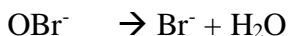
Tahap 1:



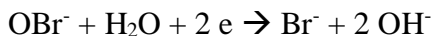
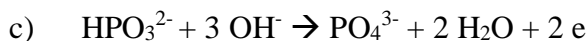
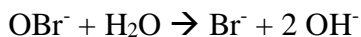
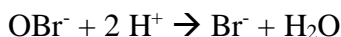
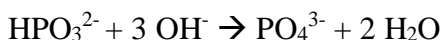
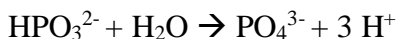
Tahap 2:



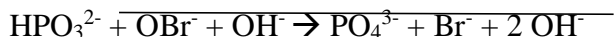
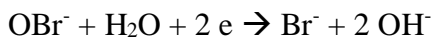




b) Pada tahap ini seperti pada suasana asam, kemudian menghilangkan  $\text{H}^+$  dengan menambahkan jumlah ion  $\text{OH}^-$  yang sama banyak di kedua ruas.



Tahap 3:



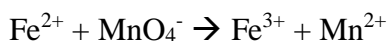
Cara Menuliskan Perubahan Bilangan Oksidasi

Cara ini dapat dilakukan dalam beberapa tahap:

1. Tulis pereaksi dan hasil reaksi
2. Tandai unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi
3. Setarakan jumlah unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi di ruas kiri dan ruas kanan persamaan reaksi
4. Hitung jumlah berkurangnya dan bertambahnya bilangan oksidasi
5. Samakan jumlah berkurangnya dan bertambahnya bilangan oksidasi

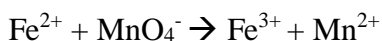
6. Samakan jumlah muatan di ruas kiri dan di ruas kanan dengan menambahkan  $\text{H}^+$  bila larutan bersifat asam atau  $\text{OH}^-$  bila larutan bersifat basa
7. Tambahkan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menyamakan jumlah atom H di ruas kiri dan di ruas kanan

Contoh: Setarakan reaksi

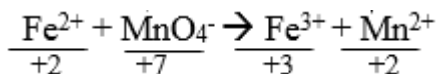


Berlangsung dalam suasana asam

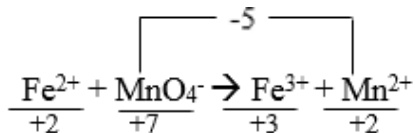
Tahap 1:



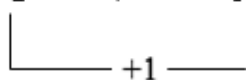
Tahap 2,3:



Tahap 4:



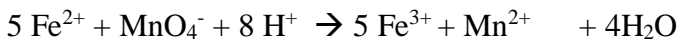
Tahap 5:



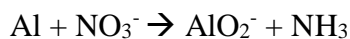
Tahap 6:



Tahap 7:

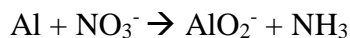


Contoh: Setarakan reaksi:

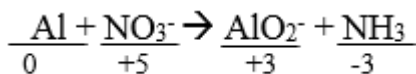


berlangsung dalam suasana basa

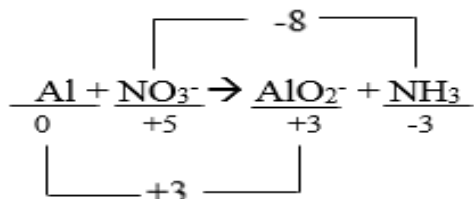
Tahap 1:



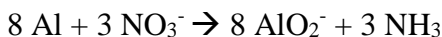
Tahap 2,3:



Tahap 4:



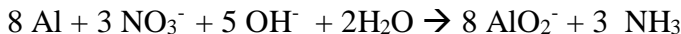
Tahap 5:



Tahap 6:



Tahap 7:



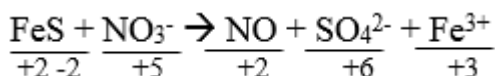
*Pada setiap persamaan reaksi oksidasi reduksi yang sudah setara jumlah bertambahnya bilangan oksidasi unsur (atau unsur-unsur) yang dioksidasi sama dengan jumlah berkurangnya bilangan oksidasi unsur (atau unsur-unsur) yang direduksi.*

*Pada setiap persamaan reaksi oksidasi reduksi yang sudah setara jumlah muatan ion dari kedua ruas adalah sama.*

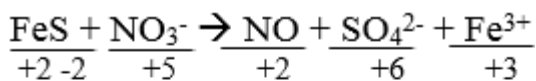
Contoh: Reaksi berlangsung dalam suasana asam.



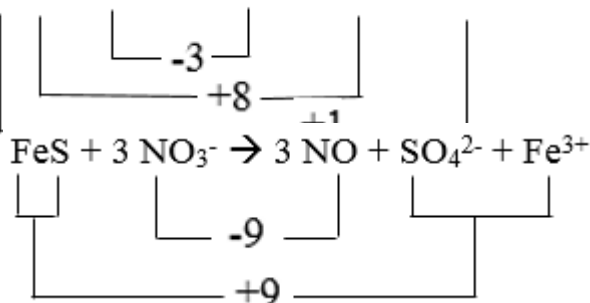
Tahap 1,2,3:



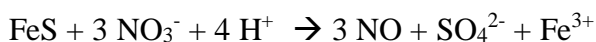
Tahap 4:



Tahap 5:



Tahap 6:



Tahap 7:



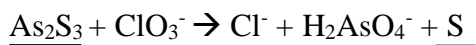
Jika lebih dari satu mol unsur dioksidasi dan/atau direduksi dalam satu mol pereaksi, pada tahap 3 ditulis jumlah mol minimum hasil reaksi yang terbentuk untuk setiap mol peraksi.

Contoh: Reaksi antara  $\text{As}_2\text{S}_3$  dan  $\text{ClO}_3^-$  dalam suasana asam

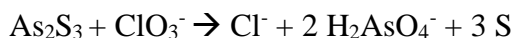
Tahap 1:



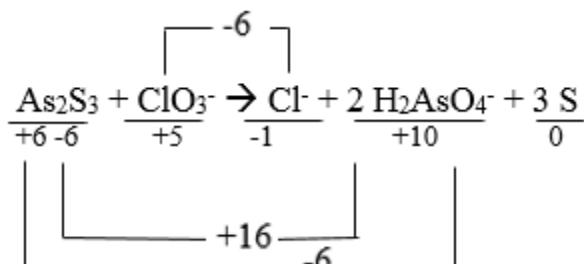
Tahap 2:



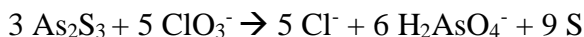
Tahap 3:



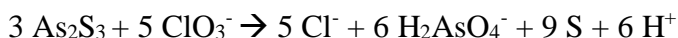
Tahap 4:



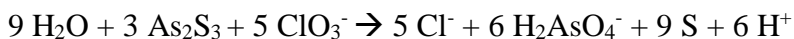
Tahap 5:



Tahap 6:



Tahap 7:



### Latihan Penyetaraan Reaksi Redoks

Setarakan reaksi redoks berikut cara setengah reaksi (ion elektron)

1.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{ag}) + \text{HCl}(\text{ag}) \rightarrow \text{KCl}(\text{ag}) + \text{CrCl}_3(\text{ag}) + \text{Cl}_2(\text{ag}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (s asam).
2.  $\text{MnO}_4^-(\text{ag}) + \text{H}^+(\text{ag}) + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{ag}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ag}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (s asam)
3.  $\text{CuS}(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{ag}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{ag}) + \text{S}(\text{s}) + \text{NO}(\text{g})$  (s.asam)
4.  $\text{MnO}(\text{s}) + \text{PbO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{MnO}_4^-(\text{ag}) + \text{Pb}^{2+}(\text{ag})$  (s. Asam)
5.  $\text{Bi}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{ag}) + \text{NaClO}(\text{ag}) \rightarrow \text{NaBiO}_3(\text{ag}) + \text{NaCl}(\text{ag}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (S. Basa)
6.  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{ag}) + \text{OH}^-(\text{ag}) \rightarrow \text{ZnO}_2^{2-}(\text{ag}) + \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (s. Basa)

#### d. Setengah reaksi redoks

Suatu reaksi redoks dapat dianggap terdiri atas dua setengah reaksi yaitu *setengah-reaksi oksidasi* dan *setengah reaksi reduksi*.

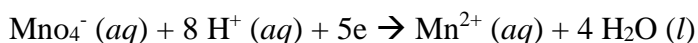
## Contoh

1. Reaksi oksidasi ion Fe (II) menjadi Fe (III) oleh Kalium Permanganat dalam larutan asam.

Setengah reaksi oksidasi,

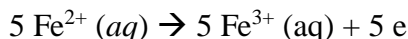


Setengah reaksi reduksi,

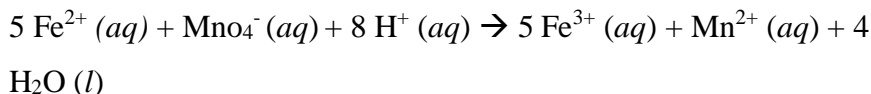


Dalam reaksi redoks jumlah elektron yang dilepaskan setengah reaksi oksidasi harus sama dengan jumlah elektron yang diterima oleh setengah reaksi reduksi.

Jadi, setengah reaksi oksidasi di atas harus ditulis, sebagai

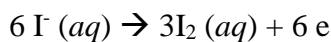


Setelah kedua setengah reaksi dijumlahkan, diperoleh:

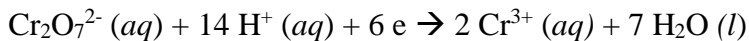


2. Reaksi oksidasi ion Yodida oleh kalium dikromat dalam suasana asam.

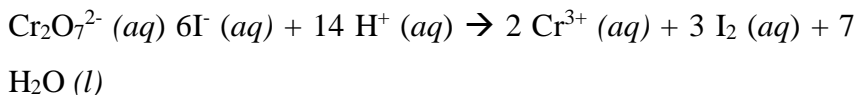
Setengah reaksi oksidasi



Setengah reaksi reduksi,



Jumlah kedua setengah reaksi,



### e. Ekuivalen redoks

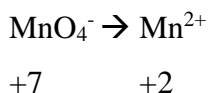
Suatu ekuivalen oksidator (zat pengoksidasi) adalah sejumlah oksidator yang dapat menerima satu mol elektron. Suatu ekuivalen reduktor (zat pereduksi) adalah sejumlah reduktor yang dapat memberi satu mol elektron.

Dalam suatu reaksi redoks.

- Jumlah elektron yang diterima sama dengan jumlah elektron yang diberikan.
- Satu ekuivalen oksidator bereaksi dengan satu ekuivalen reduktor.
- Berat satu ekuivalen oksidator = berat satu mol dibagi dengan jumlah elektron yang diterima.
- Berat satu ekuivalen reduktor = berat satu mol dibagi dengan jumlah elektron yang dilepaskan.

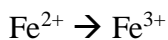
Contoh:

1.  $\text{KMnO}_4$  berubah menjadi  $\text{Mn}^{2+}$



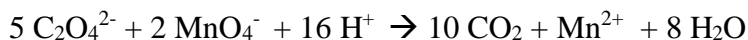
$$\text{Satu ekuivalen KMnO}_4 = \frac{158,03}{5} = 31,606 \text{ gram}$$

2.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  berubah menjadi  $\text{Fe}^{3+}$



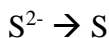
$$\text{satu ekuivalen FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} = \frac{278}{1} = 278 \text{ g}$$

3.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dalam reaksi



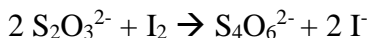
$$\text{Satu ekuivalen H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{126,06}{2} = 63,03 \text{ g}$$

4.  $\text{H}_2\text{S}$  dioksidasi menjadi belerang



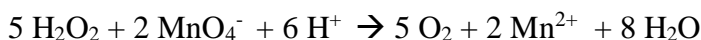
$$\text{Satu ekivalen } \text{H}_2\text{S} = \frac{34,08}{2} = 17,04 \text{ g}$$

5.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



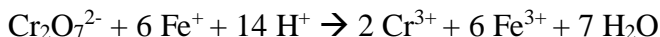
$$\text{Satu ekivalen } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \frac{248,2}{1} = 248,2 \text{ g}$$

6.  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam reaksi



$$\text{Satu ekivalen } \text{H}_2\text{O}_2 = \frac{34,02}{2} = 17,01 \text{ g}$$

7.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam reaksi



$$\text{Satu ekivalen } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \frac{294,19}{6} = 49,03 \text{ g}$$

8. Hitung berat ekivalen  $\text{V}_2\text{O}_5$  jika direduksi berturut-turut menjadi  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{VO}$  dan  $\text{V}$ .

$$\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_4, 1 \text{ ekivalen } \text{V}_2\text{O}_5 = \frac{181,88}{2} = 90,94 \text{ g}$$

$$\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_3, 1 \text{ ekivalen } \text{V}_2\text{O}_5 = \frac{181,88}{4} = 45,47 \text{ g}$$

$$\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{VO}, 1 \text{ ekivalen } \text{V}_2\text{O}_5 = \frac{181,88}{6} = 30,31 \text{ g}$$

$$\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V}, 1 \text{ ekivalen } \text{V}_2\text{O}_5 = \frac{181,88}{10} = 18,19 \text{ g}$$

9. Jika  $\text{Fe}$  dioksidasi menjadi  $\text{FeO}$ , hitung massa 1 ekivalen  $\text{Fe}$ .

Jawab:

Bilangan oksidasi  $\text{Fe}$  berubah dari 0 menjadi +2

$$\text{Ar Fe} = 55,847$$

$$\text{Massa satu mol Fe} = 55,847 \text{ g}$$



$$\text{Massa 1 ekivalen Fe} = \frac{55,847}{2} = 27,923 \text{ g}$$

10. Jika Fe dioksidasi menjadi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , hitung massa 1 ekivalen Fe.

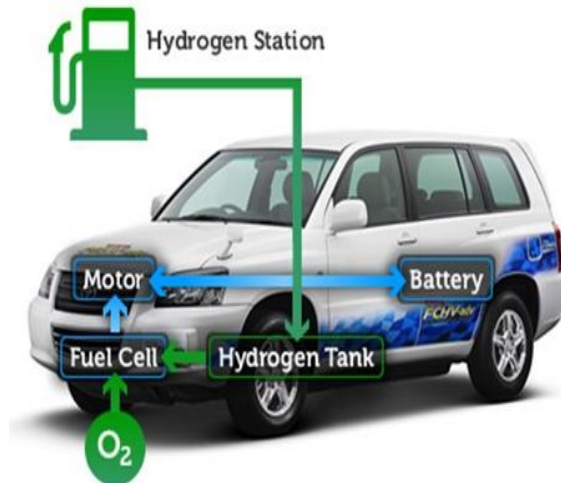
Jawab:

Bilangan oksidasi Fe berubah dari 0 menjadi  $+8/3$  dalam  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

$$1 \text{ mol Fe} = \frac{8}{3} \text{ ekivalen}$$

$$\text{Massa 1 ekivalen Fe} = (3/8) (55,847) = 20,943 \text{ gram.}$$

### C. Perspektif Nilai Karakter dalam Konsep Mobil Hibrida



Mobil hibrida (sumber: <http://slideplayer.info/slide/2294978/>).

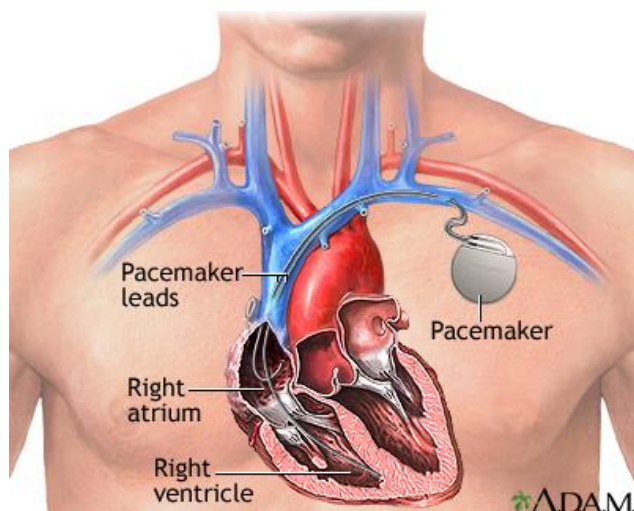
Konsep mobil hibrida cukup sederhana. Mobil Hybrid menggabungkan listrik yang merupakan sumber energi bersih tersedia dan mesin pembakaran internal bensin untuk menjalankan mobil. Dengan kata sederhana, mobil hibrida memanfaatkan baik energi listrik dan bensin

untuk daya mobil. Mobil hibrida menggunakan sebuah motor listrik. Emisi dan kebisingan sangat berkurang bila dibandingkan dengan mobil berbahan bakar. Mobil ini membantu mengurangi jumlah asap yang di udara, hemat bahan bakar sebagai solusi menghemat/meng-efisienkan penggunaan bahan bakar minyak, sehingga mengurangi emisi gas buang. Nilai karakter apa yang terdapat dalam konsep mobil hybrid. Jelaskan proses kimia yang terjadi untuk menghasilkan energi dalam menggerakkan mesin mobil hybrid.

## D. Tugas

### a. Tugas Kelompok

1. Buatlah poster tabel perubahan biloks dari senyawa an-organik yang berasal dari unsur-unsur golongan transisi.
2. Pernahkan anda mendengar tentang “human battery”?



Gambar: Human Body Battery

Diskusikan dengan teman sekelompok tentang “human battery” tersebut. Deskripsikan bagaimana bagaimana prinsip kerja “human battery”, pelajaran nilai apa yang dapat anda petik dari kemajuan teknologi ini? Dapatkan produk teknologi manusia menggantikan ciptaan Allah SWT?

**b. Tugas Individu**

1. Selesaikan semua reaksi redoks yang terdapat dalam bab ini!
2. Buatlah 10 soal beserta jawabannya tentang redoks.
3. Ayah Putra ingin membeli mobil baru. Di show room tersedia banyak varian mobil. Putra membujuk ayahnya untuk membeli mobil hibrida yang bisa berjalan baik dengan listrik maupun bahan bakar.
  - a. Sebutkan nilai yang terkait dengan keputusan ini.
  - b. Sebutkan baterai yang digunakan untuk menjalankan mobil.
  - c. Tulis reaksi yang terjadi di katoda dan anoda baterai
4. Rina, mahasiswa ilmu pengetahuan alam kelas XII. Ia menyarankan ayahnya untuk menaruh kantong silika gel pada pembukaan pipa besi saat sedang menyiapkan gudang untuk parkir mobilnya.
  - a. Bagaimana Rina menerapkan pengetahuan kimia
  - b. Nilai apa yang terkait dengan keputusan ini
  - c. Bagaimana dia menunjukkan kepedulian terhadap masyarakat

5. Ira, seorang siswa yang sudah belajar kimia. Ia pergi bersama kakeknya untuk membeli baterai untuk inverter dan kamera mereka. Mereka menemukan dua jenis baterai, satu baterai penyimpanan timbal dan baterai penyimpanan Nikel-Cadmium. Jenis baterai yang kedua lebih mahal tapi bobotnya lebih ringan. Ira bersikeras untuk membeli baterai Nickel-Cadmium yang lebih mahal.
- a. Menurut Anda, mengapa Ira bersikeras untuk baterai Nikel-Cadmium?
  - b. Berikan alasan pertimbangan nilai apa yang terkait dengan keputusan di atas

## **BAB 12.**

### **DEFINISI DAN KLASIFIKASI SENYAWA ORGANIK**

#### **A. Tujuan Perkuliahan.**

Dalam kegiatan pembelajaran ini anda akan mempelajari gambaran umum tentang kimia organik, yang meliputi definisi, perbedaan senyawa organik dan an-organik dan klasifikasi dari senyawa organik. Melalui pembelajaran ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan definisi senyawa organik, menjelaskan perbedaan senyawa organik dan an-organik, menjelaskan keistimewaan atom karbon dalam pembentukan senyawa organik dan menjelaskan klasifikasi senyawa organik berdasarkan gugus fungsi.

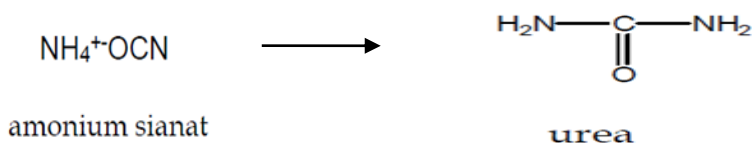
#### **B. Uraian Materi Perkuliahan**

##### **a. Sejarah Kimia Organik Modern**

Kimia organik merupakan senyawa yang mengandung unsur Karbon (C). Istilah organik diciptakan pada tahun 1807 oleh kimiawan Swedia Jöns Jakob Berzelius. Saat itu Ia berpikir bahwa semua senyawa organik, seperti lemak, gula, batu bara, dan minyak bumi, dibentuk dari organisme hidup. Semua upaya awal untuk mensintesis senyawa ini di laboratorium gagal, dan Ia berpikir bahwa pembentukan senyawa ini terjadi karena ada kekuatan penting (*vital force*) yang hanya tersedia dalam sel-sel hidup.

Pemikiran ini mulai berubah pada tahun 1828 ketika Friedrich Wöhler, yang kemudian dikenang sebagai "Bapak kimia organik", ia seorang dokter muda berkebangsaan Jerman yang berusia dua puluh tujuh tahun berhasil mensintesis molekul urea (organik) dari bahan awal anorganik secara tidak sengaja (*serendipity*). Ketika melakukan

penelitian untuk mempersiapkan amonium sianat dari campuran kalium sianat dan amonium sulfat. Ia memperoleh produk berupa kristal putih yang tidak terlihat seperti amonium sianat. Kristal yang sama seperti yang Ia dapatkan ketika memurnikan urin anjing dan manusia. Berdasarkan temuan itu, ia menulis surat kepada guru dan sekaligus juga temannya, Berzelius, dengan mengatakan "Saya bisa membuat urea tanpa perlu ginjal, baik ginjal binatang ataupun ginjal manusia". Sejak saat itu kimia organik modern mulai lahir (Denniston, 2003, h. 294).



Dari reaksi di atas, jelaslah bahwa senyawa organik bukanlah selalu bersumber dari benda hidup. Meskipun demikian kata “organik” tetap dipergunakan dalam pembahasan senyawa karbon atau senyawa yang mirip dengannya.

### **b. Perbedaan Penting antara Senyawa Organik dan Senyawa An-Organik**

Pada senyawa organik, ikatan antara karbon dan atom lain hampir selalu ikatan kovalen, sedangkan ikatan dalam banyak senyawa anorganik ialah ikatan ionik. Ikatan kovalen dibentuk dengan menggunakan bersama satu atau lebih pasangan elektron, sedangkan ikatan ion merupakan hasil dari serah terima satu atau lebih elektron dari satu atom ke yang lain. Ikatan ion memiliki gaya elektrostatis yang dihasilkan dari daya tarik menarik antara ion positif dan ion negatif.

Perbedaan antara kedua jenis ikatan ini bertanggung jawab untuk sebagian besar perbedaan antara senyawa organik dan anorganik (Tabel 12.1).

Tabel 12.1. Perbandingan yang Khas antara Senyawa Organik dan Anorganik: Butana versus Natrium Klorida

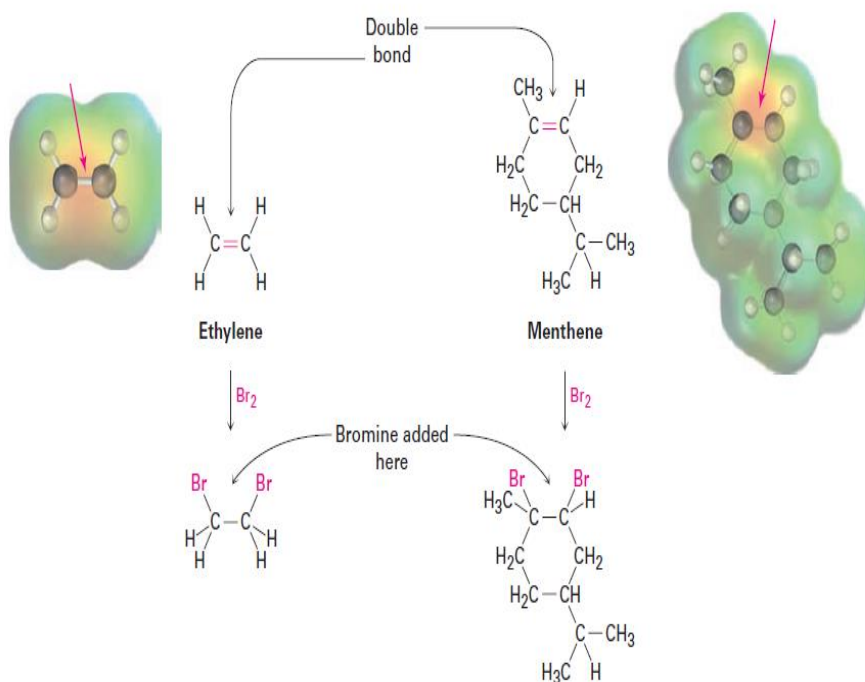
Property	Organic Compounds (e.g., Butane)	Inorganic Compounds (e.g., Sodium Chloride)
Bonding	Covalent (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	Ionic (Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> ions)
Physical state at room temperature and atmospheric pressure	Gas	Solid
Boiling point	Low (-0.4°C)	High (1433°C)
Melting point	Low (-139°C)	High (801°C)
Solubility in water	Insoluble	High (36 g/100 mL)
Solubility in organic solvents (e.g., hexane)	High	Insoluble
Flammability	Flammable	Nonflammable
Electrical conductivity	Nonconductor	Conducts electricity in solution and in molten liquid

(Sumber: Denniston, 2003; 296).

### c. Gugus Fungsi dalam Kimia Organik

Gugus fungsi adalah sekelompok atom dalam molekul yang memiliki sifat kimia yang khas. Gugus fungsi memungkinkan untuk mengklasifikasikan senyawa ke dalam satu kelompok keluarga, yang secara kimia memiliki sifat yang hampir sama. Senyawa kimia dengan gugus fungsi yang sama cenderung mengalami reaksi kimia yang sama. Sebagai contoh, perhatikan reaksi etilena dan mentena (Gambar 12.1).

Etilena, memiliki rumus molekul yang sederhana, merupakan hormon pada tumbuhan yang menyebabkan buah menjadi matang, sedangkan mentena, rumus molekulnya jauh lebih rumit, dapat ditemukan dalam minyak peppermint. Kedua-duanya mengandung ikatan C=C (ikatan C rangkap dua). Oleh karena itu keduanya dapat bereaksi dengan Br<sub>2</sub>, di mana atom Br berikatan ke masing-masing ikatan karbon rangkap dua. Contoh ini menggambarkan bahwa reaksi kimia organik adalah khas, sama dalam satu kelompok gugus fungsi, tidak bergantung pada ukuran dan kompleksitasnya.

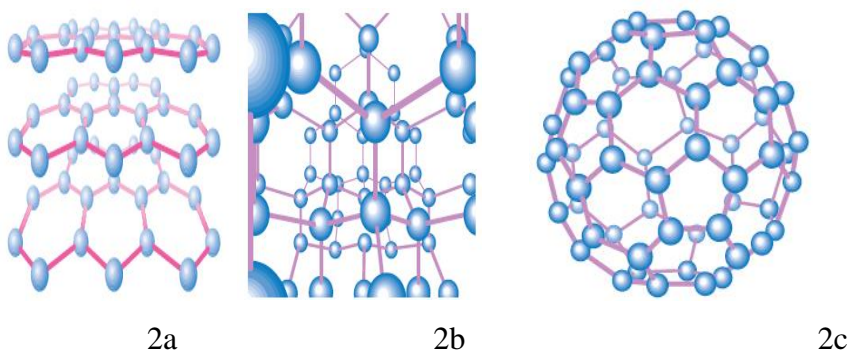


**Gambar 12.1. Reaksi Adisi Br<sub>2</sub> Terhadap Senyawa Alkena: Etilena dan Mentena**



#### d. Keistimewaan Kimia Karbon

Senyawa organik tersusun dari unsur karbon. Jumlah kemungkinan senyawa yang mengandung unsur karbon hampir tak terbatas. Jumlah senyawa organik begitu banyak karena beberapa alasan, pertama unsur karbon dapat membentuk ikatan yang stabil dengan sesama atom karbon. Perhatikanlah bentuk model allotrop unsur karbon yang berikatan dengan sesama atom unsur karbon. Hal ini memungkinkan banyak cara untuk karbon dan atom lain berikatan secara hampir tak terbatas baik pada rantai lurus, pada struktur cincin dan rantai bercabang yang umum. Perhatikanlah macam-macam bentuk senyawa hidrokarbon pada Gambar 2. Allotrop karbon dikenal dalam bentuk intan, grafit dan *fullerene* atau *buckyball* (dijumpai pada jelaga), semua senyawa ini tersusun dari unsur karbon dan hydrogen. Bagaimana komentar Anda untuk fakta ini?



**Gambar 2. Bentuk allotrop Karbon, a. Grafit, b. Intan dan c. *Fulleren* ( $C_{60}$ )**

Alasan kedua atom karbon dapat membentuk ikatan yang stabil dengan unsur-unsur lainnya. Beberapa keluarga senyawa organik

(alkohol, aldehida, keton, ester, dan eter) mengandung atom oksigen yang terikat dengan karbon, yang lainnya mengandung nitrogen, sulfur, atau halogen. Kehadiran unsur-unsur ini menganugerahkan berbagai sifat kimia dan fisika baru. Ketiga, karbon dapat membentuk ikatan ganda atau ganda tiga dengan atom karbon lain untuk menghasilkan berbagai molekul organik dengan sifat yang sangat berbeda. Bahkan dua senyawa organik yang sama tetapi mempunyai struktur yang berbeda telah membawa sifat yang berbeda bagi senyawa organik tersebut. Molekul ini dikenal sebagai isomer.

### **C. Perspektif Nilai Karakter**

Tahukah Anda, bahwa ratusan senyawa organik baru bertambah setiap harinya dan lebih dari setengah ahli kimia di dunia adalah ahli kimia organik. Beberapa senyawa organik baru diisolasi dari tumbuhan atau hewan; ada pula yang dibuat dengan memodifikasi bahan kimia yang terjadi secara alami; tetapi kebanyakan senyawa organik baru yang benar-benar disintesis di laboratorium (<http://www.chemistryexplained.com/Ny-Pi/Organic-Chemistry.html#ixzz3PVeaByuN>). Mungkin saja nanti akan menjadi penyumbang senyawa organik baru di masa yang akan datang, semoga ...

Penting untuk diperhatikan, bahwa sintesa bahan organik baru tidak boleh hanya dipandang hanya untuk kebutuhan kebutuhan generasi sekarang dan mengorbankan generasi yang akan datang (lihatlah prinsip pembangunan berkelanjutan, *Sustainable Development-SD*). Hal ini untuk menjaga kelestarian lingkungan agar generasi yang akan datang masih dapat menikmati kehidupan dengan

lingkungan yang sehat. Sintesa kimia, baik kimia organik maupun anorganik perlu meminimalisir pencemaran. Akhir-akhir ini dihimbau untuk menerapkan *green chemistry* dalam aktivitas yang berkaitan dengan isolasi dan produksi bahan kimia. *Green chemistry* berfokus pada usaha untuk meminimalisir penghasilan zat-zat berbahaya dan memaksimalkan efisiensi dari substansi kimia.

Dalam skala kecil di laboratorium, apa yang dapat anda lakukan untuk meminimalisir pencemaran limbah bahan kimia terhadap lingkungan? Sudahkan Anda melakukannya? Kalau belum apa rencana yang akan Anda lakukan?

#### **D. Tugas**

##### **a. Tugas Kelompok**

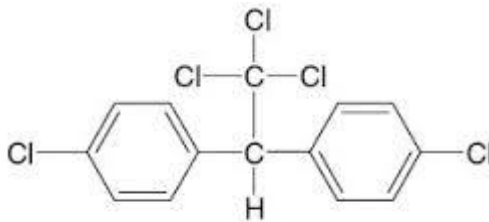
Tugas kelompok bab ini menyatu dengan tugas kelompok pada bab 13.

##### **b. Soal-soal**

- 
- 1) Dengan mempertimbangkan perbedaan antara senyawa organik dan anorganik. KCl, NaI, Heksana, dan Butana. Jawablah setiap pertanyaan berikut ini.
    - a. Senyawa manakah yang merupakan elektrolit yang baik?
    - b. Senyawa manakah yang menunjukkan ikatan ionik dan yang manakah yang berikatan kovalen?
    - c. Senyawa manakah memiliki titik leleh yang lebih rendah?
    - d. Senyawa manakah yang lebih cenderung larut dalam air?
    - e. Senyawa manakah yang mudah terbakar?
-



- 
- Amin.
  - Keton
  - Alkena.
- 4) DDT adalah sejenis insektisida yang menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Identifikasi gugus fungsi apa yang terdapat pada rumus strukturnya.



DDT (diklorodifenil-trikloroetana)

- 5) Sakarin dan aspartam adalah pemanis sintetis yang sering ditambahkan pada bahan makanan. Identifikasi gugus fungsi apa yang terdapat dalam rumus strukturnya. Cari tahu apa dampak mengonsumsi kedua bahan organik itu bagi kesehatan.
-

## **BAB 13. HIDROKARBON**

### **ALKANA, ALKENA DAN ALKUNA**

#### **A. Tujuan Perkuliahan**

Pada kegiatan pembelajaran ini Anda akan mempelajari senyawa tentang kekhasan atom karbon, senyawa hidrokarbon alkana dan turunannya. Setelah mempelajari bahan ajar ini diharapkan Anda memiliki memahami tentang senyawa Karbon: alkana, alkena dan alkuna, memiliki sikap yang penuh pertimbangan moral dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari, serta memiliki kesadaran lingkungan yang baik sebagai individu dan sebagai warga masyarakat sehingga mampu menjadi panutan bagi orang lain dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon. Lebih spesifik tujuan pembelajaran ini adalah Anda diharapkan dapat menjelaskan definisi senyawa organik, membedakan senyawa alkana, alkena dan alkuna, mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari alkana, alkena dan alkuna, memberi nama senyawa alkana, alkena dan alkuna sesuai aturan IUPAC, menuliskan nama dan struktur isomer dari senyawa alkana, alkena dan alkuna, menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa alkana, alkena dan alkuna, menjelaskan efek dari penggunaan senyawa hidrokarbon terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan, serta menuliskan rencana aksi dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon dalam sehari-hari yang mempertimbangkan aspek keselamatan diri, masyarakat dan lingkungan.

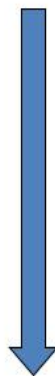
## B. Uraian Materi Perkuliahan

### a. Alkana

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang hanya disusun oleh atom Hidrogen (H) dan karbon (C).  $\text{CH}_4$ , metana merupakan senyawa hidrokarbon yang paling sederhana dan termasuk dalam kelompok alkana. Alkana adalah hidrokarbon jenuh, yaitu hidrokarbon yang hanya terdiri dari karbon dan hidrogen yang berikatan melalui ikatan karbon-hidrogen dan ikatan tunggal karbon-karbon. Alkana memiliki rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Dimana  $n$  adalah jumlah atom karbon dalam molekul. Dengan rumus itu kita dapat membuat daftar deret homolog alkana (Tabel 13.1).

**Tabel 13.1. Nama Beberapa Deret Alkana**

Alkanes				
Physical Properties:				
Name	Formula	MP (°C)	BP (°C)	Density (g/mL)
Methane	$\text{CH}_4$	-182	-164	--
Ethane	$\text{C}_2\text{H}_6$	-183	-89	--
Propane	$\text{C}_3\text{H}_8$	-190	-42	--
Butane	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	-138	-1	--
Pentane	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	-130	36	0.63
Hexane	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	-95	69	0.66
Heptane	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	-91	98	0.68
Octane	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	-57	125	0.70
Nonane	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	-51	151	0.72
Decane	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	-30	174	0.73


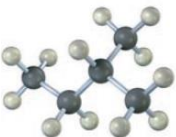
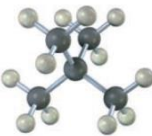


(Sumber: Denniston, 2013;299)

Nama-nama senyawa alkana ini perlu diingat dengan baik. Penamaan nama-nama senyawa organik seterusnya mengacu pada

nama dari deret homolog senyawa alkana. Dalam kimia organik, Anda juga harus bisa menuliskan rumus strukturnya. Perhatikanlah rumus struktur pada Tabel 13.2.

Tabel 13.2. Rumus Molekul dan Rumus Struktur Beberapa Alkana.

Nama Alkana dan Rumus Molekul	Rumus Termampatkan	Rumus Struktur
Pentana, C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
2-Metilbutana, C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \end{array}$	
2,2-Dimetilpropana, C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	

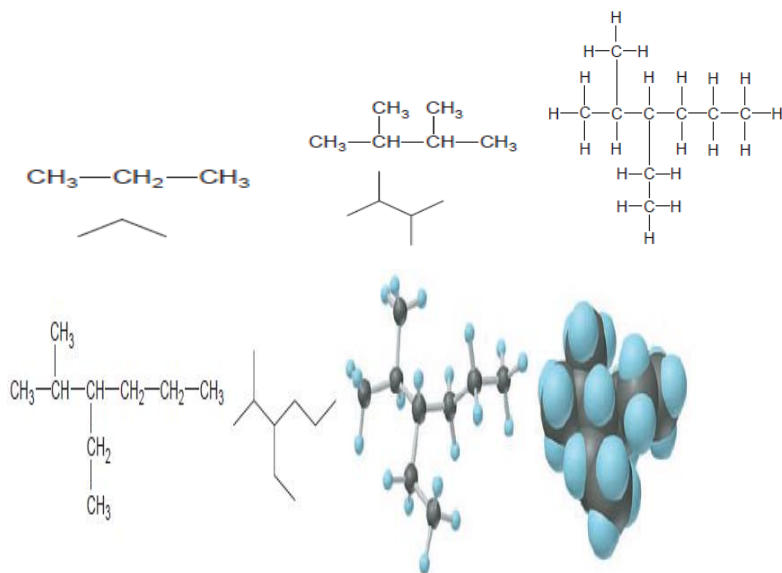
(Sumber : Mc. Murry, 2012; 82)

Pada Tabel 13.2. terdapat dua cara menuliskan rumus struktur, yakni rumus termampatkan dan rumus struktur. Rumus struktur menunjukkan ikatan dari setiap atom dalam molekul, ini menjadi kendala dalam menuliskan rumus struktur untuk senyawa organik yang molekulnya besar, memakan waktu untuk menggambar dan membutuhkan ruang terlalu banyak. Sehingga disediakanlah alternatifnya yaitu rumus terkondensasi (termampatkan). Rumus



terkondensasi ini menunjukkan semua atom dalam molekul dan menempatkan mereka dalam urutan yang menunjukkan atom yang berikatan.

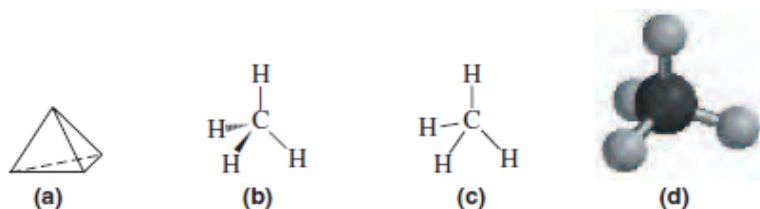
Representasi sederhana molekul adalah rumus garis. Dalam rumus garis kita asumsikan bahwa ada sebuah atom karbon pada setiap lokasi di mana dua atau lebih garis berpotongan. Terdapat atom karbon di akhir setiap baris dan setiap karbon dalam struktur terikat dengan atom hidrogen dalam jumlah yang tepat. Bandingkan rumus struktur dan garis beberapa senyawa pada Gambar 13.1.



Gambar 13.1. Rumus struktur dan rumus garis dari senyawa alkana  
(Sumber: Silberberg, 2010; 473)

Setiap atom karbon membentuk empat ikatan kovalen tunggal, tetapi masing-masing atom hidrogen hanya memiliki ikatan kovalen tunggal. Meskipun atom karbon dapat membentuk ikatan tunggal,

ikatan ganda, atau ganda tiga, tetapi selalu berbagi empat pasang elektron. Bila karbon membentuk ikatan kovalen tunggal, sudut ikatan antara dua atom atau substituen yang melekat pada karbon, adalah  $109,5^\circ$ , seperti yang diperkirakan oleh teori tolakan pasangan elektron valensi (VSEPR), ingat kembali konsep ikatan kimia yang sudah Anda pelajari. Dengan demikian, alkana mengandung atom karbon yang memiliki bangun ruang tetrahedral. Tetrahedron merupakan bentuk ruang geometris yang memiliki struktur yang solid seperti ditunjukkan pada Gambar 13.2.a. Ada banyak cara yang berbeda untuk mengilustrasikan karbon tetrahedral (Gambar 13.2.b-d). Garis padat, tanda hubung, dan *wedges* yang digunakan untuk menunjukkan struktur metana.



Gambar 13.2. Struktur Tetrahedral Dari Metana

(Sumber: Denniston, 2013; 301)

Semua hidrokarbon merupakan molekul nonpolar, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik nonpolar. Selain itu, hidrokarbon memiliki titik leleh dan titik didih relatif rendah dan umumnya kurang padat dibandingkan air. Semakin panjang rantai hidrokarbon berarti berat molekul lebih besar, yang diiringi juga dengan semakin tinggi titik didih dan titik lelehnya (lihat Tabel 13.3).

## b. Alkil (-R)

Gugus alkil terjadi bila alkana kehilangan satu atom hidrogen. Akhiran *-ana* dari nama alkana digantikan oleh *-il*. Dengan demikian,  $\text{CH}_3\text{-}$  adalah gugus metil yang berasal dari  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-}$  adalah gugus etil yang berasal dari  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  yang masing-masingnya telah kehilangan satu atom H (Tabel 13.3).

Tabel 13.3. Nama Dan Rumus Lima Gugus Alkil Pertama Dalam Deret Alkana

Alkyl Group Structure	Name
$\text{CH}_3\text{-}$	Methyl
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-}$	Ethyl
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}$	Propyl
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}$	Butyl
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}$	Pentyl

Atom karbon juga diklasifikasikan menurut jumlah atom karbon lain yang terikat kepadanya. Sebuah karbon primer ( $1^\circ$ ), menunjukkan bahwa atom karbon tersebut secara langsung terikat pada satu karbon lainnya. Karbon sekunder ( $2^\circ$ ) terikat pada dua atom karbon lainnya; karbon tersier ( $3^\circ$ ) atom karbon berikatan dengan tiga atom karbon lainnya, dan karbon kuartener ( $4^\circ$ ) atom karbon berikatan dengan empat atom karbon lainnya.

Gugus alkil diklasifikasikan sesuai dengan jumlah karbon yang melekat pada atom karbon yang berikatan dengan gugus alkil ke molekul (Tabel 13.4). Perhatikan bahwa gugus isopropil- dan gugus sec-butil- termasuk dalam gugus alkil sekunder; gugus isobutil- termasuk gugus alkil primer; dan gugus t-butil (tert-butil) termasuk gugus alkil tersier.

Tabel 13.4. Struktur dan Nama dari Cabang Alkil.

Structure	Classification	Name
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3\text{CH}- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	2°	Isopropyl*
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3\text{CHCH}_2- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	1°	Isobutyl*
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	2°	sec-Butyl†
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3\text{C}- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	3°	t-Butyl or tert-Butyl‡

Sumber: (Dennington, 2013; 304).

Keterangan:

Awalan *iso-* (isomer), digunakan apabila ada dua gugus metil pada ujung rantai alkil. Awalan *sec-* (Sekunder), digunakan apabila ada dua atom karbon yang terikat pada rantai induk alkil. Awalan *t-* (tersier) digunakan apabila ada tiga buah atom karbon terikat pada atom karbon induk dari rantai alkil.

### c. Nomenklatur (Penamaan) Senyawa Alkana

Secara historis, senyawa organik dinamakan berdasarkan nama ahli kimia yang menemukannya. Sering juga nama senyawa mencerminkan sumber senyawa itu diperoleh. Misalnya, antibiotik penisilin adalah nama untuk jamur *Penicillium notatum*, jamur yang memproduksi senyawa penisilin. Aspirin, pereda nyeri dibuat dari penggabungan senyawa turunan asetat dengan senyawa yang dimurnikan dari genus pohon *willow (spirea)* maka nama aspirin: a- (dari asetat) dan spirin (dari *spirea*) dan -in merupakan akhiran untuk nama obat pada waktu itu. Namun, karena jumlah senyawa makin lama makin meningkat, nama-nama berdasarkan sejarah tidak cukup karena

nama itu tidak mengungkapkan apa-apa tentang struktur senyawa. Terdapat ribuan senyawa yang tidak mungkin untuk dihafal. Dibutuhkan nomenklatur (penamaan), aturan yang akan menghasilkan nama yang unik untuk setiap senyawa organik, deskriptif. Dengan mengetahui nama, bisa menulis strukturnya.



**Gambar 13.3. Aspirin Komersial Sumber:**

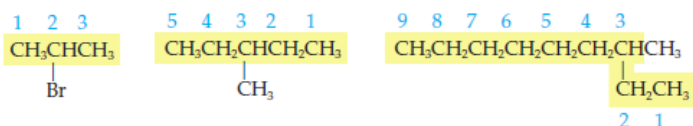
<https://www.doctorpulse.co/?p=3382>

The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) adalah organisasi yang bertanggung jawab untuk membangun dan mempertahankan standar sistem universal untuk penamaan senyawa organik. Sistem tata nama yang dikembangkan I.U.P.A.C. digunakan untuk penamaan alkana.

Nama senyawa memiliki tiga bagian: Awal+ Induk+ Akhiran. Induk, menyatakan jumlah atom C dalam rantai terpanjang dalam molekul. Akhiran, menunjukkan jenis molekul atau gugus senyawa organik molekul yang terikat pada induk. Akhiran ditempatkan setelah induk. Awalan, mengidentifikasi kelompok yang melekat pada rantai utama dan nomor karbon yang terpasang. Awalan mengidentifikasi hidrokarbon cabang adalah sama dengan nama induk. Setiap awalan ditempatkan sebelum induk.

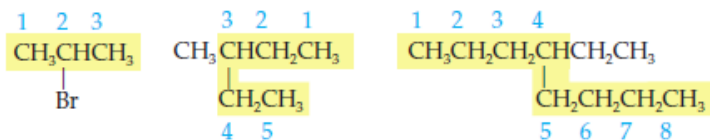
Aturan sistem I.U.P.A.C. untuk penamaan alkana.

- 1) Tentukan nama senyawa induk karbon terpanjang yang terdapat pada senyawa. Perhatikan bahwa nama-nama ini terdiri dari awalan yang berhubungan dengan nomor karbon dalam rantai dengan akhiran -ana, menunjukkan bahwa molekul adalah alkana. Tuliskan nama senyawa induk, siapkan spasi sebelum nama untuk mengidentifikasi substituen. Rantai induk ditandai dengan warna kuning dalam contoh berikut:



Propana      Pentana      Nonana

- 2) Berikan nomor untuk atom karbon pada rantai induk. Nomor terendah dimulai pada atom karbon yang paling ujung yang paling dekat dengan cabang. Namai dan nomori setiap atom atau kelompok yang melekat pada senyawa induk. Jumlah tersebut memberitahu Anda posisi kelompok pada rantai utama, dan Nama memberitahu Anda jenis substituen apa yang terdapat pada posisi itu. sebagai contoh, Misalnya, mungkin salah satu halogen: F (fluoro), Cl- (chloro), Br (bromo), dan I- (iodo)] atau gugus alkil.



Substituent: 2-Bromo

I.U.P.A.C. name: 2-Bromopropane

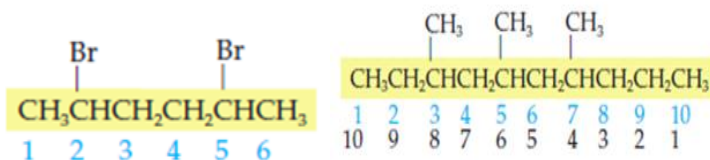
3-Methyl

3-Methylpentane

4-Ethyl

4-Ethyloctane

- 3) Jika substituen yang sama ditemukan lebih dari sekali dalam senyawa, diberi pemisahan nomor posisi, lalu gunakan awalan di-, tri-, tetra-, penta-, dan sebagainya, seperti yang ditunjukkan dalam contoh berikut:



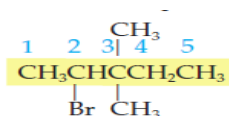
2,5-Dibromo

3,5,7-Trimetildekana

2,5-Dibromoheksana

bukan, 4,6,8- Trimetildekana

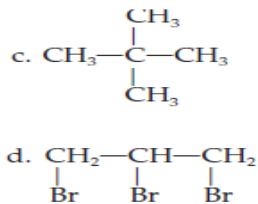
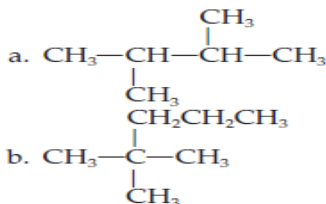
- 4) Tempatkan nama substituen dalam urutan abjad sebelum nama senyawa induk, yang Anda tulis pada Langkah 1. Nomor yang dipisahkan dengan koma, dan nomor dipisahkan dari nama dengan tanda hubung. Dengan konvensi disepakati bahwa, substituen halogen ditempatkan sebelum substituen alkil.



2-Bromo-3,3-dimetilpentana

### Latihan:

1. Beri nama senyawa berikut:



2. Tuliskan struktur senyawa berikut:

- 2,2,3-trimetilpentana
- 2,4-dimetilnonana
- 2-bromo-3-metilpropana
- 3,3-dimetil-4-etilheksana

#### d. Sikloalkana dan tata nama sikloalkana

Sikloalkana adalah kelompok senyawa yang memiliki ikatan tunggal C-C dalam struktur cincin. Mereka memiliki rumus molekul umum  $C_nH_{2n}$  dan dengan demikian memiliki lebih sedikit dua atom hidrogen dari alkana yang sepadan dengannya ( $C_nH_{2n+2}$ ). Gambar 3.3



**Gambar 13.4 Heksana yang Kehilangan 2 Atom Hidrogen Membentuk Sikloheksana.**

Perhatikan struktur senyawa sikloalkana pada Gambar 3.4

Rumus Struktur	Rumus Termampatkan	Rumus Garis



### Gambar 13.5. Rumus Struktur dari Senyawa Siklo Alkana

(a). Siklopentana, (b). Siklobutana, (c). Sikloheksana






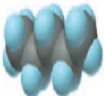




Dalam sistem I.U.P.A.C. sikloalkana diberi nama dengan menerapkan aturan sederhana berikut.

- 1) Tentukan nama alkana dengan jumlah atom karbon yang sama seperti yang terdapat dalam cincin dan menambahkan awalan-siklo. Sebagai contoh, siklopentana adalah sikloalkana yang memiliki lima atom karbon.
- 2) Jika sikloalkana yang diganti, tempatkan nama-nama kelompok di urutan abjad sebelum nama sikloalkana tersebut. Tidak ada nomor yang dibutuhkan jika hanya ada satu substituen.
- 3) Jika terdapat lebih dari satu gugus, gunakan angka penomoran terendah yang memungkinkan.

#### **e. Isomer**

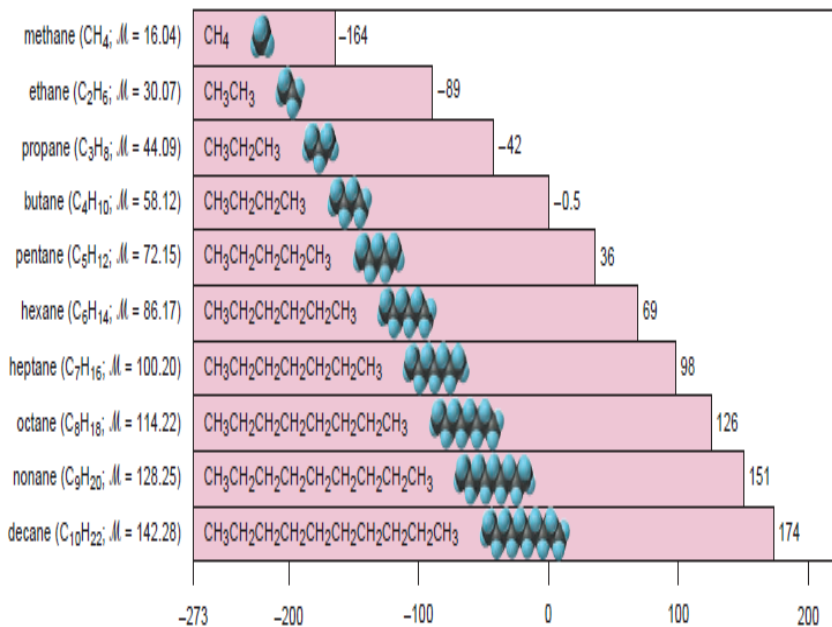
Dua atau lebih senyawa dengan rumus molekul yang sama tetapi memiliki rumus struktur yang berbeda disebut isomer. Alkana dengan jumlah atom C yang sama tetapi memiliki kerangka karbon yang berbeda. Perhatikan struktur n-butana dan iso-butana pada Tabel 3.5. Keduanya merupakan isomer. Demikian pula, tiga senyawa berikutnya: n-pentana (pentane), isopentana (2-metilbutana) dan neopentana (2,2-dimetilpropana), ketiganya merupakan isomer. Perhatikanlah hubungan antara bentuk molekul dengan massa jenis dan titik didih. Apa yang dapat Anda simpulkan. Data pada Tabel 3.5. ini merupakan sebuah contoh yang jelas dari pengaruh gaya dispersi terhadap sifat fisik yang terjadi antara alkana tidak bercabang (n-alkana).

Tabel 13.5. Isomer struktur dari Butana dan Pentana.

Systematic Name (Common Name)	Expanded Formula	Condensed and Skeleton Formulas	Space-filling Model	Density (g/mL)	Boiling Point (°C)
Butane ( <i>n</i> -butane)	$  \begin{array}{cccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 		0.579	-0.5
2-Methylpropane (isobutane)	$  \begin{array}{ccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}  \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$ $\quad  $ $\quad \text{CH}_3$ 		0.549	-11.6
Pentane ( <i>n</i> -pentane)	$  \begin{array}{cccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 		0.626	36.1
2-Methylbutane (isopentane)	$  \begin{array}{cccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    & & & \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} & & & \\    & & & \\  \text{H} & & &  \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\quad  $ $\quad \text{CH}_3$ 		0.620	27.8
2,2-Dimethylpropane (neopentane)	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    \quad   \quad   \\  \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}  \end{array}  $	$\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$ 		0.614	9.5

(Sumber: Silberberg, 2010; 475)

Bandingkan dengan data yang terdapat pada Gambar 13.6.



Gambar 13.6. Titik Didih Dari Deret Alkana Rantai Lurus

(Sumber: Silberberg, 2010; 476)

Semakin panjang rantai karbon suatu senyawa hidrokarbon semakin banyak pula kemungkinan isomer yang bisa terbentuk. Tabel 3.7 menyajikan jumlah isomer yang mungkin terjadi pada senyawa hidrokarbon. Untuk memastikan, silakan Anda mencoba menuliskan rumus strukturnya.

#### f. Kelarutan Alkana

Sudah dijelaskan sebelumnya bahwa senyawa hidrokarbon bersifat non-polar. Prediksilah berdasarkan aturan *like-dissolves-like*, apakah alkana dapat bercampur air dan dalam pelarut nonpolar, seperti benzena?

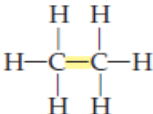
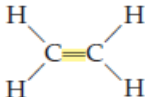

Tabel 13.7. Jumlah Isomer dari Beberapa Senyawa Hidrokarbon

Rumus Kimia	Jumlah Isomer
$C_6H_{14}$	5
$C_7H_{16}$	9
$C_8H_{18}$	18
$C_9H_{20}$	35
$C_{10}H_{22}$	75
$C_{15}H_{32}$	4.347
$C_{20}H_{42}$	366.319
$C_{30}H_{62}$	4.111.846.763

(Sumber: Mc. Murry, 2012;82)

#### g. Alkena dan Alkuna

Alkena dan alkuna adalah hidrokarbon tak jenuh. Kekhasan gugus fungsi alkena adalah ikatan rangkap karbon-karbon dan kekhasan alkuna adalah ikatan karbon-karbon tiga. Gambar 3.6 berikut memperlihatkan perbandingan struktur alkana, alkena, dan alkuna (Gambar 3.6). Ketiga senyawa hidrokarbon ini memiliki jumlah atom karbon sama namun berbeda dalam jumlah atom hidrogen. Jumlah atom C dan H dari masing-masing kelompok senyawa ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus umumnya.

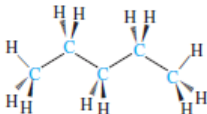
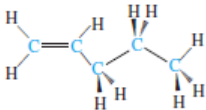
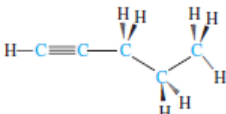
General formulas:	Alkane $C_nH_{2n+2}$	Alkene $C_nH_{2n}$	Alkyne $C_nH_{2n-2}$
Structural formulas:			
	Ethane (ethane)	Ethene (ethylene)	Ethyne (acetylene)
Molecular formulas:	$C_2H_6$	$C_2H_4$	$C_2H_2$
Condensed formulas:	$CH_3CH_3$	$H_2C=CH_2$	$HC\equiv CH$

Gambar 13.7. Perbandingan Struktur Alkana, Alkena dan Alkuna

#### h. Tata Nama Alkena dan Alkuna.

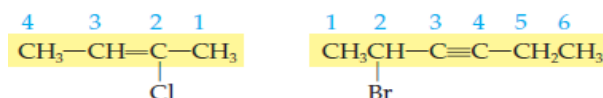
Untuk menentukan nama alkena atau alkuna menggunakan sistem tata nama aturan IUPAC sebagai berikut:

1. Nama senyawa induk menggunakan rantai karbon terpanjang yang mengandung ikatan rangkap (alkena) atau ikatan rangkap tiga (alkuna).
2. Ganti akhir -ana dari alkana dengan akhir -ena untuk alkena atau -una untuk alkuna. Sebagai contoh lihat Gambar 3.7.

$CH_3-CH_3$	$CH_2=CH_2$	$CH\equiv CH$
Etana	Etena	Etuna
$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_2=CH-CH_3$	$CH\equiv C-CH_3$
Propana	Propena	Propuna
		
Pentana	1-pentena	1-pentuna

Gambar 13.8. Perbandingan Struktur Alkana, Alkena Dan Alkuna

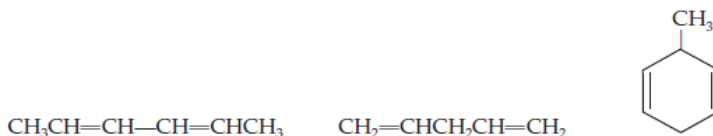
3. Namai dan nomori semua gugus yang terikat pada alkena atau alkuna rantai induk, dan tempatkan nama dan nomor di depan nama senyawa induk. Ingat bahwa dengan alkena dan alkuna ikatan dua atau tiga memberi prioritas lebih tinggi pada gugus halogen atau alkil, seperti yang ditunjukkan pada contoh berikut:



2-Kloro-2-butena      2-Bromo-3-Heksuna

Gambar 13.8. Contoh Struktur dan Penamaan pada lkena

4. Alkena yang memiliki lebih dari satu ikatan rangkap disebut alkadiena (dua ikatan ganda) atau alkatriena (tiga ikatan ganda), seperti yang terlihat pada contoh.



2,4-Heksadiena    1,4-Pentadiena    3-Metil-1,4siklodiena

Gambar 13.9. Contoh Struktur dan Penamaan pada Alkadiena

### i. Isomer Geometri dari Alkena dan Sikloalkana

Karena ikatan rangkap dari alkena juga kaku dan tidak ada rotasi bebas di sekitarnya, pada alkena dijumpai adanya isomer geometrik, yang terbentuk ketika ada dua kelompok gugus atau atom yang berbeda pada masing-masing atom karbon terpasang dengan ikatan rangkap. Jika kedua kelompok berada di sisi yang sama dari ikatan ganda,

molekul itu dinamakan isomer cis, sedangkan jika kelompok berada di sisi berlawanan dari ikatan ganda molekul itu dinamakan isomer trans. Perhatikan dua isomer 1,2-dichloroetena pada Gambar 3.10.

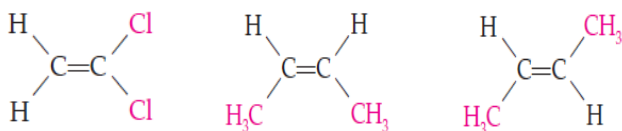


cis-1,2-Dikloroetena      trans-1,2-Dikloroetena

Gambar 13.10. Bentuk Isomer Cis dan Trans Dari Dikloroetena

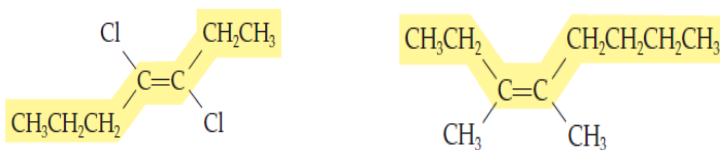
Jika salah satu dari dua atom karbon ikatan ganda memiliki dua substituen yang identik, tidak ada isomer cis-trans untuk molekul itu.

Perhatikan contoh:



1,1-Dikloroetena      cis-2-Butena      trans-2-Butena

Contoh lain:



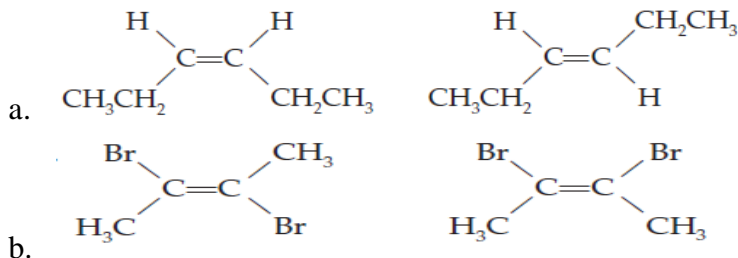
trans-3,4-Dikloro-3-heptena

cis-3,4-Dimetil-3-oktena

Gambar 13.11. Beberapa Contoh Isomer Cis- dan Trans pada Alkena

### Latihan:

Tentukan isomer cis dan trans dari molekul berikut. Namai sesuai dengan aturan IUPAC.

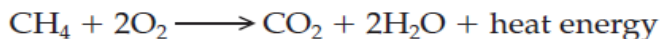


### j. Reaksi-Reaksi pada Alkana dan Sikloalkana

Alkana relatif tidak reaktif, relatif tidak bereaksi dengan asam, basa, juga dengan pereduksi dan pengoksidasi. Alkana banyak digunakan sebagai pelarut, seperti butana, heksana dan yang populer sekarang banyak digunakan karena *less toxic* untuk bahan yang dapat dikonsumsi adalah isopropil alkohol (IPA).

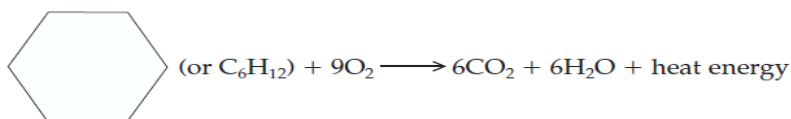
Beberapa reaksi penting dari alkana dan siklo alkana adalah:

- a. Alkana, sikloalkana, dan hidrokarbon lainnya dapat teroksidasi (dengan pembakaran) dengan adanya molekul oksigen berlebih. Dalam reaksi ini, senyawa tersebut terbakar pada suhu tinggi, menghasilkan karbon dioksida, air dan melepaskan sejumlah besar energi sebagai panas. (Gambar 3.12).



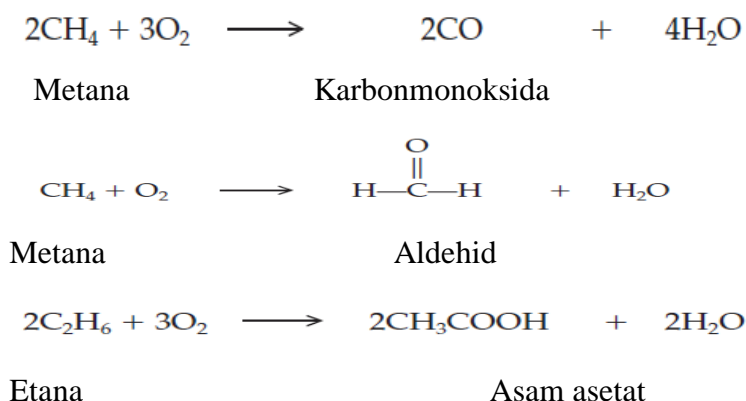
Metana





Gambar 13.12. Reaksi Pembakaran untuk Alkana Sederhana dan Sikloalkana Sederhana

Reaksi pembakaran alkana terjadi bila ada inisiasi, yakni pengapian, sekali diawali reaksi berikutnya akan berlangsung spontan dan bersifat eksoterm. Energi yang dilepaskan, sangat berguna sebagai bahan bakar untuk mobil dan pembangkit listrik. Meskipun reaksi pembakaran ini sangat penting untuk industri dan masyarakat, tetapi reaksi ini merupakan ancaman bagi lingkungan. Penumpukan  $\text{CO}_2$  dapat berkontribusi untuk pemanasan global dan mengubah wajah bumi bagi generasi mendatang. Polutan lain juga dapat terbentuk bila hasil pembakaran tidak sempurna, jika tidak cukup oksigen, menghasilkan senyawa seperti karbon monoksida, formaldehida, dan asam asetat (lihat Gambar 3.13)

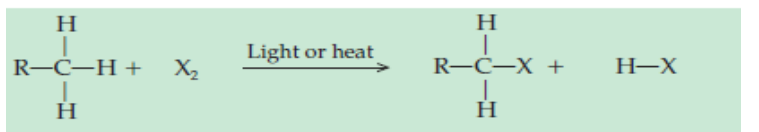


Gambar 13.13: Reaksi Pembakaran yang Berkontribusi terhadap Polusi Udara

### k. Reaksi Halogenasi

Alkana dan sikloalkana juga dapat bereaksi dengan halogen (biasanya klorin atau bromin) melalui reaksi halogenasi. Halogenasi merupakan reaksi substitusi, penggantian satu atom dengan atom atau gugus yang lain. Dalam reaksi ini atom halogen digantikan dengan salah satu atom hidrogen dalam alkana menghasilkan senyawa alkil halida atau haloalkana dan hidrogen halida. Alkil halida yang dihasilkan sangat reaktif dan sangat berguna untuk sintesis senyawa organik lainnya. Halogenasi hanya dapat terjadi bila adanya panas dan/atau cahaya (Gambar 13.14).

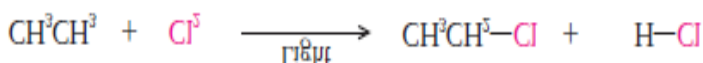
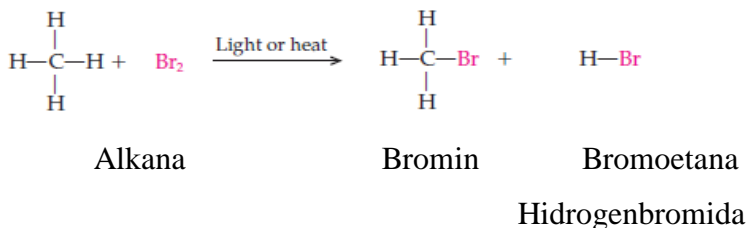
Reaksi halogenasi merupakan reaksi yang sangat penting sebagai bahan awal untuk sintesis senyawa organik lain yang diinginkan, seperti dalam industri farmasi untuk sintesis obat-obatan. Alkil halida yang memiliki dua atau lebih atom halogen berguna sebagai pelarut, pendingin, insektisida, dan herbisida.



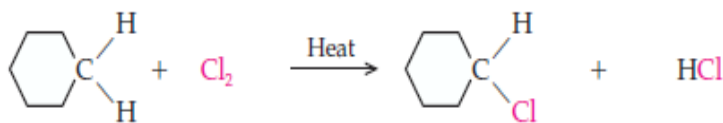
Alkana

Alkilhalida

Hidrogen halida



Etana	Klorin	Kloroetana	Hidrogen klorida
-------	--------	------------	---------------------



Sikloheksana	Klorin	Klorosikloheksana	Hidrogen klorida
--------------	--------	-------------------	---------------------

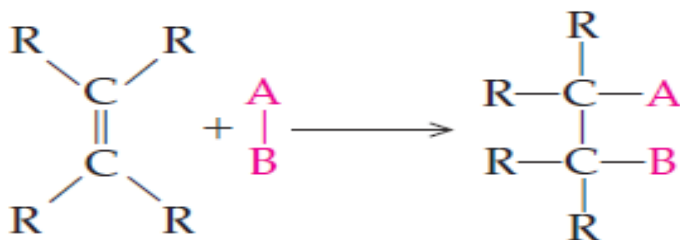
Gambar 13.14. Reaksi Halogenasi Alkana dan Sikloalkana

Jika reaksi halogenasi ini dibiarkan berlanjut, alkil halida yang dihasilkan dapat bereaksi dengan atom halogen lainnya. Ketika ini terjadi, campuran produk dapat dibentuk. Misalnya, brominasi metana akan menghasilkan bromometana ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ), Dibromomethane ( $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ), tribromomethane ( $\text{CHBr}_3$ ), dan tetrabromomethane ( $\text{CBr}_4$ ). Dalam alkana yang lebih kompleks, halogenasi dapat terjadi sampai batas tertentu di semua posisi untuk memberikan campuran produk monosubstitusi. Sebagai contoh, brominasi dari propana menghasilkan campuran 1-bromopropana dan 2-bromopropana.

## 1. Reaksi pada Alkena

### a) Reaksi Adisi:

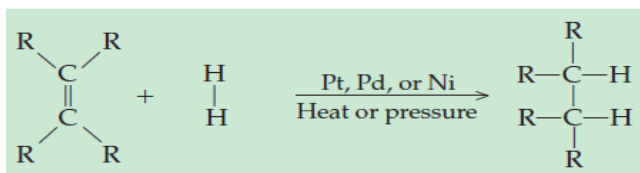
Alkena mudah mengalami reaksi adisi karena memiliki ikatan rangkap. Reaksi adisi adalah reaksi yang melibatkan penambahan dua atom atau kelompok atom pada ikatan rangkap. Persamaan reaksi umum adalah:



Perhatikan bahwa ikatan rangkap diganti dengan ikatan tunggal. Reaksi adisi pada alkena dapat berupa:

**b) Reaksi Hidrogenasi (Adisi alkena oleh H<sub>2</sub>):**

Hidrogenasi adalah penambahan molekul hidrogen (H<sub>2</sub>) ke ikatan C=C untuk menghasilkan alkana. Reaksi ini berlangsung dengan adanya katalis, platinum, paladium, atau nikel dalam kondisi panas dan/atau tekanan tinggi.



Alkena

Alkana

**c) Reaksi Halogenasi**

Klorin (Cl<sub>2</sub>) atau bromin (Br<sub>2</sub>) dapat ditambahkan ke ikatan rangkap. Reaksi ini disebut halogenasi, reaksi ini mudah terjadi dan tidak memerlukan katalis.

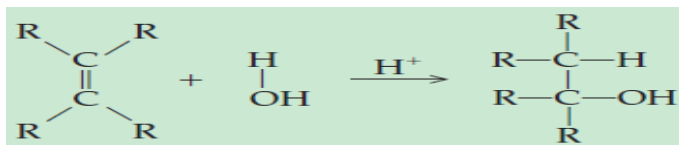


Alkena

Alkilhalida

#### d) Reaksi Hidrasi:

Molekul air dapat ditambahkan pada alkena. Reaksi ini disebut hidrasi, reaksi ini dikatalisis oleh asam ( $H^+$ ), menghasilkan alkohol.



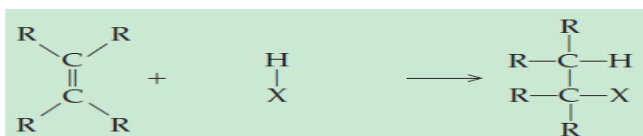
Alkena

Alkohol

Bila reaksi hidrasi terjadi pada alkena tidak simetris, seperti propena. Produk utama yang dihasilkan adalah 2-propanol.

#### e) Reaksi Hidrohalogenasi:

Senyawa hidrogen halida (HBr, HCl, atau HI) juga dapat ditambahkan ke suatu alkena. Reaksi ini disebut reaksi hidrohalogenasi, produknya adalah alkil halida.



Alkena

Alkilhalida

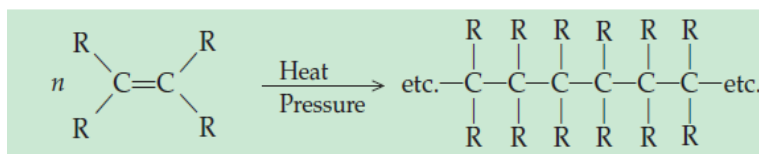
Vladimir Markovnikov, seorang ahli kimia berkebangsaan Rusia mempelajari banyak reaksi dan menemukan bahwa jika sebuah alkena tak simetris diadisi HX, akan diperoleh dua kemungkinan, dan biasanya satu produk lebih melimpah dari produk yang lain. Dalam adisi HX pada alkena asimetris,  $H^+$  dari HX menuju ke atom C ikatan rangkap yang telah lebih banyak mengikat atom H.

Aturan Markovnikov menyatakan bahwa dengan penambahan asam protik HX pada alkena, menyebabkan hidrogen asam ( $H^+$ ) terikat pada atom karbon dengan substituen alkil yang lebih sedikit, dan halida (X terikat pada atom karbon dengan substituen alkil lebih banyak



## f) Reaksi Polimerisasi

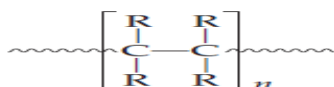
Polimer adalah makromolekul yang terdiri dari pengulangan unit monomer. Polimer dapat terdiri dari beberapa ribu monomer. Banyak sekali plastik dan serat penting yang merupakan polimer. Rumus umum untuk reaksi polimerisasi adalah:



Monomer Alkena

Polimer Alkena

Produk reaksi umumnya diwakili dengan cara sederhana seperti:



Contoh:

Polyethylene merupakan polimer yang dibuat dari etilena monomer (etena):



Etilen

Polietilen (PE)



a

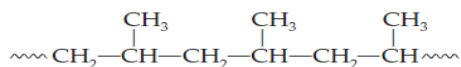
b

Gambar 13.15. a. Plastik polietilen. b. Plastik Poliethylene Terephtalat  
Sumber : <https://pewicker.wordpress.com/tag/pe-wicker/>

Senyawa ini digunakan untuk membuat botol, mainan dan peralatan rumah tangga, dan pembungkus kabel. Polipropilene adalah plastik yang terbuat dari propilena (propena) yang dipergunakan untuk membuat karpet *indoor-outdoor*, bahan kemasan, mainan, dan peralatan rumah tangga. Pada polimerisasi propilena, gugus metil terletak pada setiap percabangan karbon dari rantai utama:



atau



Berbagai polimer yang terbuat dari tersubstitusi alkena tercantum dalam Tabel 13.7.




Tabel 13.7. Beberapa Polimer Adisi Penting dari Alkena

Monomer name	Formula	Polymer	Uses
Styrene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	Polystyrene	Styrofoam containers
Acrylonitrile	$\text{CH}_2=\text{CHCN}$	Polyacrylonitrile (Orlon)	Clothing
Methyl methacrylate	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COCH}_3$	Polymethyl methacrylate (Plexiglas, Lucite)	Basketball backboards
Vinyl chloride	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	Polyvinyl chloride (PVC)	Plastic pipe, credit cards
Tetrafluoroethene	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	Polytetrafluoroethene (Teflon)	Nonstick surfaces

Tabel 13.8. Berbagai Polimer yang Terdapat dalam Kehidupan Sehari-Hari

Code	Type	Name	Formula	Description	Examples
PETE	1	Polyethylene terephthalate	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{O}-$	Usually clear or green, rigid	Soda bottles, peanut butter jars, vegetable oil bottles
HDPE	2	High-density polyethylene	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Semirigid	Milk and water jugs, juice and bleach bottles
PVC	3	Polyvinyl chloride	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$   Cl	Semirigid	Detergent and cleanser bottles, pipes
LDPE	4	Low-density polyethylene	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Flexible, not crinkly	Six-pack rings, bread bags, sandwich bags
PP	5	Polypropylene	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$   CH <sub>3</sub>	Semirigid	Margarine tubs, straws, screw-on lids



PS		Polystyrene	$\text{—CH—CH}_2\text{—}$ 	Often brittle	Styrofoam, packing peanuts, egg cartons, foam cups
Other		Multilayer plastics	N/A	Squeezable	Ketchup and syrup bottles

Produk komersial polimer dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 13.17.



Gambar 3.17.(a). PETE



Gambar 3.17. (b). HDPE

Sumber:

- <http://drycatfood.hewanrumah.com/tag/number-1-plastics-pet-or-pete-polyethylene-terephthalate>,
- <http://pixshark.com/high-density-polyethylene-products.htm>



Gambar 3.17. (c). PVC



Gambar 3.17. (d) LDPE

Sumber:

- <http://wellkeeping.weebly.com/practical-tips.html>,
- <http://dinkes.bengkuluprov.go.id/ver1/index.php/104-arti-lambang-recycle-segitiga-pada-botol-botol>



Gambar 3.17. (f). PP



Gambar 3.17. (g). PS

Sumber:

- <http://www.dilligot.com/recyclage-emballage,us,8,49.cfm>, dan
- <http://www.foampackindustries.com/>



Gambar 3.17. (h). LLDPE, Linear Low Density Polyethylene.

Sumber:

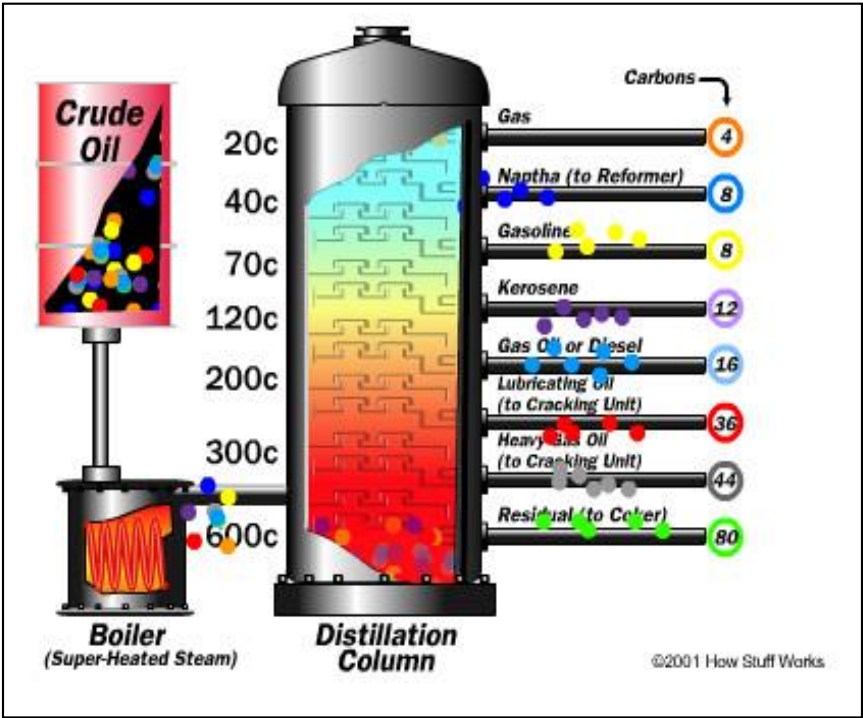
- [http://www.ezchemllc.com/Plastic%20Resins-Linear Low Density Polyethylene LLDPE/83065589121220616/article\\_83240850431934466.jsp](http://www.ezchemllc.com/Plastic%20Resins-Linear%20Low%20Density%20Polyethylene%20LLDPE/83065589121220616/article_83240850431934466.jsp)

### 10.1.1. Minyak Bumi

Minyak bumi dikenal juga dengan nama Petroleum (*Petra* berarti karang, batuan, dan *Oleum* berarti minyak), jadi petroleum berarti minyak batuan, yang terbentuk dari pelapukan fosil hewan, tumbuhan dan renik yang terkubur dalam lapisan lumpur jutaan tahun yang lampau. Proses ini dipengaruhi oleh suhu, tekanan dan aktivitas mikroorganisme tertentu. Minyak bumi pertama sekali ditemukan di Amerika Serikat (Pennsylvania) pada tahun 1859 dan di Timur Tengah (Iran) pada tahun 1908.

Komponen mayoritas dari minyak mentah adalah senyawa hidrokarbon dan sejumlah kecil senyawa organik lain yang

mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Setiap ladang minyak menghasilkan minyak dengan karakteristik tertentu. Misalnya minyak bumi di Amerika banyak mengandung alkana, sedangkan minyak bumi di Rusia banyak mengandung sikloalkana. Gas alam merupakan sumber daya alam yang menjadi sumber energi utama dalam kehidupan saat ini. Perhatikanlah gambar 13.18



Gambar 13.18. Fraksinasi minyak bumi

Hasil penyulingan minyak bumi menghasilkan beberapa fraksi, dapat dilihat pada Tabel 13.9.

**Tabel 13.9. Fraksi Minyak Bumi**

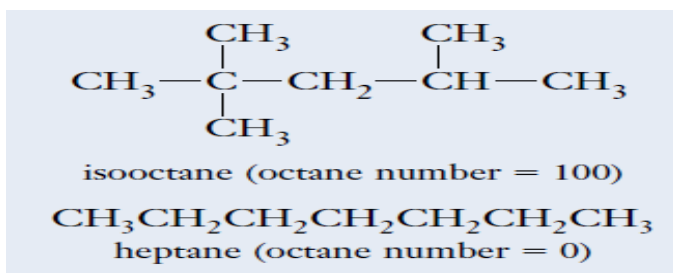
Fraction*	Principal Composition	Distillation Range (°C)
natural gas	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	below 20
bottled gas	C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>	20-60
gasoline	C <sub>4</sub> -C <sub>12</sub>	40-200
kerosene	C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	175-275
fuel oil, diesel oil	C <sub>15</sub> -C <sub>20</sub>	250-400
lubricating oils	C <sub>18</sub> -C <sub>22</sub>	above 300
paraffin	C <sub>23</sub> -C <sub>29</sub>	mp 50-60
asphalt	—	viscous liquid ("bottoms fraction")
coke	—	solid

(Sumber: Whitten, 1999; 1054).

Fraksi bensin dari minyak bumi, terdiri dari alkana dan sikloalkana, dengan enam sampai dua belas atom karbon. Fraksi ini memiliki kinerja bahan bakar yang sangat buruk. Bahkan, alkana rantai bercabang lebih unggul sebagai bahan bakar dari pada alkana rantai lurus karena lebih stabil, kurang cepat terbakar dalam silinder, dan dengan demikian mengurangi "ketukan." Alkena dan hidrokarbon aromatik merupakan bahan bakar yang baik. Sehingga dikembangkan metode untuk mengkonversi hidrokarbon rantai lurus untuk menjadi hidrokarbon yang bercabang. Proses ini disebut *catalytic cracking*.

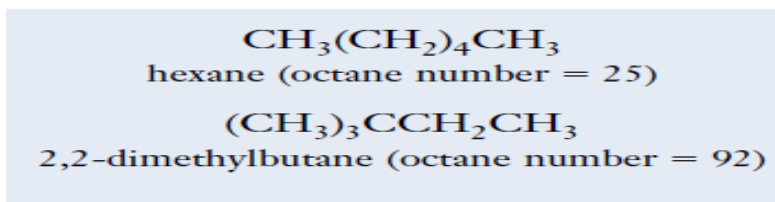
Kualitas bahan bakar yang baik merujuk pada kemampuan bahan bakar mencegah terjadinya ketukan pada mesin. Untuk bensin

kualitas bahan bakar dinyatakan dengan bilangan oktan. Bilangan oktan didefinisikan sebagai persentase volume iso-oktana dalam bahan bakar standar yang menghasilkan intensitas ketukan yang sama dengan bahan bakar yang akan diuji. Bahan bakar standar merupakan campuran n-heptana dan iso-oktana. n-Heptana, memiliki nilai oktan nol dan iso-oktana memiliki nilai oktan 100 (Gambar 13.15).



Gambar 13.19. Senyawa yang Memiliki Bilangan Oktan Terbaik dan Terburuk (Sumber: Whitten, 1999; 1054)

Sebagai contoh, suatu bahan bakar beroktan 90 menghasilkan jumlah ketukan yang sama dengan campuran 90% iso-oktana dan 10% heptana. Senyawa rantai cabang menghasilkan lebih sedikit mengetuk dari senyawa rantai lurus. Angka-angka oktan dua isomer heksana dapat dilihat pada Gambar 13.16.



Gambar 13.20. Bilangan Oktan dari Dua Isomer Heksana (Sumber: Whitten, 1999; 1054)

### C. Perspektif Nilai Karakter Kesadaran Lingkungan dari Senyawa Organik Alkana, Alkena dan Alkuna

Keberadaan sumber daya alam minyak bumi merupakan Rahmat dari Allah SWT. Eksploitasi terus menerus yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia modern akan menjadikan sumber daya alam ini terkuras sampai akhirnya akan habis dan tidak dapat diperbaharui kembali (*irrenewable*). Perlu dipikirkan bagaimanaantisipasi untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable*). Kunjungi:

- <http://www.alternative-energy-news.info/technology/future-energy/>. <http://www.originenergy.com.au/4234/Future-of-energy>
- [http://news.nationalgeographic.com/news/2004/10/1028\\_041028\\_alternative\\_energy\\_2.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2004/10/1028_041028_alternative_energy_2.html).

Masih banyak informasi lain yang Anda bisa cari. Dalam lingkungan Anda sumber energi alternatif itu tersedia juga, Apa yang ingin Anda lakukan untuk bisa berperan dalam mendapatkan sumber energi alternatif ini?

Tahukah Anda, pemicu pemanasan global bukan hanya bersumber dari daratan, tapi juga dari laut. Pernahkan Anda mendengar tentang metana beku (*frozen methane*) di dasar lautan. Bagaimana metana beku bisa terbentuk? Adakah sumber metana lain di daratan yang juga bisa menjadi penyumbang gas metana ke udara? Apa yang dapat Anda lakukan untuk tidak menambah gas metana ke udara? Mengapa Anda perlu melakukannya?

Sadarkah Anda, banyaknya pengendara sepeda motor sekarang telah memberi andil untuk pencemaran udara dan peningkatan suhu bumi. Apakah Anda perlu terlibat, berperan serta untuk mengurangi dan atau tidak memberi andil terhadap pencemaran udara dan pemanasan global? Sebagai pengguna kendaraan bermotor apa yang dapat Anda lakukan untuk mengurangi pencemaran udara dan mengurangi efek gas rumah kaca?

Tahukah Anda, produk-produk reaksi polimerisasi yang terdapat pada tabel 3.7 dan tabel 3.8 bermanfaat bagi kehidupan dan sekaligus juga telah menjadi ancaman bagi planet ini. Anda bisa melihat dari berbagai sumber, diantaranya kunjungi:

- <http://www.independent.co.uk/environment/plastic-rubbish-heaps-at-sea-pose-bigger-threat-to-earth-than-climate-change-claims-ocean-expert-9692265.html>;
- <http://www.everythingconnects.org/plastic-pollution.html>:  
[http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case\\_studies/plastics.html](http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case_studies/plastics.html).

Setelah melihat fenomena tersebut, apa perbuatan nyata yang dapat Anda lakukan untuk mengurangi dan atau mencegah bertambahnya limbah plastik di planet ini?

Tahukah Anda. Baru-baru ini, akhir tahun 2014, ada empat orang putra Indonesia, mahasiswa ITB telah berhasil mendapatkan penghargaan internasional di Amerika karena berhasil merekayasa bakteri pemakan plastik.

([www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai](http://www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai)).



Teman mereka tahun 2013 juga telah menerapkan bakteri untuk membersihkan/memakan minyak diesel yang tumpah di lautan. <http://news.okezone.com/read/2013/01/29/372/753501/bakteri-pemakan-limbah-minyak-diesel>. Penelitian mereka telah memberi andil untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan. Tertarikah Anda untuk bisa seperti mereka? Kesempatan masih terbuka bagi Anda, banyak masalah pencemaran lingkungan dari bahan organik yang perlu ditangani.

#### **D. Tugas**

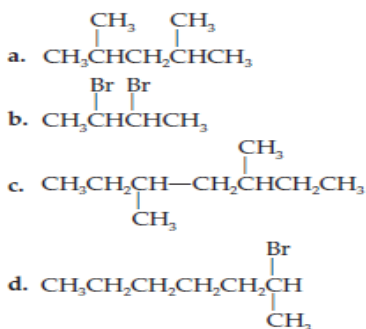
##### **a. Tugas kelompok**

Lakukan investigasi bersama kelompokmu, untuk menemukan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh bahan-bahan kimia plastik, pestisida, herbisida dan lain-lain di: kampus, pemukiman warga, sungai, pasar, asrama mahasiswa, perkantoran, lembaga pendidikan non-formal dan lain-lain. Jelaskan faktor penyebab masalahnya, peraturan atau kebijakan yang sudah ada untuk mengatasi masalah tersebut. Apakah peraturan yang ada sudah dapat mengatasi/menjadi solusi permasalahan? Kalau belum apa usulan anda? Uraikan rencana kegiatan apa yang dapat anda lakukan untuk mengurangi masalah tersebut.

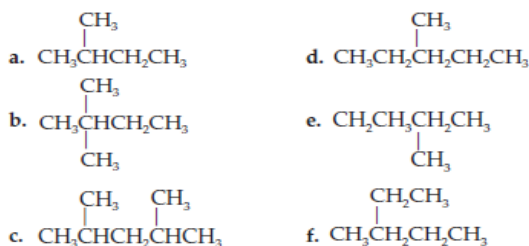
##### **b. Tugas Individu**

Untuk menguji ketercapaian tujuan perkuliahan, selesaikanlah soal-soal berikut.

- 1) Tuliskan nama senyawa dari struktur berikut ini.



- 2) Manakan dari senyawa berikut yang tidak mungkin dijumpai. Kemukakan alasannya.



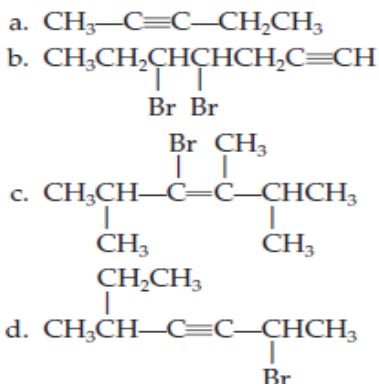
- 3) Manakah diantara nama senyawa berikut yang tidak tepat. Jika ia tidak tepat, berilah nama yang benar.

- 2,4-Dimethylpentane
- 1,3-Dimethylpentane
- 1,5-Diiodopentane
- 1,4-Diethylheptane
- 1,6-Dibromo-6-methyloctane

- 4) Tulislah rumus struktur semua isomer (jumlahnya dinyatakan dalam tanda kurung) masing-masing senyawa di bawah ini dan berilah nama setiap isomer menurut sistem IUPAC.

- $\text{C}_2\text{H}_5$  (2)
- $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}$  (4)
- $\text{C}_3\text{H}_8\text{Br}_2$  (4)
- $\text{C}_2\text{H}_2\text{BrCl}_3$  (3)

- 5) Tulislah persamaan reaksi untuk:
- 2-Butena + HI
  - siklopentena + HBr
  - 1-Butena + HCl
  - 2-metil-2-butena + H<sub>2</sub>O (katalis H<sup>+</sup>)
- 6) Bagaimanakah kecenderungan sifat fisika pada alkana, alkena dan alkuna dengan jumlah atom C yang sama.
- 7) Berilah nama IUPAC untuk senyawa berikut:



- 8) Tulislah minimal 10 nama senyawa hidrokarbon yang Anda ketahui berpotensi untuk pencemaran terhadap lingkungan dan menimbulkan efek negatif bagi kesehatan.
- 9) Mengikuti format yang disediakan pada lampiran. Buatlah *project* rencana aksi gerakan sadar lingkungan yang akan Anda praktekan dalam kehidupan sehari-hari dalam memanfaatkan bahan kimia organik yang telah Anda pelajari pada bahan ajar ini. Mulailah memilih (*choosing*) nilai karakter baik apa yang akan Anda latih pada diri Anda. Sampaikan/deklarasikan (*prizing*) pada teman-teman Anda bahwa Anda akan mengubah

perilaku Anda menjadi lebih baik, minta dukungan orang-orang terdekat Anda di lingkungan keluarga, tempat tinggal, teman-teman Anda dalam melalui media sosial untuk membantu Anda mencapai tujuan baik tersebut dan selanjutnya dokumentasikan aksi (*acting*) perubahan sikap dan perilaku Anda untuk menjadi contoh bagi orang lain. Tugas ini dikumpulkan satu minggu sebelum ujian final berlangsung.

## Daftar Pustaka

1. Anastas, P.T., dan Marry M. K. 2002, Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry, *Account of Chemical Research*. vol 35, no. 9. 686-694.
2. Brady, E. J., 1999, Kimia Universitas asas & Struktur, alih bahasa: Sukmariah, Kamianti Anas, Tilda S. Sally, Jilid 1 Edisi 5, Jakarta, Bina Rupa Aksara.
3. Brady, James E., Neil D. Jespersen, dan Alison Hyslop. 2012. Chemistry. New York: John Willey & Sons
4. Chang, Raymond. 2003. Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti. Terjemahan Muhammad Abdul Kadir, dkk. Jakarta: Erlangga
5. Denniston, K.J., dan Joseph J. T., 2003, Organic and Biochemistry, 4-th Edition, New York, The McGraw-Hill Companies.
6. Sunarya, Y., 2010, Kimia Dasar 1 Berdasarkan Prinsip-prinsip Kimia Terkini, Bandung, Yrama Widya.
7. McMurry, J., 2012, Organic Chemistry, 8-th Edition, Canada: Brooks/Cole Cengage Learning. diakses di [www.cengage.com/global](http://www.cengage.com/global) pada tanggal 21 desember 2013
8. Silberberg, M.S., 2010, Principles of General Chemistry, second edition, New York, The McGraw-Hill Education.
9. Oxtoby, D. W., H. P. Gillis, dan Norman H. Nachtrieb. 2001. Prinsip-prinsip Kimia Modern. Terjemahan Suminar S. Achmadi. Jakarta: Erlangga
10. Whitten, K. W., Raymond, E.D., M.Larry P., George, G. S., 2010, Chemistry, Ninth Edition, Canada, Brooks/Cole, Cengage

Learning, diakses di [www.cengage.com/global](http://www.cengage.com/global) pada tanggal 10 Juli 2014

11. <http://www.chemistryexplained.com/Ny-Pi/Organic-Chemistry.html#ixzz3PVeaByuN>, diakses pada tanggal 19 januari 2015.
12. [www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai](http://www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai). diakses pada tanggal 24 Desember 2014.
13. <http://news.okezone.com/read/2013/01/29/372/753501/bakteri-pemakan-limbah-minyak-diesel>. diakses pada tanggal 24 Desember 2014
14. <http://www.independent.co.uk/environment/plastic-rubbish-heaps-at-sea-pose-bigger-threat-to-earth-than-climate-change-claims-ocean-expert-9692265.html>, diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
15. <http://www.everythingconnects.org/plastic-pollution.html>, diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
16. [http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case\\_studies/plastics.html](http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case_studies/plastics.html), diakses pada tanggal 7 Juni 2014.

## Lampiran

### FORM PENILAIAN PRESENTASI

Judul/Tema Presentasi:		
.....		
.....		
Nama Penyaji	:	..... .....
Anggota kelompok	:	..... .....
Hari/Tanggal	:	.....

No	Point Penilaian		Nilai				
			1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Performa Penyaji</b>						
	1	Penampilan					
	2	Pembukaan dan Penutupan					
	3	Gerakan					
	4	Intonasi suara					
	5	Kejelasan suara dan ucapan					
	6	Penguasaan Panggung					
	7	<i>Eye contact</i>					
	8	Antusiasme: bersemangat/bersungguh- sungguh					
	9	Ketepatan waktu					

<b>2</b>	<b>Slide Presentasi</b>						
	1	Cakupan materi (scope)					
	2	Urutan sekuen (logis, mudah diikuti)					
	3	Pewarnaan					
	4	Background slide					
	5	Ukuran huruf					
	6	Diagram/grafik					
	7	Penulisan kata, kalimat (rumus kimia)					
	8	Animasi					
<b>3</b>	<b>Penguasaan Materi</b>						
	1	Pemaparan presentasi					
	2	Kesesuaian jawaban dengan pertanyaan					

Penilai,

.....

**Keterangan:**

<b>1</b>	<b>:</b>	<b>Sangat tidak bagus</b>
<b>2</b>	<b>:</b>	<b>Tidak bagus</b>
<b>3</b>	<b>:</b>	<b>Biasa-biasa saja</b>
<b>4</b>	<b>:</b>	<b>Bagus</b>
<b>5</b>	<b>:</b>	<b>Sangat bagus sekali</b>



## Lampiran 2

### LEMBAR LAPORAN TUGAS PROYEK

Identitas Mahasiswa		
Nama	:	.....
NIM	:	.....
Topik Kajian	:	.....

### RENCANA AKSI MERUBAH DIRI

No	Teknik Klarifikasi Nilai	
<b>Choosing</b>		
1	Deskripsikan nilai karakter target yang dipilih untuk diperkuat pada diri Anda	
2	Kemukakan alasan memilih nilai karakter tersebut	
3	Uraikan tantangan yang mungkin akan dihadapi dalam mencapai target	
4	Uraikan kendala dari diri sendiri dalam mencapai nilai karakter yang ditetapkan	
5	Uraikan hambatan Anda dalam mewujudkan target	
6	Upaya yang akan dilakukan untuk mencapai target	
<b>Prizing</b>		
7	Uraikan kepada siapa, dimana, dan melalui media apa Anda	

	mendeklarasikan nilai karakter yang Anda pilih (sertakan bukti dalam laporan <i>project</i> )	
8	Siapa yang Anda minta membantu mengingatkan Anda untuk mencapai target?	
9	Bagaimana respon keluarga/teman atas deklarasi Anda untuk mengubah diri Anda menjadi lebih baik	
<b>Acting</b>		
10	Deskripsikan sikap dan perilaku baik apa saja yang telah Anda lakukan untuk kepentingan sendiri, orang lain, masyarakat dan lingkungan	
11	Uraikan kepuasan atau kekecewaan Anda terhadap ketercapaian nilai target yang telah Anda capai	
12	Tuliskan apa saja rencana keberlanjutan yang akan anda lakukan untuk memelihara nilai karakter yang Anda miliki sekarang	

Saya berniat sungguh-sungguh ingin memiliki karakter yang lebih baik, oleh karenanya Saya menyatakan bahwa apa yang saya uraikan pada laporan kegiatan project ini adalah kondisi yang sebenarnya

seperti apa yang Saya lakukan dalam kehidupan saya sehari-hari bukan cerita hayalan atau karangan semata. Semoga Allah SWT selalu menuntun saya menjadi lebih baik dari masa ke masa.

Banda Aceh,.....

Yang membuat pengakuan diri

(Nama)

NIM. ....

## CONTOH SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Prodi	: Pendidikan Kimia FKIP Unsyiah
Mata Kuliah	: Kimia Dasar I
Jlh sks	: 3 sks
Topik	: Kimia Organik
Semester/TA	: Ganjil/2017-2018
Alokasi Waktu	: 2 x 3 Jam Pertemuan

Standar Kompetensi:
---------------------

Mahasiswa mampu memahami senyawa hidrokarbon alkana, alkena, alkuna dan senyawa siklo alkana, alkohol, phenol, tiol, eter, aldehyd, keton, asam karboksilat dan turunannya, amina dan amida, karbohidrat, protein dan lemak yang berkaitan dengan tata nama, sifat fisika, reaksi kimia, isomer, sumber terdapatnya senyawa serta mampu memahami manfaat, kegunaan, dan dampak penggunaannya terhadap kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan; memiliki sikap yang penuh pertimbangan moral dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari; memiliki kesadaran lingkungan yang baik sebagai individu dan sebagai warga masyarakat sehingga mampu menjadi panutan bagi orang lain dalam memanfaatkan senyawa hidrokarbon.
---

<b>A.</b>	Indikator Pembelajaran
Pert	Indikator

I	<p>Sub topik Kimia organik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan definisi senyawa organik.</li> <li>2. Menjelaskan perbedaan senyawa organik dan an-organik.</li> <li>3. Menjelaskan keistimewaan atom karbon dalam pembentukan senyawa organik</li> <li>4. Menjelaskan klasifikasi senyawa organik berdasarkan gugus fungsi.</li> </ol>
	<p>Sub topik Senyawa Hidrokarbon: alkana, Alkena dan Alkuna.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan definisi senyawa hidrokarbon</li> <li>2. Menjelaskan perbedaan senyawa alkana, alkena dan alkuna.</li> <li>3. Mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari alkana, alkena dan alkuna.</li> <li>4. Memberi nama senyawa alkana, alkena dan alkuna sesuai aturan IUPAC.</li> <li>5. Menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa alkana, alkena dan alkuna.</li> <li>6. Menuliskan nama dan struktur isomer dari senyawa alkana, alkena dan alkuna.</li> <li>7. Menjelaskan efek dari penggunaan senyawa hidrokarbon terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.</li> <li>8. Melakukan klarifikasi nilai terhadap fakta-fakta dan fenomena yang ada dalam kehidupan</li> </ol>

		sehari-hari yang berkaitan dengan topik senyawa organik dan senyawa alkana, alkena dan alkuna.
II		<p>Sub topik alkohol, fenol, tiol dan eter</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan definisi senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter.</li> <li>2. Menjelaskan perbedaan senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter.</li> <li>3. Mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari alkohol, fenol, tiol dan eter.</li> <li>4. Memberi nama senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter sesuai aturan IUPAC.</li> <li>5. Menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter.</li> </ol> <p>Menjelaskan manfaat dan efek negatif dari penggunaan senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.</p>
		<p>Sub topik aldehid dan keton.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan definisi senyawa aldehid dan keton.</li> <li>2. Menjelaskan perbedaan senyawa aldehid dan keton.</li> <li>3. Mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari aldehid dan keton.</li> <li>4. Memberi nama senyawa aldehid dan keton sesuai aturan IUPAC.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>Menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa alkohol, fenol, tiol dan eter.</li> <li>Menjelaskan efek dan efek negatif dari penggunaan senyawa aldehid dan keton terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.</li> </ol> <p>Melakukan klarifikasi nilai terhadap fakta-fakta dan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik senyawa organik dan senyawa alkana, alkena dan alkuna.</p>
	<p>Sub topik asam karboksilat dan turunannya</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan definisi senyawa asam karboksilat dan turunannya.</li> <li>Menjelaskan perbedaan senyawa asam karboksilat dan turunannya.</li> <li>Mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari asam karboksilat dan turunannya.</li> <li>Memberi nama senyawa asam karboksilat dan turunannya sesuai aturan IUPAC.</li> <li>Menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa asam karboksilat dan turunannya.</li> <li>Menjelaskan efek dan efek negatif dari penggunaan senyawa asam karboksilat dan turunannya terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.</li> </ol>
	<p>Sub topik amina dan amida</p>

		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan definisi senyawa amina dan amida.</li> <li>2. Menjelaskan perbedaan senyawa amina dan amida.</li> <li>3. Mendeskripsikan sifat fisika dan sifat kimia dari amina dan amida.</li> <li>4. Memberi nama senyawa amina dan amida sesuai aturan IUPAC.</li> <li>5. Menuliskan reaksi-reaksi yang spesifik dari senyawa amina dan amida.</li> <li>6. Menjelaskan efek dari penggunaan senyawa amina dan amida terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan.</li> <li>7. Melakukan klarifikasi nilai terhadap fakta-fakta dan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan topik tersebut.</li> </ol>
--	--	--

#### A. Materi

- Definisi dan Klasifikasi Senyawa Organik.
- Senyawa Hidrokarbon: alkana, alkena dan alkuna.
- Alkohol, fenol, tiol dan eter.
- Aldehid dan keton.
- Asam karboksilat dan turunannya.
- amina dan amida.



## B. Strategi Pembelajaran

- Metode Pembelajaran : Diskusi Informasi
- Pendekatan Pembelajaran : Inquiri dan Klarifikasi Nilai
- Model pembelajaran : Kooperatif Learning Tipe Problem Based Learning dan Proyek Based Learning

## C. Kegiatan Pembelajaran

### Pertemuan ke I (3 x 50 Menit)

Fase	Kegiatan	Waktu
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan awal: 20 menit</b>		
Pembuka	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melakukan orientasi perkuliahan, Menyampaikan aturan perkuliahan.</li><li>• Menyampaikan tujuan pembelajaran yang akan dicapai.</li><li>• Mengecek bagian-bagian materi yang bisa dipahami dan yang tidak bisa dipahami pada tugas pra perkuliahan.</li><li>• Memperkenalkan pendekatan klarifikasi nilai yang akan diterapkan pada perkuliahan.</li></ul>	20'
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan inti: 110 menit</b>		
Pencapaian aspek	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mahasiswa menggali informasi mengenai materi senyawa</li></ul>	

pengetahuan	<p>organik, alkana, alkena dan alkuna dari modul yang disediakan dan referensi pendukung lainnya yang relevan untuk menyelesaikan kasus-kasus yang telah telah dipersiapkan dosen secara mandiri.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan jawaban mandiri kepada teman melalui diskusi kelompok.</li> </ul>	50'
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan hasil diskusi kelompok ke forum kelas melalui diskusi kelas.</li> </ul>	45
<p>Pencapaian aspek pendidikan nilai. Pada kegiatan perkuliahan dosen memberikan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosen mengarahkan mahasiswa melakukan kajian terhadap fakta/peristiwa/fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari untuk menggugah mahasiswa agar memiliki tanggung jawab terhadap lingkungan hidup.</li> </ul>	15

<p>arahan tentang apa-apa yang akan dilakukan oleh mahasiswa. Kegiatan utama untuk klarifikasi nilai ini dilakukan melalui tugas proyek (waktu penyelesaian 3 minggu)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkaji fakta-fakta fenomenal tentang topik yang dibahas dari wacana dan <i>link</i> yang telah disediakan oleh dosen atau dari sumber lainnya.</li> <li>• Mengidentifikasi nilai moral apa yang terdapat dalam fenomena penggunaan bahan organik: bahan bakar, plastik dan bahan kimia lainnya yang berkenaan dengan topik yang dipelajari,</li> <li>• Memilih nilai apa perlu dikembangkan dalam dirinya dari sejumlah alternatif nilai-nilai yang dijumpai dari fenomena tersebut.</li> <li>• Mengungkapkan alasan mengapa nilai itu dipilih untuk dikembangkan pada dirinya.</li> <li>• Mengungkapkan persiapan dirinya untuk siap menerima konsekuensi dari nilai yang dipilih.</li> </ul>	
---	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendeklarasi nilai yang dipilih ke pihak lain.</li> <li>• Mempersiapkan rencana penerapan nilai dalam kehidupan sehari-hari.</li> <li>• Mempersiapkan cara memelihara nilai agar nilai itu menjadi bagian dari dirinya dan menjadi karakternya.</li> </ul>	
<b>Alokasi waktu kegiatan penutup: 20 menit</b>		
Penutup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahasiswa menyimpulkan .</li> <li>• Mahasiswa merefleksikan kegiatan perkuliahan.</li> <li>• Informasi tindak lanjut.</li> </ul>	

**Pertemuan II (3x50 menit).**

**Topik: Senyawa Alkohol, Fenol, Tiol, Eter, Aldehid dan Keton**

<b>Fase</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Waktu</b>
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan awal: 20 menit</b>		
Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan orientasi perkuliahan, Menyampaikan aturan perkuliahan.</li> <li>• Mengecek bagian-bagian materi yang bisa dipahami dan yang tidak bisa dipahami pada tugas pra perkuliahan.</li> </ul>	20'

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyampaikan tujuan pembelajaran yang akan dicapai.</li> </ul>	
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan inti: 115 menit</b>		
Pencapaian aspek pengetahuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahasiswa menggali informasi mengenai materi alkohol, fenol, tiol, eter, aldehid dan keton dari modul yang disediakan dan referensi pendukung lainnya yang relevan untuk menyelesaikan kasus-kasus yang telah telah dipersiapkan dosen secara mandiri.</li> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan jawaban mandiri kepada teman melalui diskusi kelompok.</li> </ul>	50'
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan hasil diskusi kelompok ke forum kelas melalui diskusi kelas.</li> </ul>	45
Pencapaian aspek pendidikan nilai.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosen mengarahkan mahasiswa melakukan kajian terhadap fakta/peristiwa/fenomena</li> </ul>	20

<p>Pada kegiatan perkuliahan dosen memberikan arahan tentang apa-apa yang akan dilakukan oleh mahasiswa.</p> <p>Kegiatan utama untuk klarifikasi nilai ini dilakukan melalui tugas proyek (waktu penyelesaian</p>	<p>nyata dalam kehidupan sehari-hari untuk menggugah mahasiswa agar memiliki tanggung jawab terhadap lingkungan hidup.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkaji fakta-fakta fenomenal tentang topik yang dibahas dari wacana dan <i>link</i> yang telah disediakan oleh dosen atau dari sumber lainnya.</li> <li>• Mengidentifikasi nilai moral apa yang terdapat dalam fenomena penggunaan alkohol, fenol, tiol, eter, aldehid dan keton untuk: minuman, pendingin ruangan, bahan pembersih rumah tangga, pestisida, pengawet makanan, dan bahan kimia lainnya yang berkenaan dengan topik yang dipelajari,</li> <li>• Memilih nilai apa perlu dikembangkan dalam dirinya dari sejumlah alternatif nilai-</li> </ul>	
---	--	--

aian 3 minggu)	<p>nilai yang dijumpai dari fenomena tersebut.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengungkapkan alasan mengapa nilai itu dipilih untuk dikembangkan pada dirinya.</li> <li>• Mengungkapkan persiapan dirinya untuk siap menerima konsekuensi dari nilai yang dipilih.</li> <li>• Mendeklarasi nilai yang dipilih ke pihak lain.</li> <li>• Mempersiapkan rencana penerapan nilai dalam kehidupan sehari-hari.</li> <li>• Mempersiapkan cara memelihara nilai agar nilai itu menjadi bagian dari dirinya dan menjadi karakternya.</li> </ul>	
<b>Alokasi waktu kegiatan penutup: 15 menit</b>		
Penutup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahasiswa menyimpulkan .</li> <li>• Mahasiswa merefleksikan kegiatan perkuliahan.</li> <li>• Informasi tindak lanjut.</li> </ul>	15'

### **Pertemuan III (3 x 45 menit).**

**Topik: Senyawa Amina, Amida, Asam Karboksilat dan Turunannya.**

<b>Fase</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Waktu</b>
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan awal: 20 menit</b>		
Pembuka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan orientasi perkuliahan, Menyampaikan aturan perkuliahan.</li> <li>• Mengecek bagian-bagian materi yang bisa dipahami dan yang tidak bisa dipahami pada tugas pra perkuliahan.</li> <li>• Menyampaikan tujuan pembelajaran yang akan dicapai.</li> </ul>	20'
<b>Alokasi waktu untuk kegiatan inti: 105 menit</b>		
Pencapaian aspek pengetahuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahasiswa menggali informasi mengenai materi senyawa Amina, Amida, Asam Karboksilat dan Turunannya dari modul yang disediakan dan referensi pendukung lainnya yang relevan untuk menyelesaikan kasus-kasus yang telah telah dipersiapkan dosen secara mandiri.</li> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan jawaban mandiri kepada teman melalui diskusi kelompok.</li> </ul>	50'
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mahasiswa mengkomunikasikan hasil diskusi kelompok ke forum kelas melalui diskusi kelas.</li> </ul>	45



<p>Pencapaian aspek pendidikan nilai.</p> <p>Pada kegiatan perkuliahan dosen memberikan arahan tentang apa-apa yang akan dilakukan oleh mahasiswa.</p> <p>Kegiatan utama untuk klarifikasi nilai ini dilakukan melalui</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosen mengarahkan mahasiswa melakukan kajian terhadap fakta/peristiwa/fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari untuk menggugah mahasiswa agar memiliki tanggung jawab terhadap lingkungan hidup.</li> <li>• mahasiswa mengkaji fakta-fakta fenomenal tentang topik yang dibahas dari wacana dan <i>link</i> yang telah disediakan oleh dosen atau dari sumber lainnya.</li> <li>• Mengidentifikasi nilai moral apa yang terdapat dalam fenomena penggunaan bahan organik: bahan bakar, plastik dan bahan kimia lainnya yang berkenaan dengan topik yang dipelajari,</li> <li>• Memilih nilai apa perlu dikembangkan dalam dirinya dari sejumlah alternatif nilai-nilai yang dijumpai dari fenomena tersebut.</li> <li>• Mengungkapkan alasan mengapa nilai itu dipilih untuk dikembangkan pada dirinya.</li> <li>• Mengungkapkan persiapan dirinya untuk siap menerima konsekuensi dari nilai yang dipilih.</li> <li>• Mendeklarasi nilai yang dipilih ke pihak lain.</li> </ul>	<p>20</p>
--	---	-----------

tugas proyek (waktu penyelesaian 3 minggu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempersiapkan rencana penerapan nilai dalam kehidupan sehari-hari.</li> <li>• Mempersiapkan cara memelihara nilai agar nilai itu menjadi bagian dari dirinya dan menjadi karakternya.</li> </ul>	
<b>Alokasi waktu kegiatan penutup: 15 menit</b>		
Penutup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahasiswa menyimpulkan .</li> <li>• Mahasiswa merefleksikan kegiatan perkuliahan.</li> <li>• Informasi tindak lanjut.</li> <li>• Mahasiswa diingatkan untuk mengerjakan tugas pasca perkuliahan dan menjawab lembar kerja yang disediakan.</li> </ul>	15

#### D. Sumber, Media, Alat, dan Bahan Pembelajaran

##### a. Sumber Pembelajaran

1) Utama: Modul Perkuliahan Kimia Organik dengan Pendekatan Klarifikasi Nilai.

2) Pendukung:

1) Anastas, P.T., dan Marry M. K. 2002, Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry, *Account of Chemical Research*. vol 35, no. 9. 686-694.

- 2) Chang, R. 2005, kimia Dasar Konsep-Konsep Inti, Edisi Ketiga, Jilid 2, Alih Bahasa Muhammad Abdul Kadir Martoprawiro, dkk. Erlangga, Jakarta.
- 3) Denniston, K.J., dan Joseph J. T., 2003, Organik and Biochemistry, 4-th Edition, The McGraw-Hill Companies. New York.
- 4) Fessenden, R. J. dan Fessenden J. S., 1986, Kimia Organik, Edisi Kedua, Alih Bahasa A.H. Pudjaatmaka, Erlangga, Jakarta.
- 5) Harold, H., 1983, Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat, alih Bahasa Suminar Achmadi, Erlangga, Jakarta.
- 6) McMurry, J., 2012, Organik Chemistry, 8-th Edition, Canada: Brooks/Cole Cengage Learning. diakses di [www.cengage.com/global](http://www.cengage.com/global) pada tanggal 21 Desember 2013.
- 7) Silberberg, M.S., 2010, Principles of General Chemistry, second edition, New York, The McGraw-Hill Education.
- 8) Whitten, K. W., Raymond, E.D., M. Larry P., George, G. S., 2010, Chemistry, Ninth Edition, Canada, Brooks/Cole, Cengage Learning. diakses di [www.cengage.com/global](http://www.cengage.com/global) pada tanggal 10 Juli 2014
- 9) [www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai](http://www.koran-sindo.com/.../bakteri-pengurai-plastik-rai). diakses pada tanggal 24 Desember 2014.

- 10) <http://news.okezone.com/read/2013/01/29/372/753501/bakteri-pemakan-limbah-minyak-diesel>. diakses pada tanggal 24 Desember 2014
- 11) <http://www.independent.co.uk/environment/plastik-rubbish-heaps-at-sea-pose-bigger-threat-to-earth-than-climate-change-claims-ocean-expert-9692265.html>, diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
- 12) <http://www.everythingconnects.org/plastik-pollution.html>, diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
- 13) [http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case\\_studies/plastiks.html](http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/health/case_studies/plastiks.html), diakses pada tanggal 7 Juni 2014.
- 14) <http://www.chemistryexplained.com/Ny-Pi/Organik-Chemistry.html#ixzz3PVeaByuN>, diakses pada tanggal 19 januari 2015.

#### E. Penilaian

- Penilaian sikap : Teknik tes dan non tes
- Penilaian pengetahuan : Teknik tes bentuk tertulis essay
- Penilaian keterampilan : Teknik tes dan non tes.

Banda Aceh, November 2017

**BASE COURSE OUTLINE (BCO)**  
**KIMIA DASAR 1**  
**PRODI PENDIDIKAN KIMIA FKIP UNSYIAH**  
**TAHUN AJARAN 2017/2018**

Mata Kuliah : Kimia Dasar 1  
Semester/SKS : 1/3 SKS  
Dosen Pengasuh : 1. Prof. Dr. Musri, M.Sc (MM)  
2. Dr. Sulastrri, M.Si (SL)  
3. Ratu Fazlia Inda Rahmayani, S.Pd., M.Sc

(RF)

**Uraian Materi Kuliah**

<b>PERT</b>	<b>HARI/ TANGGAL</b>	<b>MATERI</b>	<b>DOSEN</b>
I	Sabtu/ 9 September 2017	Pengantar Kuliah Kimia Dasar I Kontrak Kuliah	MM
II	Sabtu/ 16 September 2017	Perkembangan Teori Atom (BAB I)	MM
III	Sabtu/ 23 September 2017	Sistem Periodik Unsur- Unsur (BAB II)	MM
IV	Sabtu/ 30 September 2017	Hukum Dasar dan Dasar-Dasar Perhitungan Kimia (BAB III)	MM
V	Sabtu/ 7 Oktober 2017	Tata Nama Senyawa Kimia An-Organik (BAB IV)	MM
VI	Sabtu/ 14 Oktober 2017	UK I	MM
VII	Sabtu/ 21 Oktober 2017	Rumus dan Persamaan Kimia (BAB V)	RF
VIII	Sabtu/ 28 Oktober 2017	Reaksi-Reaksi Kimia (BAB VI)	RF

IX	Sabtu/ 4 November 2017	Ikatan Kimia (Ikatan ion, Kovalen, Ikatan pada logam, dan Perbandingan sifat senyawa ion dan Kovalen) (BAB VII)	RF
X	Sabtu/ 11 November 2017	Reaksi dalam larutan berair (BAB VIII)	RF
XI	Sabtu/ 18 November 2017	UK II	RF
XII	Sabtu/ 25 November 2017	Struktur dan Gaya antar Molekul (BAB IX)	SL
XIII	Sabtu/ 2 Desember 2017	Pengantar Reaksi Reduksi dan Oksidasi (BAB X)	SL
XIV	Sabtu/ 9 Desember 2017	Senyawa Karbon (BAB XI, Bagian 1)	SL
XV	Sabtu/ 16 Desember 2017	Pengantar Reaksi Kimia Organik (BAB XI, Bagian 2)	SL
XVI	Sabtu/ 23 Desember 2017	UK III	SL

### Sumber Belajar

1. Chang, Raymond. 2003. Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti. Terjemahan Muhammad Abdul Kadir, dkk. Jakarta: Erlangga
2. David W. Oxtoby, H. P. Gillis, dan Norman H. Nachtrieb. 2001. Prinsip-prinsip Kimia Modern. Terjemahan Suminar S. Achmadi. Jakarta: Erlangga
3. James E. Brady, Neil D. Jespersen, dan Alison Hyslop. 2012. Chemistry. New York: John Willey & Sons
4. Petrucci, dkk. Kimia Dasar, Prinsip-prinsip dan Aplikasi Modern. Jakarta: Erlangga.

Dan sumber lainnya yang berkaitan dengan materi perkuliahan kimia dasar.

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**

# **KIMIA DASAR 1**

**OLEH  
TIM KIMIA DASAR.**

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**

# **KIMIA DASAR 1**

**OLEH  
TIM KIMIA DASAR.**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA**



## RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)

Mata Kuliah	: Kimia Dasar 1	KODE	: CED101	Semester	: I	SKS	: 3 sks
-------------	-----------------	------	----------	----------	-----	-----	---------

Jurusan / Pragam Studi : Pendidikan Kimia

### A. Capaian Pembelajaran Program Studi (PLO)

1. Menguasai konsep dan prinsip tentang struktur, dinamika, dan energi bahan kimia, serta menguasai prinsip dasar pemisahan, analisis, sintesis dan karakterisasinya yang dibutuhkan untuk memahami kimia sekolah.
2. Mampu mengidentifikasi permasalahan dalam pembelajaran kimia, memilih alternatif solusi berdasarkan kajian teoritis dan mengimplementasikan dalam pembelajaran

### B. Capaian Pembelajaran Perkuliahan (CLO)

1. Memahami Perkembangan teori atom
2. Mamahami Konfigurasi Elektron dan Diagram Orbital
3. Memahami Ikatan kimia.
4. memahami Bentuk Molekul
5. Memahami Larutan Elektrolit dan non Elektrolit

6. Memahami konsep redoks
7. Memahami massa atom, massa rumus, dan rumus empiris.
8. Memahami persamaan reaksi kimia, konsep mol, dan perhitungan kimia.
9. Memahami senyawa hidrokarbon dan isomernya

### Kriteria Penilaian

Penilaian Acuan Patokan Kompetensi Sedang; **Item Penilaian;**

Tugas : 20%; Quis ; 20%; Partisipasi: 10%; UTS: 25%; UAS: 25%

Min gu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
I	Memahami ruang lingkup perkuliahan <b>Kimia Dasar I dan Kontrak Kuliah</b>	Kontrak perkuliahan	Model:Kooperatif; pendekatan: kontekstual, Induktif; metode: diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan. <ul style="list-style-type: none"> <li>Berdiskusi dalam memahami ruang lingkup perkuliahan</li> </ul>	1x3x50	a. bahasa komunikatif dalam menjawab b. Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	

Min ngu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
II	Mendeskripsikan sejarah <b>Perkembangan Model Atom</b>	<b>Perkembangan Teori Atom</b>	Model : Kooperatif Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan Pendekatan: Ketrampilan proses; Mendiskusikan sejarah berkembangnya <b>teori Atom</b>	1x3x50	a. Ketepatan penjelasan perkembangan Teori <b>Atom</b> b. Menunjukkan kerjasama dalam diskusi	3
III	Menjelaskan <b>Konfigurasi Elektron dan Diagram Orbital</b>	<b>Konfigurasi Elektron dan Diagram Orbital</b>	Model : Koperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan <b>Konfigurasi Elektron dan Diagram Orbital</b></li> <li>• Mengerjakan soal kuis dengan jujur</li> </ul>	1x3x50	a. Menunjukkan kerjasama dalam diskusi b. Kejujuran dan kemandirian dalam mengerjakan soal kuis.	3
IV	Mendeskripsikan <b>Ikatan-ikatan dalam kimia</b>	Ikatan Kimia	Model : PBL Metode : ceramah, tanya jawab, penugasan	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi	4

Min ggu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
	(ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam, gaya van der waals, dan ikatan hidrogen).		Pendekatan: Pemecahan masalah • Berdiskusi perbedaan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam, gaya van der waals, dan ikatan hidrogen.		dan saling menghargai	
V	Mendeskripsikan bentuk molekul senyawa kimia	Bentuk molekul	Model : PBL, Pendekatan: saintifik, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan. • Menunjukkan kerjasama dalam menentukan dan membuat bentuk molekul.	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	4
VI	Membedakan Larutan Elektrolit dan non Elektrolit	Larutan Elektrolit dan non Elektrolit	Model : Kooperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan • berdiskusi dalam mendeskripsikan	1x3x50	a. Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai b. Kejujuran dan kemandirian	4

Min ggu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
			perbedaan <b>Larutan Elektrolit dan non Elektrolit</b> • Mengerjakan soal kuis dengan jujur		dalam mengerjakan soal kuis.	
VII	Mendeskripsikan <b>Konsep Oksidasi Reduksi</b>	<b>Konsep Oksidasi Reduksi</b>	Model : Koperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan • Berdiskusi dalam membedakan konsep oksidasi reduksi berdasarkan keterlibatan oksigen, keterlibatan elektron, dan biloks.	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	4
VIII	Ujian Tengah Semester	Materi 1-7	Mengerjakan soal-soal ujian dengan sikap jujur, mandiri, dan tanggung jawab	1x3x50	Kejujuran dan kemandirian serta ketepatan dalam menyelesaikan soal-soal ujian	25

Min ngu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
IX	Menjelaskan tatanama senyawa anorganik	Tatanama Senyawa anorganik	Model : Kooperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan • berdiskusi dalam menentukan tata nama senyawa anorganik	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	4
X	Mengidentifikasi <b>Massa Atom dan Massa Rumus, serta Rumus Emperis</b>	<b>Massa Atom dan Massa Rumus, serta Rumus Emperis</b>	Model : PBL, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan • berdiskusi dalam menentukan <b>Massa Atom dan Massa Rumus, serta Rumus Emperis</b>	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	4
XI	Memahami <b>Persamaan Reaksi Kimia</b>	<b>Persamaan Reaksi Kimia</b>	Model : Kooperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan	1x3x50	a. Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai.	4

Min ngu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>berdiskusi dalam menyelesaikan persamaan reaksi kimia</li> <li>Mengerjakan soal kuis dengan jujur</li> </ul>		b. Kejujuran dan kemandirian dalam mengerjakan soal kuis.	
XII	Mendeskripsikan <b>Konsep Mol</b>	<b>Konsep Mol</b>	Model : Kooperatif, Pendekatan: pemecahan masalah, Metode : diskusi, ceramah, tanya jawab, penugasan <ul style="list-style-type: none"> <li>berdiskusi dalam menyelesaikan <b>Konsep Mol</b></li> </ul>	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai.	4
XIII	Memahami perhitungan kimia	Perhitungan Kimia	Model : PBL, Pendekatan: saintifik, metode: diskusi, inquiry, ceramah,	1x3x50	Menunjukkan kerjasama dalam diskusi dan saling menghargai	4
			Tanya jawab, penugasan <ul style="list-style-type: none"> <li>berdiskusi dalam menyelesaikan perhitungan kimia</li> </ul>			

Min ngu Ke	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Bahan Kajian (Materi Pelajaran)	Strategi Pembelajaran	Waktu	Kriteria Penilaian	Bobot nilai (%)
XIV- XV	Mendeskripsikan <b>Senyawa Hidrokarbon dan Isomer</b>	<b>Hidrokarbo n dan Isomer</b>	Model : PBL, Pendekatan: saintifik, metode: diskusi, inquiry, ceramah, Tanya jawab, penugasan • berdiskusi tentang <b>Hidrokarbon dan Isomer</b> • Mengerjakan soal kuis dengan jujur	1x3x50	a. Ketepatan dalam menjawab soal b. Kejujuran dan kemandirian dalam mengerjakan soal kuis.	4
XVI	UJIAN AKHIR SEMESTER	Materi 9-15		1x3x50	Mengerjakan soal-soal ujian dengan sikap jujur, mandiri, dan tanggung jawab	25

### Rubrik Penilaian Presentasi

Mata Kuliah :

Kelas :

Kelompok :

Anggota :



Semester :

Dosen Pengampu :

### POWERPOINT

No	Aspek yang dinilai		Skor			
			60	80	90	100
1	Scope/cakupan					
2	Sequence/urut-urutan (logis, mudah diikuti)					
3	Pemilihan	: background				
		: Ukuran font				
		: warna				
4	Limit Text					
5	Diagram/grafik					
6	Kebenaran kata, kalimat, pengetikan (rumus kimia)					
Total						
Rata-rata						

## PRESENTASI

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		60	80	90	100
1	Intonasi				
2	Kejelasan suara dan ucapan (pronunciation)				
3	Eye contact				
4	Bersemangat/ sungguh-sungguh (antusiasme)				
5	Ketepatan waktu				
Total					
Rata-rata					

## MENJAWAB PERTANYAAN

No	Aspek yang dinilai	Skor			
		60	80	90	100

1	Pemahaman materi (latar belakang ilmu)				
2	Kemampuan menanggapi pertanyaan				
Total					
Rata-rata					

#### PENILAIAN SIKAP

No	Aspek yang dinilai	Skor			
1	Kerjasama	60	80	90	100
2	Ketekunan				
3	Tenggang Rasa				
4	Tanggung jawab				
Total					
Rata-Rata					

#### Sumber Belajar

- Chang, Raymond. 2003. Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti. Terjemahan Muhammad Abdul Kadir, dkk. Jakarta: Erlangga

6. David W. Oxtoby, H. P. Gillis, dan Norman H. Nachtrieb. 2001.  
Prinsip-prinsip Kimia Modern. Terjemahan Suminar S. Achmadi.  
Jakarta: Erlangga
7. James E. Brady, Neil D. Jespersen, dan Alison Hyslop. 2012.  
Chemistry. New York: John Willey & Sons