



Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar

KIMIA

Untuk SMK/MAK



**Bidang Keahlian
Agrobisnis dan Agroteknologi**

Kelas
XI
bagian 2

Astrilia Damayanti
Megawanti



Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar

KIMIA

Untuk SMK/MAK



**Bidang Keahlian
Agribisnis dan Agroteknologi**

Kelas
XI
bagian 2

Astrilia Damayanti
Megawanti

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Dilindungi Undang-Undang

Milik Negara
Tidak Diperdagangkan

Penulis:

Haniif Prasetiawan

Ratna Dewi Kusumaningtyas

Kotak Katalog dalam terbitan (KDT)

2017

Disusun dengan huruf Times New Roman, 11 pt

KATA PENGANTAR

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

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

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

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem*

solving based learning) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta. Bahan ajar ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum yang digunakan, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Bahan ajar ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu Bahan Ajar ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

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

Jakarta, Agustus 2017

Direktorat Pembinaan SMK

DAFTAR ISI

Halaman Judul	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
PENDAHULUAN	xi
BAB 1 ENTALPI DAN PERUBAHANNYA	1
A. Pendahuluan	2
B. Reaksi Eksoterm dan Endoterm	3
C. Persamaan Termokimia	5
D. Entalpi dan Jenis-Jenis Perubahan Entalpi Reaksi	6
E. Penentuan Entalpi Reaksi	10
F. Kalor Pembakaran	21
RANGKUMAN	26
MODUL PRAKTIKUM	28
SOAL PILIHAN GANDA.....	35
SOAL URAIAN.....	38
BAB 2 HIDROKARBON	40
A. PENDAHULUAN.....	41
B. Kekhasan Atom Karbon	43
C. SENYAWA HIDROKARBON.....	46
D. Senyawa Turunan Alkana	67
E. Klasifikasi dan Kegunaan Senyawa Makromolekul	90
EVALUASI BELAJAR	95
BAB 3 SISTEM KOLOID	103
A. PENDAHULUAN.....	104
B. Ukuran Partikel.....	105
C. SISTEM DISPERSI	108
D. Pengolongan Koloid	112
E. PEMBUATAN KOLOID.....	115
F. Pemurnian Koloid.....	123

G.	Beberapa Sifat Koloid	124
H.	Berbagai Macam Koloid	134
I.	Penggunaan Koloid dalam Kehidupan Sehari-hari	137
	Soal Dan Latihan.....	139
	BAB 4 METODE PEMISAHAN DAN PENGUKURAN.....	142
A.	Pendahuluan	143
B.	Pemisahan Campuran.....	144
C.	Analisis Kuantitatif.....	160
D.	Teknik Dasar Pengukuran Volume	162
E.	Analisis Kuantitatif Gravimetri	162
F.	Analisis Volumetri: Permanganometri	164
G.	Analisis Volumetri : Bikromatometri	166
H.	Analisis Volumetri : Iodometri.....	167
I.	Analisis Volumetri : Bromatometri	170
J.	Penentuan Antimon dalam Tartar Meetic.....	171
	SOAL DAN LATIHAN.....	172
	MODUL PRAKTIKUM	173
	DAFTAR PUSTAKA	183
	GLOSARIUM.....	185
	INDEKS.....	189
	BIODATA PENULIS	190

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan pembahasan ilmu termokimia	2
Gambar 1.2 Ilustrasi proses reaksi eksotermis dan endotermis	4
Gambar 1.3 Kalorimeter bom	12
Gambar 1.4 Kalorimeter sederhana	13
Gambar 1.5. Rangkaian alat kalorimeter sederhana.	14
Gambar 2.1. Rangkaian alat eksperimen 1	42
Gambar 2.2 Rangkaian alat eksperimen 2	43
Gambar 2.3. struktur ruang metana.....	44
Gambar 3.1 Contoh 1: larutan, koloid, suspensi	106
Gambar 3.2 Contoh 2: larutan, koloid, suspensi	106
Gambar 3.10 Aerosol padat	111
Gambar 3.11 Aerosol cair--gas	111
Gambar 3.12 Sifat koloid.....	112
Gambar 3.13 Contoh Koloid Liofil.....	113
Gambar 3.15 Koloid Liofil dan Liofob.....	115
Gambar 3.16 Pembuatan Koloid.....	115
Gambar 3.18 Contoh cara peptisasi	117
Gambar 3.22 Contoh proses dialisis	124
Gambar 3.23 Pengaruh penghamburan cahaya dalam larutan	125
Gambar 3.24 Efek tyndall yang terjadi di dalam gedung bioskop.....	125
Gambar 3.25 Efek tyndall karena sinar Matahari	126
Gambar 3.26 Gerak brown.....	127
Gambar 3.27 Percobaan sifat listrik pada koloid.	128
Gambar 3.28 Sifat listrik pada koloid	129
Gambar 3.30 Alat cottrel.....	130
Gambar 3.31 Koagulasi koloid	131
Gambar 3.32 Contoh koloid pelindung.....	132
Gambar 3.33 Adsorpsi koloid	133
Gambar 3.34 Contoh emulsi cair	135
Gambar 3.35 Contoh emulsi	136
Gambar 3.36 Contoh produk dalam bentuk gel	137

Gambar 3.37 Penjernihan air secara sederhana	138
Gambar 3.38 Penjernihan air	138
Gambar 4.1 Ukuran partikel	145
Gambar 4.2 Pendidihan air	145
Gambar 4.3 Kelarutan zat	146
Gambar 4.4 Pengendapan	147
Gambar 4.5 Difusi.....	147
Gambar 4.6 Mekanisme Adsorpsi.....	148
Gambar 4.7 Pengayakan	148
Gambar 4.8 Alat pengayak	149
Gambar 4.9 Proses Filtrasi.....	150
Gambar 4.10 Penyaringan Vakum.....	151
Gambar 4.11 Filter penyaring	152
Gambar 4.12. Centrifuge.....	153
Gambar 4.13 Centrifuge 2.....	153
Gambar 4.15. Kristalisasi Garam.....	156
Gambar 4.16 Rangkaian alat distilasi	157
Gambar 4.17 Distilasi bertingkat	158

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbedaan Reaksi Eksoterm dan Endoterm.....	3
Tabel 1.2	Simbol Entalpi pada Berbagai Proses.....	7
Tabel 1.3	Nilai Entalpi Pembentukan Berbagai Zat dan Persamaan Termokimia Pembentukannya	7
Tabel 1.4	Entalpi Pembakaran dari Berbagai Zat pada Kondisi Standar	8
Tabel 1.5	Entalpi Pembentukan Senyawa	18
Tabel 1.6	Energi Ikat Antaratom dari Berbagai Senyawa (kJ/mol).....	20
Tabel 1.7	Komposisi dan Nilai Kalor dari Berbagai Jenis Bahan Bakar.....	23
Tabel 2.1	Tiga Suku Pertama Alkana.....	47
Tabel 2.2	Rumus Molekul dan Sifat Alkana	47
Tabel 2.3	Alkena	55
Tabel 2.4	Alkuna	60
Tabel 2.5.	Keisomeran Alkana	65
Tabel 2.6	Gugus Fungsi.....	68
Tabel 2.7	Kelarutan Alkohol dan Eter dalam Air.....	74
Tabel 2.8	Nama IUPAC dan Trivial Aldehid.....	80
Tabel 2.9	IUPAC dan Trivial Asam Karboksilat	86
Tabel 3.1	Pengelompokan Larutan.....	106
Tabel 3.2	Ukuran Partikel.....	106
Tabel 3.3	Perbedaan antara Larutan, Koloid, dan Suspensi	107
Tabel 3.4	Sistem Dispersi Koloid.....	109
Tabel 3.5	Perbedaan Antara Koloid Hidrofil dan Koloid Liofob	114
Tabel 3.6	Sifat Larutan, Sol Liofil, dan Sol Liofob.....	114

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Bahan Ajar kimia untuk SMK Agrobisnis dan Agroteknologi kelas XI ini terdiri dari 2 Bahan Ajar, yaitu Bahan Ajar 1 untuk bagian 1 dan Bahan Ajar 2 untuk bagian 2. Bahan Ajar ini merupakan Bahan Ajar 1 yang akan mempelajari tentang termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, larutan asam basa, koloid, senyawa karbon, dan polimer.

B. Prasyarat

Untuk mempelajari Bahan Ajar tidak diperlukan prasyarat mata pelajaran tertentu.

C. Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar

Untuk mempermudah penggunaan Bahan Ajar perlu diperhatikan petunjuk berikut ini:

1. Pelajari daftar isi serta peta konsep setiap materinya.
2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
3. Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Apabila terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari Bahan Ajar ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur.
6. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam Bahan Ajar ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi yang lain yang berhubungan dengan materi Bahan Ajar agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari Bahan Ajar ini diharapkan anda dapat:

1. Menjelaskan tentang entalpi dan perubahannya,
2. Menjelaskan tentang hidrokarbon,

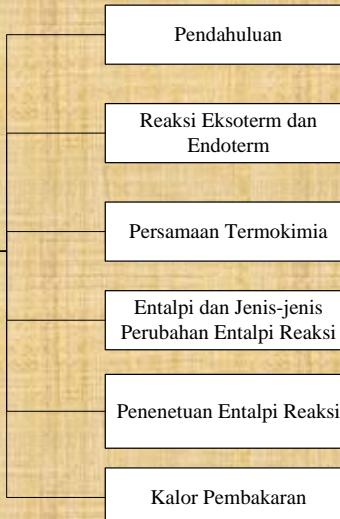
- 
3. Menjelaskan tentang sistem koloid, metode pemisahan dan pengukuran
 4. Menjelaskan tentang larutan asam basa,
 5. Menjelaskan tentang koloid,
 6. Menjelaskan tentang senyawa karbon,
 7. Menjelaskan tentang polimer.

BAB 1

ENTALPI DAN PERUBAHANNYA

Peta Konsep :

Entalpi dan Perubahannya



TUJUAN PEMBELAJARAN

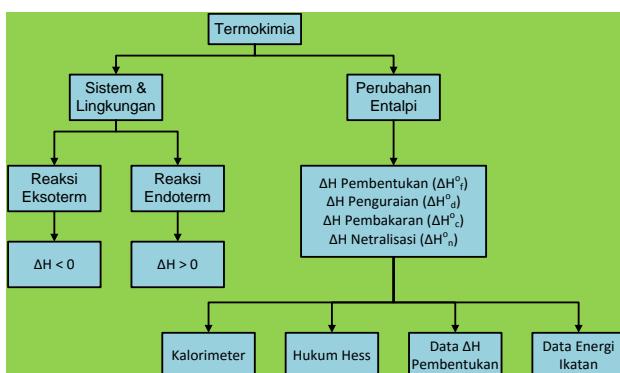
Setelah menelaah bab ini, Anda akan dapat:

1. Menjelaskan pengertian termokimia.
2. Membedakan entalpi dan perubahan entalpi.
3. Menjelaskan pengertian eksoterm dan endoterm.
4. Menjelaskan persamaan termokimia.
5. Menentukan entalpi pembentukan, penguraian dan pembakaran.
6. Menentukan perubahan entalpi berdasarkan metode kalorimetri, hukum Hess, entalpi pembentukan standar dan data energi ikatan
7. Menjelaskan pengertian kalor pembakaran berbagai bahan bakar dalam kehidupan sehari – hari.
8. Menjelaskan persamaan reaksi pembakaran sempurna.
9. Menjelaskan dampak pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna berdasarkan sifat gas yang dihasilkan

A. Pendahuluan

Tahukah kamu berasal dari mana energi yang kamu gunakan untuk berlari, belajar, bekerja dan bermain? Energi tersebut berasal dari reaksi yang berlangsung di dalam tubuh. Bahan makanan yang masuk ke dalam tubuh kamu diubah menjadi energi melalui serangkaian reaksi kimia dalam tubuh. Mengapa kita perlu memulai pemahaman termokimia dari energi? Termokimia adalah bahasan ilmu kimia yang berhubungan dengan energi.

Setiap materi memiliki energi internal berupa energi potensial maupun energi kinetik. Jika energi yang terkandung dalam materi ini berubah, perubahan energi ini kita namakan kalor. Jika ada perubahan kalor pada tekanan tetap, kita namakan perubahan entalpi (ΔH). Di dunia ini, tidak semua energi dapat diukur besar energinya, tetapi kita masih dapat mengetahui perubahan energi yang terjadi di dalamnya.



Gambar 0.1 Bagan pembahasan ilmu termokimia

Untuk memudahkan dalam memahami konsep kalor, mari kita bersama-sama simak contoh berikut ini. Ada sebuah termos yang di dalamnya berisi air panas, dalam hal ini kita tidak dapat mengatakan jika di dalam air tersebut, mengandung banyak kalor. Termos tersebut memiliki energi yang kita sebut energi internal. Namun, bukan berarti air tersebut mengandung banyak kalor. Mengapa? Karena kalor akan ada jika energi di dalam energi tersebut berubah sehingga air di dalam termos akan memiliki kalor jika ada perubahan energi di dalamnya. Lalu, kapan kalor itu ada? Kalor itu ada apabila air dikeluarkan dari dalam termos, kemudian air ini berinteraksi dengan lingkungan sehingga terjadi perubahan energi.

Kalor dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lain karena adanya perbedaan suhu. Seperti pada contoh sebelumnya, apabila air di dalam termos memiliki suhu 100°C, kemudian kita menuangkan air tersebut pada gelas yang berisi air dengan suhu 25°, akan ada perpindahan kalor dari air yang suhunya lebih tinggi menuju air yang suhunya lebih rendah. Perubahan suhu inilah yang nantinya akan dapat kita gunakan dalam menentukan suatu reaksi kimia bersifat endoterm atau eksoterm.

PENGAMATAN 1

Ambillah sebuah es batu yang ada di sekitar Anda, Peganglah es batu tersebut dengan tangan kosong. Maka lama kelamaan tangan Anda akan terasa dingin. Diskusikan dengan teman Anda bagaimanakah proses terjadinya perpindahan kalor antara es batu dengan tangan Anda? Apa yang menyebabkan terjadinya proses tersebut?

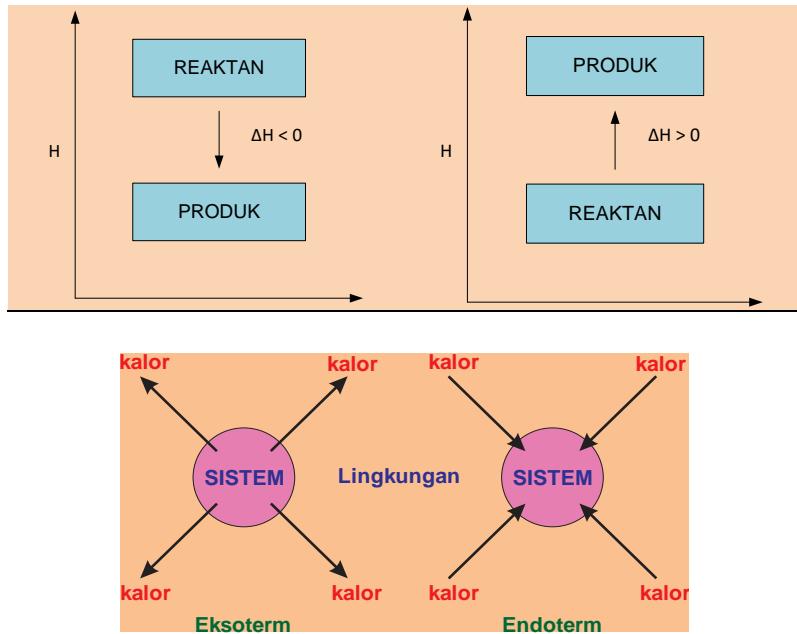
B. Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Pada proses perpindahan energi, energi berpindah dari lingkungan ke sistem atau sebaliknya. Apa itu sistem dan lingkungan? Sistem adalah segala sesuatu yang dipelajari perubahannya. Lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di sekeliling sistem dan tentunya terpengaruh akan adanya sistem tersebut. Dalam pelajaran kimia yang biasanya berhubungan dengan reaksi, sistem di sini dapat kita katakan sebagai jumlah zat yang bereaksi, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu selain zat yang bereaksi tersebut, misalnya gelas kimia yang menjadi tempat terjadinya reaksi.

Reaksi kimia berlangsung dengan dua cara, yaitu menyerap atau membebaskan kalor. Jika menyerap kalor, reaksi ini disebut reaksi endoterm, sedangkan jika membebaskan kalor, reaksi ini disebut reaksi eksoterm. Perhatikan perbedaan antara reaksi eksoterm dan endoterm pada Tabel 1.1.

Tabel 0.1 Perbedaan Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Eksoterm	Endoterm
✓ Melepaskan kalor ke lingkungan	✓ Menyerap kalor dari lingkungan
✓ Kalor yang dilepaskan ke lingkungan akan meningkatkan suhu lingkungan	✓ Kalor yang diserap oleh sistem akan menurunkan suhu lingkungan
✓ Kalor yang dilepaskan ke lingkungan menyebabkan penurunan entalpi reaksi	✓ Kalor yang diserap oleh sistem menyebabkan kenaikan entalpi reaksi
✓ $\Delta H = H(\text{produk}) - H(\text{reaktan}) < 0$	✓ $\Delta H = H(\text{produk}) - H(\text{reaktan}) > 0$

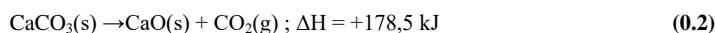


Gambar 0.2 Ilustrasi proses reaksi eksotermis dan endotermis

Pada reaksi eksoterm, kalor akan dilepas di lingkungan sehingga kalor yang dilepaskan akan meningkatkan suhu lingkungan, tetapi suhu sistemnya akan turun. Contohnya: reaksi pencampuran antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl). Pada saat diukur, suhunya naik. Suhu manakah yang naik? Suhu sistem atau suhu lingkungan? Reaksi pencampuran ini bersifat eksoterm karena suhu lingkungannya yang naik. Suhu lingkungan naik karena reaksi ini menghasilkan panas dan panas ini dilepaskan ke lingkungan. Panas yang dilepas ke lingkungan ini akan menyebabkan penurunan entalpi reaksi. Hal ini terjadi karena entalpi produk lebih kecil daripada entalpi reaktan sehingga ΔH -nya memiliki nilai negatif. Contoh lain dari reaksi eksoterm adalah pembentukan CO_2 dari C dan O_2 , berikut adalah persamaan reaksinya:



Pada reaksi endoterm, karena reaksi ini menyerap kalor dari lingkungan, kalor yang diserap oleh sistem ini akan menyebabkan turunnya suhu lingkungan. Kalor yang diserap akan menaikkan entalpi reaksi sehingga nilai ΔH -nya bertanda positif karena entalpi produk lebih tinggi daripada entalpi reaktan. Berikut adalah salah satu contoh reaksi endoterm, yaitu reaksi peruraian CaCO_3 menjadi CaO dan CO_2 .



(0.2)

PENGAMATAN 2

Siapkan sebuah gelas kecil berisi air secukupnya, kemudian ambillah sebuah batu kapur berukuran secukupnya. Peganglah gelas tersebut dengan tangan Anda, lalu masukkan batu kapur tersebut ke dalam gelas yang berisi air tadi. Apa yang Anda rasakan ketika batu kapur mulai melarut ke dalam air? Reaksi ini termasuk reaksi endoterm atau eksoterm? Diskusikan fenomena ini dengan teman sebangku Anda.

C. Persamaan Termokimia

Pada suatu reaksi kimia, untuk dapat mengetahui seberapa besar jumlah kalor yang terjadi, kita perlu menyusun terlebih dahulu persamaan termokimianya. Apa saja yang diperlukan dalam menyusun persamaan termokimia? Berikut adalah langkah-langkah yang diperlukan untuk menyusun persamaan termokimia.

- a. Pertama-tama, tuliskan persamaan reaksi, lengkap dengan koefisien dan fasenya, lalu tuliskan ΔH di ruas sebelah kanan atau bersebelahan dengan hasil reaksi.
- b. Untuk reaksi eksoterm, ΔH -nya bernilai negatif dan sebaliknya, untuk reaksi endoterm, ΔH -nya bernilai positif.
- c. Jika persamaan termokimia dikalikan dengan suatu faktor tertentu, nilai ΔH juga harus dikalikan dengan faktor tersebut. Begitu juga apabila persamaan termokimia dibagi dengan faktor tertentu, nilai ΔH -nya juga harus dibagi dengan faktor yang sama. Jika ada dua persamaan yang ditambahkan, ΔH -nya juga harus dijumlah, begitu juga dengan operasi pengurangan.
- d. Koefisien pada persamaan termokimia sama dengan jumlah mol setiap komponen/molekul.
- e. Jika arah persamaan kimianya dibalik, nilai ΔH akan berubah tandanya, dari (+) menjadi (-) atau sebaliknya.

Contoh Soal 1:

Sebanyak 2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ dan 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ bereaksi membentuk air disertai pelepasan kalor sebesar 572 kJ. Tuliskan persamaan termokimia untuk pembentukan satu mol air. Tuliskan juga reaksi untuk kebalikannya.

Jawab:

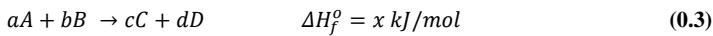
- 1) Susun persamaan reaksinya terlebih dahulu lengkap dengan koefisiennya sesuai dengan jumlah mol yang diketahui.
$$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- 2) Tuliskan jumlah entalpi yang diperlukan di sebelah kanan hasil reaksi. Karena reaksi ini melepas kalor, reaksinya adalah eksotermis dan nilai ΔH nya negatif.
$$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -572 \text{ kJ}$$
- 3) ΔH tersebut di atas adalah untuk pembentukan 2 mol air. Maka, untuk mendapatkan persamaan termokimia pembentukan 1 mol air, persamaan termokimia harus kita bagi 2.
$$\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ/mol}$$
- 4) Reaksi kebalikannya menjadi reaksi peruraian $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ menjadi $\text{CO}_2(\text{g})$ dan $\text{O}_2(\text{g})$
$$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{ O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 286 \text{ kJ/mol}$$

D. Entalpi dan Jenis-Jenis Perubahan Entalpi Reaksi

Perubahan entalpi yang diukur pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut perubahan entalpi standar (ΔH°). Jenis-jenis perubahan entalpi standar bergantung pada jenis reaksi, di antaranya adalah perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°), perubahan entalpi penguraian standar (ΔH_d°) dan perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c°).

1. Perubahan Entalpi Pembentukan Standar

Perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) adalah perubahan entalpi yang menyertai reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya dan diukur pada keadaan standar. Simbol *f* di sini adalah *formation* yang berarti pembentukan. Entalpi pembentukan biasa dinyatakan dalam kJ/mol. Pada umumnya, persamaan termokimia dinyatakan:



dimana *a*, *b*, *c* dan *d* adalah koefisien reaksi, *A*, *B*, *C* dan *D* adalah jenis senyawa dan ΔH° adalah perubahan entalpi pada keadaan tersebut. Nilai entalpi pembentukan standar memiliki kriteria sebagai berikut.

- a. Bernilai positif jika menyerap panas dari lingkungan.
- b. Bernilai negatif jika melepas panas ke lingkungan.
- c. Bernilai nol jika unsur tersebut sudah terdapat di alam secara alami.

- d. Bentuk unsur yang sudah ada di alam terbagi menjadi dua, yaitu monoatomik dan poliatomik.

Tabel 0.2 Simbol Entalpi pada Berbagai Proses

Simbol	Proses yang Direpresentasikan
ΔH_{comb}	Heat of combustion (Pembakaran)
ΔH_f	Heat of formation (Pembentukan)
ΔH_r	Heat of a reaction (Reaksi)
ΔH_{fus}	Heat of fusion (Peleburan)
ΔH_{vap}	Heat of vaporization (Penguapan)
$\Delta H_{\text{solid (fre)}}$	Heat of solidification (Pembekuan)
ΔH_{cond}	Heat of condensation (Pengembunan)
ΔH_{sol}	Heat of solution (Pelarutan)

Monoatomik berarti hanya tersusun atas satu unsur, termasuk golongan dari gas mulia dan logam lainnya. Beberapa contoh unsur monoatomik adalah C(s), Fe(s), H⁺(aq), Ba(s), Ca(s), Mg(s), Na(s), Al(s), B(s), Zn(s) dan P(s). Poliatomik berarti unsur pembentukannya lebih dari satu unsur. Contoh unsur poliatomik adalah O₂(g), Cl₂(g), P₄(s), H₂(g), Br₂(l), N₂(g), I₂(g), F₂(g) dan beberapa unsur gas lainnya selain gas mulia. Semua unsur yang sudah terdapat di alam ini nilai entalpi pembentukannya adalah 0. Nilai entalpi pembentukan berbagai zat serta persamaan termokimia reaksi pembentukannya dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 0.3 Nilai Entalpi Pembentukan Berbagai Zat dan Persamaan Termokimia Pembentukannya

Rumus Kimia Zat	ΔH_f° (kJ/mol)	Persamaan Termokimia Reaksi Pembentukan
H ₂ O(l)	-285,9	H ₂ (g)+½O ₂ (g)→H ₂ O(l) $\Delta H_f^\circ = -285,9$ kJ
H ₂ O(g)	-241,8	H ₂ (g)+½O ₂ (g)→H ₂ O(g) $\Delta H_f^\circ = -241,8$ kJ
C(grafit)	0,0	C(grafit)→C(grafit) $\Delta H_f^\circ = 0$ kJ
C(intan)	1,9	C(grafit)→C(intan) $\Delta H_f^\circ = 1,9$ kJ
C(g)	718,4	C(grafit)→C(g) $\Delta H_f^\circ = 718,4$ kJ
CO(g)	-110,5	C(grafit)+½O ₂ (g)→CO(g) $\Delta H_f^\circ = -110,5$ kJ
CO ₂ (g)	-393,5	C(grafit)+O ₂ →CO ₂ (g) $\Delta H_f^\circ = -393,5$ kJ
C ₂ H ₅ OH(l)	-277,7	2C(grafit)+3H ₂ (g)+½O ₂ (g)→C ₂ H ₅ OH(l) $\Delta H_f^\circ = -277,7$ kJ
NaCl(s)	-410,9	Na(s)+½Cl ₂ (g)→NaCl(s) $\Delta H_f^\circ = -410,9$ kJ
C ₂ H ₂ (g)	226,7	2C(grafit)+H ₂ (g)→C ₂ H ₂ (g) $\Delta H_f^\circ = 226,7$ kJ

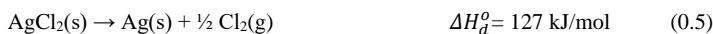
2. Perubahan Entalpi Penguraian Standar

Perubahan entalpi penguraian standar (ΔH_d°) adalah perubahan entalpi yang menyertai reaksi penguraian satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya dan diukur pada

keadaan standar. Contohnya: penguraian satu mol $H_2O(l)$, persamaan termokimia untuk penguraian $H_2O(l)$ pada keadaan standar adalah sebagai berikut:



Menurut Hukum Laplace, jumlah kalor yang dibebaskan pada pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya sama dengan jumlah kalor yang diperlukan pada penguraian senyawa tersebut menjadi unsur-unsurnya. Jadi, entalpi penguraian merupakan kebalikan dari entalpi pembentukan senyawa yang sama. Dengan demikian, jumlah kalornya sama, tetapi tandanya berlawanan karena reaksinya berlawanan arah. Berikut adalah contoh-contoh lainnya dari perubahan entalpi peruraian standar.



3. Perubahan Entalpi Pembakaran Standar

Perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c^o) adalah perubahan entalpi yang menyertai reaksi pembakaran satu mol senyawa dengan gas oksigen dan diukur pada keadaan standar. Ciri utama dari reaksi pembakaran ada tiga, yaitu merupakan reaksi eksoterm, melibatkan oksigen dalam reaksinya dan produk pembakarannya adalah sebagai berikut: karbon akan terbakar menjadi CO_2 , hidrogen akan terbakar menjadi H_2O , dan belerang akan terbakar menjadi SO_2 . Nilai entalpi pembakaran dari berbagai zat pada kondisi standar dapat dilihat pada Tabel 0.4.

Tabel 0.4 Entalpi Pembakaran dari Berbagai Zat pada Kondisi Standar

Nama Zat	ΔH_c^o (kJ/mol)	Persamaan Reaksi Pembakaran
Karbon	-393,5	$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$
Hidrogen	-285,85	$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$
	-241,6	$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$
Belerang	-297	$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$
Karbon Monoksida	-283	$CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$
Metana	-802	$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
Asetilen	-1256	$C_2H_2(g) + 2\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + H_2O(g)$
Metanol	-638	$CH_3OH(l) + 1\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$
Isooktana	-5460	$C_8H_{18}(l) + 12\frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(g)$

Contoh Soal 2:

Pembakaran bensin adalah suatu proses eksoterm. Apabila bensin dianggap terdiri atas isoooktana, C_8H_{18} (salah satu komponen bensin), tentukanlah jumlah kalor yang dibebaskan

pada pembakaran 1 liter bensin. Diketahui entalpi pembakaran isooktana = -5460 kJ/mol dan massa jenis isooktan = 0,7 kg/L

Jawab:

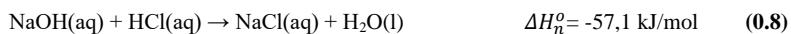
$$\begin{aligned}\text{Massa 1 liter bensin} &= \text{berat jenis isooktana} \times \text{volume bensin} \\ &= 0,7 \text{ kg/L} \times 1\text{L} \\ &= 0,7 \text{ kg} \\ &= 700 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Isooktana} &= \text{massa isooktana} / \text{Mr Isooktana} \\ &= 700 \text{ gram} / (114 \text{ gram/mol}) \\ &= 6,14 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Entalpi pembakaran} &= \text{mol} \times \text{Entalpi pembakaran tiap mol} \\ &= 6,14 \times (-5460 \text{ kJ/mol}) \\ &= -33524 \text{ kJ}\end{aligned}$$

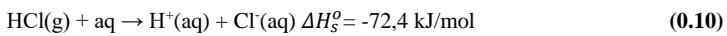
4. Perubahan Entalpi Netralisasi Standar

Perubahan entalpi netralisasi standar (ΔH_n^o) adalah perubahan entalpi yang menyertai reaksi netralisasi satu mol basa oleh asam pada keadaan standar. Contohnya: netralisasi natrium hidroksida dengan menggunakan asam klorida. Berikut adalah persamaan termokimianya.



5. Perubahan Entalpi Pelarutan Standar

Perubahan entalpi pelarutan standar menyatakan jumlah kalor yang diperlukan atau dibebaskan untuk melarutkan 1 mol zat pada keadaan standar. Entalpi pelarutan standar diberi simbol (ΔH_s^o). Simbol s berasal dari kata *solvation* yang berarti pelarutan. Sifat kelarutan suatu zat di dalam air dapat dilihat dari nilai ΔH_s^o nya. Apabila nilai $\Delta H_s^o < 0$, zat tersebut larut dalam air. Apabila ΔH_s^o nilainya sangat positif, zat tersebut tidak larut dalam air. Berikut ini adalah beberapa contoh persamaan termokimia untuk proses pelarutan:



6. Perubahan Entalpi Molar Lain

Selain perubahan entalpi molar yang telah dibahas, masih terdapat berbagai entalpi molar lain, seperti entalpi peleburan, entalpi penguapan, entalpi sublimasi dan entalpi pengatoman. Masing-masing dihitung berdasarkan kuantitas per mol. Semua entalpi molar dinyatakan dalam kJ/mol.

E. Penentuan Entalpi Reaksi

Pada bagian ini, kita akan membahas cara-cara yang dapat digunakan untuk mengetahui besarnya perubahan entalpi pada suatu reaksi. Secara umum, ada empat cara yang sudah sering digunakan, yaitu menggunakan alat eksperimen yang bernama kalorimeter (kalorimetri), menggunakan Hukum Hess (Hukum Penjumlahan), menggunakan tabel entalpi pembentukan, dan menggunakan data energi ikatan.

1. Kalorimetri

Kalorimetri merupakan cara penentuan kalor reaksi dengan menggunakan kalorimeter. Seperti yang telah kita ketahui, perubahan entalpi adalah perubahan kalor yang diukur pada tekanan konstan sehingga menentukan perubahan entalpi dilakukan dengan cara yang sama dengan penentuan perubahan kalor yang dilakukan pada tekanan konstan. Perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi pada reaksi tersebut. Pengukuran perubahan kalor dapat dilakukan dengan alat yang disebut kalorimeter.

Kalorimeter adalah suatu sistem terisolasi (tidak ada perpindahan materi maupun energi dengan lingkungan di luar kalorimeter). Jika dua buah zat atau lebih dicampur menjadi satu, zat yang suhunya tinggi akan melepaskan kalor, sedangkan zat yang suhunya rendah akan menerima kalor, sampai tercapai kesetimbangan termal.

Berdasarkan Asas Black, berlaku pernyataan jumlah kalor yang dilepas oleh benda panas sama dengan jumlah kalor yang diterima (diserap) oleh benda dingin. Di mana secara umum Asas Black dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{lepas} = Q_{terima} \quad (0.12)$$

Jumlah kalor (Q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{larutan} = m \times C_p \times \Delta T \quad (0.13)$$

$$Q_{kalorimeter} = C \times \Delta T \quad (0.14)$$

dimana, q = jumlah kalor (J)

m = massa zat (kg)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

C_p = kalor jenis ($\text{J}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$) atau ($\text{J}/\text{kg.K}$)

C = kapasitas kalor kalorimeter ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$) atau (J/K)

Karena tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, persamaan kalor untuk sistem kalorimeter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q_{reaksi} = -(Q_{larutan} + Q_{kalorimeter}) \quad (0.15)$$

$$\Delta H = \frac{Q_{reaksi}}{\text{jumlah mol}} \quad (0.16)$$

Ada dua jenis kalorimeter yang umum diketahui, yaitu kalorimeter bom (kalorimeter volum konstan) dan kalorimeter sederhana (kalorimetri tekanan konstan)

2. Kalorimeter Bom

Kalorimeter bom adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O_2 berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar atau khusus digunakan untuk menentukan kalor dari reaksi-reaksi pembakaran. Kalorimeter ini terdiri atas sebuah bom (tempat berlangsungnya reaksi pembakaran, terbuat dari bahan *stainless steel* dan diisi dengan gas oksigen pada tekanan tinggi) dan sejumlah air yang dibatasi dengan wadah yang kedap panas. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam terpasang dalam tabung. Reaksi pembakaran yang terjadi di dalam bom, akan menghasilkan kalor dan diserap oleh air dan bom. Oleh karena tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, maka :

$$Q_{reaksi} = -(Q_{air} + Q_{bom}) \quad (0.17)$$

Jumlah kalor yang diserap oleh air dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{air} = m_{air} C_{p_{air}} \Delta T \quad (0.18)$$

dengan m_{air} = massa air dalam kalorimeter (kg)

$C_{p_{air}}$ = kalor jenis air dalam kalorimeter ($\text{J}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$) atau ($\text{J}/\text{kg.K}$)

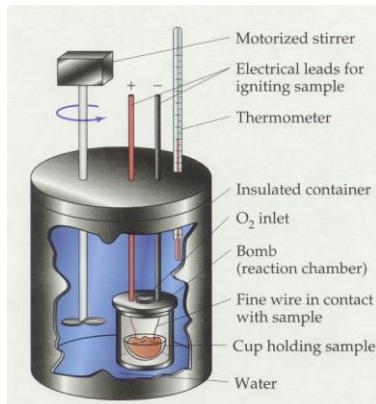
ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

Jumlah kalor yang diserap oleh bom dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{bom} = C_{bom} \Delta T \quad (0.19)$$

dengan, C_{bom} = kapasitas kalor bom ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$ atau J/K)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K)



Sumber : Gilbert, Thomas N. et al. 2012.
Chemistry: The Science in Context (3rd edition).
New York: W. W. Norton & Company, Inc.
Gambar 0.3 Kalorimeter bom

Reaksi yang berlangsung pada kalorimeter bom berlangsung pada volume tetap ($\Delta V = \text{nol}$). Oleh karena itu, perubahan kalor yang terjadi di dalam sistem = perubahan energi dalamnya. $\Delta H = Q + W$ dimana $W = -P \cdot \Delta V$ (Jika $\Delta V = 0$ maka $W = 0$) sehingga $\Delta H = Q_{reaksi}$.

3. Kalorimeter Sederhana

Pengukuran kalor reaksi selain kalor reaksi pembakaran dapat dilakukan dengan menggunakan kalorimeter pada tekanan tetap, yaitu dengan kalorimeter sederhana yang dibuat dari gelas *styrofoam*. Kalorimeter ini biasanya dipakai untuk mengukur kalor reaksi yang reaksinya berlangsung dalam fase larutan (misalnya reaksi neutralisasi asam – basa / neutralisasi, pelarutan dan pengendapan).

Pada kalorimeter ini, kalor reaksi = jumlah kalor yang diserap/dilepaskan larutan, sedangkan kalor yang diserap oleh gelas dan lingkungan diabaikan.

$$Q_{reaksi} = -(Q_{larutan} + Q_{kalorimeter}) \quad (0.20)$$

Jika harga kapasitas kalor kalorimeter sangat kecil, hal itu dapat diabaikan sehingga $Q_{kalorimeter} = 0$ dan perubahan kalor dapat dianggap berakibat pada kenaikan suhu larutan dalam kalorimeter yang menjadi $Q_{reaksi} = -Q_{larutan}$ di mana:

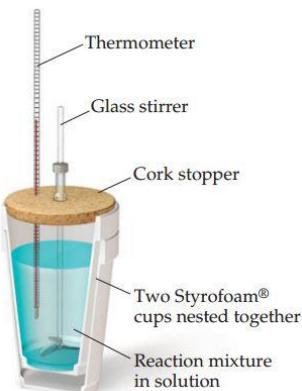
$$Q_{larutan} = m_{larutan} \times C_p_{larutan} \times \Delta T \quad (0.21)$$

dengan $m_{larutan}$ = massa larutan dalam kalorimeter (kg)

C_p _{larutan} = kalor jenis larutan dalam kalorimeter (J/kg.°C)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

Pada kalorimeter ini, reaksi berlangsung pada tekanan tetap ($\Delta P = 0$) sehingga perubahan kalor yang terjadi dalam sistem = perubahan entalpinya ($\Delta H = Q_{reaksi}$).



Sumber : <http://kimiadasar.com/kalorimeter/>
Gambar 0.4 Kalorimeter sederhana

Contoh kalorimeter sederhana adalah kalorimeter larutan. Kalorimeter larutan adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang terlibat pada reaksi kimia dalam sistem larutan. Pada dasarnya, kalor yang dibebaskan/diserap menyebabkan perubahan suhu pada kalorimeter. Berdasarkan perubahan suhu per kuantitas pereaksi, kemudian dihitung kalor reaksi dari reaksi sistem larutan tersebut. Kalorimeter larutan dengan ketelitian cukup tinggi dapat diperoleh di pasaran.

PERCOBAAN 1.1: KALORIMETER SEDERHANA

Alat yang diperlukan:

- 2 buah gelas *styrofoam*
- 1 buah gelas beker
- Batang pengaduk
- Termometer
- Penutup dari kardus bekas/gabus

Cara Pembuatan:

1. Buatlah lubang pada kardus bekas/gabus sesuai dengan diameter termometer yang Anda gunakan.
2. Gabungkan kedua gelas *styrofoam* tersebut, kemudian letakkan kedua *styrofoam* di atas gelas beker.
3. Gunakan kardus bekas yang telah dilubangi tadi sebagai penutup gelas *styrofoam*, masukkan termometer ke dalam lubang yang telah dibuat pada kardus bekas.
4. Kalorimeter sederhana siap untuk digunakan mengukur perubahan entalpi.



Gambar 0.5. Rangkaian alat kalorimeter sederhana.

Soal 3:

Di dalam sebuah kalorimeter, terdapat zat yang bereaksi secara endoterm. Reaksi tersebut menyebabkan 1 kg air yang terdapat di dalam kalorimeter mengalami penurunan suhu sebesar 5°C . Tentukan kalor reaksi dari reaksi tersebut. ($Cp_{air} = 4,2 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$).

Jawab :

$$Q = m_{air} Cp_{air} \Delta T$$

$$= 1000 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J/(g.}^{\circ}\text{C)} \cdot 5^{\circ}\text{C}$$

$$= 21000 \text{ J}$$

$$= 21 \text{ kJ}$$

Contoh Soal 3:

50 mL larutan HCl 1 M yang suhunya 22°C dicampurkan dengan 50 mL larutan NaOH 1 M yang suhunya 22°C . Pada reaksi tersebut, terjadi kenaikan suhu campuran hingga $28,78^{\circ}\text{C}$. Kalor jenis larutan $4,18 \text{ J/g.}^{\circ}\text{C}$ di mana massa jenis larutan 1 g/mL . Tentukan entalpi neutralisasi dan tulis persamaan termokimianya.

Jawab:

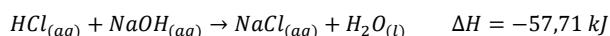
$$\text{Volume larutan} = 100 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat larutan} &= 100 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} \\ &= 100 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{larutan}} C p_{\text{larutan}} \Delta T \\ &= 100 \text{ g} \times 4,18 \text{ J/g.}^{\circ}\text{C} \times (28,78 - 22) \text{ K} \\ &= 2885,4 \text{ J} \\ &= 2,8854 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= -Q \\ &= -2,8854 \text{ kJ untuk pencampuran HCl dan NaOH } 0,05 \text{ mol} \\ &= -57,71 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Persamaan termokimianya adalah:



Contoh Soal 4:

Dalam kalorimeter yang telah dikalibrasi dan terbuka, direaksikan 50 g alkohol dan 3 g logam natrium. Jika suhu awal campuran 30°C dan setelah reaksi suhunya 75°C , tentukan ΔH reaksi. Diketahui kalor jenis larutan $3,65 \text{ J/g.}^{\circ}\text{C}$, kapasitas kalor kalorimeter $150 \text{ J/}^{\circ}\text{C}$ dan suhu kalorimeter naik sebesar 10°C .

Jawab:

$$m_{\text{larutan}} = 50 \text{ g} + 3 \text{ g}$$

$$= 53 \text{ g}$$

$$\Delta T_{\text{larutan}} = 75^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$$

$$= 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{larutan}} &= m_{\text{larutan}} C p_{\text{larutan}} \Delta T \\&= 53 \text{ g} \times 3,65 \text{ J/g}^\circ\text{C} \times 45 \text{ } ^\circ\text{C} \\&= 8705,25 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{kalorimeter}} &= C_{\text{kalorimeter}} \Delta T \\&= 150 \text{ J}/^\circ\text{C} \times 10 \text{ } ^\circ\text{C} \\&= 1500 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{reaksi}} &= -(Q_{\text{larutan}} + Q_{\text{kalorimeter}}) \\&= -(8705,25 + 1500) \text{ J} \\&= -10.205,25 \text{ J} \\&= -10,205 \text{ kJ}\end{aligned}$$

Hukum Hess

Hukum ini dikemukakan oleh Germain Henry Hess pada tahun 1840 yang berbunyi “Bila suatu perubahan kimia dapat dibuat menjadi beberapa jalan/cara yang berbeda, jumlah perubahan energi panas keseluruhannya (total) adalah tetap, tidak bergantung pada jalan/cara yang ditempuh”. Maksudnya, suatu reaksi dapat terjadi melalui beberapa tahap reaksi, dan bagaimanapun tahap atau jalan yang ditempuh tidak akan memengaruhi entalpi reaksi. Perubahan entalpi reaksi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhir sistem. Bukan tahap atau jalan yang ditempuh. Perubahan entalpi ini juga merupakan penjumlahan entalpi reaksi dari setiap tahap. Dengan demikian, hukum Hess dapat digunakan untuk menghitung ΔH reaksi berdasarkan reaksi-reaksi lain yang ΔH -nya sudah diketahui.

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \quad (0.22)$$

Hukum ini digunakan ketika kita ingin mengetahui perubahan entalpi suatu reaksi, tetapi tidak dapat diukur menggunakan kalorimeter secara langsung. Sebagai contoh, penentuan perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f^0) CO. Reaksi pembakaran karbon tidak mungkin hanya menghasilkan gas CO tanpa disertai terbentuknya gas CO₂. Jadi, bila dilakukan pengukuran perubahan entalpi dari reaksi tersebut; yang terukur tidak hanya reaksi pembentukan gas CO, tetapi juga perubahan entalpi dari reaksi pembentukan gas CO₂.

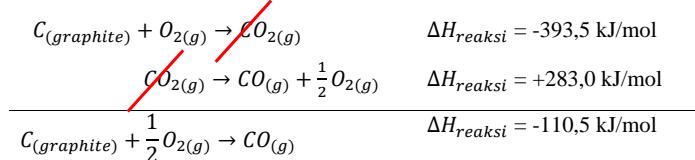
Dalam penerapan Hukum Hess, persamaan termokimia yang ada terkadang perlu dimodifikasi terlebih dahulu. Berikut beberapa aturan dalam memanipulasi persamaan termokimia.

- Ketika persamaan reaksi dibalik (reaktan menjadi produk, produk menjadi reaktan), tanda nilai ΔH juga harus dibalik (dari positif menjadi negatif, dan sebaliknya).
- Substansi yang dihilangkan dari kedua sisi persamaan reaksi harus dalam fase yang sama.
- Jika semua koefisien dari suatu persamaan reaksi dikali atau dibagi dengan faktor yang sama, nilai ΔH reaksi tersebut juga harus dikali atau dibagi dengan faktor tersebut.

Contoh Soal 5:

Hitunglah jumlah perubahan entalpi pada proses pembuatan CO

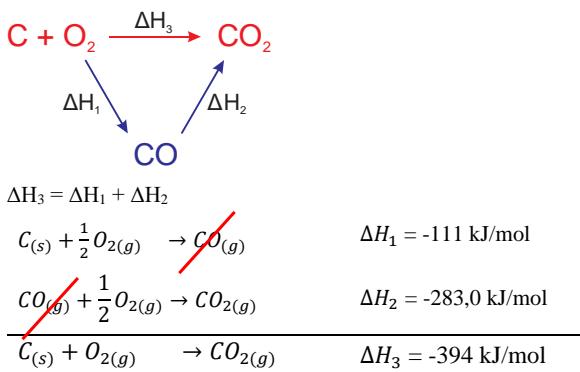
Jawab:



Contoh Soal 6:

Hitunglah jumlah perubahan entalpi pada proses pembuatan CO_2 dari proses pembakaran atom C dengan menggunakan O_2

Jawab:



4. Entalpi Pembentukan (ΔH_f^o)

Kalor suatu reaksi dapat juga ditentukan dari data entalpi pembentukan zat pereaksi dan produknya. Dalam hal ini, zat pereaksi dianggap terlebih dahulu terurai menjadi unsur-unsurnya, kemudian unsur-unsur itu bereaksi membentuk zat produk.

$$\Delta H_{reaksi} = \Sigma n. \Delta H_f^o (\text{produk}) - \Sigma n. \Delta H_f^o (\text{reaktan}) \quad (0.23)$$

Apabila suatu reaksi memiliki persamaan reaksi $aA + bB \rightarrow cC + dD$ dimana a, b, c dan d adalah koefisien stoikiometrik, persamaan entalpi reaksinya adalah:

$$\Delta H_{reaksi} = [c. \Delta H_f^o (C) + d. \Delta H_f^o (D)] - [a. \Delta H_f^o (A) + b. \Delta H_f^o (B)] \quad (0.24)$$

Beberapa nilai entalpi pembentukan suatu senyawa dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 0.5 Entalpi Pembentukan Senyawa

Senyawa	ΔH_f^o (kJ/mol)	Senyawa	ΔH_f^o (kJ/mol)
H ₂ (g)	0	C ₂ H ₄ (g)	+52,5
O ₂ (g)	0	CCl ₄ (g)	-96,0
C(s)	0	NH ₃ (g)	-45,9
H ₂ O(g)	-241,8	NO ₂ (g)	+33,2
H ₂ O(l)	-285,8	SO ₂ (g)	-296,8
CO ₂ (g)	-393,5	HCl(g)	-92,3
CO(g)	-110,5	NO(g)	+90,3

Contoh Soal 7:

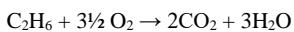
Tentukan perubahan entalpi reaksi pembakaran C₂H₈, jika diketahui:

$$\Delta H_f^o C_2H_6 = -84,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^o CO_2 = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^o H_2O = -285,5 \text{ kJ/mol}$$

Jawab:



$$\Delta H_{reaksi} = \Sigma n. \Delta H_f^o (\text{produk}) - \Sigma n. \Delta H_f^o (\text{reaktan})$$

$$\Delta H_{reaksi} = [2 \times \Delta H_f^o CO_2 + 3 \times \Delta H_f^o H_2O] - [\Delta H_f^o C_2H_6 + 3 \frac{1}{2} \times \Delta H_f^o O_2]$$

$$= [2 \times -393,5 + 3 \times -285,5] - [84,7 + 3 \frac{1}{2} \times 0]$$

$$= -1559,7 \text{ kJ/mol}$$

Contoh Soal 8:

Dengan menggunakan data entalpi pembentukan pada Tabel 1.5., hitunglah:

- a. ΔH reaksi pembakaran C₂H₄
b. Jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 56 g gas C₂H₄

Jawab:

- a. Reaksi Pembakaran C₂H₄

$$\begin{aligned}C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} &\rightarrow 2CO_{2(l)} + 2H_2O_{(l)} \\ \Delta H_{reaksi} &= \Sigma n \cdot \Delta H_f^o \text{ (produk)} - \Sigma n \cdot \Delta H_f^o \text{ (reaktan)} \\ &= [2 \times \Delta H_f^o CO_2 + 2 \times \Delta H_f^o H_2O] - [\Delta H_f^o C_2H_4 + 3 \times \Delta H_f^o O_2] \\ &= (2 \times -393,5 + 2 \times -285,5) - (1 \times 52,5 + 3 \times 0) \\ &= -787 - 571,6 + 52,5 \\ &= -1306,1 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

- b. massa C₂H₄ = 56 g

$$\begin{aligned}Mr C_2H_4 &= (2 \times 12) + (4 \times 1) \\ &= 28\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}mol C_2H_4 &= 56/28 \\ &= 2 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{reaksi} 2 \text{ mol } C_2H_4 &= 2 \text{ mol} \times (-1306,1 \text{ kJ/mol}) \\ &= -2612,2 \text{ kJ}\end{aligned}$$

Jadi, pada pembakaran 56 gram gas C₂H₄ dibebaskan kalor sebesar 2612,2 kJ.

5. Energi Ikatan

Energi ikatan (D) didefinisikan sebagai energi yang diperlukan untuk memutuskan 1 mol ikatan dari suatu molekul dalam wujud gas. Reaksi kimia antarmolekul dapat dianggap berlangsung dalam 2 tahap, yaitu pemutusan ikatan pada pereaksi dan pembentukan ikatan pada produk sehingga entalpi reaksi dapat diestimasi dari total energi ikatan dari ikatan yang putus dikurangi total energi ikatan dari ikatan yang terbentuk.

$$\Delta H_{reaksi} = \Sigma D(\text{ikatan putus}) - \Sigma D(\text{ikatan terbentuk}) \quad (0.25)$$

$$\Delta H_{reaksi} = \Sigma D(\text{reaktan}) - \Sigma D(\text{produk}) \quad (0.26)$$

Energi ikatan dinyatakan dalam kJ/mol, energi ikatan antaratom untuk berbagai senyawa dapat dilihat pada Tabel 0.6.

Tabel 0.6 Energi Ikat Antaratom dari Berbagai Senyawa (kJ/mol)

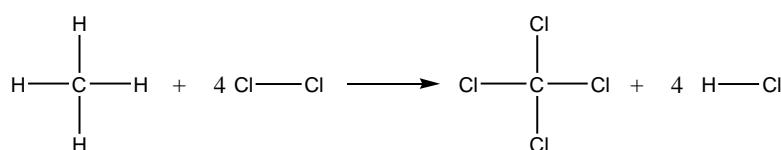
Ikatan Tunggal						
<i>C – H</i>	413	<i>N – H</i>	391	<i>O – H</i>	463	<i>F – F</i>
<i>C – C</i>	348	<i>N – N</i>	163	<i>O – O</i>	146	
<i>C – N</i>	293	<i>N – O</i>	201	<i>O – F</i>	196	<i>Cl – F</i>
<i>C – O</i>	358	<i>N – F</i>	272	<i>O – Cl</i>	190	<i>Cl – Cl</i>
<i>C – F</i>	485	<i>N – Cl</i>	200	<i>O – I</i>	234	
<i>C – Cl</i>	328	<i>N – Br</i>	243			<i>Br – F</i>
<i>C – Br</i>	276			<i>S – H</i>	339	<i>Br – Cl</i>
<i>C – I</i>	240	<i>H – H</i>	436	<i>S – F</i>	327	<i>Br – Br</i>
<i>C – S</i>	259	<i>H – F</i>	567	<i>S – Cl</i>	253	
		<i>H – Cl</i>	431	<i>S – Br</i>	218	<i>I – Cl</i>
<i>Si – H</i>	323	<i>H – Br</i>	366	<i>S – S</i>	266	<i>I – Br</i>
<i>Si – Si</i>	226	<i>H – I</i>	299			<i>I – I</i>
<i>Si – C</i>	301					
<i>Si – O</i>	368					
<i>Si – Cl</i>	464					
Ikatan Ganda (lebih dari 1)						
<i>C = C</i>	614	<i>N = N</i>	418	<i>S = O</i>	523	
<i>C ≡ C</i>	839	<i>N ≡ N</i>	941	<i>S ≡ O</i>	418	
<i>C = N</i>	615	<i>N = O</i>	607			
<i>C ≡ N</i>	891					
<i>C = O</i>	799	<i>O = O</i>	495			
<i>C ≡ O</i>	1072					

Sumber: Brown, Theodore L. et al. 2015. Chemistry: The Central Science (13 edition). New Jersey: Pearson Education, Inc.).

Contoh Soal 9:

Dengan menggunakan Tabel 0.6., hitunglah perubahan entalpi reaksi: $CH_4 + 4Cl_2 \rightarrow CCl_4 + 4HCl$.

Jawab:



$$\begin{aligned}\Delta H_{reaksi} &= \Sigma D(\text{ikatan putus}) - \Sigma D(\text{ikatan terbentuk}) \\ &= [(4 \times C - H) + (4 \times Cl - Cl)] - [(4 \times C - Cl) + (4 \times H - Cl)] \\ &= [4(413) + 4(242)] - [4(328) + 4(431)] \\ &= 2620 - 3036\end{aligned}$$

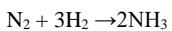
= -416 kJ/mol

Contoh Soal 10:

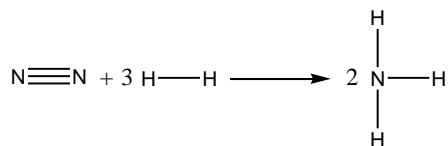
Hitunglah nilai perubahan entalpi reaksi pembuatan NH_3 .

Jawab:

Persamaan reaksi pembuatan NH_3 adalah:



apabila digambarkan dalam bentuk ikatan atomnya, akan terlihat seperti pada gambar di bawah ini.



$$\begin{aligned}\Delta H_{reaksi} &= \Sigma D(\text{ikatan putus}) - \Sigma D(\text{ikatan terbentuk}) \\ &= [(N \equiv N) + (3 \times H - H)] - [(2 \times 3 \times N - H)] \\ &= [941 + 3 \times 436] - [2 \times 3 \times 391] \\ &= 2249 - 2346 \\ &= -97 \text{ kJ}\end{aligned}$$

F. Kalor Pembakaran

Reaksi kimia yang umum digunakan untuk menghasilkan energi adalah pembakaran, yaitu suatu reaksi cepat antara bahan bakar dan oksigen yang disertai terjadinya api. Bahan bakar utama dewasa ini adalah bahan bakar fosil, yaitu gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Bahan bakar fosil berasal dari pelapukan sisa organisme, baik tumbuhan atau hewan. Pembentukan bahan bakar fosil ini memerlukan waktu ribuan sampai jutaan tahun.

Bahan bakar fosil terutama terdiri atas senyawa hidrokarbon, yaitu senyawa yang hanya terdiri atas karbon dan hidrogen. Gas alam terdiri atas alkana suku rendah terutama metana dan sedikit etana, propana, dan butana. Seluruh senyawa itu merupakan gas yang tidak berbau. Oleh karena itu, ke dalam gas alam ditambahkan suatu zat yang berbau tidak sedap, yaitu merkaptan sehingga dapat diketahui jika ada kebocoran. Gas alam dari beberapa sumber mengandung H_2S , suatu kontaminan yang harus disingkirkan sebelum

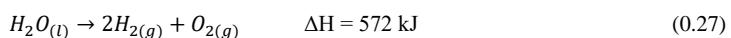
gas digunakan sebagai bahan bakar karena dapat mencemari udara. Beberapa sumur gas juga mengandung helium.

Minyak bumi adalah cairan yang mengandung ratusan macam senyawa, terutama alkana, dari metana hingga yang memiliki atom karbon mencapai lima puluhan. Dari minyak bumi, diperoleh bahan bakar LPG (Liquified Petroleum gas), bensin, minyak tanah, kerosin, solar, dan lain-lain. Pemisahan komponen minyak bumi itu dilakukan dengan distilasi bertingkat. Batu bara adalah bahan bakar padat, yang terutama, terdiri atas hidrokarbon suku tinggi. Batu bara dan minyak bumi juga mengandung senyawa dari oksigen, nitrogen, dan belerang.

Bahan bakar fosil, terutama minyak bumi, telah digunakan dengan laju yang jauh lebih cepat daripada proses pembentukannya. Oleh karena itu, dalam waktu yang tidak terlalu lama lagi, sumber bahan bakar fosil akan segera habis. Untuk menghemat penggunaan minyak bumi dan untuk mempersiapkan bahan bakar pengganti, telah dikembangkan berbagai bahan bakar lain, misalnya gas sintesis (sin-gas) dan hidrogen.

Gas sintetis diperoleh dari gasifikasi batu bara. Batu bara merupakan bahan bakar fosil yang paling melimpah, yaitu sekitar 90% dari cadangan bahan bakar fosil. Akan tetapi, penggunaan bahan bakar batu bara menimbulkan berbagai masalah, misalnya dapat menimbulkan polusi udara yang lebih hebat daripada bahan bakar apa pun. Karena bentuknya yang padat, terdapat keterbatasan penggunaannya. Oleh karena itu, para ahli berupaya mengubahnya menjadi gas sehingga penggunaannya lebih luwes dan lebih bersih. Gasifikasi batu bara dilakukan dengan mereaksikan batubara panas dengan uap air panas. Hasil proses itu berupa campuran gas CO, H₂ dan CH₄.

Bahan sintetis lain yang juga banyak dipertimbangkan adalah hidrogen. Hidrogen cair bersama-sama dengan oksigen cair telah digunakan pada pesawat ulang-alik sebagai bahan bakar roket pendorongnya. Pembakaran hidrogen sama sekali tidak memberi dampak negatif pada lingkungan karena hasil pembakarannya adalah air. Hidrogen dibuat dari air melalui reaksi endoterm berikut:



Energi yang digunakan untuk menguraikan air tersebut berasal dari bahan bakar fosil. . hidrogen bukanlah bahan bakar yang komersial sehingga saat ini mulai gencar dilakukan penelitian untuk menciptakan bahan bakar alternatif agar kita tidak terlalu bergantung pada bahan bakar fosil. Nilai kalor dari berbagai jenis bahan bakar diberikan pada Tabel 0.7 berikut.

Tabel 0.7 Komposisi dan Nilai Kalor dari Berbagai Jenis Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Komposisi			Nilai Kalor (kJ per gram)
	C	H	O	
Gas alam	70	23	0	49
Batu bara (antrasit)	82	1	2	31
Batu bara (bituminos)	77	5	7	32
Minyak mentah	85	12	0	45
Bensin	85	15	0	48
Arang	100	0	0	34
Kayu	50	6	44	18
Hidrogen	0	100	0	142

Nilai kalor bahan bakar digunakan untuk memperkirakan harga energi suatu bahan bakar. Berikut adalah contoh penghitungan bahan bakar yang lebih efisien:

Contoh Soal 11:

Harga arang Rp 400,00/kg, dan harga LPG Rp 800,00/kg. Nilai kalor bakar arang 34 kJ/gram dan nilai kalor bakar LPG 40 kJ/gram. Dari informasi tersebut, dapat diketahui manakah harga kalor yang lebih murah, yang berasal dari arang atau dari LPG.

Jawab:

Misal Jumlah bahan bakar = 1000 gram

Nilai kalor bakar arang = 34 kJ/gram

Nilai kalor bakar LPG = 40 kJ/gram

maka,

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kalor arang} &= 34 \text{ kJ/gram} \times 1000 \text{ gram} \\ &= 34000 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kalor arang/rupiah} &= 34000 \text{ kJ} / \text{Rp. } 400 \\ &= 85 \text{ kJ/rupiah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kalor LPG} &= 40 \text{ kJ/gram} \times 1000 \text{ gram} \\ &= 40000 \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kalor LPG/rupiah} &= 40000 \text{ kJ} / \text{Rp. } 800 \\ &= 50 \text{ kJ/rupiah}\end{aligned}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa kalor dari arang lebih murah dibandingkan dengan kalor yang dihasilkan dari LPG.

1. Penentuan Kalor Bahan Bakar

Secara Empiris

Metode ini sudah dibahas pada subbab sebelumnya, untuk perhitungan secara empiris kita dapat menggunakan bom kalorimeter. Suatu hal yang Anda ketahui, di dalam dunia industri terutama industri kimia rumus kimia bahan bakar terkadang tidak terlalu diperhatikan karena yang terpenting dari suatu bahan bakar adalah nilai kalornya saja. Sebagai contoh, minyak bumi dan batu bara yang digunakan sebagai pembangkit boiler.

Rumus Molekul

Dalam ilmu kimia murni, kalor juga dapat dihitung berdasarkan rumus molekul dan ikatan dari hidrokarbonnya. Berikut adalah contoh hidrokarbon sederhana.



Seperti yang dapat kita lihat pada persamaan kimia di atas, pada sisi reaktan semuanya memiliki lambang (g) yang artinya kedua reaktan berada pada fasa gas, sedangkan pada sisi produk ada perubahan fasa menjadi liquid karena ada lambang (l) pada salah satu produk yang dihasilkan. Hal ini sangat penting diketahui karena sebagian panas dari pembakaran akan dipakai untuk menguapkan air menjadi gas. Maka, ada istilah HHV (High Heating Value) dan LHV (Low Heating Value). Pada dasarnya, yang dapat kita manfaatkan hanyalah LHV karena semua hasil pembakaran biasanya berbentuk gas.

Asumsi Pembakaran Sempurna

Penentuan kalor bahan bakar juga dapat dilakukan dengan menganggap bahwa proses pembakarannya terjadi secara sempurna. Proses ini memerlukan jumlah oksigen yang cukup sehingga jika pembakarannya dianggap ideal, tidak ada reaktan yang tersisa. Namun, pada kenyatannya, oksigen yang digunakan dalam proses pembakaran berasal dari alam yang juga mengandung 79% nitrogen. reaksi yang terjadi adalah:



Jika reaksi mendekati ideal, CO dan NOx jumlahnya akan sangat kecil (ppm, part per million). Di sini dibutuhkan jumlah oksigen yang lebih banyak dari kebutuhan standarnya (sesuai dengan persamaan reaksi), bisa sampai 30% lebih banyak.

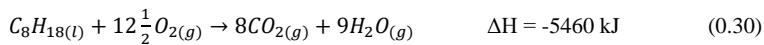
Apabila pada jumlah oksigen yang digunakan pada proses pembakaran tidak mencukupi, jumlah CO yang dihasilkan akan makin besar. NOx adalah nitrogen yang

mengikat O dalam kadar yang bermacam-macam. Kedua-duanya baik CO maupun NOx ini merupakan gas beracun.

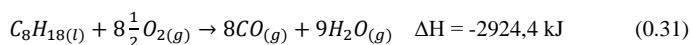
2. Pembakaran Sempurna dan Tidak Sempurna

Pembakaran bahan bakar dalam mesin kendaraan atau dalam industri tidak terbakar sempurna. Pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon (bahan bakar fosil) membentuk karbon dioksida dan uap air. Pembakaran tak sempurna membentuk karbon monoksida dan uap air. Misalnya:

- a. Pembakaran sempurna isooctana



- b. Pembakaran tak sempurna isooctana



3. Dampak Pembakaran Tidak Sempurna

Sebagaimana terlihat pada contoh di atas, pembakaran tak sempurna menghasilkan lebih sedikit kalor. Jadi, pembakaran tak sempurna mengurangi efisiensi bahan bakar. Kerugian lain dari pembakaran tak sempurna adalah dihasilkannya gas karbon monoksida (CO), yang bersifat racun. Oleh karena itu, pembakaran tak sempurna akan mencemari udara.

Gas CO selain berperan dalam pencemaran lingkungan, juga merupakan salah satu zat yang berbahaya bagi tubuh. Mengapa? Karena gas CO lebih mudah terikat oleh hemoglobin dalam tubuh manusia dibandingkan gas O₂.

Hemoglobin berfungsi untuk menangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh sehingga jika hemoglobin banyak mengikat CO, kita akan kekurangan oksigen dan akan berujung sampai pada kematian. Berikut adalah reaksi antara CO dengan Hb:



Daya ikat HbCO ini 200 kali lipat kuat dibandingkan daya ikat HbO₂. Di jalan raya yang banyak kendaraan bermotor atau di daerah pemberhentian sementara (lampu merah), kadar CO akan mencapai lebih dari 100 ppm. Kadar CO di udara lebih dari 250 ppm dapat menyebabkan orang kehilangan kesadaran dan apabila kadar CO mencapai 750 ppm akan dapat menyebabkan kematian.

RANGKUMAN

1. Termokimia adalah bagian dari ilmu kimia yang mempelajari perubahan kalor atau panas suatu zat yang menyertai reaksi atau proses kimia, perubahan keadaan dan pembentukan larutan.
2. Entalpi adalah suatu besaran termodinamika untuk menyatakan kalor reaksi yang berlangsung pada tekanan tetap.
3. Perubahan entalpi (ΔH) adalah perubahan kalor yang terjadi selama proses penerimaan atau pelepasan kalor.
4. Kalor adalah energi yang berpindah dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya karena adanya perbedaan suhu.
5. Reaksi eksoterm bersifat melepas kalor ke lingkungan sehingga mengakibatkan naiknya suhu lingkungan dan menurunkan entalpi reaksi sehingga nilai ΔH nya negatif.
6. Reaksi endoterm menyerap kalor dari lingkungan sehingga suhu lingkungan menjadi lebih dingin, juga menyebabkan naiknya entalpi reaksi sehingga memiliki nilai ΔH yang positif.
7. Persamaan reaksi yang menyertakan perubahan entalpinya disebut persamaan termokimia.
8. Koefisien pada persamaan termokimia berkaitan dengan nilai entalpi pada reaksi tersebut, apabila koefisien persamaan termokimia dikali dengan suatu faktor, nilai entalpinya juga harus dikalikan dengan faktor yang sama. Hal ini juga berlaku pada operasi pembagian, penambahan dan pengurangan.
9. Apabila arah suatu persamaan termokimia dibalik, nilai perbaian entalpinya harus dikalikan dengan (-1) sehingga akan memiliki nilai yang berkebalikan dengan nilai ΔH sebelumnya.
10. Perubahan entalpi pada pembentukan 1 mol zat disebut entalpi molar pembentukan (*formation*).
11. Kebalikan dari perubahan entalpi pembentukan adalah perubahan entalpi reaksi penguraian (*decomposition*).
12. Reaksi kimia yang umum digunakan untuk menghasilkan energi adalah pembakaran, yaitu reaksi cepat antara bahan bakar dan oksigen disertai terjadinya api.
13. Ciri utama reaksi pembakaran adalah bersifat eksoterm, melibatkan oksigen dalam reaksinya dan produk pembakarannya diantaranya adalah CO_2 , H_2O dan SO_2 .

14. Perubahan entalpi netralisasi akan banyak dijumpai pada proses reaksi antara asam dan basa yang akan menghasilkan garam.
15. Perubahan entalpi pelarutan standar dapat dengan mudah dijumpai pada proses pelarutan zat padat pada sejumlah cairan yang bersifat melarutkan padatan tersebut.
16. Penentuan entalpi reaksi dapat dilakukan dengan metode kalorimetri, hukum Hess, tabel entalpi pembentukan dan menggunakan data energi ikatan.
17. Kalorimeter bom digunakan untuk mengukur perubahan entalpi pada proses pembakaran yang membutuhkan oksigen.
18. Kalorimeter sederhana dapat digunakan untuk mengukur perubahan entalpi pada proses pelarutan, netralisasi dan reaksi.
19. Pada hukum Hess, berlaku persamaan $\Delta H_{reaksi} = \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan}$. Biasanya digunakan untuk mengukur perubahan entalpi yang tidak dapat diukur secara langsung menggunakan metode kalorimetri.
20. Penentuan perubahan entalpi reaksi dengan menggunakan data entalpi pembentukan (ΔH_f^o) berlaku persamaan $\Delta H_{reaksi} = \Sigma n \cdot \Delta H_f^o (\text{produk}) - \Sigma n \cdot \Delta H_f^o (\text{reaktan})$.
21. Entalpi pembentukan senyawa murni seperti H_2 , O_2 dan C adalah 0 kJ/mol.
22. Reaksi kimia berlangsung dalam dua tahap, yaitu pemutusan ikatan dan pembentukan ikatan.
23. Penentuan entalpi reaksi dengan menggunakan metode energi ikatan mengikuti persamaan: $\Delta H_{reaksi} = \Sigma D(\text{ikatan putus}) - \Sigma D(\text{ikatan terbentuk})$.
24. Bahan bakar yang paling sering digunakan hingga saat ini adalah bahan bakar fosil di antaranya adalah gas alam, minyak bumi dan batu bara.
25. Saat ini bahan bakar dari bahan alami mulai sering diteliti lebih lanjut untuk menggantikan kebergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil.
26. Pembakaran sempurna pada gas hidrokarbon akan menghasilkan karbon dioksida dan uap air.
27. Pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan atau dalam industri tidak terbakar sempurna.
28. Dampak dari pembakaran tidak sempurna antara lain menghasilkan sedikit kalor, mengurangi efisiensi bahan bakar dan menghasilkan karbon monoksida (CO) yang bersifat beracun dan dapat mencemari lingkungan

MODUL PRAKTIKUM

MODUL PRAKTIKUM 1 : Reaksi Eksoterm dan Endoterm.

Alat dan Bahan:

1. Air
2. Gelas kimia
3. CaO
4. Ba(OH)₂. 8H₂O
5. NH₄Cl
6. Serbuk belerang
7. Tembaga (II) karbonat
8. Spatula
9. Tabung reaksi
10. Gabus
11. Pemanas buchner

Cara Kerja:

1. Masukkan kurang lebih 10 mL air ke dalam gelas kimia dan uji dengan kertas laksmus merah. Pegang gelas tersebut untuk merasakan suhunya. Tambahkan sebongkah CaO sebear kelereng. Rasakan suhu dengan memegang gelas kimia. Uji larutan dengan kertas laksmus merah.
2. Masukkan Ba(OH)₂.8H₂O sebanyak 2 spatula ke dalam tabung reaksi. Lalu, tambahkan NH₄Cl sebanyak 2 spatula. Aduk campuran tersebut kemudian tutuplah dengan gabus. Pegang tabung tersebut dan rasakan suhunya. Diamkan selama beberapa saat, kemudian buka tabung dan cium bau gas yang terbentuk.
3. Campurkan serbuk belerang sebanyak 6 spatula dengan serbuk serbuk besi sebanyak 2 spatula. masukkan campuran tersebut ke dalam tabung reaksi. Panaskan tabung tersebut hingga campuran berpijar. Hentikan pemanasan. Amati apa yang terjadi!
4. Masukkan 3 spatula tembaga (II) karbonat ke dalam tabung reaksi. Panaskan tabung sampai mulai terjadi perubahan pada tembaga (II) karbonat. Hentikan pemanasan, amati apa yang terjadi dan catat pengamatan Anda.

Hasil Pengamatan

Buatlah tabel pengamatan Anda pada setiap kali melakukan pengamatan sesuai dengan cara kerja di atas.

Analisis Data

1. Gejala apakah yang menunjukkan bahwa reaksi kimia telah terjadi dari percobaan di atas?
2. Bila hasil reaksi dibiarkan beberapa jam, apa yang Anda harapkan terjadi dengan suhu campuran percobaan 1 dan 2?
3. Bagaimana jumlah entalpi zat-zat hasil reaksi dibandingkan dengan jumlah energi zat pereaksi pada reaksi 1 sampai 4 jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama?
4. Gambar diagram energi untuk keempat reaksi di atas!
5. Simpulkanlah pengertian eksoterm dan endoterm pada percobaan di atas!

MODUL PRAKTIKUM 2: Menghitung Panas Pencampuran

Alat dan Bahan:

1. Kalorimeter sederhana
2. Pengaduk
3. Natrium hidroksida (NaOH)
4. Air

Cara Kerja:

1. Masukkan air sebanyak 200 mL ke dalam gelas styrofoam (gelas kalorimeter sederhana).
2. Aduk perlahan-lahan dengan menggunakan pengaduk.
3. Cek suhu air dengan menggunakan termometer.
4. Catat suhu air tersebut pada lembar kerja Anda.
5. Timbang NaOH padat sebanyak 2 gram.
6. Masukkan NaOH yang telah ditimbang ke dalam gelas styrofoam yang telah berisi air.
7. Aduk campuran tersebut dengan menggunakan pengaduk hingga NaOH benar benar larut ke dalam air.
8. Catat suhu tertinggi yang terlihat pada termometer pada lembar kerja Anda.
9. Anda dapat melakukan percobaan ini dengan memvariasikan jumlah air dan jumlah NaOH yang digunakan.

Lembar Kerja:

Berat gelas styrofoam = g

Berat gelas + air = g
 Berat NaOH = g
 Suhu air mula – mula = °C
 Suhu campuran = °C

Perhitungan:

Berat air yang digunakan = g
 Perubahan suhu = °C
 Mr NaOH = g/mol
 Energi yang dilepas = kJ
 ΔH pelarutan (ΔH_s^o) NaOH = kJ/mol
 ΔH_s^o NaOH dari referensi = kJ/mol
 % error = %

Tabel Pengamatan:

Untuk variasi jumlah air dan NaOH, data pengamatan dapat diletakkan pada tabel berikut ini.

Berat gelas styrofoam = g
 To air (°C) = °C
 Mr NaOH = g/mol
 ΔH_s^o NaOH dari referensi = kJ/mol

No	V air (mL)	m Air + gelas (g)	m Air (g)	m NaOH (g)	n NaOH (mol)	T camp (°C)	E (kJ)	ΔH_s^o (kJ/mol)	Error (%)
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									

dengan :

To air = Suhu air mula – mula
 m Air + gelas = Berat air ditambah gelas styrofoam
 mAir = Berat air

n NaOH = Mol NaOH
T camp = Suhu campuran
E = Energi yang dilepas selama proses pelarutan

MODUL PRAKTIKUM 3: Menghitung Panas Pelarutan 1

Alat dan Bahan:

1. Kalorimeter sederhana
2. 200 mL air
3. 200 mL HCl 0,25 M
4. NaOH 2 gram

Cara Kerja:

1. Masukkan HCl 0,25 M sebanyak 200 mL ke dalam gelas styrofoam (gelas kalorimeter sederhana).
2. Aduk perlahan – lahan dengan menggunakan pengaduk.
3. Cek suhu HCl dengan menggunakan termometer.
4. Catat suhu HCl tersebut pada lembar kerja Anda.
5. Timbang NaOH padat sebanyak 2 gram.
6. Masukkan NaOH yang telah ditimbang ke dalam gelas styrofoam yang telah berisi HCl 0,25 M .
7. Aduk campuran tersebut dengan menggunakan pengaduk hingga NaOH benar benar larut ke dalam larutan HCl.
8. Catat suhu tertinggi yang terlihat pada termometer pada lembar kerja Anda.
9. Buanglah lautan tersebut di tempat yang telah disediakan, bersihkan kalorimeter sederhana dengan menggunakan air.

Lembar Kerja

Berat gelas styrofoam =g
Berat gelas + HCl =g
Suhu mula – mula =°C
Suhu Akhir campuran =°C
berat NaOH =g

Perhitungan

Berat HCl 0,25 M =g
mol HCl dalam larutan =mol
Perubahan suhu =°C
Mr NaOH =g/mol
Asumsikan kapasitas kalor 0,25 M HCl sama dengan kapasitas kalor air (4,18 J/g°C)
Energi yang dilepas (E) =kJ
 ΔH_{reaksi} =kJ/mol

MODUL PRAKTIKUM 4: Menghitung Panas Pelarutan 2

Alat dan Bahan:

1. Kalorimeter sederhana
2. Natrium asetat (NaCH_3COO)
3. Amonium nitrat (NH_4NO_3)
4. Pengaduk
5. Timbangan

Cara Kerja:

1. Timbang amonium nitrat sebanyak 15 gram.
2. Timbang gelas styrofoam kosong.
3. Masukkan 150 mL air ke dalam gelas styrofoam kemudian catat beratnya.
4. Aduk air dengan menggunakan pengaduk hingga suhunya konstan.
5. Larutkan padatan amonium nitrat ke dalam air kemudian aduk menggunakan pengaduk.
6. Catat suhu terakhir setelah semua padatan larut dalam air.
7. Bersihkan gelas tersebut kemudian keringkan.
8. Ulangi percobaan ini dengan menggunakan 15 gram natrium asetat.

Perhitungan

1. Dari data percobaan Anda, hitunglah:
 - a) Perubahan suhu air
 - b) Massa air
 - c) Hitung panas yang diserap (atau dilepas) oleh air pada proses pelarutan
 - d) Hitung mol padatan yang digunakan
 - e) Hitung panas pelarutan untuk kedua padatan yang digunakan.

2. Carilah nilai panas pelarutan kedua padatan tersebut dari Bahan Ajar. Hitung persen

error antara data eksperimen dan referensi.

3. Hasil pengamatan Anda dapat diletakkan pada tabel berikut ini

Tabel Data

	Amonium Nitrat	Natrium Asetat
Berat gelas styrofoam kosong	= g	g
Berat gelas + Air	= g	g
Suhu air mula - mula	= °C	°C
Suhu campuran	= °C	°C

Perhitungan

	Amonium Nitrat	Natrium Asetat
Berat air	= g	g
Mr padatan	= g/mol	g/mol
Mol padatan	= mol	mol
Perubahan suhu	= °C	°C
Energi yang dilepas	= kJ	kJ

Data panas pelarutan ammonium nitrat dan natrium asetat dari referensi:

Ammonium nitrat =kJ/mol

Natrium asetat =kJ/mol

Perhitungan error :

$$\% \text{ error} = \frac{(\Delta H \text{ eksperimen} - \Delta H \text{ pelarutan referensi})}{\Delta H \text{ pelarutan referensi}} \times 100 \%$$

% error Ammonium nitrat =%

 Natrium asetat =.....%

MODUL PRAKTIKUM 5 : Penentuan Entalpi Pembakaran

Alat :

1. Lilin
2. Neraca analitis
3. Gelas kimia
4. Termometer
5. Kaki tiga
6. Kasa

Cara Kerja:

a. Kalor Pembakaran Lilin

1. Timbang gelas kimia kosong.
2. Isilah dengan air sebanyak 200 mL
3. Timbang gelas kimia yang telah berisi air
4. Rangkailah alat pembakaran dengan meletakkan secara berurutan dari bawah ke atas adalah kaki tiga, kasa dan gelas kimia berisi air.
5. Ambillah lilin yang telah disediakan kemudian timbang beratnya
6. Panaskan air dengan menggunakan lilin hingga mengalami kenaikan suhu sebesar 20°C.
7. Matikan lilin, kemudian timbang massa lilin setelah digunakan dalam proses pembakaran

b. Kalor Pembakaran Lilin

1. Lakukan langkah yang sama dari 1 – 4 seperti pada percobaan sebelumnya.
2. Ambil tempat spiritus, kemudian timbang dengan neraca analitis.
3. Isilah dengan spiritus sebanyak 100 mL.
4. Timbang berat tempat spiritus yang telah berisi spiritus.
5. Nyalakan spiritus untuk memanaskan air
6. Panaskan air dengan menggunakan lilin hingga mengalami kenaikan suhu sebesar 20°C
7. Matikan spiritus dengan menggunakan pentupnya (jangan ditiup).
8. Timbang massa tempat spiritus setelah digunakan dalam proses pembakaran

Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan dapat dimasukkan ke dalam tabel berikut ini.

Kalor Pembakaran Lilin

- | | |
|-------------------------|----|
| 1. Massa lilin awal | g |
| 2. Massa lilin akhir | g |
| 3. Massa air | g |
| 4. Massa lilin terbakar | g |
| 5. T air mula-mula | °C |
| 6. T air akhir | °C |

Kalor Pembakaran Spiritus

- | | |
|----------------------------------|----|
| 1. Massa spiritus awal | g |
| 2. Massa spiritus akhir | g |
| 3. Massa air | g |
| 4. Massa spiritus yang digunakan | g |
| 5. T air mula-mula | °C |
| 6. T air akhir | °C |

Perhitungan

1. Hitung panas yang diterima air dengan persamaan

$$Q_{diterima} = m_{air} \cdot C_p_{air} (T_{air_{mula-mula}} - T_{air_{akhir}})$$

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

2. Kalor pembakaran lilin

$$\Delta H_c^o \text{ lilin} = \frac{Q_{lepas}}{\text{mol lilin}}$$

dimana Mr lilin = 352 g/mol

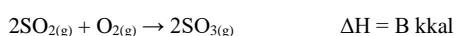
3. Kalor pembakaran spiritus

$$\Delta H_c^o \text{ spiritus} = \frac{Q_{lepas}}{\text{mol spiritus}}$$

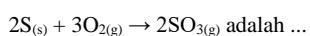
dimana Mr spiritus = 58 g/mol

SOAL PILIHAN GANDA

1. Diketahui reaksi-reaksi sebagai berikut:



Perubahan entalpi (ΔH) untuk reaksi berikut:



- (A + B) kkal
 - (2A + B) kkal
 - (2A - B) kkal
 - (A + 2B) kkal
2. Kalor pembentukan $AgNO_3 = 23$ kkal/mol. Pernyataan ini dapat dituliskan ...
 - $Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgNO_3 + 23$ kkal
 - $2 Ag_{(s)} + N_{2(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2 AgNO_3 + 46$ kkal

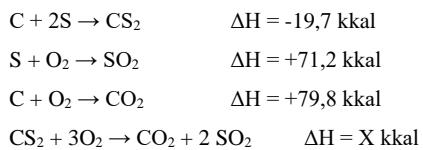
- c. $2 \text{Ag}_{(s)} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{AgNO}_3 + 46 \text{ kkal}$
- d. $\text{Ag}_2\text{O}_{(s)} + \text{N}_2\text{O}_{5(g)} \rightarrow 2 \text{AgNO}_3 + 46 \text{ kkal}$
3. Jika diketahui kalor pembentukan $\text{Fe}_3\text{O}_4 = 226 \text{ kkal}$ dan kalor pembentukan $\text{H}_2\text{O}(g) = 58 \text{ kkal}$, kalor reduksi $3\text{Fe} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{H}_2$ adalah ...
- 6 kkal
 - 208 kkal
 - 324 kkal
 - 498 kkal
4. Persamaan reaksi $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 136,6 \text{ kkal}$ menyatakan bahwa pembakaran 1 mol CO terjadi perubahan entalpi sebesar ...
- 136,6 kkal
 - 136,5 kkal
 - 68,3 kkal
 - 68,3 kkal
5. Pada dasarnya, reaksi kimia adalah peristiwa ...
- perubahan wujud
 - pembentukan ikatan
 - pemutusan ikatan
 - pemutusan dan pembentukan ikatan
6. Pada suatu reaksi kimia jika terjadi perpindahan energi dari sistem ke lingkungan, maka energi yang dipindahkan ini berasal dari...
- Zat-zat yang bereaksi
 - Zat-zat hasil reaksi
 - gesekan selama reaksi
 - perubahan wujud zat
7. Suatu reaksi kimia dikatakan eksoterm jika terjadi perpindahan panas dari ...
- zat-zat yang bereaksi
 - zat-zat hasil reaksi
 - gesekan selama reaksi
 - perubahan wujud zat
8. Jika pada reaksi $\text{N}_{(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$ dibutuhkan panas sebesar 16,2 kkal, maka ΔH panas pembentukan NO_2 adalah...
- Zat-zat yang bereaksi
 - Zat-zat hasil reaksi

- c. gesekan selama reaksi
d. perubahan wujud zat
9. Dari reaksi berikut ini:
- $$2\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \quad \Delta H = -674 \text{ kkal}$$
- Harga perubahan entalpi di atas menunjukkan bahwa...
- ΔH pembentukan C_2H_2 dan unsur - unsurnya
 - ΔH pembentukan 1 mol C_2H_2 secara sempurna
 - ΔH pembentukan CO_2 dari reaksi C_2H_2 dan O_2
 - ΔH raksi 2 mol C_2H_2 dengan O_2
10. Untuk menguraikan 17 gram $\text{NH}_{3(g)}$ ($\text{BM} = 17$) menjadi unsur – unsurnya diperlukan energi 11 kkal, panas pembentukan $\text{NH}_{3(g)}$ adalah...
- 11 kkal/mol
 - $11/17$ kkal/mol
 - 11 kkal/mol
 - 14 kkal/mol
11. Kalor lebur yang diperlukan suatu zat pada waktu zat tadi melebur adalah...
- menaikkan suhu
 - mematahkan energi ikatan kisi
 - mengubah padat menjadi wujud gas
 - mempertahankan temperatur tetap
12. Dalam suatu proses dimana sistem melakukan kerja sebesar 60 kkal, sistem tersebut mengalami penurunan energi dalam sebesar 30 kkal. Dapat disimpulkan bahwa kalor dari proses tersebut adalah...
- 90 kkal
 - 30 kkal
 - 60 kkal
 - 60 kkal
13. Entalpi pembentukan standar karbon dioksida = 34,3 kJ/mol. Yang manakah di bawah ini merupakan entalpi pembakaran standar dari karbon dinyatakan dalam kJ/mol
- 34,3
 - +34,3
 - +197
 - 197

14. Pasangan perubahan manakah di bawah ini yang mengakibatkan suatu sistem kimia mengalami reaksi spontan?

- a. berkurangnya entalpi dan entropi
- b. bertambahnya entalpi dan entropi
- c. entalpi bertambah, entropi konstan
- d. Entalpi berkurang, entropi bertambah

15. Diketahui :

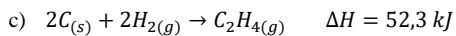


maka nilai X adalah...

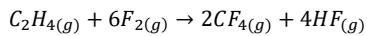
- a. 319,7
- b. 241,9
- c. 188,7
- d. 149,3

SOAL URAIAN

1. Sepotong besi mempunyai kapasitas kalor 5,5 J/K. Hitung panas yang diperlukan untuk memanaskan besi tersebut dari suhu 25°C hingga 55°C !
2. Suatu sistem gas dalam wadah kedap panas dimampatkan dari 100 L menjadi 50 L. Apakah suhu gas tersebut mengalami peningkatan atau penurunan? Jelaskan jawaban Anda!
3. Berapakah jumlah kalor yang dikeluarkan dari 1 kg air panas hingga suhunya turun dari 100°C menjadi 25°C ? Diketahui kalor jenis air = 4,18 J/g.K
4. Berikanlah beberapa contoh perpindahan energi antara sistem dan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari!
5. Pada pembentukan 1 gram NaCl dibebaskan kalor 7,024 kJ. Tuliskan persamaan termokimia reaksi pembentukan NaCl beserta jumlah entalpi pembentukannya! (Mr Na = 23; Cl = 35,5)
6. Diketahui:
 - a) $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)}$ $\Delta H = -537 \text{ kJ}$
 - b) $C_{(s)} + 2F_{2(g)} \rightarrow CF_{4(g)}$ $\Delta H = -680 \text{ kJ}$



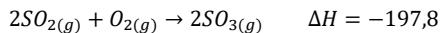
Tentukan entalpi reaksi berikut:



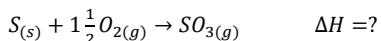
7. Tuliskanlah persamaan termokimia untuk masing masing reaksi berikut:

- Penguraian 1 mol amonia menjadi gas nitrogen dan gas hidrogen dengan diperlukan kalor 46 kJ!
- Pembakaran 1 mol gas etana membentuk karbon dioksida dan uap air menghasilkan 142 kJ!
- Penguraian 1 mol kalsium karbonat ($CaCO_3$) menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida diperlukan 178,5 kJ.

8. Diketahui:



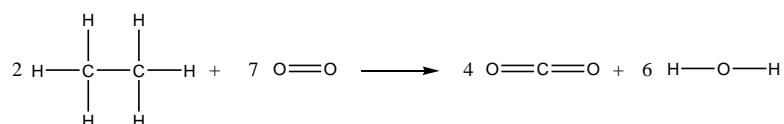
Tentukan entalpi dari reaksi berikut ini:



9. Diketahui entalpi pembentukan metanol $C_2H_4O_{(l)} = -238,6\text{ kJ/mol}$; $CO_{2(g)} = -393,5\text{ kJ/mol}$ dan $H_2O_{(l)} = -286\text{ kJ/mol}$.

- Tentukanlah entalpi pembakaran metanol untuk membentuk gas CO_2 dan Air!
- Tentukanlah jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol ($M_r = 1; C = 12; O = 16$)

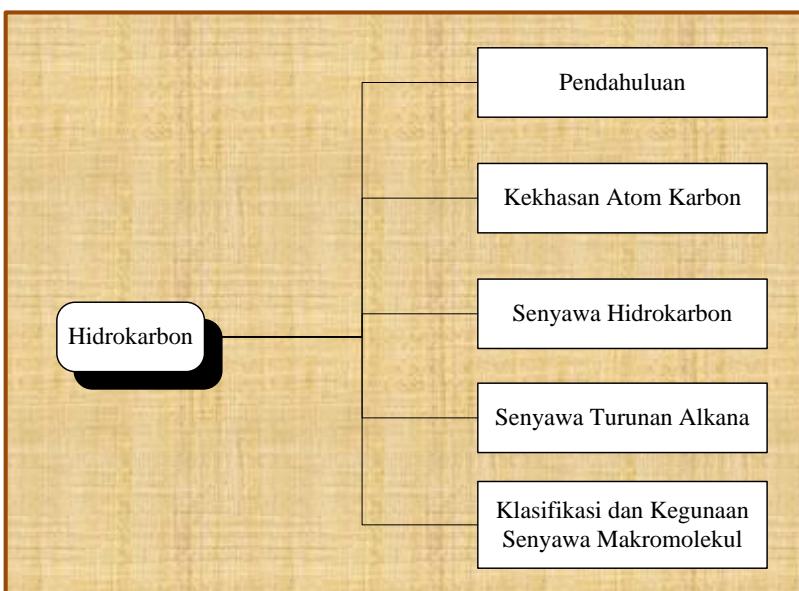
10. Estimasilah nilai ΔH_{reaksi} pembakaran berikut dengan menggunakan data energi ikatan rata – rata.



BAB 2

HIDROKARBON

Peta Konsep :



TUJUAN PEMBELAJARAN

Bab ini akan mengajak Anda mengenal lebih jauh tentang:

1. kekhasan atom karbon
2. senyawa hidrokarbon dan turunannya
3. kegunaan senyawa hidrokarbon.
4. klasifikasi dan kegunaan senyawa makromolekul
5. perbedaan senyawa jenuh dan tak jenuh

A. PENDAHULUAN

Pernahkah kalian menduga tentang bahan penyusun bahan bakar minyak? Apakah mereka sama dengan bahan penyusun gula? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan itu, mari kita belajar tentang kimia organik. Kimia organik merupakan nama lain untuk kimia karbon. Senyawa organik dihasilkan oleh organisme-organisme hidup, tanaman dan binatang. Karena dihasilkan oleh susunan sel-sel hidup, senyawa tersebut dinamakan organik. Para ahli kimia pada tahun 1850 percaya bahwa senyawa organik hanya pada organisme hidup dan tidak pernah dibuat dari bahan-bahan anorganik. Namun, kenyataan sekarang menunjukkan bahwa selain diisolasi dari tanaman dan hewan, senyawa organik juga dapat disintesa dari zat-zat anorganik, misalnya karbonat dan sianida, tetapi seringkali juga dari senyawa organik lainnya. Senyawa organik yang berasal dari senyawa alam terdiri dari Karbon (C), Hidrogen (H), dan unsur lain sehingga kimia organik dapat didefinisikan sebagai “kimia organik adalah bagian ilmu kimia yang mempelajari persenyawaan kimia zat arang dan hidrogen beserta turunan-turunannya”.

Keberadaan unsur C, H, dan O dalam senyawa karbon dapat didefinisikan melalui reaksi pembakaran yang menghasilkan unsur karbon dan hidrogen. Pembakaran senyawa organik secara sempurna menghasilkan gas CO_2 , sedangkan pembakaran senyawa karbon yang tidak sempurna akan menghasilkan karbon atau zat arang. Untuk mengidentifikasi unsur C, H, dan O, dapat kita lakukan dengan cara mengalirkan gas hasil pembakaran suatu senyawa hidrokarbon atau senyawa organik lainnya dalam air kapur atau larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga terjadi reaksi: Jika hasil pembakaran dapat mengeruhkan air kapur, maka itu berarti senyawa yang dibakar merupakan senyawa karbon. Gula dan glukosa merupakan senyawa karbon. Untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat di dalamnya dapat dilakukan percobaan berikut.

PERCOBAAN 2.1

Bahan:

- Gula pasir
- Glukosa ($C_6H_{12}O_6$)
- Air Kapur ($Ca(OH)_2$)
- Kertas Kobalt (II) klorida ($CoCl_2$)
- Tembaga (II) Oksida (CuO)

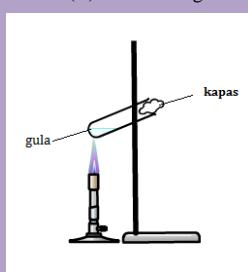
Alat :

- Tabung Reaksi
- Pembakar spiritus
- Pipa pengalir gas
- Penjepit tabung
- Batang pengaduk
- Spatula
- Statif
- Kapas

Cara Kerja:

Eksperimen 1

Masuukkan satu sendok gula pasir ke dalam tabung reaksi. Tutup mulut tabung dengan kapas. Jepit tabung tersebut dengan penjepit kayu (atau klem dengan statif) kemudian panaskan sampai terbentuk zat cair yang menempel pada dinding dalam tabung reaksi tersebut (ilustrasi seperti Gambar 1). Ambil sumbat kapas tersebut kemudian masukkan kertas kobalt (II) klorida sampai menempel pada dinding bagian dalam tabung yang ada zat cairnya tersebut. Apa yang terjadi? Tetesi kertas kobalt (II) klorida dengan air. Apa yang terjadi?

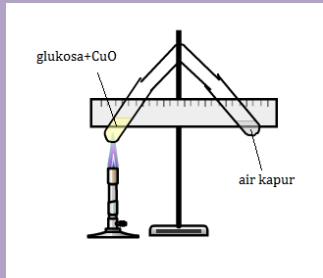


Gambar 0.1. Rangkaian alat eksperimen 1

Panaskan kembali tabung reaksi tersebut sampai terbentuk zat padat hitam. Ulangi percobaan di atas, gula pasir diganti dengan glukosa! Catat perubahan yang terjadi!

Eksperimen 2

Campurkan satu sendok glukosa dengan setengah sendok tembaga (II) oksida pada selembar kertas, kemudian masukkan campuran tersebut dalam tabung reaksi. Tutup tabung reaksi dengan gabus yang bersaluran pipa plastik seperti pada Gambar 2.2 Panaskan tabung reaksi tersebut kemudian gas yang terjadi dimasukkan ke dalam larutan air kapur. Amati apa yang terjadi! Masukkan air kapur dalam tabung reaksi yang lain, kemudian tiupkan udara hasil pernapasanmu. Apa yang terjadi? Catat dan diskusikanlah hasil pengamatannya!

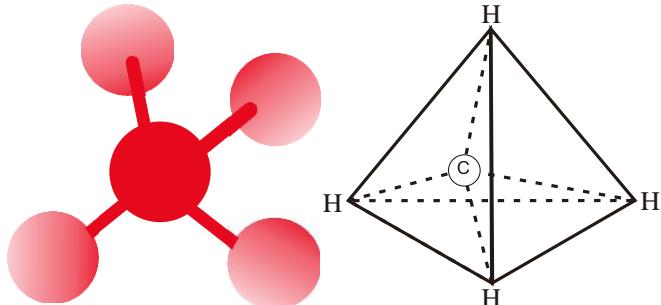


Gambar 0.2 Rangkaian alat eksperimen 2

B. Kekhasan Atom Karbon

Lebih dari 90% senyawa yang sudah dikenal merupakan senyawa karbon. Hal ini dimungkinkan karena kemampuan atom karbon untuk membentuk ikatan dengan sesama atom karbon, jauh melebihi unsur manapun. Atom karbon adalah atom yang memiliki enam elektron dengan konfigurasi $1s^2 2s^2 2p^2$. Atom karbon dapat menggunakan keempat elektron valensinya untuk membentuk ikatan, yang pada umumnya berupa ikatan kovalen. Kemampuan atom-atom karbon untuk membentuk ikatan kovalen memungkinkan terbentuknya rantai karbon yang beragam. Hal ini merupakan salah satu penyebab bagitu banyak senyawa karbon yang dapat terbentuk.

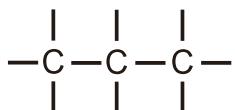
Dalam bentuk ruang molekul CH_4 merupakan bidang 4 beraturan (tetrahedral) dengan atom C sebagai pusat dan ke 4 atomnya menempati pada titik-titik sudutnya (Gambar 2.3). Sifat khas tersebut yang menyebabkan atom karbon dapat membentuk rantai karbon dengan berbagai macam bentuk.



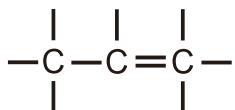
Gambar 0.3. Struktur ruang metana

1. Jenis Ikatan Atom C Dalam Rantai Karbon

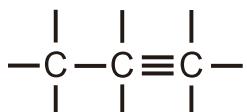
- Ikatan tunggal merupakan ikatan antara 2 atom C dengan menggunakan sepasang elektron bersama.



- Ikatan rangkap dua merupakan ikatan antara 2 atom C dengan menggunakan 2 pasang elektron bersama.

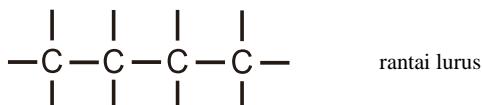


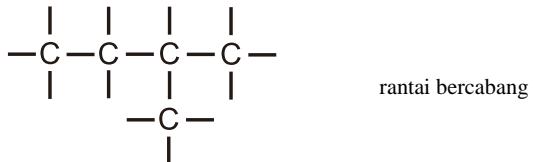
- Ikatan rangkap tiga merupakan ikatan antara 2 atom C dengan menggunakan 3 pasang elektron bersama.



2. Bentuk Rantai Karbon

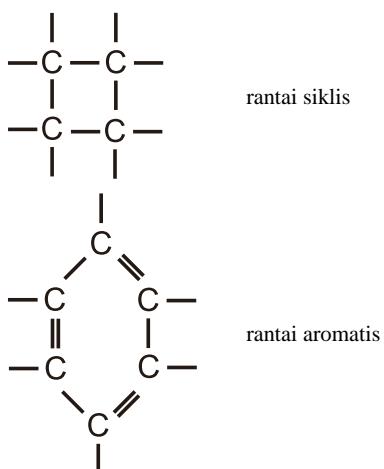
- Rantai terbuka (alifatis), ada dua macam, yaitu rantai lurus dan rantai bercabang.





rantai bercabang

- b. Rantai tertutup (siklis), ada dua macam, yaitu rantai siklis dan aromatis.



rantai siklis

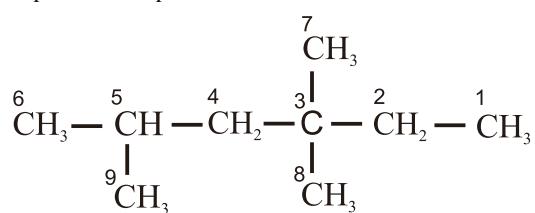
rantai aromatis

3. Posisi Atom C dalam Rantai Karbon

Berdasarkan jumlah atom C yang diikat, posisi atom C dapat dibedakan menjadi empat macam.

- Atom C primer, yaitu atom C yang terikat dengan atom C lain
- Atom C sekunder yaitu atom C yang terikat dengan 2 atom C lain
- Atom C tersier yaitu atom C yang terikat dengan 3 atom C lain
- Atom C kuarterner, yaitu atom C yang terikat dengan 4 atom C lain

Di bawah ini merupakan skema posisi atom-atom C dalam rantai karbon

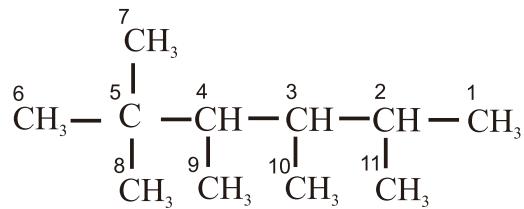


Atom C nomor 1, 6, 7, 8, 9 merupakan atom C primer sedangkan atom C nomor 2 dan 4 merupakan atom C sekunder. Contoh atom C tersier adalah atom C nomor 5 dan atom C kuarterner adalah atom C nomor 3.

Soal Latihan 1

Jelaskan bagaimana cara mengidentifikasi unsur C, H dan O dalam senyawa yang mengandung karbon.

Perhatikan senyawa karbon di bawah ini.



Tentukan jenis ikatan, bentuk rantai dan posisi atom C yang ada!

C. SENYAWA HIDROKARBON

Persenyawaan organik yang hanya mengandung atom karbon dan hidrogen dinamakan hidrokarbon. Masyarakat sekarang masih menggunakan hidrokarbon sebagai sumber energi dalam bentuk minyak, gas maupun padatan yang berwujud batu bara. Kebanyakan dari minyak-minyak yang kita pakai seperti bensin, solar, dan minyak bakar lainnya didapat dari proses pemurnian minyak mentah yaitu suatu campuran persenyawaan kompleks yang kebanyakan terdiri dari hidrokarbon. Kita sudah mempelajari tentang jenis ikatan, bentuk rantai dan posisi atom karbon. Dalam rangka untuk mempermudah kita mempelajarinya, maka dikelompokkan menjadi tiga yaitu alkana, alkena dan alkuna.

Alkana, alkena, dan alkuna termasuk senyawa hidrokarbon alifatis. Alkana merupakan senyawa hidrokarbon jenuh, yaitu senyawa hidrokarbon yangmempunyai ikatan tunggal. Alkena dan alkuna merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh, yaitu senyawa yang mempunyai ikatan rangkap dua ($\text{C} = \text{C}$) atau rangkap tiga ($\text{C} \equiv \text{C}$).

1. Alkana

Hidrokarbon jenuh dengan atom-atomnya bersatu dalam suatu rantai lurus atau bercabang diklasifikasikan sebagai alkana. Alkana merupakan hidrokarbon jenuh atau berikatan tunggal karena setiap rantai karbonnya terikat dengan satu atom yang berbeda.

Rumus bangun, rumus molekul dan nama dari 3 anggota pertama alkana diberikan pada Tabel 0.1

Rumus Bangun	Rumus Molekul	Nama
<pre> H H—C—H H H — H H—C — C — H H — H H H H H—C — C — C — H H H H </pre>	CH ₄	Metana
	C ₂ H ₆	Etana
	C ₃ H ₈	Propana

a. Rumus Umum Alkana

Perhatikan rumus molekul alkana pada Tabel 0.1. Ternyata, rumus molekul dari dua senyawa yang berurutan berbeda sebesar CH₂, bukan? Selain itu, perbandingan jumlah atom C dengan atom H dalam alkana selalu sama dengan n : (2n+2). Oleh karena itu, alkana dapat dinyatakan dengan suatu rumus umum :



b. Deret Homolog

Deret homolog (deret sepancaran) adalah suatu kelompok senyawa karbon dengan rumus umum yang sama dan sifat bermiripan. Alkana merupakan suatu deret homolog. Rumus umum dan sifat alkana tersaji dalam Tabel 0.2

Tabel 0.2 Rumus Molekul dan Sifat Alkana

Jumlah Atom C	Rumus Molekul	Nama	Sifat Fisik pada Temperatur Kamar
1	CH ₄	Metana	gas
2	C ₂ H ₆	Etana	gas
3	C ₃ H ₈	Propana	gas
4	C ₄ H ₁₀	Butana	gas
5	C ₅ H ₁₂	Pentana	cairan
6	C ₆ H ₁₄	Heksana	cairan
7	C ₇ H ₁₆	Heptana	cairan
8	C ₈ H ₁₈	Oktana	cairan
9	C ₉ H ₂₀	Nonana	cairan
10	C ₁₀ H ₂₂	Dekana	cairan

c. Sifat Alkana

Ada beberapa sifat alkana yang perlu diketahui, di antaranya adalah:

1. C₁ sampai dengan C₄ pada temperatur kamar berbentuk gas, C₅ sampai dengan C₁₇ pada temperatur kamar berbentuk cair, dan C₁₈ ke atas pada temperatur kamar berwujud padat.
2. Titik didih dan titik lebur alkana makin tinggi apabila berat molekulnya makin besar.
3. Alkana tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut non polar seperti Karbon Tetraklorida (CCl₄).
4. Berat jenis alkana lebih rendah daripada berat air.

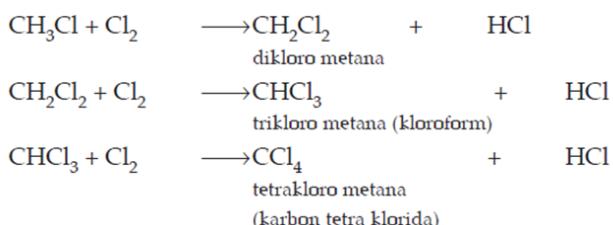
Sifat kimia alkana antara lain seperti berikut.

1. Pada umumnya, alkana sukar bereaksi dengan zat lain, ini disebut parafin.
2. Dengan bantuan sinar ultraviolet, alkana dapat bereaksi dengan gas klor (Cl₂)

Reaksi:

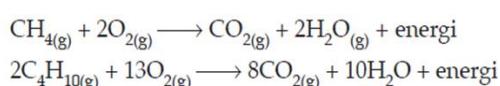
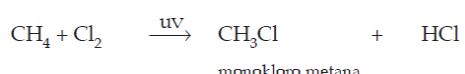


senyawa yang dihasilkan ini dapat bereaksi lebih lanjut menjadi :

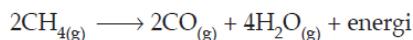


reaksi ini disebut reaksi substitusi atau penggantian.

3. Pembakaran sempurna alkana dengan gas oksigen akan menghasilkan gas CO₂ dan uap air serta dibebaskan panas. Reaksi pembakaran ini baru dapat berlangsung jika sebelumnya harus diberi api lebih dahulu. Hal itu membuktikan bahwa alkana tidak reaktif.



Pembakaran tidak sempurna (jumlah oksigen kurang), sebagaimana alkana membentuk gas CO₂ dengan uap air dan sisanya membentuk gas CO dan uap air, disertai dengan sejumlah panas.



d. Tata Nama Alkana

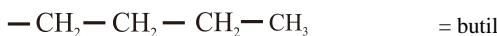
Ketika ilmu kimia organik muncul, struktur dari hampir semua persenyawaan yang baru ditemukan belum diketahui. Untuk mengidentifikasinya, persenyawaan tersebut harus diberi nama. Umumnya, para ahli kimia memberikan nama berdasarkan sifat-sifatnya, untuk menunjukkan asalnya, atau berdasar penemunya. Nama-nama senyawa kimia yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan dalam dunia perdagangan disebut **nama biasa** atau **nama trivial**. Jumlah senyawa karbon yang sangat banyak itu penamaannya diatur dalam sistem oleh komisi tata nama dari himpunan kimia sedunia bernama IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Nama yang diturunkan dengan aturan ini disebut **nama sistematis** atau **nama IUPAC**. Nama IUPAC dari sepuluh suku pertama alkana dapat dilihat pada Tabel 2.2. Akan tetapi, nama-nama tersebut hanya untuk alkana rantai lurus.

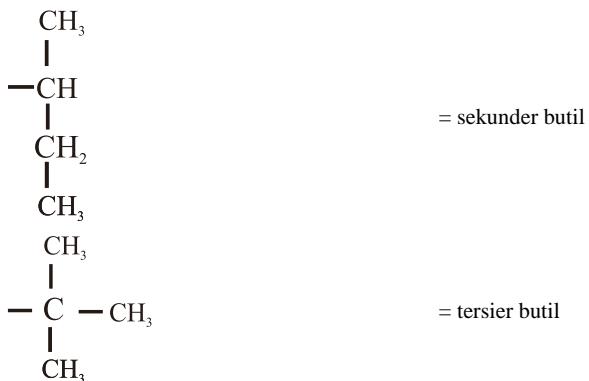
Beberapa gugus alkil yang sering kita temui dalam senyawa karbon.

- Gugus metil dan etil masing-masing mempunyai satu jenis
- Gugus propil mempunya 2 jenis



- Gugus butil mempunyai 4 jenis

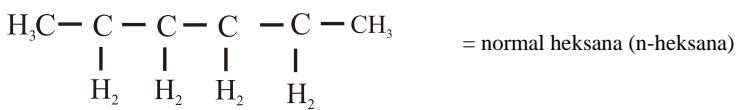




Cara pemberian nama senyawa hidrokarbon diatur sebagai berikut.

1) Alkana rantai lurus/tidak bercabang

Dengan menambahkan awalan kata “normal” di depan namanya, contoh :

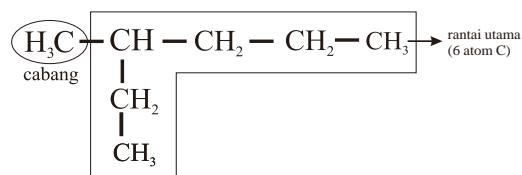


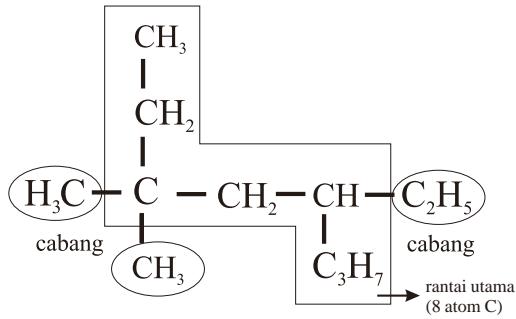
2) Alkana rantai bercabang

Ada beberapa langkah untuk penamaan alkana rantai bercabang.

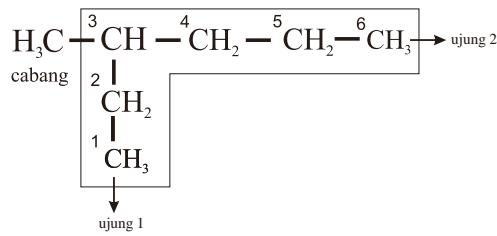
- Tentukan rantai C terpanjang sebagai rantai utama dari alkana, rantai di luar rantai utama disebut cabang.

Contoh 1





b) C rantai pokok diberi nomor, mulai dari ujung yang dekat dengan cabang



- Ujung 1, cabang mendapat nomor 3
- Ujung 2, cabang mendapat nomor 4
- Maka, pemberian nomor dimulai dari ujung 1

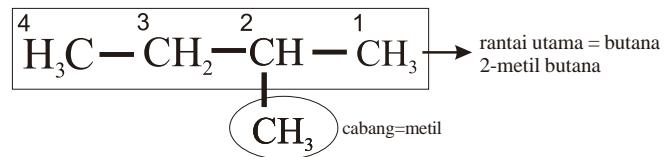
c) Urutan menyebutkan nama adalah sebagai berikut.

Perhatikan gambar pada point b)

- cabang terikat pada C ketiga
- nama cabang: metil
- nama rantai utama alkana: heksana

Maka, nama senyawa di atas adalah **3-metil heksana**

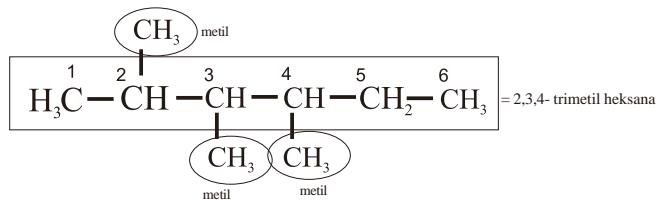
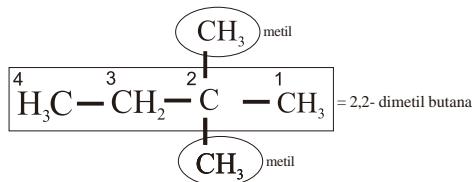
Contoh 2



d) Jika rantai utama mengikat cabang lebih dari satu dan sejenis, sebelum menyebutkan nama cabang diawali kata:

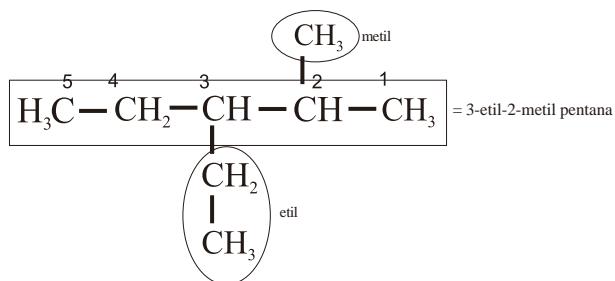
di	= jika ada 2 cabang
tri	= jika ada 3 cabang
tetra	= jika ada 4 cabang
penta	= jika ada 5 cabang, dan seterusnya

Contoh 3

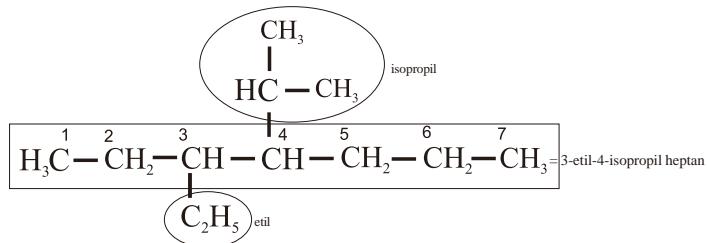


Jika tidak sejenis, nama cabang disebutkan sesuai dengan urutan abjad.

Contoh 4

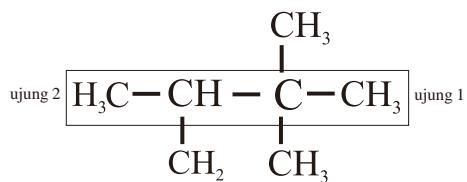


Menurut urutan abjad, etil (e) disebut lebih dulu dari metil (m)



- e) Jika dari kedua ujung cabang mendapat nomor yang sama, dipilih ujung yang mempunyai cabang yang lebih banyak.

Contoh 5



- Ujung 1 C ke 2 memberi 2 cabang
- Ujung 2 C ke 2 memberi 1 cabang

Maka, pemberian nomor dimulai dari ujung 1, namanya menjadi 2, 2, 3-trimetil butana.

e. Sumber dan Kegunaan Alkana

Alkana sangatlah umum di dalam kehidupan sehari-hari. Alkana merupakan komponen utama dari gas alam dan minyak bumi. Kegunaan alkana dalam kehidupan sehari-hari antara lain sebagai berikut.

1. Bahan bakar, misalnya elpiji, kerosin, bensin dan solar.
2. Pelarut (solvent). Berbagai jenis hidrokarbon, seperti petroleum eter dan nafta, digunakan sebagai pelarut dalam industri dan pencucian kering (*dry cleaning*)
3. Sumber hidrogen. Gas alam dan gas petroleum merupakan sumber hidrogen dalam industri, misalnya industri amonia dan pupuk.
4. Pelumas. Hidrokarbon yang digunakan sebagai pelumas adalah alkana suku tinggi (jumlah atom karbon tiap molekulnya cukup besar, misalnya $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$).

- Bahan baku untuk senyawa organik lain. Minyak bumi dan gas alam merupakan bahan baku utama untuk sintesis berbagai senyawa organik seperti alkohol, asam cuka, dan lain-lain.
- Bahan baku industri. Berbagai produk industri seperti plastik, detergen, karet sintetis, minyak rambut, dan obat gosok, dibuat dari minyak bumi atau gas alam.

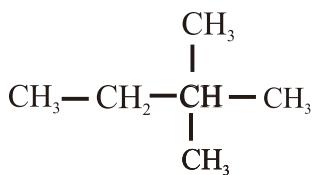
Soal Latihan 2

- Nyatakanlah apakah senyawa di bawah ini tergolong homolog alkana atau tidak:

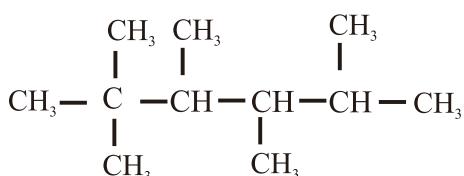
- a. $C_{13}H_{26}$
- b. $C_{27}H_{52}$
- c. $C_{31}H_{64}$

- Sebutkan nama dari unsur senyawa berikut!

a.



b.



- c. $(CH_2)_2 CH CH (CH_3)_2$
- d. $(CH_3)_3 C CH (C_2H_5) CH (CH_3)_2$

- Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut!

- a. 3-metilheksana
- b. 2,2-dimetilpropana
- c. 3-etil-2,2,-dimetil pentana

2. Alkena

Alkena adalah golongan senyawa hidrokarbon alifatis tidak jenuh yang mengandung satu ikatan rangkap 2 di antara atom C-nya ($C=C$). Senyawa yang mempunyai dua ikatan

rangkap disebut *alkadiena*, yang mempunyai tiga ikatan rangkap disebut *alkatriena*, dan seterusnya. Tabel 0.3 menunjukkan beberapa suku pertama alkena.

Tabel 0.3 Alkena

Jumlah atom C	Rumus struktur	Rumus molekul	Nama senyawa
2	H ₂ C=CH ₂	C ₂ H ₄	etena
3	H ₂ C=CH-CH ₃	C ₃ H ₆	propena
4	H ₂ C=CH-CH ₂ -CH ₃	C ₄ H ₈	1-butena

a. Rumus Umum Alkena

Dilihat dari Tabel 0.3, etena yang berumus molekul C₂H₄, propena C₃H₆, dan butena C₄H₈. Maka, dapat kita simpulkan rumus umum alkena adalah :



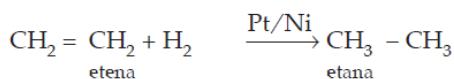
b. Sifat Alkena

Titik didih dan kelarutan alkena hampir sama dengan alkana. Adanya cabang rantai karbon akan menurunkan titik didih alkena. Meskipun alkena juga mempunyai sifat *nonpolar*, alkena sedikit lebih larut dalam air dibandingkan dengan alkana. Selain itu, alkena mudah larut dalam lemak dan minyak. Untuk sifat kimia, adanya ikatan rangkap pada alkena menyebabkan senyawa ini lebih reaktif dibanding golongan alkana.

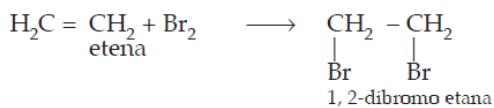
Alkena sukar mengalami reaksi substitusi seperti alkana. Reaksi yang khas untuk golongan alkena adalah reaksi adisi.

a) Reaksi-reaksi adisi pada alkena

- Gas hidrogen (reaksi hidrogenasi), berlangsung pada suhu 150 - 200°C dengan katalis Pt/Ni.



- Halogen (reaksi halogenasi) = F₂, Cl₂, Br₂, I₂



- Air (reaksi hidrasi)

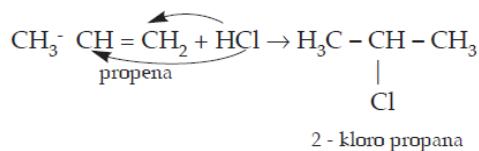


- Asam halida (HX , $X = F, Cl, Br, I$)

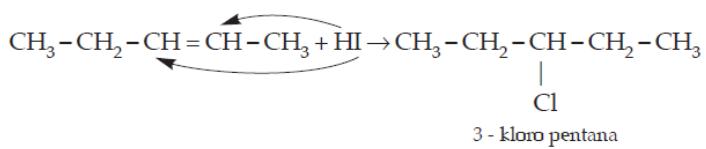


Alkena yang mengadisi HX rumus strukturnya lebih kompleks. Maka, berlaku aturan Markovnikov (1838 - 1904), yaitu seperti berikut.

- Atom karbon yang berikatan rangkap mengikat jumlah atom hidrogen yang berbeda, atom H dari asam akan terikat pada atom C yang memiliki jumlah H lebih banyak.



- Atom karbon yang berikatan rangkap mengikat jumlah atom hidrogen sama banyak, atom H akan terikat pada atom C yang mempunyai rantai karbon lebih pendek.



b) Reaksi pembakaran

Pembakaran alkena secara sempurna dihasilkan gas CO_2 dan H_2O . Namun, pada pembakaran tidak sempurna, dihasilkan karbon (arang) yang berupa asap hitam, dan ini mengganggu pernapasan.

c. Tata Nama Alkena

Nama alkena diturunkan dari nama alkana yang sesuai (yang jumlah atom karbonnya sama) dengan mengganti akhiran *ana* menjadi *ena*.

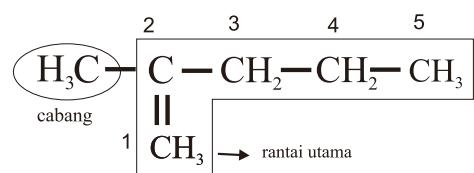
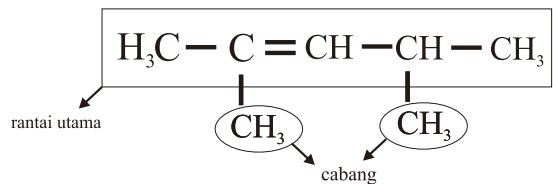
Contoh

C_2H_4 : etena

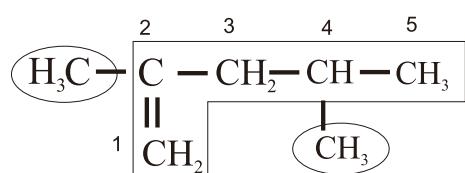
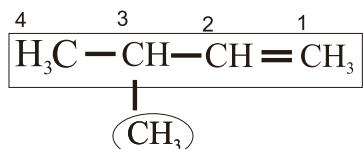
C_3H_6 : propena

Cara pemberian nama pada senyawa alkena diatur sebagai berikut.

- Tentukan rantai C terpanjang yang mengandung ikatan rangkap ($C=C$), sebagai rantai utama. Alkena yang di luar rantai pokok disebut cabang.

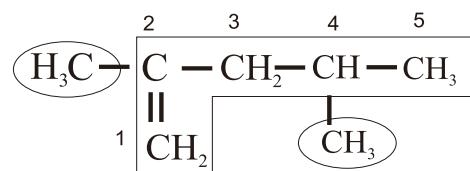


2) Rantai utama diberi nomor, mulai dari ujung yang dekat dengan ikatan rangkap.



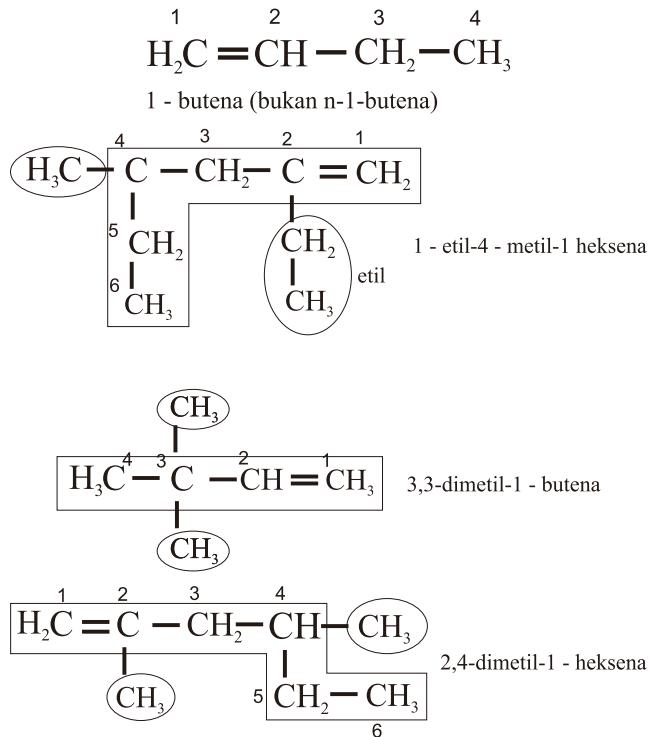
3) Urutan menyebabkan nama

Sama seperti pada alkana, hanya saja akhiran "ana" diganti "ena" dan sebelum menyebutkan nama alkena, terlebih dahulu menyebutkan nomor C yang berikatan rangkap.



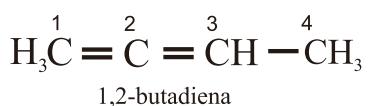
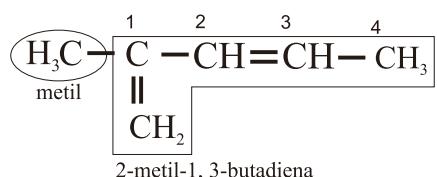
2,4 - dimetil - 1 - pentena

Alkena rantai lurus tidak diberi awalan kata normal.



Bagaimana dengan alkena yang mempunyai lebih dari satu ikatan $\text{C} = \text{C}$? Senyawa alkena yang mempunyai lebih dari satu ikatan rangkap diberi nama khusus, yakni dengan menambahkan awalan numeral (di, tri, tetra, dan seterusnya) pada kata alkena, menjadi alkadiena, alkatriena, dan seterusnya.

Contoh



d. Sumber dan Kegunaan Alkena

Pada umumnya, dalam industri, alkena dibuat dari alkana melalui pemanasan dengan katalis, yaitu dengan proses yang disebut perengkahan atau *cracking*. Alkena, khususnya suku-suku rendah, adalah bahan baku industri yang sangat penting, misalnya untuk membuat plastik, karet sintetis, dan alkohol.

Soal Latihan 3

1. Sebutkan nama senyawa berikut!

a.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_3 \end{array}$
b.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_3 \\ \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$
c.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_2$
d.	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2(\text{CH}_3)\text{C}(\text{CH}_3)_2$

2. Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut!

- 2,2-dimetil-2-pentena
 - 2-metil-1-butena
 - 2,3,3,4-tetrametil-2-heksena
3. Periksalah apakah nama alkena berikut sesuai dengan aturan IUPAC atau tidak. Jika tidak sesuai, berilah nama yang seharusnya.
- 3-pentena
 - 2-metil-3-pentena
 - 4-metil-2-butena

3. Alkuna

Alkuna merupakan hidrokarbon alifatik tak jenuh dengan satu ikatan karbon dengan karbon rangkap tiga ($\text{C} \equiv \text{C}$). Senyawa yang mempunyai 2 ikatan karbon-karbon rangkap

tiga disebut *alkadiuna*, dan senyawa yang mempunyai 1 ikatan karbon-karbon rangkap dan 1 ikatan karbon-karbon rangkap 3 disebut *alkenuna*. Rumus bangun, rumus molekul, dan nama senyawa alkuna dapat dilihat di

Tabel 0.4

Tabel 0.4 Alkuna			
Jumlah atom C	Rumus struktur	Rumus molekul	Nama senyawa
2	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	C_2H_2	etuna
3	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	C_3H_4	propuna
4	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	C_4H_6	1-butuna

a. Rumus Umum Alkuna

Jika dilihat dari

Tabel 0.4 tentang rumus molekul alkuna dapat kita polakan rumus umum sebagai berikut:

$$\boxed{\text{C}_n\text{H}_{2n-2}}$$

Alkuna mengikat 4 atom H lebih sedikit dibandingkan dengan alkana. Oleh karena itu, alkuna lebih tidak jenuh daripada alkena.

b. Sifat Alkuna

Pada alkuna, karbon *sp* lebih bersifat elektronegatif daripada atom karbon lainnya. Dengan demikian, ikatan karbon dengan hidrogen pada alkuna lebih polar daripada ikatan karbon-hidrogen pada alkena dan menyebabkan senyawa alkuna lebih polar daripada alkena. Sifat fisik alkuna hampir sama dengan alkena. Berkaitan dengan ikatan $\text{C} \equiv \text{C}$ pada alkuna, reaksi-reaksi pada alkuna hampir sama dengan reaksi yang terjadi pada alkena, hanya berlangsungnya reaksi lebih lama karena melalui beberapa tahap reaksi.

a) Reaksi adisi

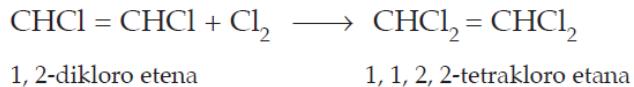
Beberapa reaksi adisi pada alkuna

- Reaksi halogenasi

Tahap 1

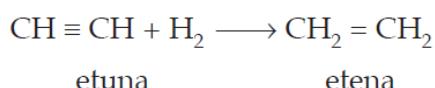


Tahap 2

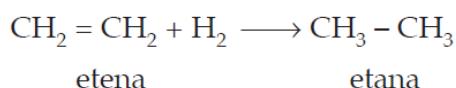


- Reaksi hidrogenasi

Tahap 1

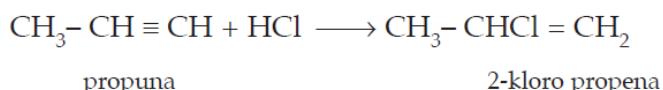


Tahap 2

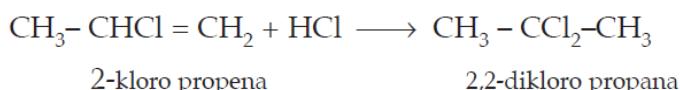


- Reaksi dengan hidrogen halida (HX)

Tahap 1



Tahap 2



b) Pembakaran alkuna

Pembakaran alkuna adalah reaksi antara alkuna dan gas O₂ dan bersifat eksoterm.



Pada pembakaran tidak sempurna, proses ini menghasilkan CO atau C.

c. Tata Nama Alkuna

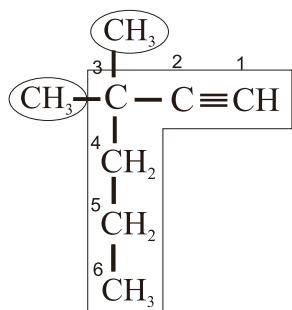
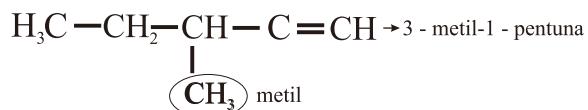
Nama alkuna diturunkan dari nama alkana yang sesuai dengan mengganti akhiran *ana* menjadi *una*.

Contoh

C₂H₂ : Etuna

C_3H_4 : Propuna

Cara memberi nama senyawa alkuna sama seperti pada alkena hanya saja akhiran "ena" diganti "una".



d. Sumber dan Kegunaan Alkuna

Jenis alkuna yang paling terkenal dalam kehidupan sehari-hari adalah etuna (C_2H_2) yang bernama lain *asetilena*. Dalam industri, asetilena dibuat dari proses pembakaran tak sempurna metana.



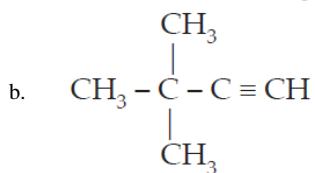
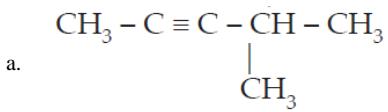
Dalam jumlah sedikit, asetilena dapat disintesis dari reaksi batu karbid (kalsium karbida) dengan air.



Pembuatan gas karbid dari batu karbid ini digunakan oleh tukang las (las karbid). Jika kalian perhatikan, gas karbid berbau tidak sedap. Namun, sebenarnya gas asetilena murni tidaklah berbau busuk bahkan sedikit harum. Bau busuk itu terjadi karena gas asetilena yang dibuat dari batu karbid tidak murni, tetapi mengandung campuran, salah satunya adalah gas fosfin (PH_3) yang berbau tidak sedap. Perlu kalian ketahui bahwa gas fosfin juga bersifat racun. Jadi, ada untungnya gas ini berbau tidak sedap sehingga orang akan menghindainya.

Soal Latihan 4

1. Sebutkan nama senyawa berikut!



2. Tuliskan rumus struktur dari senyawa berikut!

a. 3,3-dimetil-1-pentuna

b. 4-etil-4-metil-2-heksana

3. Bagaimakah rumus molekul alkuna yang mempunyai 7 atom karbon?

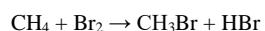
4. Reaksi pada Alkana, Alkena dan Alkuna

Reaksi-reaksi pada alkana, alkena, dan alkuna berkaitan dengan perubahan ikatan kovalen yang dialami oleh molekul-molekulnya selama bereaksi.

a. Reaksi Substitusi

Reaksi substitusi adalah reaksi di mana atom atau gugus atom yang terikat pada atom C dalam suatu molekul diganti oleh atom atau gugus lain. Reaksi ini umumnya terjadi pada senyawa karbon jenuh (alkana).

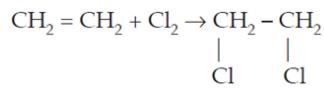
Contoh:



b. Reaksi Adisi

Reaksi adisi adalah reaksi perambah atom atau gugus atom. Pada molekul, senyawa karbon tak jenuh (mempunyai ikatan rangkap dua atau tiga) sehingga terbentuk molekul senyawa karbon jenuh.

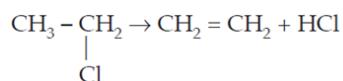
Contoh



c. Reaksi Eliminasi

Reaksi eliminasi adalah reaksi pelepasan suatu molekul dari molekul senyawa karbon jenuh sehingga membentuk molekul senyawa karbon tak jenuh.

Contoh



d. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi yang penting adalah reaksi suatu zat dengan O_2 , dikenal dengan reaksi pembakaran.

- Jika pembakaran dengan O_2 berlebih, berlangsung pembakaran sempurna. Pembakaran sempurna dihasilkan CO_2 dan H_2O .
- Jika pembakaran dengan O_2 yang kurang, berlangsung pembakaran tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna dihasilkan CO dan H_2O .

5. Isomerisasi

Senyawa-senyawa yang berbeda tetapi mempunyai rumus molekul yang sama disebut *isomer*. Kata *isomer* sendiri berasal dari bahasa Yunani, *iso* dan *meros*. *Iso* berarti sama dan *meros* berarti bagian. Ada 3 jenis keisomeran pada alkana, alkena dan alkuna, yaitu seperti berikut.

- Keisomeran kerangka (struktur): isomer-isomernya mempunyai perbedaan kerangka atom C.
- Keisomeran posisi: isomer-isomernya mempunyai perbedaan posisi gugus fungsi.
- Keisomeran geometri: isomer-isomernya mempunyai perbedaan susunan (geometri) atom-atom pada ikatan $\text{C} = \text{C}$. Isomer geometri juga dapat dibedakan menjadi 2, berdasarkan posisi atom (gugus), yaitu:
 - isomer cis: isomer di mana atom (gugus) atom sejenis berada pada posisi yang sama.
 - isomer trans: isomer di mana atom (gugus) atom sejenis berada pada posisi yang berseberangan.

Agar keisomeran cis-trans dapat terjadi pada alkena maka setiap karbon pembawa ikatan rangkap harus memiliki 2 atom atau gugus atom yang berbeda.

a. Keisomeran Alkana

Keisomeran pada alkana tergolong keisomeran kerangka, yaitu cara atom-atom saling berikatan. Keisomeran dapat terjadi karena perbedaan kerangka (rantai induk) atau perbedaan posisi cabang-cabangnya. Keisomeran alkana dimulai dari butana C_4H_{10} . Makin panjang rantai karbon, makin banyak pula kemungkinan isomernya. Pertambahan jumlah isomer ini tidak ada aturannya. Selain itu, juga perlu diketahui bahwa tidaklah berarti semua kemungkinan isomer itu ada pada kenyataannya. Sebagai contoh, ada 18 kemungkinan isomer dari C_8H_{18} , tetapi tidak berarti ada 18 senyawa dengan rumus molekul C_8H_{18} . Contoh keisomeran pada alkana dapat ditunjukkan pada Tabel 0.5

Tabel 0.5. Keisomeran Alkana

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama	Titik didih
C_4H_{10}	$\begin{array}{cccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & & & & & \\ & CH_3 & - & CH & - & CH_3 & \\ & & & & & & \\ & & CH_3 & & & & \end{array}$	n – butana 2 – metil propana	-0,5°C -11,7°C
C_5H_{12}	$\begin{array}{ccccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & & & & & & & \\ & CH_3 & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 & \\ & & & & & & & & \\ & & CH_3 & & & & & & \\ & & & & & & & & \\ & & CH_3 & & & & & & \\ & & & & & & & & \\ & & CH_3 & - & C & - & CH_3 & \\ & & & & & & & \\ & & & CH_3 & & & & \end{array}$	n pentana 2 – metil propana 2,2-dimetil propana	36°C 26°C 9°C

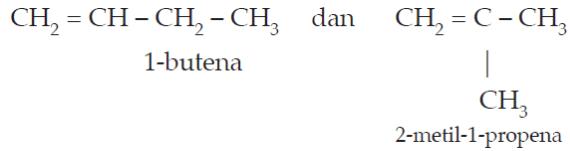
b. Keisomeran Alkena

Keisomeran pada alkena dapat berupa keisomeran struktur dan keisomeran ruang. Keisomeran struktur pada alkena dapat terjadi karena perbedaan posisi ikatan rangkap, posisi cabang, atau karena perbedaan kerangka atom karbon. Keisomeran alkena mulai ditemukan pada butena. Sedangkan, keisomeran geometri adalah keisomeran karena perbedaan penempatan gugus-gugus di sekitar ikatan rangkap. Contohnya adalah keisomeran geometri pada 2-butena. Ada 2 jenis 2-butena, yaitu *cis*-2-butena dan *trans*-2-butena (keduanya mempunyai titik didih yang berbeda). Keduanya mempunyai struktur yang sama, tetapi berbeda konfigurasi. Pada *cis*-2-butena, kedua gugus metil terletak pada sisi yang sama dari ikatan rangkap, sedangkan pada *trans*-2-butena letak kedua gugus itu

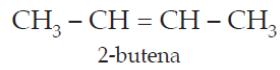
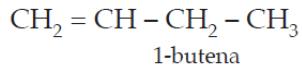
berseberangan. Keisomeran ini terjadi karenakekakuan ikatan rangkap. Atom karbon yang berikatan rangkap tidak dapat berputar satu terhadap yang lainnya. Oleh karena itu, posisi gugus-gugus yang terikat pada atom karbon yang berikatan rangkap tidak dapat berubah tanpa memutuskan ikatan. Jika gugus sejenis terletak pada sisi yang sama dari ikatan rangkap disebut bentuk *cis*, sebaliknya jika gugus yang sama terletak berseberangan disebut bentuk *trans*.

Perlu disebutkan bahwa tidak semua senyawa yang berikatan karbon-karbon rangkap ($C=C$) mempunyai keisomeran geometri. Kedua atom karbon yang berikatan rangkap itu masing-masing harus mengikat dua gugus yang berbeda, sehingga jika gugus-gugus yang terikat pada satu atom karbon dipertukarkan tempatnya, bentuknya menjadi berbeda.

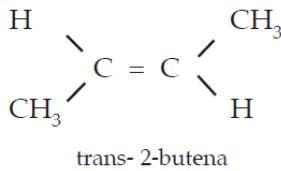
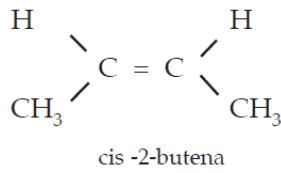
a) Keisomeran struktur, contohnya :



b) Keisomeran posisi, contohnya :



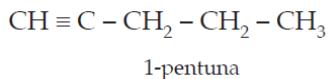
c) Keisomeran geometri, contohnya :



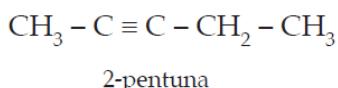
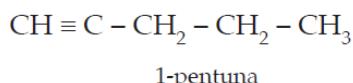
c. Keisomeran Alkuna

Keisomeran pada alkuna dimulai dari butuna C_4H_6 . Jenis keisomeran alkuna adalah keisomeran struktur dan keisomeran posisi.

a) Keisomeran struktur, contohnya:



b) Keisomeran posisi, contohnya:



Soal Latihan 5

1. Sebutkan semua isomer dari senyawa-senyawa berikut.
 - a. C_6H_{12}
 - b. C_5H_{10}
 - c. C_5H_8
2. Jelaskan apakah pada senyawa 1-butena terjadi isomer geometri?

D. Senyawa Turunan Alkana

Dalam pembahasan sebelumnya, telah dipelajari tiga homolog senyawa karbon, yaitu alkana, alkena, dan alkuna. Dari pembahasan tersebut, dapat kita ketahui bahwa senyawa-senyawa dalam satu homolog mempunyai rumus umum yang sama dan sifat yang bermiripan, sedangkan senyawa dari homolog yang berbeda mempunyai sifat yang berbeda nyata. Selanjutnya, akan dibahas senyawa turunan alkana, yaitu senyawa yang dapat dianggap berasal dari alkana yang atom H-nya digantikan oleh atom atau gugus atom tertentu. Gugus pengganti tersebut menjadi ciri khas setiap homolog sehingga disebut

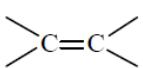
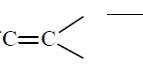
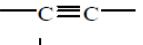
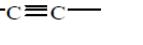
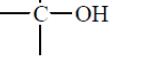
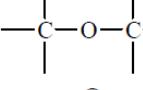
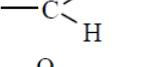
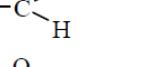
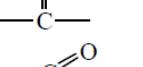
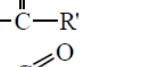
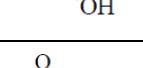
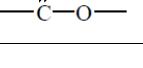
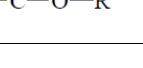
gugus fungsi. Mari kita bahas satu per satu senyawa turunan alkana berdasarkan gugus fungsinya.

1. Gugus Fungsi

Gugus fungsi adalah atom atau kelompok atom dengan susunan tertentu yang menentukan struktur dan sifat suatu senyawa. Senyawa-senyawa yang mempunyai gugus fungsi yang sama dikelompokkan ke dalam golongan yang sama. Gugus fungsi tersebut merupakan bagian yang paling reaktif jika senyawa tersebut bereaksi dengan zat lain.

Senyawa hidrokarbon yang hanya mengandung atom H dan O dikelompokkan menjadi alkana, alkena, alkuna, sikloalkana dan sikloalkena. Senyawa yang mengandung atom C, H dan O dikelompokkan menjadi alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester. Tabel 2.6 menyajikan macam-macam gugus fungsi.

Tabel 0.6 Gugus Fungsi

Nama Golongan	Gugus Fungsi	Struktur Umum	Rumus Molekul
Alkena			C_nH_{2n}
Alkuna			C_nH_{2n-2}
Alkohol		$R - OH$	$C_nH_{2n} + 2O$
Eter		$R - O - R'$	$C_nH_{2n} + 2O$
Aldehid			$C_nH_{2n}O$
Keton			$C_nH_{2n}O$
Asam Karboksilat			$C_nH_{2n}O_2$
Ester			$C_nH_{2n}O_2$

2. Macam-Macam Senyawa Turunan Alkana

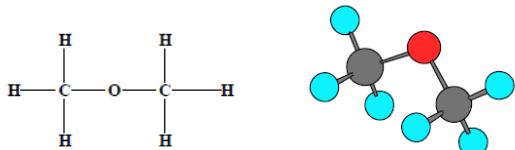
Penamaan senyawa turunan alkana pada dasarnya sama seperti penamaan senyawa alkana. Cabang ditulis terlebih dahulu, disusun sesuai urutan abjad dan diawali dengan nomor yang menyatakan posisi cabang, kemudian nama rantai induknya. Selanjutnya, akan dibahas tentang senyawa-senyawa turunan alkana.

a. Alkohol dan Eter

Anda tentu sudah mengenal contoh bahan yang mengandung alkohol di kehidupan sehari-hari. Minuman keras, tape, spiritus, merupakan contoh bahan yang mengandung alkohol. Apa nama alkohol yang terkandung dalam minuman keras, tape dan spiritus? Bolehkah kita memberi nama alkohol tape? Kalau Anda memberi nama berdasarkan bahan dasarnya, Anda akan banyak mengalami kesulitan. Pada pembahasan kali ini, kita akan mempelajari cara memberi nama alkohol dan eter. Alkohol dan eter merupakan turunan dari alkana. Struktur alkohol diperoleh dengan menggantikan satu atom H dengan gugus - OH. Penamaan alkohol juga disesuaikan dengan nama alkana dengan mengubah huruf akhir "a" pada alkana dengan ol. Misalnya metana menjadi metanol.

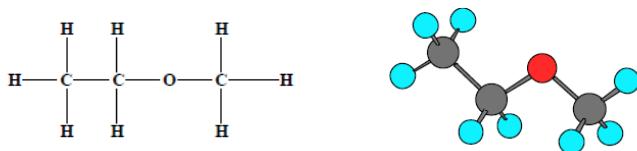
Struktur eter diperoleh dengan menggabungkan dua buah alkil dengan oksigen. Oleh karena itu, eter juga disebut alkoksi alkana. Eter yang paling sederhana adalah dimetil eter, $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$. Untuk memperjelas struktur eter, gunakan molymod untuk membentuk struktur eter.

1) Dimetil eter



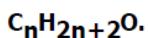
Gambar 2.4 Struktur dimetil eter

2) Etil metil eter



Gambar 2.5 Struktur etil metil eter

Bagaimana rumus umum alkohol dan eter? Perhatikan rumus molekul alkohol dan eter untuk jumlah atom karbon yang sama. Untuk jumlah atom C sebanyak 2, alkohol mempunyai rumus molekul C_2H_6O dan eter juga C_2H_6O . Apa yang dapat Anda simpulkan antara rumus molekul alkohol dan eter? Alkohol dan eter mempunyai rumus molekul yang sama. Alkohol dan eter mempunyai gugus fungsi berbeda, tetapi mempunyai rumus molekul yang sama. Hal ini dapat dikatakan bahwa alkohol dan eter berisomer fungsi. Rumus umum alkohol dan eter adalah:

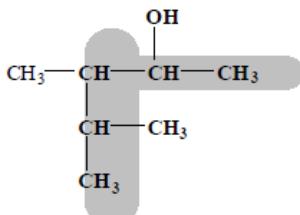


3) Tata Nama Alkohol

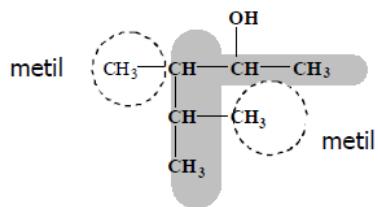
Sistem IUPAC digunakan dalam tata nama alkohol dengan aturan sebagai berikut.

1. Tentukan rantai karbon terpanjang yang mengandung gugus OH.

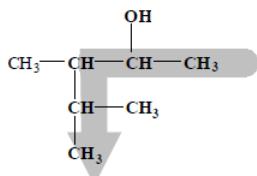
Rantai terpanjang tersebut merupakan rantai utama yang diberi nama sesuai dengan nama alkananya, tetapi huruf terakhir “a” diganti dengan *ol*. Rantai terpanjang pada contoh di atas mengandung 5 atom karbon sehingga diberi nama pentanol.



2. Semua atom karbon di luar rantai utama dinamakan cabang, diberi nama alkil sesuai jumlah atom C.



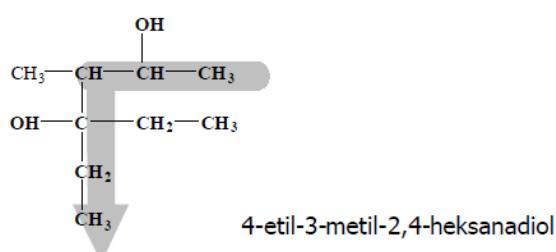
3. Rantai utama diberi nomor dari ujung terdekat dengan gugus -OH.



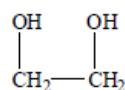
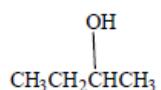
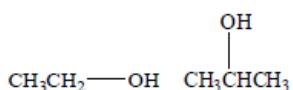
3. Urutan pemberian nama: nomor cabang-nama alkil- nomor gugus OH- nama rantai utama. Jika cabang lebih dari satu jenis, diurutkan sesuai abjad.

3,4-dimetil-2-pentanol

4. Jika terdapat lebih dari satu gugus OH pada molekul yang sama (polihidroksil alkohol), digunakan akhiran *diol*, *triol*, dan seterusnya. Dalam hal ini, akhiran *a* pada alkana rantai utama tetap dipakai. Pada contoh berikut terdapat dua buah cabang, yaitu etil di nomor 4 dan metil di nomor 3. Rantai terpanjang terdapat 6 atom C (heksana) dan dua gugus OH di nomor 2 dan 4.



Tata nama trivial atau nama lazim merupakan penamaan sering digunakan sebelum lahirnya kesepakatan sistem IUPAC. Umumnya, tata nama trivial alkohol dilakukan dengan menyebutkan nama alkil diakhiri dengan alkohol. Berikut beberapa nama trivial dan sistem IUPAC untuk alkohol.

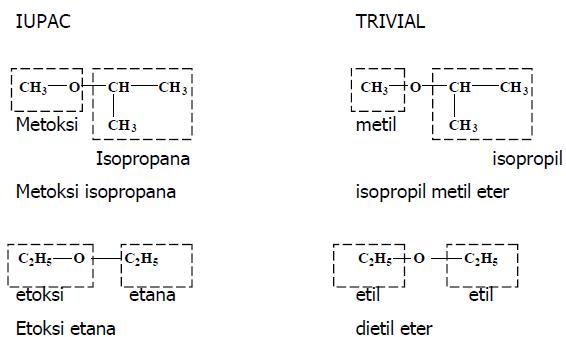


Struktur:

Nama IUPAC : Etanol	2-propanol	2-butanol	1,2-etanadiol
Nama Trivial : Etil alkohol	Isopropil alkohol	Sec-butil alkohol	etilen glokol

4) Tata Nama Eter

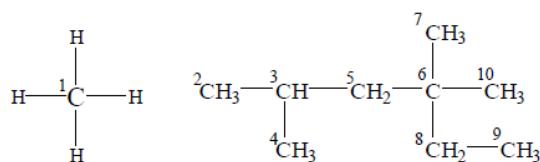
Tatanama eter dapat dilakukan dengan sistem IUPAC dan nama trivial. Menurut sistem IUPAC eter disebut juga alkoksi alkana. Tata nama dilakukan dengan dua cara: menetapkan alkil yang lebih kecil sebagai alkoksi dan alkil yang lebih besar sebagai alkana. Tata nama dengan nama trivial dilakukan dengan menyebutkan nama alkil sesuai urutan abjad dan diakhiri *eter*. Jika kedua alkil sama, digunakan awalan *di*.



Gambar 2.6 Tata nama eter

5) Klasifikasi Alkohol

Berdasarkan penempatan atom karbon dalam molekul, atom karbon digolongkan menjadi empat golongan, yaitu atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuarter



1. Atom karbon primer adalah atom karbon yang berdiri sendiri atau yang mengikat satu atom karbon yang lain. Contoh: C1 berdiri sendiri, C2 hanya mengikat C3, C4 mengikat C3, C7 mengikat C8, C9 mengikat C8 dan C10 mengikat C8.
2. Atom karbon sekunder adalah atom karbon yang mengikat dua atom karbon yang lain. Contoh: C5 mengikat C3 dan C6, C8 mengikat C6 dan C9.
3. Atom karbon tersier adalah atom karbon yang mengikat tiga atom karbon yang lain. Contoh: C3 mengikat C2, C4 dan C5.

4. Atom karbon kwartener adalah atom karbon yang mengikat empat atom karbon yang lain. Contoh C6 mengikat C5, C7, C8 dan C10.

6) Sifat Fisik dan Kimia Alkohol dan Eter

Telah disebut sebelumnya bahwa alkohol dan eter dianggap sebagai air. Hubungan ini menjadi jelas, terutama pada homolog yang lebih rendah, jika kita membicarakan tentang sifat-sifat fisik dan kimia alkohol. Penggantian satu atom hidrogen dengan gugus hidroksil menyebabkan perubahan besar pada kelarutan dan keadaan fisik. Perbedaan tersebut merupakan akibat dari kemampuan mengikat hidrogen pada alkohol. Pengikatan hidrogen yang menyebabkan daya tarik-menarik intermolekular antarmolekul-molekul alkohol. Bahkan, homolog yang teringan merupakan cairan pada suhu ruang. Alkohol dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air sehingga homolog yang lebih rendah larut dalam air.

Titik didih alkohol yang relatif tinggi merupakan akibat langsung dari daya tarik intermolekular yang kuat. Ingat bahwa titik didih adalah ukuran kasar dari jumlah energi yang diperlukan untuk memisahkan suatu molekul cair dari molekul terdekatnya. Jika molekul terdekatnya melekat pada molekul tersebut sebagai ikatan hidrogen, dibutuhkan energi yang cukup besar untuk memisahkan ikatan tersebut. Barulah kemudian molekul tersebut dapat terlepas dari cairan menjadi gas. Pada alkohol, gugus alkil tidak membentuk ikatan hidrogen sehingga satu molekul terikat hanya dengan dua molekul alkohol yang lain. Energi yang dibutuhkan untuk memisahkan tiga atau empat ikatan molekular lebih besar daripada dua ikatan molekular. Oleh sebab itu, energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air lebih besar. Adapun pada eter, kedua alkil yang terikat pada oksigen tidak dapat membentuk ikatan hidrogen sehingga eter mempunyai titik didih yang lebih kecil dibandingkan dengan titik didih alkohol.

Polaritas dan ikatan hidrogen merupakan faktor yang menentukan besarnya kelarutan alkohol dan eter dalam air. Dalam membahas kelarutan, kita menggunakan prinsip “like dissolves like” yang berarti pelarut molar melarutkan zat terlarut polar dan pelarut nonpolar melarutkan zat terlarut nonpolar. Tetapi, prinsip tersebut tidak berlaku untuk semua kasus. Semua alkohol adalah polar tetapi tidak semua alkohol dapat larut dalam air. Alkohol dengan massa molekul rendah dapat larut dalam air dengan baik. Kelarutan dalam air ini lebih disebakan oleh ikatan hidrogen antara alkohol dan air. Makin panjang rantai karbon makin kecil kelarutannya dalam air. Eter tidak dapat membentuk ikatan hidrogen antara molekul-molekulnya karena tidak ada hidrogen yang terikat pada

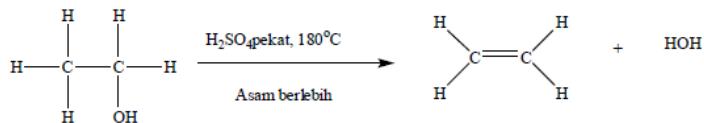
oksigen. Tetapi, jika dicampur dengan air, eter dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Karena ikatan hidrogen dengan H_2O inilah, kelarutan dietil eter hampir sama dengan 1-butanol. Tabel 0.7 menyajikan data kelarutan beberapa alkohol dan eter.

Tabel 0.7 Kelarutan Alkohol dan Eter dalam Air

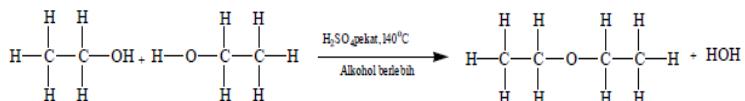
Nama	Rumus	Kelarutan (g/100 mL)
Metanol	CH_3OH	Tak terhingga
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	Tak terhingga
1-propanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Tak terhingga
1-butanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	8,3
dietil eter	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	8,0

Alkohol dapat mengalami reaksi kimia dan menjadi senyawa lain. Beberapa jenis reaksi-reaksi tersebut antara lain: dehidrasi alkohol, oksidasi alkohol, reaksi alkohol dengan Na atau K, esterifikasi, dll.

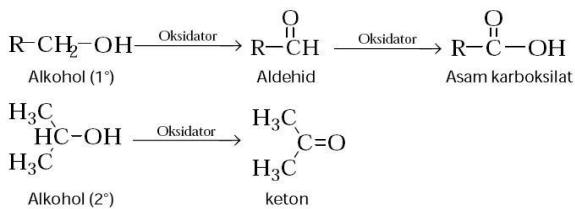
Dehidrasi (pelepasan air) biasanya terjadi apabila asam sulfat pekat berlebih dicampurkan dalam alkohol dan memanaskan campuran tersebut hingga 180°C . Gugus hidroksil akan terlepas dan atom hidrogen dari carbon terdekatnya juga terlepas, membentuk alkena.



Pada kondisi lain, yaitu penambahan sedikit asam sulfat pekat dan pemanasan dilakukan pada suhu 140°C , akan terbentuk eter. Reaksi ini melibatkan dua molekul alkohol. Alkohol pertama melepaskan gugus hidroksil dan alkohol kedua melepaskan atom hidrogen.

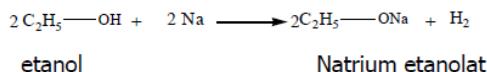


Alkohol juga mengalami reaksi oksidasi. Hasil dari reaksi oksidasi alkohol bergantung pada jenis alkohol tersebut. Reaksi tersebut adalah:

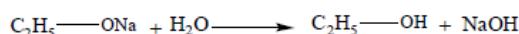


Alkohol primer mengalami reaksi oksidasi akan menghasilkan aldehid. Jika aldehid yang dihasilkan mengalami reaksi oksidasi lanjut, reaksi tersebut akan menghasilkan asam karboksilat. Jika alkohol sekunder mengalami oksidasi, proses tersebut akan menghasilkan suatu keton. Alkohol tersier tidak mengalami reaksi oksidasi.

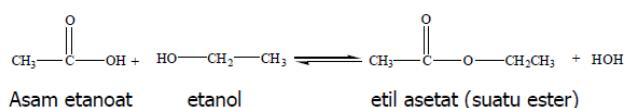
Alkohol kering (tidak mengandung air) dapat bereaksi dengan logam Na atau K sehingga atom H dari gugus OH digantikan dengan logam tersebut sehingga terbentuk Na-alkoholat.



Jika terdapat air, alkoholat terurai kembali menjadi alkohol + NaOH.



Alkohol dengan asam alkanoat dapat membentuk ester. Reaksi ini disebut reaksi esterifikasi.



7) Kegunaan dan Dampak Penggunaan Alkohol dan Eter

- **Metanol**

Dalam industri, metanol diubah menjadi formaldehid atau digunakan untuk mensintesa bahan kimia lain. Metanol digunakan sebagai pelarut dan sebagai bahan bakar bersin. Metanol mungkin juga mempunyai kegunaan baru dalam bidang pertanian. Tidak seperti alkohol pada minuman, metanol tetap beracun meskipun dalam

jumlah kecil. Gejala keracunan metanol adalah kebutaan karena metanol menyerang syaraf penglihatan; juga dapat berakibat kematian.

- **Etanol**

Pada kebanyakan orang dewasa, metabolisme tubuh dapat mencerna sejumlah kecil etanol dengan tingkat keracunan yang rendah. Etil alkohol pada umumnya disebut alkohol padi-padian atau alkohol minuman karena dapat dihasilkan dari fermentasi gula alam dan tepung yang dihidrolisis yang terdapat pada anggur dan padi-padian. Etanol mempunyai banyak kegunaan lainnya, sebagai pelarut (vanila atau ekstrak lain di rumah seringkali larutan etanol) dan antiseptik (pencuci mulut mengandung alkohol 5% - 30%). Etil alkohol yang dihasilkan untuk kegunaan selain konsumsi manusia diubah sifatnya dengan menambahkan metil dan isopropil alkohol dan tidak untuk minuman. Untuk tujuan komersial, bahan ini biasanya dihasilkan dari hidrasi etana.

- **Spiritus**

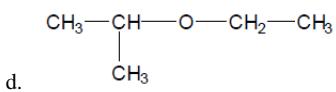
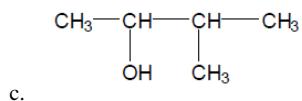
Spiritus merupakan salah satu jenis alkohol yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan bakar lampu spiritus (pembakar spiritus) dan untuk menyalaikan lampu petromak. Di laboratorium, pembakar spiritus digunakan untuk uji nyala. Pembakar spiritus juga digunakan untuk proses sterilisasi di laboratorium mikrobiologi. Spiritus bersifat racun karena adanya kandungan metanol di dalamnya. Bahan utama spiritus adalah etanol dan bahan tambahan terdiri dari metanol, benzene, dan piridin.

- **Eter**

Dietil eter digunakan secara luas sebagai obat bius sejak tahun 1842. Tetapi sekarang, dietil eter jarang digunakan sebagai obat bius untuk manusia karena mempunyai efek samping seperti: rasa sakit setelah pembiusan dan muntah-muntah. Sekarang, terdapat banyak obat bius yang digunakan termasuk golongan eter. Metil propil eter dan metoksi fluorin merupakan obat bius yang dikenal sebagai neotil dan pentrene. Dietil eter banyak digunakan sebagai pelarut karena dapat melarutkan banyak senyawa organik yang tidak larut dalam air. Titik didih dietil eter 36°C , ini berarti dietil eter adalah zat yang mudah menguap. Keadaan ini akan memudahkan memperoleh kembali zat terlarut.

Soal Latihan 6

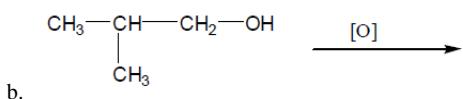
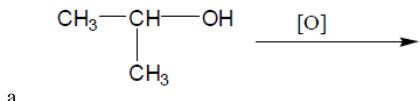
1. Berilah nama senyawa alkohol dan eter berikut.



2. Tuliskan struktur dari:



3. Selesaikan reaksi berikut



b. Aldehid dan Keton

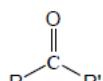
Anda tentu sudah merasakan aroma menarik dari kayu manis, vanila, dan makanan yang baru dipanggang maupun bau manis memuaskan dari makanan basi. Semua zat tersebut mengandung gugus fungsional karbonil. Gugus karbonil merupakan ciri khas aldehid dan keton. Pada bagian ini, kita akan membahas lebih mendalam tentang struktur, tata nama, serta sifat fisika dan kimia aldehid dan keton. Untuk mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, pada akhir bab, akan dibahas cara identifikasi dan cara pembuatan aldehid dan keton. Selain itu, juga dibahas kegunaan dan dampak penggunaan aldehid dan keton yang banyak ditemukan pada bermacam-macam jenis produk.

Pada pembahasan sebelumnya, Anda sudah mempelajari gugus fungsional yang melibatkan ikatan rangkap dua dalam alkena. Dalam alkena tersebut, dua atom karbon saling menggunakan empat elektron (dua pasang) untuk membentuk ikatan karbon-karbon rangkap dua. Pada alkohol, atom oksigen diikat oleh atom karbon. Gugus karbonil menggabungkan kedua gugus fungsi tersebut, yaitu oksigen diikat karbon dengan ikatan rangkap dua.

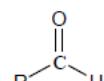


gugus karbonil

Apa perbedaan struktur aldehid dan keton? Pada keton, gugus karbonil mengikat dua buah alkil, sedangkan pada aldehid gugus karbonil mengikat satu alkil dan satu atom hidrogen.



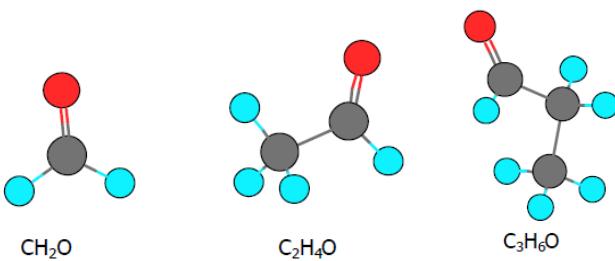
keton



aldehid.

Untuk memperjelas struktur aldehid dan keton, perhatikan struktur aldehid dan keton berikut dengan Molymod.

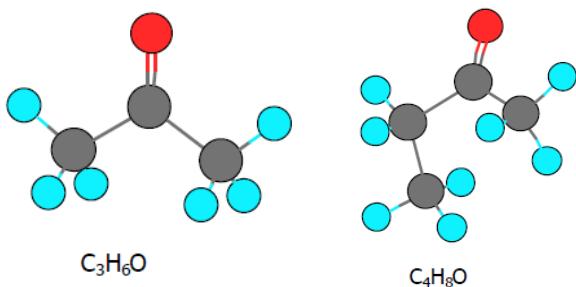
1) Aldehid



Dari Rumus aldehid di atas, Anda dapat menentukan rumus umum dari aldehid. Jika jumlah atom C = n, jumlah atom H = 2n, jumlah atom O = 1, dan rumus umum



2) Keton



Dengan cara yang sama seperti aldehid, tentukan rumus umum dari keton. Bagaimana hasilnya? Aldehid dan keton mempunyai rumus molekul yang sama, yaitu



Oleh karena itu, aldehid dan keton berisomer fungsional.

3) Tata Nama Aldehid dan Keton

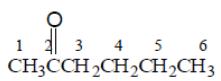
Tata nama aldehid dan keton dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu nama menurut sistem IUPAC dan nama trivial. Tata nama aldehid berdasarkan sistem IUPAC diturunkan dari nama alkana induknya dengan mengubah huruf terakhir “a” pada alkana dengan huruf “al” untuk aldehid. Tentukan rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi. Penomoran selalu dari C gugus fungsi sehingga atom karbon pada gugus -CHO selalu memiliki nomor 1.

Contoh

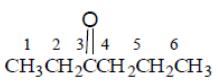


Keton diberi nama dengan mengubah huruf terakhir “a” pada alkana dengan huruf “on”. Tentukan rantai terpanjang yang melewati gugus fungsi -CO-. Penomoran dimulai dari ujung terdekat gugus fungsi.

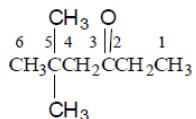
Contoh



2-heksanon



3-heksanon



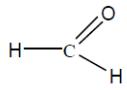
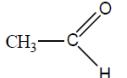
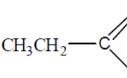
5,5-dimetil-3-heksanon

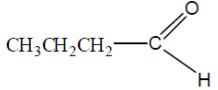
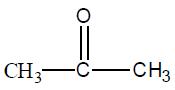
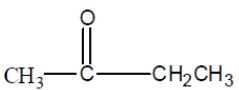
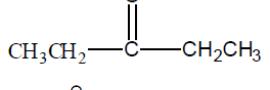
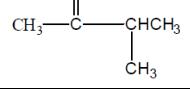
Tata nama trivial aldehid diambil dari nama asam karboksilat induknya dengan mengubah asam-oat atau asam-at menjadi akhiran aldehid. Misalnya, asam asetat menjadi asetaldehid. Tata nama trivial keton, diambil dari nama alkil yang melekat pada gugus karbonil, kemudian ditambahkan kata *keton*. Tabel 2.8 memuat beberapa contoh nama trivial aldehid dan keton.

4) Sifat Fisik dan Kimia Aldehid dan Keton

Karbon dan oksigen pada gugus karbonil berbagi dua pasang elektron, tetapi pembagiannya tidak seimbang. Negativitas oksigen lebih besar untuk mengikat pasangan elektron sehingga kerapatan elektron pada oksigen lebih besar daripada karbon. Karbon lebih bermuatan positif, sedangkan oksigen lebih bermuatan negatif. Polaritas ikatan rangkap pada karbon-oksigen lebih besar daripada ikatan tunggal pada karbon-oksigen. Perbedaan muatan pada molekul menyebabkan terjadinya dipole. Polaritas ikatan rangkap pada aldehid dan keton sangat memengaruhi titik didihnya, sedangkan polaritas ikatan tunggal pada eter pengaruhnya sangat kecil terhadap titik didihnya. Akan tetapi, pengaruh kepolaran pada aldehid dan keton tidak dapat dibandingkan dengan ikatan hidrogen antarmolekul alkohol.

Tabel 0.8 Nama IUPAC dan Trivial Aldehid

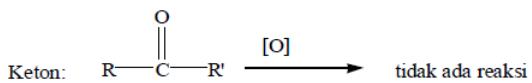
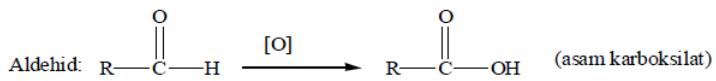
Rumus molekul	Struktur	Nama trivial	Nama IUPAC
CH ₂ O		formaldehid	metanal
C ₂ H ₄ O		asetaldehid	etanal
C ₃ H ₆ O		propionaldehid	propanal

C_4H_8O		butiraldehid	butanal
C_3H_6O		aseton (dimetil keton)	propanon
C_4H_8O		etil metil keton	butanon
$C_5H_{10}O$		dietil keton	3-pentanon
$C_5H_{10}O$		sopropil metil keton	3-metil-2-butanon

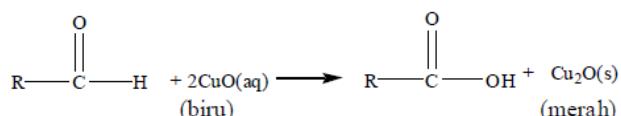
Umumnya, aldehid berfase cair, kecuali fomaldehid yang berfase gas. Aldehid suku rendah mempunyai bau yang menyengat, sedangkan aldehid suku tinggi mempunyai bau yang enak dan digunakan untuk parfum dan aroma tambahan. Atom hidrogen pada molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan oksigen pada gugus karbonil sehingga kelarutan aldehid hampir sama dengan alkohol dan eter. Formaldehid dan asetaldehid larut dalam air. Sejalan dengan bertambahnya rantai karbon, kelarutan dalam air akan turun. Semua aldehid larut dalam pelarut organik.

Sifat fisik keton hampir sama dengan aldehid. Aseton mempunyai bau yang enak, dan merupakan satu-satunya keton yang sangat larut dalam air. Homolog yang lebih tinggi merupakan cairan tak berwarna dan kurang larut dalam air, dan tidak seperti aldehid, mempunyai bau yang lembut.

Aldehid dan keton mempunyai struktur yang hampir sama. Akibatnya, keduanya mempunyai sifat kimia yang serupa. Aldehid mampu mengalami reaksi oksidasi dengan mudah menjadi asam karboksilat, sedangkan keton tidak mudah dioksidasi. Perbedaan inilah yang bisa digunakan dalam uji Fehling dan uji Tollens.



Pereaksi yang digunakan dalam tes Fehling terdiri atas campuran Fehling A dan Fehling B. Fehling A terdiri atas larutan CuSO_4 , dan Fehling B terdiri atas campuran NaOH dan natrium-kalium tatrat. Pereaksi fehling dibuat dengan mencampurkan Fehling A dan Fehling B sehingga terbentuk ion kompleks Cu^{2+} dalam suasana basa. Pereaksi ini dalam reaksi cukup ditulis dengan CuO .



Pada saat reaksi terjadi, aldehid akan teroksidasi menjadi asam karboksilat dan ion kompleks Cu^{2+} (larutan berwarna biru) akan tereduksi menjadi tembaga (I) oksida, Cu_2O (endapan berwarna merah bata). Keton tidak dapat bereaksi dengan pereaksi fehling. Tes Fehling dapat digunakan untuk menguji kadar glukosa dalam urine dalam rangka mendeteksi penyakit diabetes.

Pereaksi yang digunakan campuran larutan AgNO_3 dan NH_3 membentuk ion kompleks $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$, pada reaksi cukup ditulis dengan Ag_2O . Aldehid akan teroksidasi menjadi asam karboksilat dan ion perak (Ag^+) akan tereduksi menjadi logam perak. Keton tidak bereaksi dengan pereaksi ini.



Logam perak perlahan-lahan akan menempel pada dinding dalam tabung dan jika dilihat dari luar tabung, akan terlihat seperti cermin. Oleh karena itu, tes Tollens disebut juga tes cermin perak.

5) Kegunaan dan Dampak Penggunaan Aldehid dan Keton

Penggunaan terbesar formaldehid adalah sebagai pereaksi untuk penyiapan senyawa organik lain dan untuk pembuatan polimer seperti Bakelit, Formika, dan Melmac. Formaldehid dapat mengubah sifat protein sehingga protein tidak dapat larut dalam air dan

tahan terhadap bakteri pembusuk. Alasan inilah yang menyebabkan formaldehid digunakan pada larutan pembalsem dan pengawet spesimen biologis. Formalin juga digunakan sebagai antiseptik di rumah sakit untuk mensterilkan sarung tangan dan peralatan bedah. Akan tetapi, penggunaan formaldehid sebagai antiseptik, pengawet, dan cairan pembalsem menurun akhir-akhir ini karena zat ini dicurigai bersifat karsinogenik.

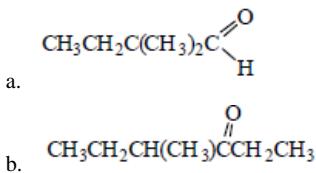
Aseton adalah keton yang paling sederhana dan penting. Zat ini dihasilkan dalam jumlah besar dengan mengoksidasi isopropil alkohol dengan katalis (Ag). Karena larut sempurna dalam air dan kebanyakan pelarut organik, aseton utamanya digunakan pelarut industri (misalnya, untuk cat dan pernis). Zat ini merupakan bahan utama (terkadang bahan satu-satunya) pada beberapa merek penghapus cat kuku. Aseton juga merupakan bahan yang penting pada pembuatan kloroform, iodoform, pewarna, methacrylat, dan banyak senyawa organik kompleks yang lain.

Soal Latihan 7

1. Tentukan rumus molekul dan struktur senyawa berikut:

- 2,3-dimetil pentanal
- 2-metil-3-pentanon

2. Tentukan rumus molekul dan nama senyawa berikut:



3. Tuliskan hasil reaksi dari:

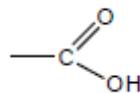
- oksidasi 2- metil butanal.
- 2-metil butanal dengan pereaksi fehling.
- reaksi 2-metil butanal dengan pereaksi tollens

c. Asam Karboksilat dan Ester

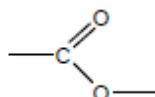
Anda pasti sudah familiar dengan asam asetat atau cuka. Asam tersebut termasuk dalam golongan asam karboksilat. Ahli alam pada abad ke-17 mengetahui bahwa sengatan akibat gigitan semut merah disebabkan oleh asam organik yang dimasukkan ke luka oleh semut tersebut. Selain itu, telah lama disadari bahwa rasa asam segar pada buah jeruk dihasilkan oleh senyawa organik yang disebut asam sitrat. Bau kambing dihasilkan oleh

senyawa asam kaproat. Asam asetat pada cuka, asam format pada semut merah, dan asam sitrat pada buah merupakan keluarga senyawa yang sama, yaitu keluarga asam karboksilat. Beberapa turunan asam karboksilat juga penting. Ester merupakan turunan asam yang akan kita bahas lebih mendalam. Aroma harum dari parfum, aroma buah-buahan, aroma bunga merupakan contoh ester.

Pada pembahasan sebelumnya, Anda sudah dapat menentukan rumus struktur dan rumus umum alkohol, eter, aldehid dan keton. Sekarang, kita akan mempelajari rumus struktur dan rumus umum dari asam karboksilat dan ester. Asam karboksilat mempunyai gugus fungsi berupa gugus karboksil --COOH atau

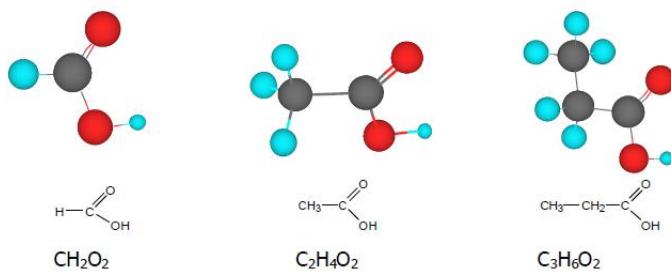


Ester merupakan turunan dari asam karboksilat. Gugus fungsi ester diperoleh dengan melepaskan atom H pada gugus karboksil sehingga ester mempunyai gugus fungsi -COO- atau



Bagaimana rumus umum asam karboksilat dan ester? Untuk memahami hal ini, perhatikan struktur beberapa asam karboksilat dan ester menggunakan model molymod berikut.

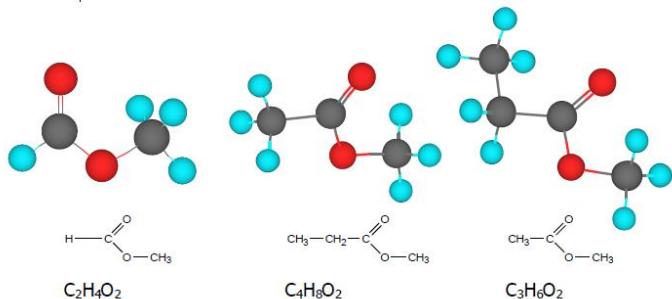
1) Asam Karboksilat



Dari struktur tersebut, rumus umum untuk asam karboksilat adalah

$$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$$

2) Ester



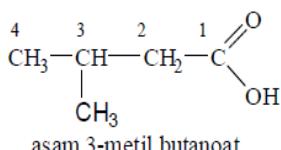
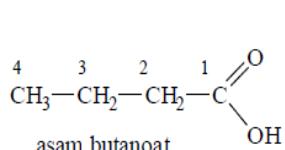
Dari struktur tersebut, rumus umum untuk ester adalah



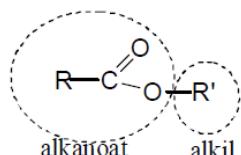
3) Tata Nama Asam Karboksilat dan Ester

Tata nama asam karboksilat dan ester dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu nama menurut sistem IUPAC dan nama trivial. Tata nama asam karboksilat berdasarkan sistem IUPAC diturunkan dari nama alkana induknya dengan memberi awalan asam dan mengubah huruf terakhir “a” pada alkana dengan huruf “oat” untuk asam karboksilat. Tentukan rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi. Penomoran selalu dari C gugus fungsi sehingga atom karbon pada gugus -COOH selalu memiliki nomor 1

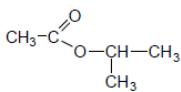
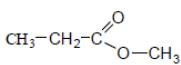
Contoh



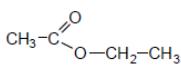
Ester disebut juga alkil alkanoat. Penamaan ester dilakukan dengan menyebutkan terlebih dahulu alkil yang melekat pada gugus karbonil, kemudian disusul nama karboksilatnya.



Contoh



metil propanoat

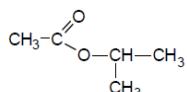
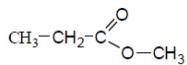


etil etanoat

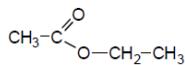
isopropil etanoat

Tata nama trivial asam karboksilat diambilkan dari sumber asam karboksilat tersebut. Misalnya, asam metanoat, nama trivialnya asam formiat atau asam semut (*formica* dalam bahasa Latin berarti semut) karena asam metanoat diperoleh dari penyulingan semut merah. Beberapa nama trivial asam karboksilat dapat dilihat pada Tabel 0.9. Tata nama trivial ester disesuaikan dengan tata nama trivial karboksilatnya.

Contoh



metil propionat



etil asetat

isopropil asetat

Tabel 0.9 IUPAC dan Trivial Asam Karboksilat

Rumus Struktur	Nama IUPAC	Nama Trivial	Penurunan Nama
HCOOH	asam metanoat	Asamformiat	Latin: <i>formica</i> = semut
CH ₃ COOH	asam etanoat	asam asetat	Latin: <i>acetum</i> = cuka
CH ₃ CH ₂ COOH	asam propanoat	asam propionat	Latin: <i>protos</i> = pertama, <i>pion</i> = lemak
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	asam butanoat	asam butirat	Latin: <i>butyrum</i> = mentega
CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	asam pentanoat	asam valerat	Latin: <i>valere</i> = menjadi kuat
CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	asam heksanoat	asam kaproat	Latin: <i>caper</i> = kambing
CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	asam heptanoat	asam enantat	Yunani: <i>oenanthe</i> = kuncup anggur

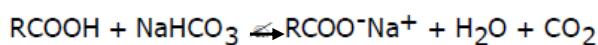
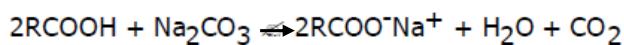
4) Sifat Fisik dan Kimia Asam Karboksilat dan Ester

Sembilan anggota pertama asam karboksilat merupakan cairan tak berwarna yang mempunyai bau yang sangat tidak enak. Bau cuka merupakan bau asam asetat; bau mentega basi adalah bau asam butirat. Asam kaproat terdapat pada rambut dan keringat kambing. Asam dari C₅ hingga C₁₀ semua mempunyai bau seperti kambing. Asam ini dihasilkan oleh bakteri kulit pada minyak keringat; begitu juga bau ruangan loker yang tidak mempunyai sirkulasi udara yang baik (bau sepatu olahraga usang). Asam di atas C₁₀ merupakan padatan

seperti wax/lilin, dan karena tingkat penguapannya yang rendah, asam ini tidak berbau. Molekul asam karboksilat bersifat sangat polar dan membentuk ikatan hidrogen intermolekular yang kuat. Karenanya, senyawa ini mempunyai titik didih yang lebih tinggi daripada alkohol meskipun dengan massa molar yang setara. Etil alkohol ($Mr = 46$) mendidih pada suhu 78°C , sedangkan asam format ($Mr = 46$) mendidih pada suhu 100°C . Begitu juga dengan propil alkohol ($Mr = 60$) mendidih pada suhu 97°C , sedangkan asam asetat ($Mr = 60$) mendidih pada suhu 118°C .

Ester yang diturunkan dari asam karboksilat pada umumnya mempunyai sifat yang berlawanan dari zat asalnya karena ester mempunyai bau yang menyenangkan dan sering terdapat pada aroma buah-buahan dan bunga-bungaan. Molekul-molekul ester bersifat polar, tetapi tidak mampu membentuk ikatan hidrogen intermolekuler satu dan yang lain. Karenanya, ester mempunyai titik didih yang lebih rendah daripada asam karboksilat isomernya. Titik didih ester terletak antara keton dan eter dengan massa molar yang sebanding. Karena molekul-molekul ester dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air, ester dengan massa molar rendah larut dalam air. Ester yang memiliki tiga hingga lima atom karbon larut dengan baik dalam air.

Larutan asam karboksilat dalam air bersifat asam. Larutan tersebut dapat mengubah laksus biru menjadi merah. Semua asam karboksilat dapat bereaksi dengan larutan NaOH , Na_2CO_3 dan NaHCO_3 .

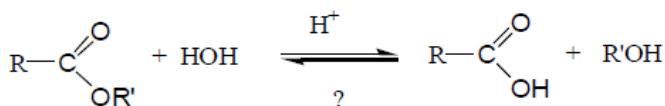


Ketiga reaksi tersebut tergolong reaksi netralisasi. Asam karboksilat tergolong asam lemah sehingga dalam air hanya terionisasi sebagian.

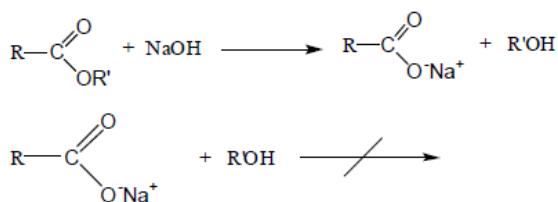


Ester merupakan senyawa yang bersifat netral. Biasanya, ester mengalami reaksi kimia dimana gugus alkaksi ($-\text{OR}'$) digantikan oleh gugus yang lain. Salah satu reaksi seperti ini adalah hidrolisis. Hidrolisis dipercepat dengan adanya asam atau basa. Hidrolisis dalam suasana asam merupakan kebalikan dari esterifikasi. Ester direfuk dengan air

berlebih yang mengandung katalis asam yang kuat. Akan tetapi, reaksi tersebut merupakan reaksi kesetimbangan sehingga reaksi tidak pernah berhenti.



Jika suatu basa (NaOH atau KOH) digunakan untuk menghidrolisis ester, reaksi tersebut sempurna. Mengapa? Asam karboksilat dilepaskan dari kesetimbangan dengan mengubahnya menjadi garam. Garam organik tidak bereaksi dengan alkohol sehingga reaksi tersebut merupakan reaksi tidak dapat balik.



5) Kegunaan Asam Karboksilat dan Ester

• Asam Asetat

Asam asetat (asam etanoat) merupakan asam karboksilat yang paling penting. Zat ini dihasilkan secara industri dengan mengoksidasi asetaldehid, bahan mentah yang didapat dari oksidasi etanol atau hidrasi asetilen. Asam asetat juga dibentuk dalam cuka, ketika bakteri acetobacter mengoksidasi etanol. Cuka pasar yang mengandung sekitar 5 persen asam asetat dalam air, telah digunakan selama berabad-abad untuk menyedapkan makanan. Orang pertama yang menyintesa asam asetat langsung dari unsur kimia adalah Adolph Kolbe (Jerman, 1818-84) pada tahun 1845. Asam asetat digunakan pada pembuatan selulosa asetat, vinil asetat, obat-obatan, pewarna, insektisida, bahan kimia fotografi, dan pengawet makanan.

• Asam Format

Nama asam format (asam metanoat) didapat dari bahasa Latin untuk kata *formica* yang berarti semut. Asam ini diisolasi dari hasil distilasi pemecahan pada semut. Sengatan pada gigitan semut disebabkan karena adanya asam format. Asam ini merangsang ujung syaraf perasa sakit pada tubuh kita dengan jalan merendahkan pH di sekelilingnya.

Daerah yang terkena gigitan akan membengkak karena mengalirnya air untuk melarutkan asam format tersebut sehingga pH bertambah. Karena sengatan tersebut adalah asam, perawatan yang terbaik adalah menggunakan basa sedang seperti baking soda/soda kue (NaHCO_3). Semut dan serangga lain sering mengeluarkan bahan kimia lain jika mereka menggigit dan menyebabkan reaksi alergi yang parah pada beberapa orang.

Botol-botol asam format diberi peringatan “Hindari kontak dengan kulit” karena asam ini bersifat korosif pada kulit dan jaringan tubuh. Meskipun demikian, asam format dimanfaatkan pada pembuatan pewarna, insektisida, parfum, obat-obatan dan plastik.

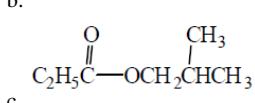
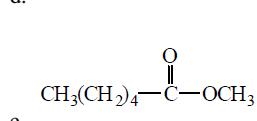
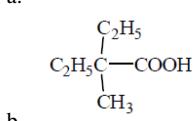
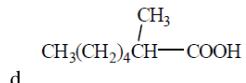
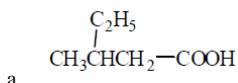
- **Ester**

Beberapa senyawa ester mempunyai aroma buah-buahan seperti apel (metil butirat), aroma pisang (amil asetat), aroma nanas (etil butirat) dan masih banyak lagi. Dengan prinsip reaksi esterifikasi tersebut, dapat dibuat aroma buah-buahan tiruan. Jadi, rasa dan aroma buah-buahan yang terdapat pada makanan seperti permen, sirup dapat digantikan dengan senyawa ester.

Ester tidak hanya penting untuk kosmetik dan penambah rasa, tetapi juga untuk penerapan lain. Beeswax, campuran ester seperti $\text{C}_{25}\text{H}_{51}\text{COO}-\text{C}_{30}\text{H}_{61}$, dan Carnauba wax, ester lain, digunakan pada cat/pelapis mobil dan mebelair. Lemak dan minyak (bukan minyak tanah) merupakan ester dari gliserol dengan asam-asam lemak; ini penting bagi makanan kita. Ester-ester aspirin dan metil salisilat digunakan dalam pengobatan sebagai analgesik dan antiperadangan. Metil salisilat, juga disebut minyak *wintergreen*, merupakan bahan utama rasa/bau *wintergreen*. Etil asetat digunakan sebagai penghapus cat kuku/kutek.

Soal Latihan 8

1. Berilah nama senyawa dengan struktur berikut.



2. Tuliskan rumus struktur dan tentukan rumus molekul senyawa dengan nama sebagai berikut.
 - a. Asam 3-metilpentanoat
 - b. Asam 2-etil-3metil butirat
 - c. Asam 3-metil pentanoat
 - d. Etil propanoat
 - e. Metil asetat
3. Mengapa asam karboksilat mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan alkohol (dengan Mr yang hampir sama)?
4. Bagaimana kelarutan asam karboksilat dalam air?
5. Bagaimana titik didih ester dibandingkan dengan asam karboksilat isomernya? jelaskan.

E. Klasifikasi dan Kegunaan Senyawa Makromolekul

Makromolekul merupakan molekul besar yang terdiri atas banyak atom dan blok penyusun. Sebagian besar makromolekul berupa polimer atau suatu molekul panjang yang terdiri atas banyak blok penyusun identik, dan dihubungkan dengan ikatan-ikatan kovalen. Blok penyusun dari suatu polimer adalah molekul kecil yang disebut monomer. Monomer-monomer dihubungkan melalui suatu reaksi kondensasi atau dehidrasi sehingga dua molekul dapat berikatan secara kovalen melalui pelepasan satu molekul air. Senyawa yang dapat dikategorikan sebagai makromolekul adalah senyawa yang mempunyai molekul dalam bentuk besar seperti karbohidrat, protein, lemak atau lipid, plastik (polimer), dan asam nukleat. Pada bab ini, kita akan membahas sedikit mengenai karbohidrat, protein dan lipid.

1. Karbohidrat

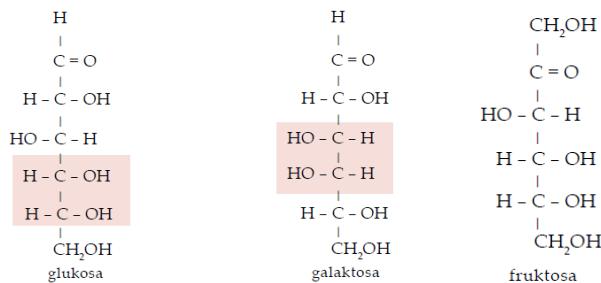
Karbohidrat merupakan contoh polimer alami. Karbohidrat berasal dari tumbuh-tumbuhan dan terdiri atas unsur C, H, dan O. Istilah *karbohidrat* diambil dari kata karbon dan hidrat (air). Selain itu, karbohidrat juga dikenal dengan nama sakarida (*Saccharum* =gula). Senyawa karbohidrat mudah ditemukan di dalam kehidupan sehari-hari, misalnya di dalam gula pasir, buah-buahan, gula tebu, air susu, beras, jagung, gandum, ubi jalar, kentang, singkong, dan kapas. Karbohidrat adalah polihidroksi aldehida (golongan *aldosa*) atau polihidroksi keton (golongan *ketosa*) dengan rumus molekul $(CH_2O)_n$. Karbohidrat berfungsi sebagai bahan bakar (sumber energi), bahan penyusun struktur sel, dan sumber

energi. Karbohidrat merupakan polimer yang tersusun dari monomer-monomer. Berdasarkan jumlah monomer yang menyusun polimer, karbohidrat dapat digolongkan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

a. Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat yang paling sederhana karena hanya terdiri atas satu unit sakarida. Suatu monosakarida mengandung gugus karbonil dan hidroksil. Suatu monosakarida memiliki dua gugus fungsi, yaitu gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dan gugus hidroksil ($-\text{OH}$). Monosakarida dapat dikelompokkan berdasarkan letak gugus karbonilnya. Jika letak gugus karbonil di ujung, berarti monosakaridanya digolongkan ke dalam golongan aldosa. Disebut aldosa karena gugus karbonil yang berada di ujung membentuk gugus aldehid. Jika gugus karbonil terletak di antara alkil, berarti gugus fungsional digolongkan sebagai golongan ketosa. Disebut ketosa karena gugus karbonilnya membentuk gugus keton. Jenis monosakarida yang tergolong aldosa adalah glukosa dan galaktosa, sedangkan yang tergolong ketosa adalah fruktosa.

Pada glukosa, posisi $-\text{OH}$ yang sama adalah pada C ke-4 dan ke-5, sedangkan pada galaktosa posisi $-\text{OH}$ yang sama adalah pada C ke-3 dan ke-4. Adapun fruktosa memiliki gugus karbonil yang terletak di antara alkil, posisi $-\text{OH}$ yang sama adalah pada C ke-4 dan ke-5.

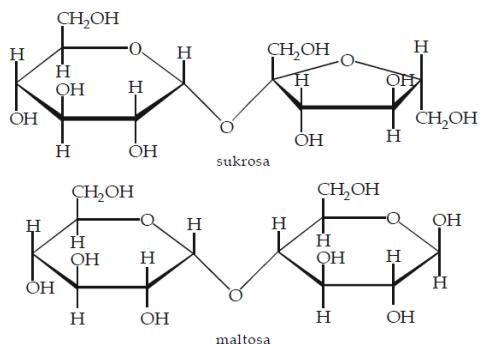


Gambar 2.7 Contoh monosakarida

Monosakarida banyak dijumpai di alam. Glukosa banyak terdapat di buah-buahan yang matang, terutama anggur. Darah juga mengandung glukosa sehingga dapat menjadi parameter kandungan gula dalam darah. Fruktosa sering ditemukan dalam bentuk campuran dengan glukosa, dan banyak ditemukan pada buah-buahan dan madu.

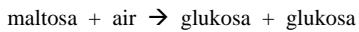
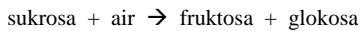
b. Disakarida dan Polisakarida

Disakarida tersusun atas dua monosakarida, sedangkan polisakarida tersusun atas lebih dari dua monosakarida. Sukrosa adalah gabungan antara glukosa dan fruktosa, maltosa merupakan gabungan dua glukosa, sedangkan laktosa merupakan gabungan antara glukosa dan galaktosa. Dua monosakarida dapat membentuk disakarida melalui ikatan glikosida. Perhatikanlah gambar berikut.



(sumber : <https://konsep-kimia.blogspot.co.id/2016/09/oligosakarida.html>)
Gambar 2.8 Ikatan glikosida disakarida

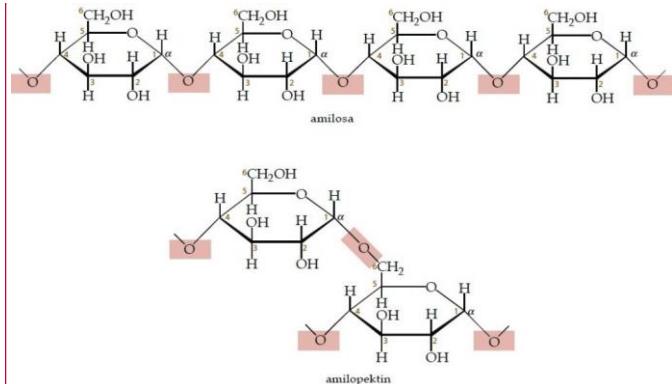
Suatu disakarida dapat terurai menjadi monosakarida penyusunnya melalui reaksi hidrolisis (reaksi dengan air). Perhatikan reaksi berikut.



Berbeda dengan disakarida, jumlah monosakarida yang dikandung polisakarida lebih banyak. Monosakarida tersebut dihubungkan oleh ikatan glikosida. Contoh polisakarida antara lain amilum (pati), glikogen, dan selulosa.

Pati mengandung dua jenis polimer glukosa: amilosa dan amilopektin. Amilosa terdiri atas rantai unit-unit D-glukosa yang panjang dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan α (1→4). Rantai ini beragam dalam berat molekulnya, dari beberapa ribu sampai dengan 500.000. Amilopektin juga memiliki berat molekul yang tinggi, tetapi strukturnya bercabang tinggi. Ikatan glikosida yang menggabungkan residu glukosa yang berdekatan di dalam rantai amilopektin adalah α (1→4), tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α (1→6).

Commented [W1]: tekan kene



(sumber: <http://gadis-pertanianbudidaya.blogspot.co.id/2013/01/contoh-makromolekul-polimer-karbohidrat.html>)

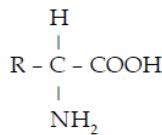
Gambar 2.9 Struktur amilosa dan amilopektin

2. Protein

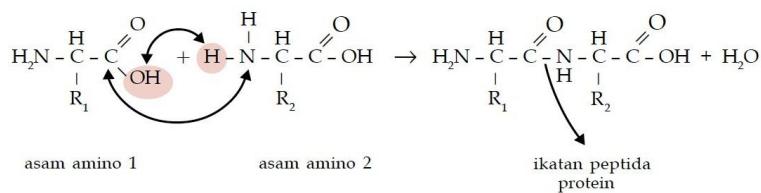
Protein merupakan komponen penyusun sel yang meliputi sekitar 50% dari bobot kering sel tersebut. Protein berfungsi sebagai dukungan struktural, penyimpanan, pergerakan, transpor substansi tertentu, pengiriman sinyal, enzim, dan pertahanan untuk melawan substansi asing. Molekul protein sangat beragam, baik struktur maupun fungsinya. Manusia memiliki puluhan ribu jenis protein berbeda. Meskipun sangat beragam, tetapi semua jenis protein merupakan polimer yang dibangun dari kumpulan 20 jenis asam amino, yaitu glisin, alanin, valin, leusin, isoleusin, metionin, fenilalanin, triptofan, prolin, serin, treonin, sistein, tirozin, asparagin, glutamin, asam aspartat, asam glutamat, lisin, arginin, dan histidin. Asam amino adalah molekul organik yang memiliki gugus karboksil dan amino. Polimer asam amino disebut juga polipeptida. Suatu protein terdiri atas satu atau lebih polipeptida. Setiap polipeptida spesifik karena memiliki urutan linier yang unik dari asam-asam amino tersebut.

Setiap jenis molekul protein memiliki bentuk tiga dimensi atau konformasi unik. Namun, bentuk konformasi tersebut dapat berubah dari konformasi asli apabila terjadi perubahan kondisi fisik dan kimia lingkungan protein tersebut, misalnya pH, konsentrasi garam, dan suhu. Perubahan bentuk konformasi asli karena perubahan kondisi lingkungan disebut denaturasi.

Asam amino merupakan turunan karboksilat, mengandung gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan gugus amina. Berikut ini struktur umum asam amino.



Antarasam amino dapat bergabung membentuk protein. Ikatan yang menghubungkan antarasam amino disebut ikatan peptida. Perhatikanlah pembentukan protein dari asam amino berikut pada Gambar 2.10.



(sumber : <http://meilisamalihahutami.blogspot.co.id/2014/03/>)
Gambar 2.10 Proses pembentukan protein

3. Lipid

Lipid merupakan zat lemak yang berperan dalam berbagai sel hidup. Seperti halnya karbohidrat, lipid tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), serta kadang kala ditambah fosfor (P) serta nitrogen (N). Beberapa di antaranya disimpan sebagai sumber energi sekunder dan sebagian lain bertindak sebagai komponen penting dari membran sel. Lipid terdapat pada tumbuhan, hewan, manusia, dan mikroorganisme. Lipid terasa licin, tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam alkohol, eter, dan pelarut-pelarut organik lainnya. Lipid terdiri atas beberapa jenis, yang terpenting adalah lemak, fosfolipid, dan steroid.

RANGKUMAN

1. Sifat khas atom karbon, yaitu atom C dapat membentuk ikatan kovalen dengan atom-atom C atau nonlogam lainnya sehingga dapat membentuk berbagai macam rantai karbon.
2. Berdasarkan jenis ikatan C dalam rantai karbon dibedakan menjadi ikatan tunggal, ikatan rangkap dua, dan ikatan rangkap tiga.
3. Berdasarkan bentuk rantai karbon dibedakan menjadi rantai terbuka dan rantai tertutup.
4. Atom C primer, yaitu atom C yang terikat dengan 1 atom C lain, atom C sekunder, yaitu atom C yang terikat dengan 2 atom C lain, atom C tersier, yaitu atom C yang terikat

dengan 3 atom C lain, dan atom C kuartener, yaitu atom C yang terikat dengan 4 atom C lain.

5. Rumus umum :

- a. Alkil : C_nH_{2n+1}
- b. Alkena: C_nH_{2n}
- c. Alkana : C_nH_{2n+2}
- d. Alkuna: C_nH_{2n-2}
- e. Alkana merupakan hidrokarbon jenuh. Sukar bereaksi dan bersifat nonpolar sehingga tidak larut dalam air. Pembakaran sempurna alkana akan menghasilkan gas CO_2 dan energi.
- f. Alkena dapat mengalami reaksi adisi, yaitu reaksi penambahan atom atau gugus atom pada ikatan rangkap.
- g. Alkuna mempunyai ikatan rangkap tiga (tidak jenuh) juga dapat mengalami reaksi adisi.
- h. Isomer adalah senyawa karbon yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi rumus strukturnya berbeda. Makin banyak jumlah atom C dalam senyawa karbon, makin banyak pula jumlah isomernya.
- i. Alkana mempunyai senyawa turunan yang berupa alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, dan ester.
- j. Senyawa organik makromolekul dapat digolongkan menjadi karbohidrat, lipid, dan protein.

EVALUASI BELAJAR

I. Pilihlah dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d atau e di jawaban yang tepat!

1. Berikut ini yang tergolong senyawa karbon adalah
 - a. karbon dioksida
 - b. sukrosa
 - c. garam dapur
 - d. pasir
 - e. natrium karbonat
2. Salah satu faktor yang menyebabkan senyawa karbon jumlahnya melimpah di bumi adalah
 - a. karbon jumlahnya melimpah di kulit bumi

- b. titik didih karbon sangat tinggi
- c. karbon mempunyai 6 elektron valensi
- d. karbon sangat reaktif
- e. dapat membentuk rantai atom karbon
3. Gas hasil pemanasan campuran antara glukosa dengan CuO yang dapat mengeruhkan air kapur adalah
- a. H₂
- b. H₂O
- c. CO₂
- d. CO
- e. N₂
4. Perhatikan senyawa karbon di bawah ini :
- 2-metilpentana
 - 2, 2, 3-trimetilheksana
 - 3-etil-2, 2-dimetilheksana
 - 2-metilbutana
- Yang mempunyai karbon kuarterter adalah senyawa nomor
- a. ii saja
- b. ii dan iii
- c. i dan iii
- d. iii dan iv
- e. iv saja
5. Senyawa alkana sulit untuk bereaksi dengan senyawa lain karena
- a. sudah stabil
- b. sudah jenuh
- c. dapat mengalami reaksi adisi
- d. berikatan kovalen
- e. parafin
6. Di antara senyawa berikut:
- C₄H₈
 - C₅H₁₂
 - C₆H₁₂
 - C₄H₁₀
 - C₅H₈

- yang merupakan satu homolog adalah
- i dan ii
 - ii dan iii
 - iii dan iv
 - i dan iii
 - ii dan v
7. Di bawah ini yang **bukan** merupakan sifat dari deret homolog adalah
- dapat dinyatakan dengan suatu rumus umum
 - titik didihnya meningkat dengan panjang rantai
 - mempunyai sifat kimia serupa
 - mempunyai rumus empiris yang sama
 - mempunyai titik leleh meningkat dengan naiknya massa rumusnya
8. Salah satu penamaan berikut tidak sesuai aturan IUPAC, yaitu
- 2-metilpropana
 - 2-metilbutana
 - 3-metilpentana
 - 3-metilbutana
 - 3-metilheksana
9. Senyawa berikut yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh adalah
- C_3H_8
 - C_2H_6
 - C_4H_{10}
 - C_3H_6
 - C_5H_{12}
10. Yang merupakan isomer dari butana adalah
- 2-metilbutana
 - 2-metilpropana
 - 1-metilbutana
 - 1-metilpropana
 - 2,2-dimetilpropana
11. Senyawa berikut merupakan isomer dari heksana, **kecuali**
- 3-metilpentana
 - heksana
 - 2,2-dimetilbutana

- d. 2,3-dimetilbutana
e. isopentana
12. Pembakaran senyawa hidrokarbon akan menghasilkan senyawa di bawah ini, **kecuali**
- a. CO₂
 - b. CO
 - c. H₂O
 - d. C
 - e. CH₄
13. Dalam setiap molekul alkuna
- a. semua ikatan karbon merupakan ikatan rangkap tiga
 - b. terdapat setidaknya satu ikatan karbon rangkap
 - c. terdapat satu ikatan karbon rangkap tiga
 - d. semua atom karbon mengikat 4 atom hidrogen
 - e. jumlah atom H lebih sedikit daripada atom C
14. Isomeri geometri (cis-trans) terdapat pada senyawa
- a. 1-butena
 - b. 1-butuna
 - c. 2-butuna
 - d. 2-butena
 - e. 3-butena
15. Suatu hidrokarbon mempunyai rumus empiris sebagai CH. Mr senyawa itu adalah
26. Rumus molekul senyawa tersebut adalah
- a. CH₂
 - b. C₂H₂
 - c. C₂H₄
 - d. C₂H₆
 - e. C₃H₃
16. Reaksi adisi 1-butena dengan larutan asam klorida akan menghasilkan
- a. 1-klorobutana
 - b. 2-klorobutana
 - c. 1-kloro-1-butena
 - d. 2-kloro-1-butena
 - e. 2-kloro-2butena

17. Pembakaran sempurna suatu hidrokarbon menghasilkan CO₂ dan H₂O dalam jumlah mol yang sama. Hidrokarbon itu termasuk homolog

- a. alkana
- b. alkene
- c. alkuna
- d. alkadiena
- e. alkenuna

18. Reaksi berikut ini,



tergolong reaksi

- a. adisi
- b. substitusi
- c. polimerisasi
- d. perengkahan
- e. pembakaran

19. Bila 10 liter gas etena dibakar sempurna dengan gas oksigen terjadi gas CO₂ dan air.

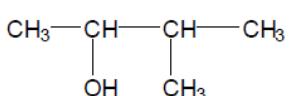
Pada tekanan dan suhu yang sama, gas CO₂ yang terjadi sebanyak

- a. 5 liter
- b. 10 liter
- c. 15 liter
- d. 20 liter
- e. 25 liter

20. Gas etuna sebanyak 10 liter dibakar sempurna dengan udara. Jika udara mengandung 20% oksigen, volume udara yang diperlukan sebanyak

- a. 10 liter
- b. 25 liter
- c. 50 liter
- d. 100 liter
- e. 125 liter

21. Nama senyawa alkohol yang mempunyai rumus struktur berikut adalah



- a. 2-metil-3-butanol

- b. etil isopropil eter
- c. 3-metil-2-butanol
- d. 2-butanol
- e. dietil eter

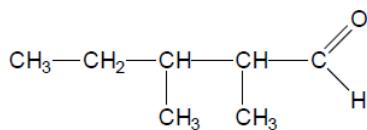
22.Jika suatu alkohol sekunder mengalami reaksi oksidasi, maka akan dihasilkan suatu

- a. keton
- b. aldehid
- c. asam karboksilat
- d. tidak bereaksi
- e. alkohol tersier

23.Jika suatu aldehid mengalami reaksi oksidasi, maka akan dihasilkan suatu

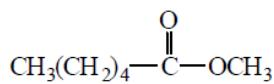
- a. keton
- b. alkohol
- c. asam karboksilat
- d. tidak bereaksi
- e. eter

24.Rumus bangun berikut adalah



- a. 2,3-dimetil pentanal
- b. 2-metil-3-pantanone
- c. 3,2-dimetil butanal
- d. 2-metil butanal
- e. 2,2-dimetilbutanal

25.Nama senyawa dengan struktur berikut adalah



- a. asam 3-metilpentanoat
- b. asam 2-ethyl-2-methylbutanoat
- c. isobutyl propanoat

- d. asam 2-metilheptanoat
 - e. metil heksanoat
- 26.Senyawa karbon yang memiliki aroma buah-buahan adalah
- a. eter
 - b. keton
 - c. alkohol
 - d. ester
 - e. aldehid
- 27.Di antara karbohidrat berikut yang termasuk polisakarida adalah
- a. sukrosa
 - b. laktosa
 - c. glikogen
 - d. galaktosa
 - e. dekstrin
- 28.Hasil hidrolisis dari sukrosa adalah
- a. glukosa dan galaktosa
 - b. glukosa dan glukosa
 - c. fruktosa dan galaktosa
 - d. fruktosa dan fruktosa
 - e. glukosa dan fruktosa
- 29.Protein adalah suatu makromolekul yang monomer utamanya berupa
- a. karbohidrat
 - b. hidrokarbon
 - c. lipid
 - d. asam amino
 - e. asam nukleat
- 30.Steroid dapat digolongkan makromolekul jenis
- a. karbohidrat
 - b. protein
 - c. lipid
 - d. plastik
 - e. hidrokarbon

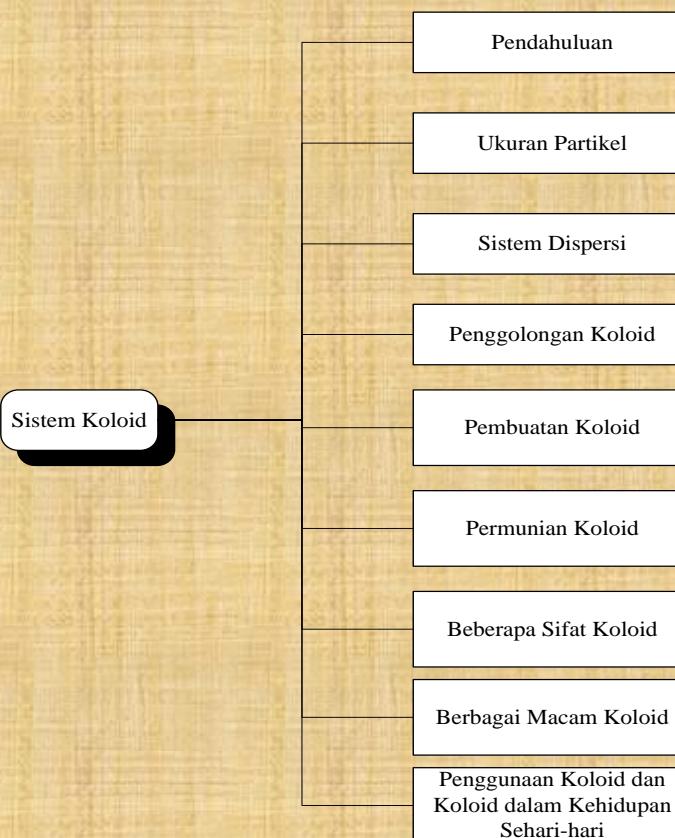
II. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimakah cara membuktikan adanya atom C dalam suatu senyawa karbon?
Jelaskan!
2. Berilah contoh senyawa karbon dan kegunaannya!
3. Tulis isomeri heptana dan beri namanya!
4. Suatu gas alam terdiri atas 80% metana, 10% etana, 5% propana, dan 5% gas yang tidak dapat terbakar. Hitunglah volume udara (20% oksigen) yang diperlukan untuk pembakaran sempurna 15 liter sampel gas tersebut!
5. Tulislah reaksi-reaksi pembentukan polietena dari etena!
6. Bagaimana kemungkinan hasil jika suatu jenis alkohol mengalami reaksi oksidasi?
7. Bagaimana cara membedakan antara aldehid dan keton?
8. Gambarkanlah struktur sukrosa dan tunjukkan ikatan glikosidanya!
9. Apakah yang membedakan antara karbohidrat, lipid, dan protein?
10. Tuliskan reaksi hidrolisis sukrosa!

BAB 3

SISTEM KOLOID

Peta Konsep :



TUJUAN PEMBELAJARAN

Dengan mempelajari bab ini, Anda akan diajak mendalami materi tentang hal-hal berikut.

1. Pengelompokan sistem koloid berdasarkan hasil pengamatan dan penggunaannya di industri.
2. sifat-sifat kolid dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
3. Pembuatan berbagai sistem koloid dengan bahan-bahan yang ada di sekitar.

A. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, sering kita jumpai beberapa zat, misalnya buih sabun, kabut, santan, mutiara, asap, dan masih banyak lagi. Zat-zat tersebut merupakan contoh koloid. Sistem koloid banyak sekali hubungannya dengan kehidupan kita, misalnya protoplasma dalam tubuh, obat-obatan yang kita gunakan serta sebagian besar makanan. Oleh karena itu, marilah kita mempelajari semua hal yang berhubungan dengan koloid. Gambar berikut membantu Anda dalam memahami pengertian koloid.



Perhatikan gambar di bawah!
Berikan pendapat anda!



Sumber: Dokumentasi Penulis

B. Ukuran Partikel

Ketika mempelajari sifat difusi beberapa larutan melalui membran kertas perkamen, Thomas Graham menemukan bahwa larutan seperti natrium klorida mudah berdifusi, sedangkan zat-zat seperti kanji, gelatin, dan putih telur sangat lambat atau sama sekali tidak berdifusi. Ia menemukan waktu difusi relatif untuk berbagai zat, yaitu $HCl = 1$; $NaCl = 2,3$; sukrosa = 7 ; putih telur = 49. Oleh karena zat yang mudah berdifusi biasanya berbentuk kristal dalam keadaan padat, Graham menyebutnya *kristaloid*, sedangkan zat-zat yang sukar berdiasi disebut *koloid* (bahasa Yunani: *kolla* = perekat atau lem).

Partikel koloid tidak dapat dilihat dengan mikroskop biasa, tetapi dapat dideteksi dengan mikroskop elektron. Partikel dengan diameter 10^{-4} mm dapat dilihat dengan mikroskop optik; partikel berdiameter 10^{-6} mm dapat dideteksi dengan mikroskop elektron.

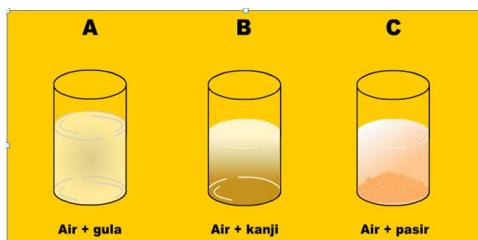
Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar 0.1 menunjukkan contoh beberapa macam larutan.

Jelaskan perbedaan ketiga macam larutan tersebut!



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.1 Contoh 1: larutan, koloid, suspensi



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.2 Contoh 2: larutan, koloid, suspensi

Contoh larutan: larutan gula, larutan garam, spiritus, alkohol 70%, larutan cuka, air laut, udara yang bersih, bensin. Contoh koloid: sabun, susu, jeli, mentega, dan mayonaise. Contoh suspensi: air sungai yang keruh, campuran air dengan pasir, campuran kopi dengan air, dan campuran minyak dengan air. Marilah kita lihat perbedaan antara larutan sejati, sistem koloid, dan suspensi pada Tabel 0.1.

Tabel 0.1 Pengelompokan Larutan

Larutan Sejati	Sistem Koloid	Suspensi
1. Homogen	Heterogen	Heterogen
2. Stabil	Umumnya stabil	Tidak stabil
3. Satu fase	Dua fase	Dua fase
4. Ukuran partikel < 1 nm	Antara 1 – 100 nm	> 100 nm
5. Tidak dapat disaring	Tidak dapat disaring	Dapat disaring
6. Jernih	Agak keruh	Keruh

Tabel 0.2 Ukuran Partikel

Campuran	Contoh	Ukuran partikel
Suspensi kasar	Pasir dalam air	$> 10^{-7}$ m
Dispersi koloid	Tepung dalam air	10^{-9} m – 10^{-7} m
Larutan sejati	Gula dalam air	$< 10^{-9}$ m

Partikel koloid dapat merupakan molekul tunggal yang sangat besar (makromolekul) atau dapat merupakan agregat molekul kecil, atom atau ion. Plastik, protein terdiri atas molekul. Partikel koloid-belerang merupakan kelompok dari ratusan molekul belerang (S_8), terikat oleh gaya van der Waals, sedangkan koloid emas terdiri atas semacam kristal kecil.

Larutan sabun yang encer adalah larutan sejati, sedangkan larutan sabun pekat adalah koloid. *Misel* adalah kumpulan molekul, atom, atau ion dalam sistem koloid.



Tabel 0.3 Perbedaan antara Larutan, Koloid, dan Suspensi

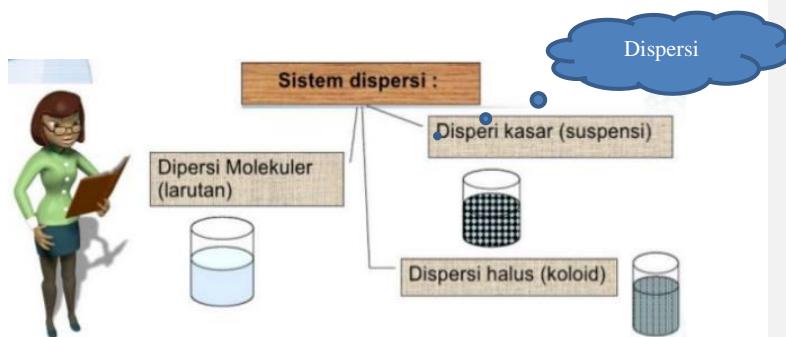
Aspek	Larutan	Koloid	Suspensi
Bentuk campuran	Homogen	Tampak homogen	Heterogen
Kestabilan	Stabil	Stabil	Tidak stabil
Pengamatan mikroskop	Homogen	Heterogen	Heterogen
Jumlah fasa	Satu fasa	Dua fasa	Dua fasa
Sistem dispersi	Molekuler	Padatan halus	Padatan kasar
Penyaringan	Tidak dapat disaring	Tidak dapat disaring dengan kertas saring biasa, kecuali dengan kertas saring ultra	Dapat disaring
Ukuran partikel	$< 10^{-7}$ cm ($< 1\text{nm}$)	10^{-7} cm s.d 10^{-5} cm ($1\text{ nm s.d } 100\text{ nm}$)	$> 10^{-5}$ cm ($> 100\text{ nm}$)

Perhatikan Gambar 3.3. Tentukan mana larutan sejati, koloid, dan suspensi. Jelaskan jawabanmu!



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.3 Jenis larutan, koloid, dan suspensi

C. SISTEM DISPERSI



Sistem koloid merupakan suatu sistem dispersi. Sistem ini merupakan campuran dari zat yang tidak dapat bercampur. Dispersi adalah penyebaran yang merata dari dua buah fasa. Kedua fasa tersebut seperti berikut.

- 1) Fasa zat yang didispersikan (zat terlarut), dikenal dengan istilah fasa terdispersi atau fasa dalam.
- 2) Fasa pendispersi (zat pelarut), dikenal dengan istilah medium pendispersi atau fasa luar.

Sistem ini terdiri atas dua fasa yaitu, fasa terdispersi dan medium pendispersi. Larutan sejati tidak termasuk dalam sistem dispersi dan larutan sejati terdiri dari satu fasa. Sistem dispersi dengan medium pendispersi suatu cairan disebut *sol*.

Sol mirip dengan larutan.

Larutan	= zat terlarut	+ pelarut
Sol	= fasa terdispersi	+ medium pendispersi

Macam dispersi dapat dilihat pada Tabel 0.4.

Tabel 0.4 Sistem Dispersi Koloid

Fasa Terdispersi	Medium Pendispersi	Nama	Contoh
Gas	Cair	Buih	Buih, busa sabun
Gas	Padat	Busa padat	Batu apung Karet busa
Cair	Gas	Aerosol cair	Kabut
Cair	Cair	Emulsi	Susu, mayonaise
Cair	Padat	Emulsi padat	Mentega
Padat	Gas	Aerosol padat	Asap
Padat	Cair	Sol	Cat Belerang dalam air
Padat	Padat	Sol padat	Kaca berwarna Paduan logam

Gambar-gambar berikut ini merupakan contoh beberapa jenis sistem dispersi.



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.4 Sol padat



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.5 Emulsi padat



(sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.6 Busa padat



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.7 Sol padat-cair



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.8 Emulsi cair-cair



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.9 Buah/busa



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.3 Aerosol padat



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.4 Aerosol cair-gas

D. Penggolongan Koloid



Gambar 0.5 Sifat koloid

Beberapa sistem koloid adalah reversibel yang lainnya tak reversibel. Susu bubuk (diperoleh dari penguapan susu setelah menghilangkan krim) dapat diubah kembali menjadi susu setelah dicampur dengan air. Sistem semacam ini disebut *koloid reversibel*.

Plasma darah kering adalah reversibel. Karet yang didispersikan dalam benzena adalah *sol reversibel*. Hidrosol anorganik seperti sol belerang dan emas adalah *tak-reversibel*. Berdasarkan sifat ini, sistem koloid cairan dapat dikelompokkan dalam dua kelompok seperti berikut.

1. Koloid Liofil

Koloid liofil adalah koloid yang di dalamnya terdapat gaya tarik-menarik cukup kuat antara zat terdispersi dan mediumnya. Contoh: agar-agar, lem cat, dispersi kanji, sabun, deterjen, protein dalam air, sol kanji. Sol liofil (senang pada pelarut) adalah sol yang stabil dan tidak mengalami koagulasi oleh larutan garam. Larutan sabun, kanji atau gelatin yang didispersikan dalam air termasuk sol liofil. Jika air adalah medium pendispersi, koloid ini disebut koloid *hidrofil*. Jika hidrofil mengalami koagulasi, dapat diubah kembali menjadi sol. Oleh karena itu, koloid ini disebut *koloid reversibel*.

Koloid hidrofil relatif stabil dan mudah dibuat, misalnya dengan cara pelarutan dan proses yang bersifat reversibel, memiliki kekentalan tinggi, mengadsorbsi medium pendispersinya, memberikan efek tyndall kurang jelas, dan stabil pada konsentrasi relatif besar. Koloid hidrofil yang dapat menstabilkan koloid hidrofob disebut koloid protektif atau koloid pelindung.

Ciri koloid liofil: terlihat homogen, stabil, tidak tampak adanya medium pendispersi, lebih kental, dan membentuk gel. Contoh: agar-agar, tepung.

Ciri koloid liofil : terlihat homogen, stabil, tidak tampak adanya medium pendispersi, lebih kental, dan membentuk gel.



Sumber: Dokumentasi Penulis
Gambar 0.6 Contoh Koloid Liofil

2. Koloid Liofob

Koloid liofob (tidak suka cairan) adalah koloid yang di dalamnya terdapat gaya tarik-menarik lemah atau bahkan tidak ada gaya tarik-menarik antara zat terdispersi dan medium pendispersinya. Agar partikel terdispersi pada sistem koloidnya stabil, cairan pendispersi harus terbatas. Contoh: susu, sol belerang, sol Fe(OH)_3 . Jika air adalah medium pendispersi, sol ini disebut sol hidrofob. Contoh sol ini adalah sol emas atau dengan kata lain dispersi emas, besi(III)hidroksida, arsen(III)sulfida. Sol liofob (tidak senang pada pelarut) adalah *koloid tak reversibel*.

Koloid hidrofob umumnya kurang stabil dan cenderung mudah mengendap, bersifat *irreversible*. Jika mengalami kehilangan air, koloid hidrofob tidak dapat kembali ke keadaan semula walaupun ditambahkan air. Koloid liofob bersifat stabil pada konsentrasi rendah, tidak mengadsorbsi medium pendispersinya, memberikan efek tyndall yang sangat jelas, dan mempunyai kekentalan rendah.



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.14 Contoh Koloid Liofob

Apabila medium dispersinya air, koloid itu disebut koloid hidrofil dan koloid liofob. Marilah kita lihat perbedaan antara koloid hidrofil dan koloid liofob seperti ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 0.5 Perbedaan Antara Koloid Hidrofil dan Koloid Liofob

No.	Koloid Liofil	Koloid Liofob
1	Partikel tidak dapat dilihat dengan mikroskop ultra	Partikelnya dapat dilihat dengan mikroskop ultra
2	Tidak menunjukkan peristiwa elektroforesis	Menunjukkan peristiwa elektroforesis
3	Tidak mengalami koagulasi jika diberi sedikit elektrolit	Mengalami koagulasi jika diberi elektrolit
4	Tidak menunjukkan gerak Brown dan efek Tyndall	Menunjukkan gerak Brown dan efek Tyndall yang jelas
5	Umumnya dibuat dengan cara dispersi	Umumnya dibuat dengan cara kondensasi
6	Stabil	Kurang stabil
7	Memiliki viskositas besar	Viskositas mirip medium pendispersinya
8	Fase terdispersi mengabsorbsi molekul	Mengabsorbsi ion
9	Tegangan permukaan kecil	Tegangan permukaan mirip medium pendispersinya
10	Proses penguapan atau pendinginan menghasilkan gel, yang akan membentuk sol lagi jika diberi medium pendispersinya	Proses penguapan atau pendinginan akan menghasilkan koagulasi, tidak membentuk sol kembali jika diberi medium pendispersinya

Tabel 0.6 Sifat Larutan, Sol Liofil, dan Sol Liofob

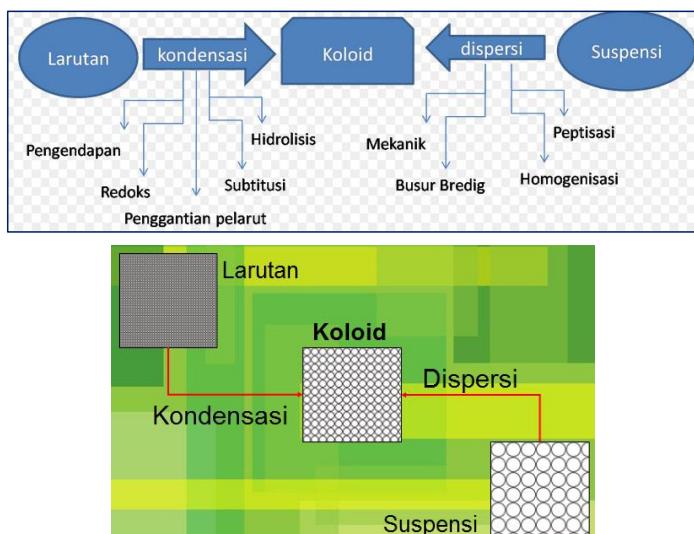
Larutan	Sol Liofil	Sol Liofob
Reversibel	Reversibel	Tak reversibel
Tidak elektroforesis	Elektroforesis (kecuali pada titik isoelektrik)	Elektroforesis
Tekanan osmotik besar	Tekanan osmotik kecil	Tekanan osmotik kecil
Tidak ada gerak Brown dan efek Tyndall	Ada gerak Brown dan efek Tyndall	Ada gerak Brown dan efek Tyndall
Tidak koagulasi oleh elektrolit	Koagulasi oleh elektrolit pekat	Koagulasi oleh elektrolit encer
Viskositas kecil	Viskositas besar	Viskositas kecil



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.7 Koloid Liofil dan Liofob

E. PEMBUATAN KOLOID

Pada dasarnya, koloid terbuat dari larutan dan suspensi. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3.17.



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.8 Pembuatan koloid

Ada tiga cara pembuatan koloid, yaitu cara dispersi, cara kondensasi, dan koloid asosiasi. Selain cara kondensasi, suatu sistem koloid dapat dibuat melalui cara dispersi, yaitu menghaluskan partikel suspensi yang terlalu besar menjadi partikel yang berukuran koloid. Beberapa cara dispersi yang sering dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Cara Dispersi

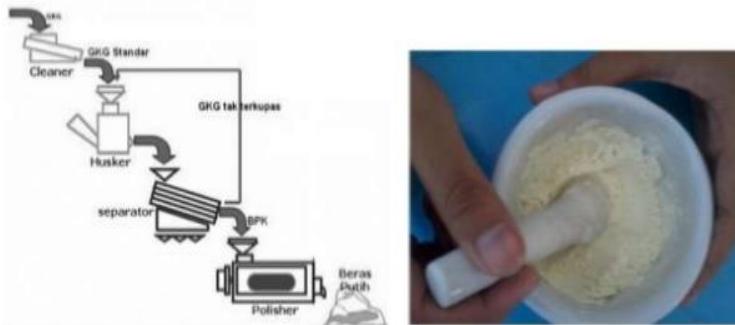
Cara dispersi adalah mengubah partikel-partikel kasar menjadi partikel-partikel berukuran koloid, antara lain, dilakukan dengan cara mekanik, peptisasi, usur bredig.

a. Cara Mekanik

Cara mekanik adalah melakukan penggerusan (penggilingan) untuk zat padat. Setelah diperoleh kehalusan yang dikehendaki, barulah zat ini didispersikan ke dalam medium pendispersi. Jika perlu, ditambahkan zat pemantap (stabilizer) guna mencegah penggumpalan kembali. Sol belerang sering dibuat dengan metode seperti ini.

Dilakukan dengan jalan menggerus partikel kasar sampai terbentuk partikel berukuran koloid, lalu didispersikan ke dalam medium pendispersinya. Zat-zat berukuran besar dapat direduksi menjadi partikel berukuran koloid melalui penggilingan, pengadukan, penumbukan, dan penggerusan. Zat-zat yang sudah berukuran koloid selanjutnya didispersikan ke dalam medium pendispersi.

Contoh: serbuk belerang digerus dengan gula berkali-kali, lalu didispersikan ke dalam air sehingga terbentuk sol belerang hidrosol.



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.17 Contoh dispersi mekanik

b. Cara peptisasi

Partikel endapan dipecah dan dihaluskan menjadi partikel koloid dengan menambahkan suatu elektrolit yang mengandung ion sejenis. Misalnya, sol Fe(OH)_3 dibuat dengan menambahkan FeCl_3 , dan sol NiS dibuat dengan menambahkan H_2S .

Cara peptisasi ialah menambahkan zat pemecah/pemeptisasi ke dalam suatu endapan sehingga endapan itu pecah menjadi partikel-partikel koloid. Peristiwa ini adalah kebalikan dari *koagulasi*.



(sumber: slideshare.net)
Gambar 0.9 Contoh cara peptisasi

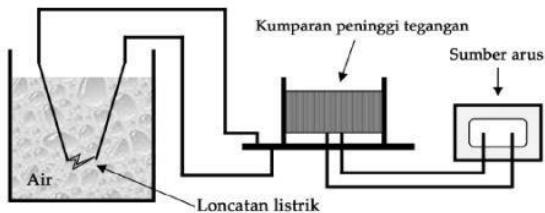
Misalnya,

- Koloid AgCl dapat terbentuk dengan penambahan air suling.
- Koloid aluminium hidroksida dibuat dengan cara menambahkan asam klorida encer (sedikit saja) pada endapan Al(OH)_3 yang baru dibuat.
- Koloid besi(III)hidroksida dibuat dengan menambahkan larutan besi(III)klorida encer pada endapan besi(III)hidroksida.
- Penambahan AlCl_3 pada endapan Al(OH)_3 , akan menghasilkan sol Al(OH)_3 .

c. Cara busur bredig (Dipersi elektronik atau cara elektrodispersi)

Cara ini dikenal sebagai cara Busur Bredig (1898). Cara ini digunakan untuk memperoleh sol logam. Sol logam yang akan dibuat koloid digunakan sebagai elektrode yang dicelupkan ke dalam medium dispersi, dan ujung glain dihubungkan dengan sumber arus listrik. Panas yang timbul akan menguapkan logam, dan uap terdispersi ke dalam air, lalu mengalami kondensasi, dan terbentuklah sol logam.

Cara busur bredig merupakan gabungan dari cara dispersi dan kondensasi. Cara ini khusus untuk membuat sol logam dengan cara dispersi. Dua kawat logam berfungsi sebagai elektrode dicelupkan ke dalam air, kemudian kedua ujung kawat diberi loncatan listrik. Sebagian logam akan mendebu ke dalam air dalam bentuk partikel koloid.



(sumber : <http://ayugitas.blogspot.co.id/2012/05/pembuatan-sistem-koloid-cara-dispersi.html>)
Gambar 0.19 Cara Busur Bredig

Sebagai contohnya: sol platina, emas atau perak dibuat dengan cara mencelupkan dua kawat ke dalam air, dan diberikan potensial tinggi. Suhu yang tinggi menyebabkan uap logam mengondensasi dan membentuk partikel koloid.

2. Cara Kondensasi



Salah satu cara pembuatan sistem koloid adalah cara kondensasi, yaitu menggumpalkan partikel larutan yang terlalu kecil menjadi partikel yang berukuran koloid. Partikel larutan yang berupa ion, atom, atau molekul dapat dikondensasi atau digumpalkan menjadi ukuran koloid melalui cara fisis (penurunan kelarutan) atau cara kimia (reaksi tertentu). Pembuatan kondensasi dibedakan menjadi dua cara, yaitu cara kimia dan cara fisika.

a. Cara Fisika

Cara fisika yang dapat dilakukan untuk mengkondensasi partikel adalah sebagai berikut.

a) Pendinginan

Pembuatan koloid dengan proses pendinginan bertujuan untuk mengumpulkan suatu larutan sehingga menjadi koloid karena kelarutan suatu zat sebanding dengan

suhu. Kelarutan suatu zat pada umumnya berbanding lurus dengan suhu sehingga proses pendinginan akan menggumpalkan partikel larutan menjadi koloid.

b) Penggantian pelarut

Digunakan untuk mempermudah pembuatan koloid yang tidak dapat larut dalam suatu pelarut tertentu. Misalnya, kita ingin membuat sol belerang dalam air. Belerang sukar larut dalam medium air sehingga air diganti dengan alkohol karena lebih mudah larut. Sol belerang dalam air dibuat dengan cara melarutkan belerang ke dalam alkohol sehingga diperoleh larutan jenuh. Maka, larutan jenuh belerang dalam alkohol ditetaskan ke dalam air sambil diaduk. Belerang akan menggumpal menjadi partikel koloid, kemudian alkohol dipisahkan dengan metode dialisis.

c) Pengembunan

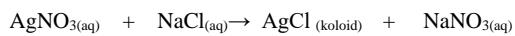
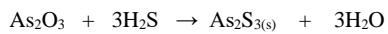
Diterapkan pada sol raksa. Sol raksa dibuat dengan menguapkan raksa. Uap raksa selanjutnya dialirkan melalui air dingin sehingga mengembun dan diperoleh partikel raksa berukuran koloid. Misalnya, uap raksa dialirkan melalui air dingin sehingga terbentuk sol raksa. Kemudian amonium sitrat ditambahkan sebagai penstabil (stabilizer).

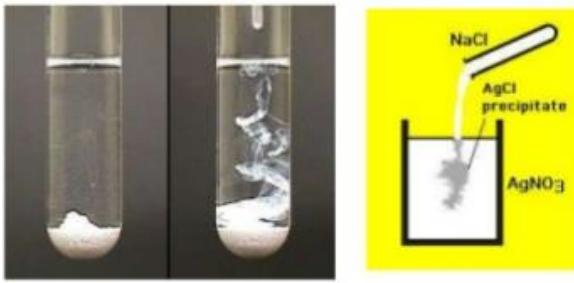
b. Cara Kimia

Pembuatan sistem koloid cara kondensasi yang paling banyak dilakukan adalah melalui reaksi kimia. Adapun reaksi kimia tersebut antara lain sebagai berikut.

1) Reaksi pengendapan

Dua buah reaksi encer yang masing-masing mengandung elektrolit dicampurkan sehingga menghasilkan endapan yang berukuran koloid. Contoh pada Gambar 3.20.



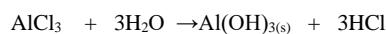
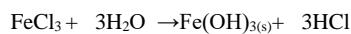


(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Gambar 0.20 Ketika NaCl Ditambahkan ke dalam Larutan AgNO₃, terbentuk agregat AgCl

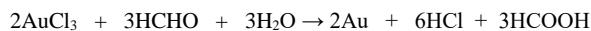
2) Reaksi hidrolisis

Sol hidroksida seperti Fe(OH)₃ dan Al(OH)₃ diperoleh dengan menambahkan garam klorida ke dalam air mendidih, dan garam terhidrolisis menjadi hidroksida yang berukuran koloid.

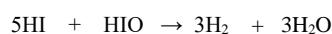
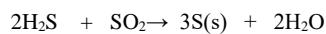


3) Reaksi redoks

Sol logam seperti sol emas dapat diperoleh dengan mereduksi larutan garamnya, menggunakan reduktor nonelektrolit seperti formaldehida.



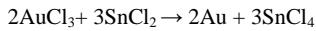
Sol belerang dan iodin dapat dibuat dengan mengoksidasi ion sulfida dan ion iodida.



4) Dengan reaksi kimia

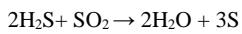
- Cara Reduksi

Sol logam, misalnya sol emas atau perak, dibuat dengan cara mereduksi larutannya dengan formaldehida atau hidrazin. Sol emas dapat juga dibuat dengan cara mereduksi emas klorida dan timah(II)klorida.



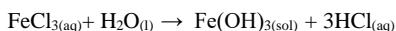
- Cara Oksidasi

Koloid belerang dibuat dengan cara oksidasi hidrogen sulfida oleh SO₂



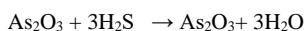
- Cara Hidrolisis

Sol besi(III)hidroksida dibuat dengan cara menambahkan larutan besi(III)klorida pada air panas.

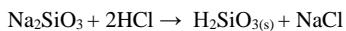


- Dekomposisi Rangkap

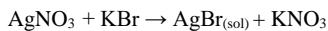
➢ Sol arsen(III)sulfida dapat dibuat dengan cara mengalirkan gas H_2S ke dalam larutan jenuh arsen(III)oksida.



➢ Jika asam klorida ditambahkan ke dalam larutan pekat dari natrium silikat, terbentuk koloid asam silikat.



➢ Suatu sol yang penting yang dibuat dengan cara ini adalah sol perak bromida untuk membuat film, kertas atau pelat fotografi.



KNO_3 dihilangkan dengan cara dialisis. Kemudian, ditambahkan gelatin dan zat lain untuk memperbesar kepekaan cahaya. "Emulsi fotografi" adalah suspensi butir-butir perak bromida dalam gelatin.

- Pertukaran pelarut atau penurunan kelarutan

Belerang sedikit melarut dalam alkohol, tetapi tidak melarut dalam air. Sol belerang dapat dibuat dengan menuangkan larutan jenuh belerang dalam alkohol ke dalam air. Sol belerang dapat dibuat dengan cara menambahkan air ke dalam larutan belerang dalam karbon disulfida.

- Pendinginan berlebih

Koloid es dapat dibuat dengan mendinginkan campuran pelarut organik seperti eter atau kloroform dengan air.

3. Koloid Asosiasi

Koloid merupakan materi pelajaran yang aplikasinya sangat banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti mekanisme kerja sabun. Kita tahu bahwa kotoran pada pakaian dapat hilang dalam air sabun. Sebenarnya, konsep liofil dan liofob adalah pada proses pengangkatan kotoran tersebut. Proses tersebut tidak dapat dilihat secara langsung/kasat mata. Jika tidak dipraktikkan, kemungkinan terjadi miskonsepsi akibat kesulitan memvisualisasikan dalam pikiran. Untuk itulah diperlukan media yang dapat

memvisualisasikan dan memperjelas proses pengangkatan kotoran oleh molekul sabun, tanpa memunculkan miskonsepsi. Berbagai jenis zat, seperti sabun dan detergen membentuk koloid. Molekul sabun atau detergen terdiri atas bagian yang polar (kepala) dan bagian yang nonpolar (ekor). Daya pengemulsi dari sabun dan detergen disebabkan gugus nonpolar dari sabun akan menarik partikel kotoran (lemak) dari bahan cucian, kemudian mendispersikannya ke dalam air. Gambar 3.22 menunjukkan proses bagaimana sabun dapat membersihkan baju yang kotor karena lemak dan lain-lain.

Sifat hidrofob dan hidrofil dimanfaatkan dalam proses pencucian pakaian pada penggunaan deterjen. Apabila kotoran yang menempel pada kain tidak mudah larut dalam air, misalnya lemak dan minyak, dengan bantuan sabun atau deterjen maka minyak akan tertarik oleh deterjen. Oleh karena deterjen larut dalam air, akibatnya minyak dan lemak dapat ditarik dari kain.

Kemampuan deterjen menarik lemak dan minyak disebabkan pada molekul deterjen terdapat ujung-ujung liofil yang larut dalam air dan ujung liofob yang dapat menarik lemak dan minyak. Akibat adanya tarik-menarik tersebut, tegangan permukaan lemak dan minyak dengan kain menjadi turun sehingga lebih kuat tertarik oleh molekul-molekul air yang mengikat kuat deterjen.



(a) Kotoran atau bercak lemak pada bahan cucian

(c) Kotoran mulai terangkat

(b) Molekul sabun menarik kotoran dengan gugus nonpolarnya

(d) Kotoran didispersikan dalam air

(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Gambar 0.21 Proses kerja sabun dalam mengangkat kotoran

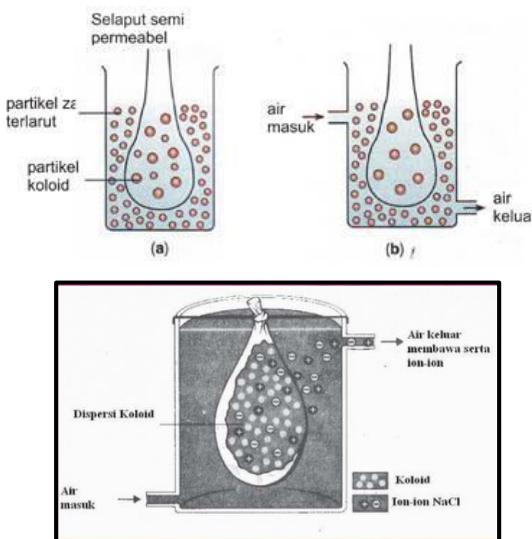
F. Pemurnian Koloid

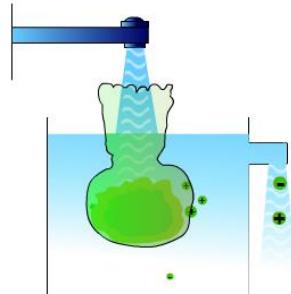
1. Cara Dialisis

Dialisis adalah suatu proses untuk menghilangkan ion-ion yang dapat mengganggu kestabilan koloid atau proses penyaringan partikel koloid dari ion-ion yang teradsorpsi. Cara ini didasarkan pada fakta bahwa partikel koloid tidak dapat menembus membran seperti selofan. Agar lebih cepat, molekul kecil atau ion menembus membran dengan memberikan perbedaan potensial pada membran. Cara ini disebut *elektrodialisis*.

Dengan kata lain, dialisis merupakan proses penyaringan partikel koloid dari ion-ion yang teradsorbsi sehingga ion-ion tersebut dihilangkan. Koloid yang mengandung ion-ion dimasukkan dalam kantong penyaring yang bersifat semi permeabel (hanya dapat dilewati ion-ion dan air, tetapi tidak bisa dilewati partikel koloid).

Mari kita amati percobaan sederhana yang ditunjukkan pada Gambar 3.23. Pada proses ini, sistem koloid yang berada dalam kantong koloid dimasukkan ke dalam bejana yang berisi air mengalir. Kantong koloid terbuat dari selaput semi permeable, yang dapat dilewati oleh ion-ion, tetapi tidak dapat dilewati oleh partikel koloid.





(sumber : <https://bisakimia.com/2014/09/23/sistem-koloid-sifat-sifat-koloid/>)

Gambar 0.10 Contoh proses dialisis

2. Ultra Filtrasi

Pori kertas biasanya dapat diperkecil dengan mencelupkan ke dalam kolodion. Pada penyaringan perlu menggunakan pompa air atau pompa vakum.

G. Beberapa Sifat Koloid

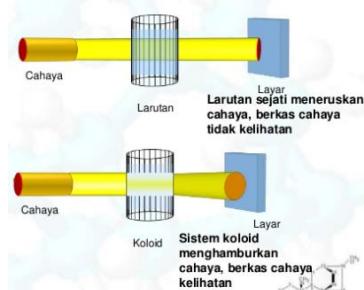
1. Sifat Koligatif

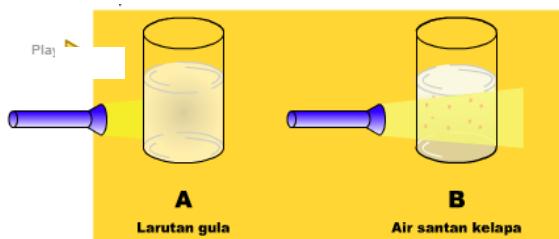
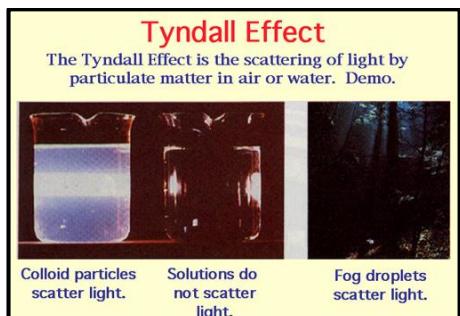
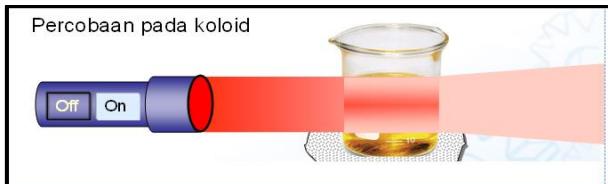
Sifat koloid dapat dipelajari dengan tekanan *osmotik*.

2. Sifat Optik

Partikel koloid dapat menghamburkan cahaya. Peristiwa ini disebut efek Tyndall. Mikroskop ultra menggunakan peristiwa penghamburan cahaya untuk dapat melihat koloid. Perhatikan Gambar 3.24 tentang perbedaan larutan gula dan air santan kelapa dalam menghamburkan cahaya.

Coba buktikan dan bagaimanakah kamu dapat menjelaskannya?

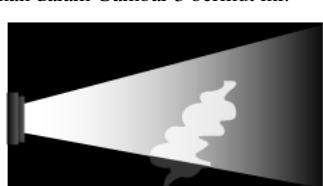




(sumber : <https://ekaaseptianingsih.wordpress.com/>)
Gambar 0.11 Pengaruh penghamburkan cahaya dalam larutan

Dalam kehidupan sehari-hari, efek tyndall dapat pula kita amati, seperti berikut.

- Di bioskop, jika ada asap mengepul, dari cahaya proyektor akan terlihat lebih terang.
 Hal ini seperti ditunjukkan dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 0.12 Efek tyndall yang terjadi di dalam gedung bioskop

- Di daerah berkabut, sorot lampu mobil terlihat lebih jelas.

- Sinar matahari yang masuk melewati celah, ke dalam ruangan yang berdebu, partikel debu akan kelihatan dengan jelas. Contohnya bisa Anda lihat pada Gambar 3.25. Sinar matahari masuk tampak jelas. Hal ini disebabkan sifat-sifat partikel-partikel debu yang merupakan aerosol padat dapat memantulkan dan menghamburkan sinar matahari.
- Partikel udara seperti nitrogen, debu, dan sebagainya menyebabkan cahaya yang dipancarkan matahari akan dihamburkan. Cahaya matahari adalah sinar tampak yang dengan panjang gelombang berbeda-beda urutan panjang gelombangnya. Dari yang paling rendah ke yang paling tinggi, yaitu ungu-merah.
- Pada daerah yang mengalami siang hari (posisi matahari tegak lurus), warna biru paling banyak dihamburkan karena pada saat itu sinar tampak memiliki panjang gelombang yang rendah. Daerah yang mengalami pagi hari atau sore hari (posisi matahari miring) mempunyai panjang gelombang besar sehingga warna merah-kuning yang dihamburkan.
- Apabila tidak ada partikel koloid di udara, sinar matahari tidak dihamburkan dan akan langsung menuju bumi, akibatnya langit akan terlihat hitam.



(sumber : <https://fauzanagazali.wordpress.com>)
Gambar 0.13 Efek tyndall karena sinar Matahari

3. Sifat Kinetik

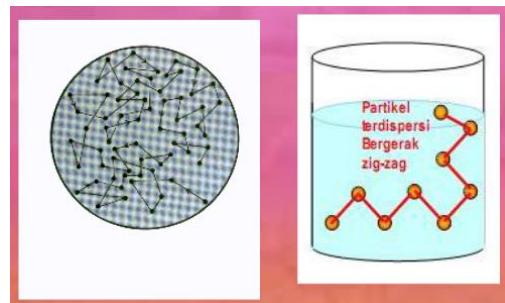
a. Gerak Brown

Gerak brown adalah gerakan terus-menerus dari partikel koloid karena bertumbukan dengan partikel medium pendispersi. Gerak brown ini pertama kali

ditemukan oleh Robert Brown, pada waktu mempelajari gerak serbuk tepung sari di atas air.

Gerak brown menyebabkan sistem koloid bersifat stabil. Makin kecil ukuran partikel koloid, makin cepat gerakan zig-zag partikel yang terjadi. Makin besar ukuran partikel koloid, makin lambat gerak zig-zag partikel yang terjadi.

Gerak brown sulit diamati dalam larutan dan tidak ditemukan dalam campuran heterogen zat cair dengan zat padat (suspensi). Gerak brown juga dipengaruhi oleh suhu. Makin tinggi suhu sistem koloid, makin besar energi kinetik yang dimiliki partikel-partikel medium pendispersinya. Akibatnya, gerak brown dari partikel-partikel terdispersinya makin cepat. Demikian pula sebaliknya, makin rendah suhu sistem koloid, gerak brown makin lambat.



(sumber : <http://aridhoprahasti.blogspot.co.id>)

Gambar 0.14 Gerak brown

Gerak brown akan terlihat di bawah mikroskop ultra, berupa gerak zig-zag (patah-patah). Gerak brown dapat menstabilkan koloid. Karena bergerak terus-menerus, gerakan itu dapat mengimbangi gravitasi sehingga koloid itu tidak akan mengendap.

4. Sifat Listrik

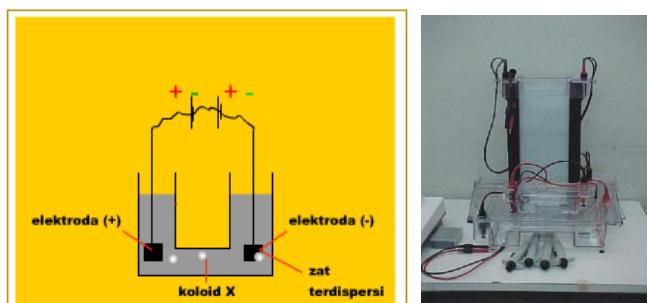
Partikel koloid mempunyai muatan dipermukaannya disebabkan oleh pengionan atau penyerapan muatan. Untuk mengimbangi muatan ini, terjadi penarikan muatan berlawanan dari larutan. Oleh karena itu, suatu partikel koloid mempunyai *lapisan rangkap listrik*.

a) Elektroforesis

Gerak partikel koloid bermuatan oleh pengaruh medan listrik. Hal ini ditunjukkan pada (*Sumber: Dokumentasi Penulis*)

Gambar 0.15 Percobaan sifat listrik pada koloid.(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Gambar 0.15, yaitu percobaan elektroforesis untuk menentukan jenis muatan dari suatu koloid X.



(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.15 Percobaan sifat listrik pada koloid.

Dari Percobaan di atas, apakah muatan koloid X?

b) Elektroosmotik

Gerak partikel koloid bermuatan melalui membran semipermeabel oleh pengaruh medan listrik.

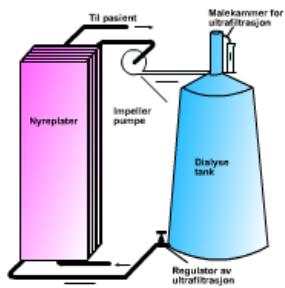
c) Potensial aliran

Partikel koloid dipaksa bergerak melalui pori membran (kebalikan dari elektroosmotik).

d) Potensial sedimentasi

Terjadi perbedaan potensial antara bagian atas dan bagian bawah wadah dimana suatu koloid bermuatan mengendap.

Dari Gambar 0.16, jelas terlihat bahwa ion-ion pengganggu keluar dari sistem koloid, kemudian hanyut bersama air mengalir. Sekarang, sistem koloid itu sudah bebas dari ion pengganggu sehingga tetap stabil.



Gambar 0.16 Sifat listrik pada koloid

Prinsip dialisis ini digunakan dalam alat cuci darah, bagi penderita gagal ginjal, dimana fungsi ginjal diganti dengan mesin dialisator. Hal ini ditunjukkan pada (sumber : <http://obatgagalginal.co>)

Gambar 0..



(sumber : <http://obatgagalginal.co>)
Gambar 0.29 Proses dialisis sebagai alat cuci darah

5. Koagulasi

Peristiwa pengendapan atau penggumpalan partikel koloid disebut koagulasi sehingga kestabilan sistem koloid menjadi hilang. Koagulasi dapat dilakukan secara mekanis, fisi, dan kimia.

a. Mekanik

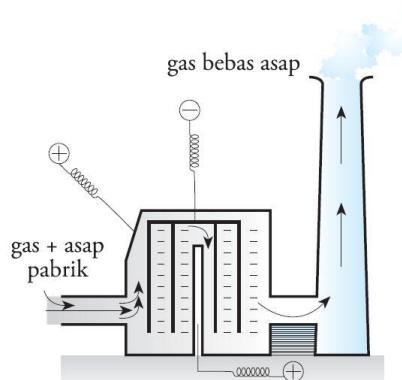
Menggumpalkan koloid dengan pemanasan, pengadukan, dan pendinginan. Proses ini akan mengurangi air atau ion di sekeliling koloid sehingga koloid akan mengendap.

Contohnya: protein, agar-agar dalam air akan menggumpal bila didinginkan.

b. Fisis

Contoh: penggunaan alat cottrel ((sumber : <http://www.nafiun.com>)

Gambar 0.17). Alat cottrel biasanya dipakainya pada cerobong asap di industri besar, untuk menggumpalkan asap dan debu. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran asap dan debu yang berbahaya. Caranya dengan melewatkkan asap atau debu pada Cottrel sebelum keluar dari cerobong pabrik. Alat ini terdiri atas dua pelat elektroda listrik bertegangan tinggi. Jika sudah jenuh, elektroda tersebut dibersihkan.



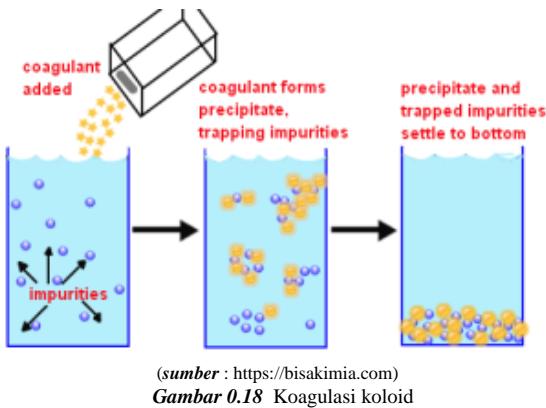
(sumber : <http://www.nafiun.com>)
Gambar 0.17 Alat cottrel

c. Kimia

Cara ini dilakukan dengan penambahan zat elektrolit ke dalam koloid.

Contoh:

- Proses pengolahan karet dari bahan mentah (lateks) dengan menambahkan asam formiat atau cuka.
- Pembentukan delta di muara sungai.
- Proses penjernihan air dengan menambahkan tawas. Tawas digunakan untuk menggumpalkan partikel koloid dalam air.



Koagulasi dapat terjadi dengan cara berikut.

- (1) Mencampurkan dua sol yang berbeda muatan.
- (2) Elektroforesis. Pada elektroforesis, muatan sol dinetralkan pada elektroda, dan sol mengendap.
- (3) Pemanasan. Beberapa sol seperti sol belerang dan perak halida dapat dikoagulasi dengan cara pemanasan.
- (4) Penambahan elektrolit.

Menurut *aturan Hardy Schulze*, kemampuan mengoagulasi suatu elektrolit bergantung pada valensi. Untuk sol negatif, urutan kemampuan mengoagulasi adalah: $\text{Sn}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$, sedangkan untuk sol positif : $\text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$.

Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya koagulasi pada sistem koloid, antara lain karena pengaruh pemanasan, pendinginan, pencampuran elektrolit atau karena proses elektroforesis yang berlangsung lama. Coba kamu amati, proses koagulasi yang sering terjadi sehari-hari berikut ini.

- Memanaskan atau merebus telur mentah
- Mendinginkan agar-agar panas
- Pembuatan tahu
- Pembentukan delta di muara sungai
- Penjernihan air sungai

d. Koloid Pelindung

Koloid pelindung merupakan suatu sistem koloid yang ditambahkan pada koloid lain sehingga dihasilkan koloid yang stabil. Koloid pelindung juga merupakan koloid yang dapat melindungi koloid lain agar tidak terjadi koagulasi dengan cara membentuk lapisan di sekeliling partikel koloid lain. Sol liofil biasanya lebih stabil terhadap elektrolit. Oleh karena itu, suatu sol hidrofil seperti gelatin dan lem arab biasanya digunakan untuk mencegah atau memperlambat pengendapan suatu sol hidrofob jika ditambahkan elektrolit.

Berdasarkan perbedaan daya adsorpsi dari fase terdispersi terhadap medium pendispersinya yang berupa zat cair, koloid dapat dibedakan menjadi dua jenis. Sistem koloid dimana partikel terdispersinya mempunyai daya adsorpsi yang relatif besar disebut *koloid liofil*. Koloid dimana partikel terdispersinya mempunyai daya adsorpsinya yang relatif kecil disebut *koloid liofob*. Koloid liofil bersifat stabil, sedangkan koloid liofob kurang stabil sehingga koloid liofil berfungsi sebagai koloid pelindung.

Pengaruh ini disebut proteksi dan gelatin tersebut disebut koloid pelindung. Fungsi koloid pelindung adalah sebagai pelindung muatan koloid agar tidak menggumpal atau terpisah dari mediumnya. Jadi, sol liofob dapat distabilkan dengan menambahkan sol liofil. Misalnya, suatu sol emas yang merupakan sol liofob dapat stabil jika ditambahkan gelatin sehingga tidak mengalami koagulasi, jika ditambahkan larutan natrium klorida. Contoh lainnya: pada pembuatan es krim. Agar dihasilkan es krim yang lembut, perlu ditambahkan gelatin sebagai koloid pelindung.

Diduga bahwa koloid pelindung membentuk lapisan yang menyelimuti partikel koloid sehingga koloid ini terlindung dari elektrolit. Zsigmondy menggunakan “bilangan emas” untuk kemampuan proteksi, yang menyatakan jumlah koloid pelindung yang diperlukan untuk mencegah koagulasi 10 mL koloid emas oleh NaCl 10%.

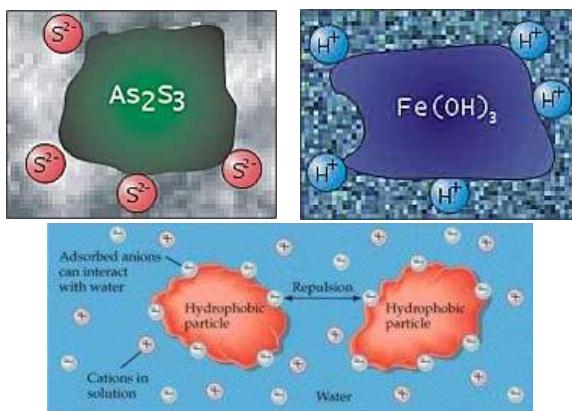


(Sumber: Dokumentasi Penulis)
Gambar 0.192 Contoh koloid pelindung

6. Adsorpsi

Partikel koloid akan bermuatan listrik apabila partikel koloid menyerap ion yang bermuatan, dan ion tersebut menempel pada permukaan koloid sehingga partikel koloid akan bermuatan. Peristiwa penyerapan ion pada permukaan koloid disebut *adsorpsi*.

Contoh: sol Fe(OH)_3 mampu mengadsorpsi ion-ion H^+ sehingga sol Fe(OH)_3 bermuatan positif. Sol As_2S_3 mampu mengadsorpsi ion-ion S^{2-} sehingga sol As_2S_3 menjadi bermuatan negatif.



(sumber : <http://eanggrainiyusmin.blogspot.co.id>)

Gambar 0.203 Adsorpsi koloid

Oleh karena partikel koloid sangat kecil, permukaannya luas sehingga daya adsorpsinya besar. Adsorpsi adalah proses melekatnya suatu zat pada permukaan padatan atau cairan. Partikel koloid mudah mengadsorpsi zat warna. Pada pencelupan tekstil, tekstil dilapisi dengan hidroksida dari aluminium atau kromium agar dapat mengikat zat pewarna. Zat yang dapat diadsorpsi oleh zat padat dapat berupa gas, cairan, atau padatan (dari larutan).

Adsorbent yang umum adalah karbon aktif, serbuk halus logam seperti platina atau nikel. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas seperti CO_2 , H_2S , SO_2 . Karbon aktif dapat digunakan untuk memutihkan gula merah, atau kecokelat-cokelatan.

Sifat adsorpsi dari partikel koloid dapat dimanfaatkan untuk hal-hal berikut.

a) **Penjernihan air**

Penambahan tawas pada air sungai, akan membentuk koloid Al(OH)_3 yang akan mengadsorpsi pengotor dalam air sehingga menggumpal dan mengendap, sehingga air akan menjadi jernih.

b) **Menghilangkan bau badan**

Produk *rol on deodorant* menggunakan aluminium stearat sebagai adsorben. Jika deodorant digosokkan pada anggota badan, Al-stearat akan mengadsorpsi keringat yang menyebabkan bau badan.

c) **Penggunaan norit**

Norit mengandung arang aktif yang akan menyerap berbagai racun dalam usus.

d) **Pemutihan gula pasir**



(Sumber: Dokumen Penulis)

e) **Pewarnaan kain**



(Sumber: Dokumen Penulis)

H. Berbagai Macam Koloid

1. Emulsi

Emulsi adalah suatu sistem koloid hasil dispersi dua cairan yang tidak dapat bercampur. Dalam hal ini, digunakan suatu zat pengemulsi atau emulgator, seperti sabun atau gelatin. Ada dua macam emulsi, yaitu minyak terdispersi dalam air (O/W) dan air terdispersi dalam minyak (W/O) seperti ditunjukkan pada (Sumber: Dokumen Penulis)

Gambar 0.21.



(Sumber: Dokumen Penulis)

Gambar 0.214 Contoh emulsi cair

Contoh sistem O/W : susu, minyak ikan

Contoh sistem W/O : pelumas

Perubahan macam emulsi yang satu menjadi yang lainnya misalnya W/O menjadi O/W disebut *inversi*. Emulsi O/W dapat distabilkan dengan natrium oleat dan dapat diubah menjadi W/O jika ditambahkan kalsium oleat.

Emulsi dapat dideteksi dengan beberapa cara berikut.

- (1) Dengan zat warna. Misalnya: sudah merah III melarut dalam minyak tetapi tidak melarut dalam air. Apabila zat ini ditambahkan ke emulsi W/O akan tampak dengan mikroskop, tetes merah pada latar belakang jernih.
- (2) Pengenceran Fasa: Emulsi O/W akan segera bercampur dengan air.
- (3) Hantaran Listrik: Emulsi O/W mengantar listrik, W/O tidak.

Beberapa contoh emulsi,

1. Lateks : emulsi O/W dengan protein sebagai emulgator
2. Susu: emulsi O/W dengan protein sebagai emulgator
3. Margarine : emulsi W/O
4. Mayonaise : emulsi O/W dengan kuning telur sebagai emulgator

Emulsi Padat	Emulsi Cair (Emulsi)
Fase pendispersinya padat	Fase pendispersinya cair
Contoh: Mentega, Keju, Mutiara	Contoh: Susu, Es krim, Santan, Mayones
	
	
mentega	keju

(Sumber: Dokumen Penulis)
Gambar 0.225 Contoh emulsi

2. Gel

Gel merupakan sistem koloid setengah kaku (di antara cair dan padat). Jadi, gel adalah semacam koloid dengan partikel padat yang biasanya merupakan molekul besar, bergabung secara tak teratur, dan membentuk struktur yang saling terjalin menghasilkan campuran yang kaku. Gel akan terbentuk jika suatu sol yang fase terdispersinya mengadsorpsi medium pendispersinya sehingga terbentuk sistem koloid yang agak padat. Misalnya, pektin dari buah-buahan menghasilkan “jelly” buah-buahan, agar-agar, lemak kanji, *silica gel*.

Beberapa gel dapat diubah menjadi sol dengan mengubah suhu, pH atau kondisi yang lain. Gel gelatin dapat dibuat dengan cara mencampurkan gelatin dengan air panas. Gelatin adalah protein. Molekul protein sangat besar. Apabila molekul protein didispersikan dalam air, hal itu akan menghasilkan sol. Jika sol gelatin dalam air menjadi dingin, molekul gelatin saling tarik-menarik membentuk jaringan yang kontinu sehingga menjadi *gel* dan air terperangkap dalam protein. Dengan prinsip ini, dapat dibuat bermacam jeli buah-buahan. Namun, dengan menggunakan nanas segar dan gelatin, tidak dapat dibuat

gel. Hal ini disebabkan adanya suatu enzim dalam nanas, yang dapat memecah molekul protein.



(Sumber: Dakumen Penulis)
Gambar 0.236 Contoh produk dalam bentuk gel

I. Penggunaan Koloid dalam Kehidupan Sehari-hari

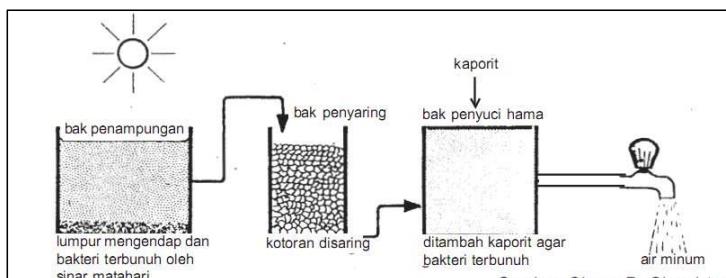
1. Penjernihan Air

Pengolahan air bersih didasarkan pada sifat-sifat koloid, yaitu koagulasi dan adsorpsi. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengolahan air adalah tawas (alumunium sulfat), pasir, klorin atau kaporit, kapur tohor, dan karbon aktif. Tawas berguna untuk menggumpalkan lumpur koloidal sehingga lebih mudah disaring. Apabila tingkat kekeruhan air terlalu tinggi, digunakan karbon aktif. Pasir berfungsi sebagai penyaring. Klorin atau kaporit berfungsi sebagai pembasmi hama, kapur tohor berguna untuk menaikkan pH, yaitu untuk menetralkan keasaman yang terjadi karena penggunaan tawas

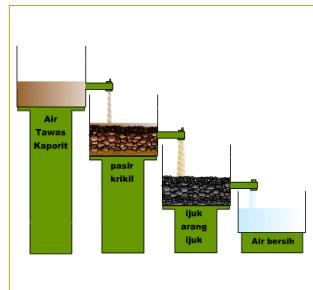
Air dimasukkan ke dalam sebuah bejana dan ditambahkan tawas dan kaporit. Fungsi tawas adalah untuk menggumpalkan dan mengendapkan partikel koloid, fungsi kaporit adalah untuk membunuh bakteri yang terdapat dalam air tersebut. Pada penjernihan air, digunakan aluminium sulfat untuk mengoagulasikan zat pengotor dalam air. Penjernihan air secara sederhana ditunjukkan pada (Sumber: Chang R. Chemistry dengan penyesuaian)

Gambar 0.24 dan (Sumber: Chang R. Chemistry dengan penyesuaian)

Gambar 0.25.



(Sumber: Chang R. Chemistry dengan penyesuaian)
Gambar 0.247 Penjernihan air secara sederhana



(Sumber: Chang R. Chemistry dengan penyesuaian)
Gambar 0.25 Penjernihan air

2. Pengendap Cotrell

Alat ini dapat mengendapkan partikel koloid yang terdapat dalam gas yang akan keluar dari cerobong asap.

3. Pengecatan Mobil

Dalam proses pengecatan mobil, Prinsip koloid digunakan untuk mencat mobil. Tetes cat dalam penyemprotan aerosol, bermuatan. Jika badan mobil diberi muatan yang berlawanan, semua bagian mobil yang diinginkan dapat dicat dengan hasil yang baik.

4. Prinsip Dialisis

Prinsip dialisis digunakan untuk membantu pasien gagal ginjal. Ginjal berfungsi untuk mengeluarkan zat yang tidak berguna yang dihasilkan tubuh ang terdapat dalam darah. Berikut adalah penggunaan koloid yang dapat ditemukan dalam keseharian.

- (1) Pada pencelupan tekstil digunakan zat koloid untuk mempermudah pemberian warna.
- (2) Pembentukan delta di muara sungai.
- (3) Cat “emulsi” dan “emulsi fotografi” adalah zat koloid.
- (4) Sabun sebagai zat pengemulsi untuk menghilangkan zat pengotor yang tidak bercampur dengan air.
- (5) Dalam industri makanan atau minuman seperti susu, makanan bayi, jus buah-buahan dan lain-lain juga tergolong sistem koloid.
- (6) Dalam industri kosmetik, sebagian besar produk yang dihasilkan adan proses pengolahannya memanfaatkan sistem koloid seperti *body lotion* dan hand cream adalah koloid.

- (7) Aluminium klorida adalah suatu bahan untuk deodorant. Fungsinya adalah mengkoagulasi protein dalam keringat sehingga menghalangi kerja kelenjar keringat. Hal ini akan mencegah “bau badan” karena penguraian protein pada kulit oleh bakteri.
- (8) Demikian juga dalam industri farmasi, obat-obatan dalam bentuk sirup dan obat-obatan dalam kapsul juga termasuk dalam koloid.

Soal Dan Latihan

1. Pernyataan manakah yang *salah*?
 - (A) Larutan FeCl_3 jenuh dalam air panas dapat membentuk sol.
 - (B) Emulsi air-benzena tidak stabil.
 - (C) Sol Fe(OH)_3 dan sol As_2S_3 mengkoagulasikan jika dicampurkan.
 - (D) Larutan kalsium assetat encer jika dicampurkan dengan $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 95% dapat membentuk gel.
 - (E) Adsorpsi pada koloid disebabkan karena luas permukaan yang besar.
2. Susu adalah emulsi O/W, dan ini dapat dibuktikan dengan
 - (A) minyak larut dalam susu
 - (B) zat pewarna minyak membuat medium susu berwarna
 - (C) air larut dalam susu
 - (D) efek tyndall
 - (E) asam yang menyebabkan susu berkoagulasi
3. Sistem koloid dapat diperoleh melalui cara-cara berikut, *kecuali*
 - (A) dispersi
 - (B) kondensasi
 - (C) peptisasi
 - (D) koagulasi
 - (E) inversi
4. Istilah manakah yang tidak ada hubungannya dengan sistem koloid?
 - (A) koagulasi
 - (B) dialisis
 - (C) dekantasi
 - (D) elektroforesis
 - (E) peptisasi
5. Pernyataan manakah yang benar?

- (A) Emulsi sistem W/O dapat distabilkan dengan sabun alkali tanah.
(B) Emulsi sistem W/O dapat mengantarkan listrik.
(C) Emulsi sistem W/O dapat bercampur dengan setetes air.
(D) Zat pengemulsi pada umumnya merupakan koloid liofob.
(E) Larutan garam dapur, sabun dan minyak kelapa dapat membentuk emulsi.
6. Susu merupakan
(A) emulsi dari yang terdispersi dalam lemak
(B) emulsi dari kasein (protein) dalam air
(C) emulsi dari kasein dalam lemak
(D) emulsi dari lemak dalam air
(E) emulsi yang tidak stabil karena mengandung kasein.
7. Suatu emulsi bertipe O/W jika dicampur dengan zat warna merah yang larut dalam air akan kelihatan
(A) tetes-tetes jernih dalam cairan merah
(B) tetes-tetes merah dalam cairan jernih
(C) tetes-tetes jernih dalam larutan jernih
(D) tetes-tetes merah dalam larutan merah
(E) tidak kelihatan apa-apa
8. Suatu sol perak klorida dapat dibuat dengan penambahan air murni pada endapan perak klorida. Cara pembentukan sol ini disebut
(A) kondensasi
(B) koagulasi
(C) infersi
(D) peptisasi
(E) emulsifikasi
9. Zat manakah yang dapat membantu pembentukan emulsi jenis W/O?
(A) Natrium klorida
(B) Kalsium asetat
(C) Kalium oleat
(D) Natrium palmitat
(E) Magnesium stearat
10. Sistem koloid manakah yang paling stabil?
(A) Sol perak dalam air
(B) Larutan karet dalam benzena

(C) Sol belerang dalam air

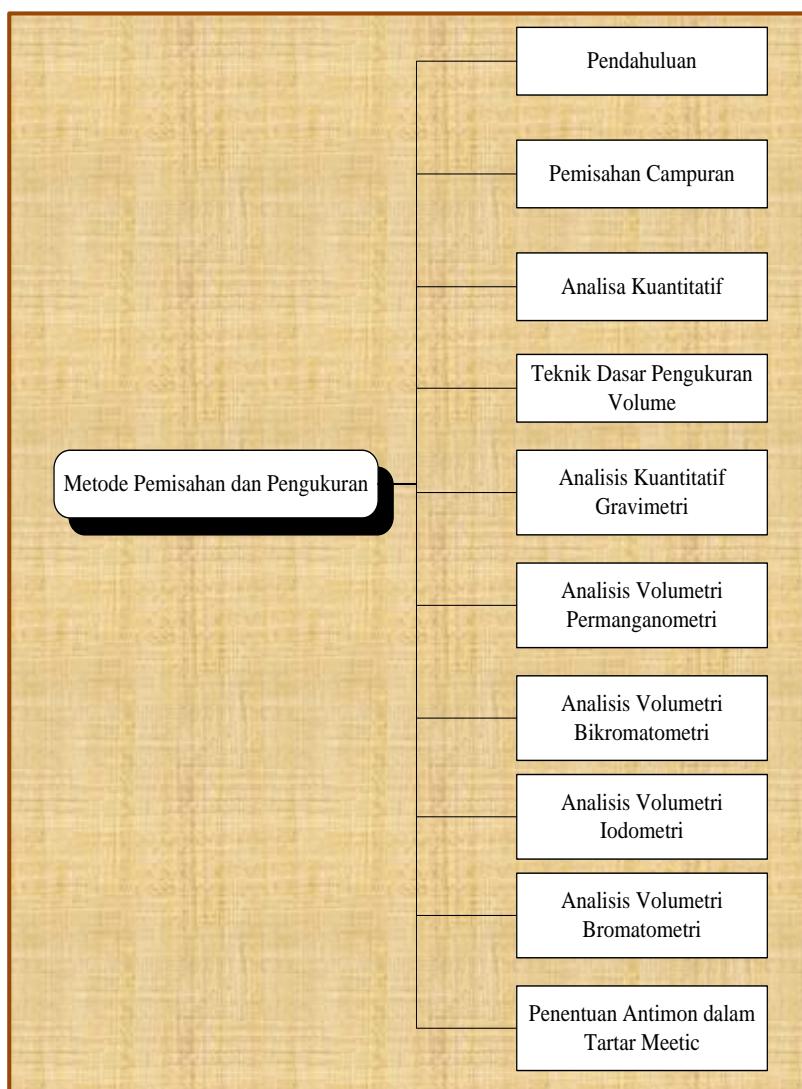
(D) Asap

(E) Susu

BAB 4

METODE PEMISAHAN DAN PENGUKURAN

Peta Konsep :



TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, Anda akan diajak menyelami metode pemisahan dan pengukuran dan diharapkan dapat menjelaskan tentang :

1. definisi pemisahan
2. dasar – dasar pemisahan campuran.
3. proses pengayakan
4. proses filtrasi
5. proses kristalisasi
6. proses distilasi
7. analisis kuantitatif
8. kriteria metode analisis kuantitatif
9. teknik gravimetri

A. Pendahuluan

Campuran adalah materi yang terdiri atas dua macam zat atau lebih dan masih memiliki sifat-sifat zat asalnya. Beberapa unsur dan senyawa yang ada di alam dapat ditemukan dalam keadaan yang tidak murni atau membentuk suatu campuran. Berdasarkan jenisnya, campuran dibagi menjadi dua, yaitu campuran homogen dan campuran heterogen.

Campuran homogen biasa disebut larutan di mana terdiri atas zat terlarut (*solute*) dan zat pelarut (*solvent*). Larutan dapat berwujud padat, cair, dan gas. Larutan berwujud padat biasa ditemukan pada paduan logam salah satu contohnya adalah kuningan yang merupakan paduan seng dan tembaga. Larutan berwujud cair contohnya adalah larutan gula dalam pelarut air. Larutan dalam wujud gas contohnya adalah udara yang terdiri atas bermacam-macam gas, di antaranya adalah nitrogen, oksigen, dan karbon dioksida.

Campuran heterogen adalah campuran yang membentuk dua fasa atau lebih, dan terdapat batas yang jelas di antara fasa-fasa tersebut. Berikut adalah beberapa contoh campuran heterogen: campuran tepung beras dan air; campuran kapur dan pasir; dan campuran serbuk besi dan karbon.

Minyak bumi merupakan salah satu contoh campuran homogen yang terdiri dari berbagai jenis hidrokarbon. Untuk pemanfaatannya sendiri, hidrokarbon-hidrokarbon penyusun minyak bumi ini tentunya akan lebih berharga apabila memiliki kemurnian yang tinggi. Untuk memisahkan komponen-komponen minyak bumi ini, salah satu cara yang

dapat dilakukan adalah dengan cara pemisahan campuran. Dari proses pemisahan minyak bumi menjadi komponen-komponennya ini, akan dapat dihasilkan berbagai jenis produk diantaranya adalah LPG, solar, avtur, pelumas, dan aspal.

Contoh lain suatu campuran adalah air yang biasa kita minum. Di dalamnya terlarut beberapa mineral seperti kalsium, natrium, kalium dan magnesium. Bahkan, darah yang mengalir di tubuh kita juga termasuk campuran. Di dalam darah kita, terdapat sel darah putih, keping darah, sel darah merah dan plasma darah. Jadi, campuran sebenarnya banyak kita temui di sekitar kita. Namun, untuk mendapat suatu senyawa tertentu dari campuran tersebut, diperlukan proses pemisahan yang tepat. Pada subbab selanjutnya akan dibahas mengenai cara-cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan senyawa yang murni berdasar sifat-sifat fisis campuran.

Diskusikan dengan teman sebangku Anda!

Carilah masing-masing 5 contoh campuran homogen dan heterogen yang ada di sekitar Anda!

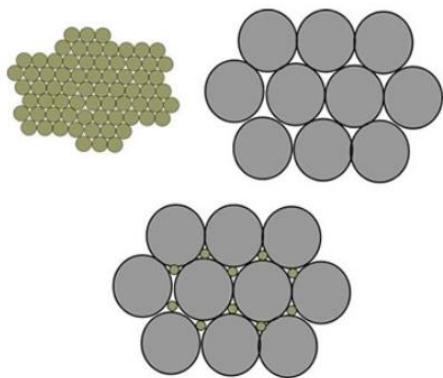
B. Pemisahan Campuran

1. Dasar-Dasar Pemisahan Campuran

Suatu campuran disusun oleh materi- materi yang memiliki sifat fisika dan sifat kimia yang berbeda. Berdasarkan perbedaan sifat-sifat materi yang menyusunnya, suatu campuran dapat dipisahkan dengan cara-cara tertentu. Secara teknis, pemisahan suatu campuran dapat dapat dilakukan dengan berbagai metode. Beberapa hal yang menjadi dasar metode pemisahan campuran adalah berat jenis, muatan listrik, ukuran partikel, titik didih, titik beku, kelarutan, dan adsorpsi.

a. Ukuran Partikel

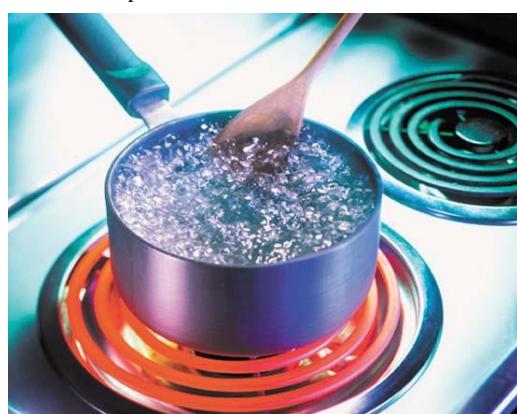
Jika ukuran partikel zat yang diinginkan berbeda dengan zat yang tidak diinginkan (zat pencampur) dapat dipisahkan dengan metode filtrasi (penyaringan). Jika partikel zat hasil lebih kecil daripada zat pencampurnya, dapat dipilih penyaring atau media berpori yang sesuai dengan ukuran partikel zat yang diinginkan. Partikel zat hasil akan melewati penyaring dan zat pencampurnya akan terhalang.



(sumber : <http://nawarsyarif.blogspot.co.id/2012/05/klasifikasi-ukuran-butir-tanah.html>)
Gambar 0.1 Ukuran partikel

b. Titik Didih

Zat hasil dan zat pencampur yang memiliki titik didih yang jauh berbeda dapat dipisahkan dengan metode destilasi. Apabila titik didih zat hasil lebih rendah daripada zat pencampur, bahan dipanaskan antara suhu didih zat hasil dan di bawah suhu didih zat pencampur. Zat hasil akan lebih cepat menguap, sedangkan zat pencampur tetap dalam keadaan cair dan sedikit menguap ketika titik didihnya terlewati. Proses pemisahan dengan dasar perbedaan titik didih ini bila dilakukan dengan kontrol suhu yang ketat, akan dapat memisahkan suatu zat dari campurannya dengan baik, karena suhu selalu dikontrol untuk tidak melewati titik didih campuran.



(Sumber: <http://www.britannica.com/science/boiling-point>)
Gambar 0.2 Pendidihan air

c. Kelarutan

Suatu zat selalu memiliki spesifikasi kelarutan yang berbeda. Artinya, suatu zat mungkin larut dalam pelarut A, tetapi tidak larut dalam pelarut B, atau sebaliknya. Secara umum, pelarut dibagi menjadi dua, yaitu pelarut polar, misalnya air, dan pelarut nonpolar (disebut juga pelarut organik) seperti alkohol, aseton, methanol, petrolium eter, kloroform, dan eter.

Dengan melihat kelarutan suatu zat yang berbeda dengan zat-zat lain dalam campurannya, kita dapat memisahkan zat yang diinginkan tersebut dengan menggunakan pelarut tertentu.



(Sumber: <http://www.express.co.uk/life-style/health/445350/Salt-in-everyday-painkillers-boosts-risk-of-heart-attacks>)

Gambar 0.3 Kelarutan zat

d. Pengendapan

Suatu zat akan memiliki kecepatan mengendap yang berbeda dalam suatu campuran atau larutan tertentu. Zat-zat dengan berat jenis yang lebih besar daripada pelarutnya akan segera mengendap. Jika dalam suatu campuran mengandung satu atau beberapa zat dengan kecepatan pengendapan yang berbeda dan kita hanya menginginkan salah satu zat, dapat dipisahkan dengan metode sedimentsi atau sentrifugasi. Namun, jika dalam campuran mengandung lebih dari satu zat yang akan kita inginkan, digunakan metode presipitasi. Metode presipitasi biasanya dikombinasikan dengan metode filtrasi.



(Sumber: <http://diyahayuhpu.blogspot.co.id/2014/10/penetapan-kadar-fe-sekara-gravimetri.html>)

Gambar 0.4 Pengendapan

e. Difusi

Dua macam zat berwujud cair atau gas bila dicampur dapat berdifusi (bergerak mengalir dan bercampur) satu sama lain. Gerak partikel dapat dipengaruhi oleh muatan listrik. Listrik yang diatur sedemikian rupa (baik besarnya tegangan maupun kuat arusnya) akan menarik partikel zat hasil ke arah tertentu sehingga diperoleh zat yang murni. Metode pemisahan zat dengan menggunakan bantuan arus listrik disebut elektrodialisis. Selain itu, kita mengenal juga istilah elektroforesis, yaitu pemisahan zat berdasarkan banyaknya nukleotida (satuan penyusun DNA) dapat dilakukan dengan elektroforesis menggunakan suatu media agar yang disebut gel agarosa.

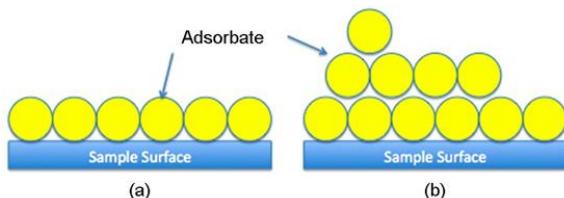


(Sumber: <http://www.jendelasarjana.com/2014/03/pengertian-perbedaan-difusi-dan-osmosis.html>)

Gambar 0.5 Difusi

f. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan penarikan suatu zat oleh bahan pengadsorpsi secara kuat sehingga menempel pada permukaan dari bahan pengadsorpsi. Penggunaan metode ini diterapkan pada pemurnian air dan kotoran renik atau organisme.



(Sumber: <http://www.askiiitians.com/iit-jee-chemistry/physical-chemistry/adsorption.aspx>)
Gambar 0.6 Mekanisme Adsorpsi

Berdasarkan dasar pemisahan campuran di atas, kita akan mencoba membahas beberapa proses pemisahan campuran. Proses yang akan kita bahas diantaranya adalah pengayakan, filtrasi, sentrifugasi, kristalisasi, distilasi dan beberapa proses lainnya.

2. Pengayakan

Teknik pemisahan dengan menggunakan pengayakan merupakan teknik yang tertua. Teknik ini dapat dilakukan untuk campuran heterogen khususnya campuran dalam fasa padat. Proses pemisahan didasari atas perbedaan ukuran partikel di dalam campuran tersebut sehingga ayakan memiliki ukuran pori atau lubang tertentu, ukuran pori dinyatakan dalam satuan mesh. Berikut adalah contoh ayakan.



(Sumber: <https://supersonicmch.wordpress.com/2012/02/24/sieve-shaker-aggregate-test-ayakan-pengukur-kandungan-butiran/>)
Gambar 0.7 Pengayakan

Pada pengayakan manual, bahan dipaksa melewati lubang ayakan, umumnya dengan bantuan bilah kayu atau bilah bahan sintetis atau dengan sikat. Pada pengayakan secara mekanik (pengayak getaran, guncangan atau kocokan) dilakukan dengan bantuan mesin, yang umumnya mempunyai satu set ayakan dengan ukuran lebar lubang standar

yang berlainan. Bahan yang dipak, bergerak-gerak di atas ayakan, berdesakan melalui lubang kemudian terbagi menjadi fraksi-fraksi yang berbeda. Beberapa mesin pengayak bekerja dengan gerakan melingkar atau ellipsoid terhadap permukaan ayakan.

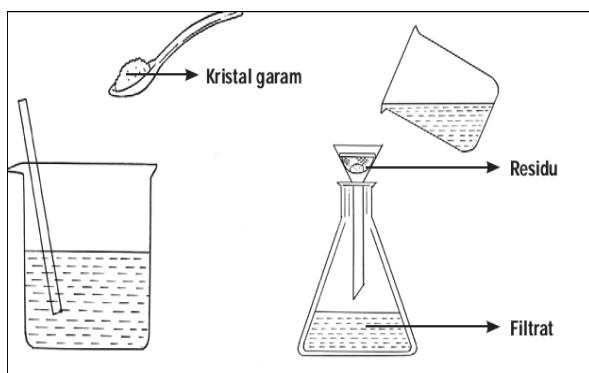


(Sumber: <https://supersonicmch.wordpress.com/2012/02/24/sieve-shaker-aggregate-test-ayakan-pengukur-kandungan-butiran/>)

Gambar 0.8 Alat pengayak

3. Penyaringan (Filtrasi)

Filtrasi atau penyaringan adalah teknik penyaringan yang dapat digunakan untuk memisahkan campuran yang ukuran partikel zat-zat penyusunnya berbeda. Pernahkah Anda memperhatikan ibu memisahkan santan dari ampasnya? Tentunya terdapat alat penyaringnya, bukan? Santan dapat diperoleh dengan cara menambahkan air pada kelapa yang telah diparut. Setelah itu, kelapa parut diperas di atas penyaring sehingga air santan lolos ke bawah, sedangkan ampas kelapa tertinggal di atas saringan. Contoh selanjutnya, pernahkah Anda membuat air teh? Untuk mendapatkan air teh, kita perlu merendam teh dalam air panas, kemudian menggunakan saringan untuk memisahkan teh dengan air tehnya. Berikut adalah contoh aplikasi filtrasi pada pembersih air. Air yang keruh dapat dibersihkan dengan cara mengalirkan air tersebut melalui beberapa lapisan penyaring yang terdiri dari berlapis-lapis batuan dengan ukuran yang berbeda-beda.



Sumber: <https://galihgaluh.wordpress.com/kelas-viii/kelas-vii/>
Gambar 0.9 Proses Filtrasi

Proses pemisahan campuran dengan cara penyaringan biasanya digunakan untuk memisahkan campuran yang disusun oleh zat padat yang tidak larut dalam air dengan zat cair (campuran air dengan tanah), campuran beberapa zat padat yang memiliki ukuran partikel yang berbeda (campuran pasir dengan batu), dan campuran zat padat yang memiliki perbedaan sifat kelarutan (campuran gula dengan tanah). Efektivitas dari hasil penyaringan ditentukan oleh: tingkat kerapatan alat penyaring, ukuran partikel zat yang disaring dan jenis zat yang disaring.

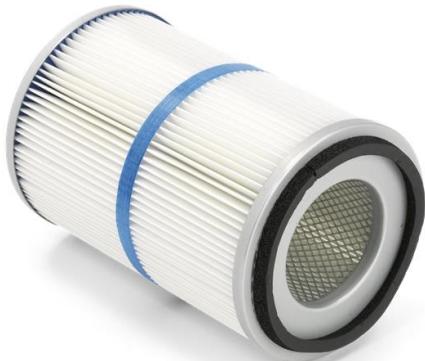
Proses pemisahan dengan cara filtrasi dapat kita bedakan berdasarkan adanya tekanan dan tanpa tekanan. Contoh di atas merupakan proses pemisahan tanpa tekanan, di mana cairan mengalir karena adanya gaya gravitasi. Pemisahan ini sangat cocok untuk

campuran heterogen di mana jumlah cairannya lebih besar dibandingkan dengan partikel zat padatnya. Proses pemisahan dengan tekanan, umumnya dengan cara divakumkan (disedot dengan pompa vakum). Proses pemisahan dengan teknik ini sangat tepat dilakukan jika jumlah partikel padatnya lebih besar dibandingkan dengan cairannya. Berikut adalah contoh alat filtrasi dengan menggunakan tekanan vakum.



(Sumber: http://www.labmate-online.com/news/laboratory-products/3/vacuumbrand_gmbh/accelerated_vacuum_filtration/26465/)
Gambar 0.10 Penyaringan Vakum

Saat ini, di pasaran telah tersedia berbagai macam saringan yang terbuat dari berbagai macam bahan dan ukuran porinya juga bermacam-macam. Jadi, kita tinggal memilihnya sesuai dengan yang kita butuhkan. Beberapa contoh kertas saring di antaranya adalah: kertas saring Whatman, micro glass filter dan mikro filter. Kertas saring Whatman banyak digunakan dalam laboratorium untuk menyaring berbagai keperluan dan tersedia dalam berbagai ukuran pori. Micro glass filter merupakan penyaring yang terbuat dari bahan gelas yang berpori-pori sangat kecil dan dapat digunakan untuk menyaring berbagai macam jenis pelarut. Mikro filter merupakan penyaring yang terbuat dari bahan polimer seperti polikarbonat, teflon, poliester dan kertas saring ini dapat digunakan untuk keperluan khusus, terutama untuk menyaring pelarut organic.



(Sumber: <http://www.husqvarna.com/us/construction/products/accessories-for-surface-preparation/dc-5500-secondary-filter-polyester-micro-filter/502-56-95-01/>)

Gambar 0.11 Filter penyaring

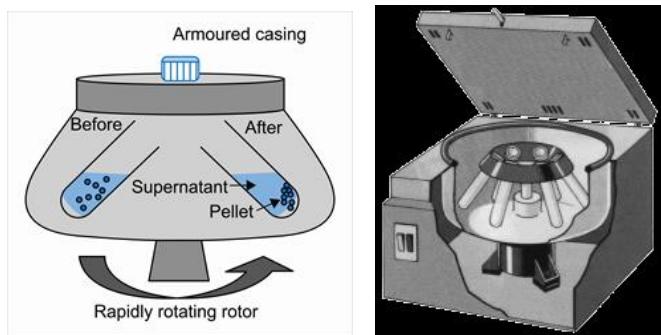
4. Sentrifugasi

Suspensi yang partikel-partikelnya sangat halus tidak bisa dipisahkan dengan cara filtrasi. Partikel-partikelnya dapat melewati saringan atau bahkan menutupi lubang poripori saringan sehingga cairan tidak dapat lewat. Cara untuk memisahkan suspensi adalah dengan membiarkannya hingga mengendap. Setelah beberapa saat, partikel-partikelnya mengendap sehingga cairannya dapat dituang. Akan tetapi, banyak partikel pada suspensi yang terlalu kecil untuk disaring, tetapi juga tidak dapat mengendap. Hal ini karena partikel-partikel padatan tersebut dipengaruhi oleh gerakan molekul cairan yang sangat cepat.

Suspensi yang sulit dipisahkan ini dapat dipisahkan dengan sentrifugasi. Cara pemisahan ini berdasarkan adanya gaya sentrifugal yang diberikan pada partikel-partikel yang melayang sehingga partikel tersebut dapat dipaksa untuk bergerak ke dasar bejana dan mengendap. Dengan demikian, terjadi pemisahan antara partikel padat dan pelarutnya. Selanjutnya, pada campuran yang telah memisah tersebut, dapat dipisahkan lebih lanjut dengan cara dekantasi atau memipet cairan yang berada diatas padatannya lalu dipindahkan ke tempat lain. Cara ini sangat cocok untuk untuk memisahkan campuran yang ukuran partikelnya sangat kecil dan masa jenism partikelnya juga sangat kecil sehingga partikelnya melayang dalam cairannya, misalnya koloid.

Gaya sentrifugal diperoleh dengan cara memutar campuran yang akan dipisahkan dengan suatu alat khusus yang disebut *centrifuge*. Tabung sebagai wadah suspensi dikunci pada gagang atau rotor untuk mengitari pusat *centrifuge*. Batang vertikal di tengahnya

diputar dengan motor listrik. Batang itu berputar dengan sangat cepat. Tabung akan mengayun dengan cepat tetapi mulut tabung tetap menghadap ke tengah sehingga semua padatan akan terkumpul pada bagian bawah tabung dan cairan yang jernih akan berada pada bagian atas tabung.



(Sumber: <https://adarshomani02.wordpress.com/tag/centrifugation/>)
Gambar 0.12. Centrifuge

Ada 2 jenis alat centrifuge, centrifuge biasa yang mempunyai kecepatan putar rendah antara 0 – 3.000 rpm, alat ini biasa digunakan untuk memisahkan campuran yang ukuran partikelnya relatif besar. Ultra centrifuge mempunyai kemampuan putar tinggi dari 0 – 20.000 rpm, bahkan ada yang dapat mencapai 120.000 rpm. Centrifuge jenis ini banyak digunakan untuk keperluan biokimia misalnya memisahkan plasma dan serum pada darah.



(Sumber: <http://www.camlab.co.uk/eba-21-high-speed-digital-bench-centrifuge-p14180.aspx>)
Gambar 0.13 Centrifuge 2

Gaya pada alat centrifuge ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$RCF = (rw^2)/g \quad (0.1)$$

dimana:

RCF = Relative Centrifugal Force

- r = radius rotasi
 w = kecepatan angular
 g = gaya gravitasi.

5. Kristalisasi

Kristalisasi adalah suatu proses pemisahan campuran untuk mendapatkan zat padat yang terlarut dalam larutannya berdasarkan perbedaan titik beku. Terdapat dua cara dalam kristalisasi, yaitu kristalisasi dengan penguapan dan dengan pendinginan.



(Sumber: <http://www.reciprocalnet.org/edumodules/crystallization/>)
Gambar 0.14. Proses kristalisasi

Contoh proses kristalisasi dalam kehidupan sehari-hari adalah pembuatan garam dapur dari air laut. Mula-mula air laut ditampung dalam suatu tambak, kemudian dengan bantuan sinar matahari dibiarkan menguap. Setelah proses penguapan, dihasilkan garam dalam bentuk kasar dan masih bercampur dengan pengotornya, sehingga untuk mendapatkan garam yang bersih diperlukan proses rekristalisasi (pengkristalan kembali)

Contoh lain adalah pembuatan gula putih dari tebu. Batang tebu dihancurkan dan diperas untuk diambil sarinya, kemudian diuapkan dengan penguap hampa udara sehingga air tebu tersebut menjadi kental, lewat jenuh, dan terjadi pengkristalan gula. Kristal ini kemudian dikeringkan sehingga diperoleh gula putih atau gula pasir.

Beberapa tahapan penting dalam melakukan kristalisasi adalah zat padat yang akan dimurnikan dilarutkan dengan pelarut yang sesuai sambil dikocok atau diaduk bila perlu sambil dipanaskan hingga mendekati titik didihnya, kemudian diuapkan sampai larutan mendekati jenuh. Ketika larutan masih panas, dapat dilakukan penyaringan untuk

memisahkan partikel yang tidak larut. Larutan yang tersisa cukup dibiarkan saja selama beberapa saat hingga dingin, maka zat yang larut tadi akan mengkristal. Kristal yang telah diperoleh kemudian dapat dicuci dengan sedikit pelarut yang masih baru untuk menghilangkan kotoran – kotoran yang menempel, kemudian langkah selanjutnya kristal yang telah diperoleh dikeringkan. Dari tahapan-tahapan tersebut, dapat disimpulkan bahwa hal yang penting dalam proses kristalisasi adalah pemilihan pelarut, pembentukan kristal, penyaringan dan pengeringan kristal dari pelarutnya.

a. Pemilihan Pelarut

Pelarut yang baik untuk proses kristalisasi harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut: pengotor harus sangat larut atau hanya sedikit larut dalam pelarut tersebut, pelarut juga harus mudah dihilangkan dari kristal murninya, antara pelarut dan zat yang dipisahkan harus tidak terjadi reaksi dan pelarut yang baik harus memiliki sifat tidak mudah menguap atau mudah terbakar.

b. Pembentukan Kristal

Secara normal, kristal dapat terbentuk seiring dengan terjadinya pendinginan pada larutan. Pembentukan kristal ini dapat dipercepat dengan caramenambahkan butir kristal yang sama pada larutan lewat jenuh. Hal ini dapat membantu pembentukan inti kristal. Namun cara yang paling tepat adalah dengan cara mendinginkan larutan lewat jenuh dengan menggunakan es sambil diaduk, sehingga kristal akan lebih cepat terbentuk.

c. Penyaringan

Proses penyaringan harus dilakukan secara cepat. Apabila penyaringan dilakukan dalam keadaan panas, diperlukan penyaring buuchner dengan pompa vakum agar penyaringan cepat selesai. Apabila pengotor sangat kecil, dapat dilakukan sentrifugasi terlebih dahulu sebelum dilakukan penyaringan.

d. Pengeringan Kristal dari Pelarutnya

Kristal yang stabil dapat langsung dikeringkan menggunakan oven pemanas, suhu oven pemanas diatur di atas titik didih pelarutnya, tetapi suhu masih di bawah titik leleh kristal. Setelah dipanaskan, beberapa lama kemudian kristal tersebut dikeringkan di dalam desikator. Apabila pelarut yang digunakan merupakan senyawa hidrokarbon maka dapat

menggunakan parafin sebagai isian desikator sedangkan apabila pelarut yang digunakan asam asetat maka isian desikatornya dapat berupa NaOH atau KOH.



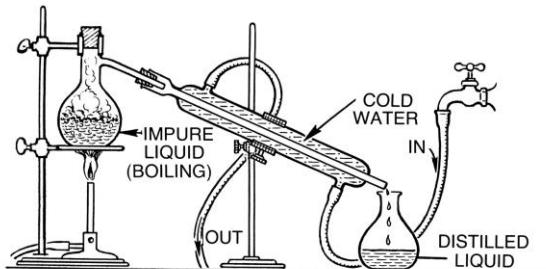
(Sumber: <https://dhamadharma.wordpress.com/2014/06/06/pembuatan-garam-dengan-metode-tuf-geomembran/>)

Gambar 0.14. Kristalisasi Garam

6. Distilasi

Destilasi merupakan metode pemisahan untuk memperoleh suatu bahan yang berwujud cair yang terkotori oleh zat padat atau bahan lain yang mempunyai titik didih yang berbeda. Dasar pemisahan menggunakan distilasi adalah titik didih yang berbeda. Syarat bahan yang akan dipisahkan dengan metode ini adalah bentuknya larutan atau cair, tahan terhadap pemanasan, dan perbedaan titik didihnya tidak terlalu dekat.

Tahapan pada proses pemisahan ini adalah bahan campuran dipanaskan pada suhu diantara titik didih bahan yang diinginkan. Pada suhu tertentu pelarut bahan yang diinginkan akan menguap, kemudian uap dilewatkan pada tabung pengembun (kondensor). Uap yang telah mencair ditampung dalam wadah. Bahan hasil pada proses ini disebut destilat, sedangkan sisanya disebut residu. Contoh destilasi adalah proses penyulingan minyak bumi, pembuatan minyak kayu putih, dan memurnikan air minum. Dalam mempelajari distilasi, kita harus mengenal tentang tekanan uap dan titik didih.



(Sumber: <http://detektif-fisika-doni.blogspot.co.id/2014/12/bagaimana-cara-memisahkan-campuran.html>)
Gambar 0.15 Rangkaian alat distilasi

a. Tekanan Uap

Suatu larutan apabila dipanaskan hingga titik didihnya, larutan tersebut akan menguap dan pada suatu saat akan mencapai kesetimbangan dengan larutannya. Jadi, tekanan uap dapat didefinisikan sebagai tekanan suatu uap pada kesetimbangan dengan fase non-uapnya. Berdasarkan hukum Roult, tekanan uap suatu cairan dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

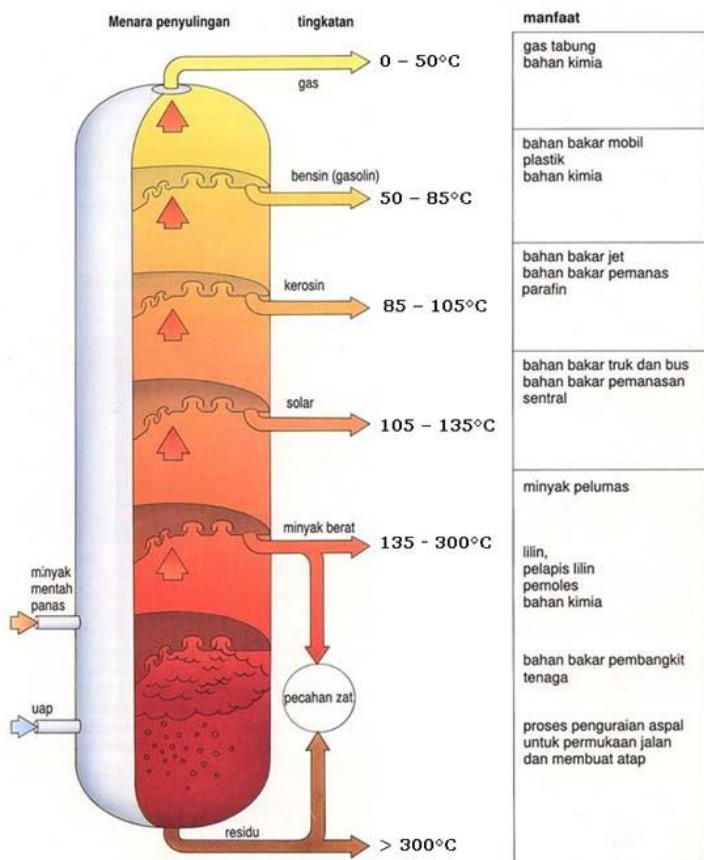
$$P_A = X_A P_A^o \quad (0.2)$$

dimana P_A adalah tekanan uap larutan, X_A adalah fraksi mol pelarut dan P_A^o adalah tekanan uap pelarut.

b. Titik Didih

Titik didih adalah suhu di mana tekanan uap cairan sama dengan tekanan luar, sehingga di dalam seluruh zat cair terjadi kemungkinan untuk berubah dari fasa cair ke fasa uap. Titik didih normal adalah titik didih zat cair yang diukur pada tekanan udara 1 atm.

Ada beberapa jenis distilasi di antaranya distilasi sederhana, distilasi bertingkat, distilasi vakum dan distilasi uap. Pada distilasi sederhana ini, tahapan prosesnya sama dengan penjelasan pada sebelumnya dimana pada titik didih campuran tersebut, zat yang titik didihnya lebih tinggi akan menuap terlebih dahulu. Pada distilasi bertingkat, prosesnya adalah melanjutkan proses distilasi sederhana. Jadi, hasil dari distilasi sederhana akan didistilasi berulang-ulang sehingga nantinya akan dihasilkan komponen yang murni. Distilasi bertingkat ini dapat digunakan untuk memisahkan campuran yang terdiri lebih dari 2 komponen. Biasanya, distilasi bertingkat ini digunakan untuk memisahkan komponen minyak bumi.



(Sumber:)
Gambar 0.16 Distilasi bertingkat

Distilasi vakum dilakukan dengan cara menurunkan tekanan campuran dengan bantuan pompa vakum. Dengan perlakuan ini, cairan yang didistilasi akan mudah menguap karena cairan ini mendidih di bawah titik didih normalnya. Metode ini sangat tepat apabila diaplikasikan untuk memisahkan komponen yang mudah rusak senyawa penyusunnya pada titik didih normalnya. Distilasi uap merupakan metode yang biasa digunakan untuk memurnikan senyawa. Pada metode ini biasanya digunakan cairan yang tidak saling melarutkan . Menurut hukum Dalton, jika suatu campuran yang tidak saling bercampur dipanaskan, titik didihnya merupakan suhu dimana jumlah tekanan uapnya sama dengan tekanan atmosfer sehingga suhu ini akan lebih rendah dari pada titik didih senyawa yang

mudah menguap. Contoh aplikasi distilasi uap adalah pengambilan minyak atsiri dari suatu tumbuhan-tumbuhan seperti minyak kayu putih, minyak eugenol dan lain-lain.

Pada pemisahan minyak bumi, komponen minyak bumi yang mempunyai titik didih rendah akan menguap dan naik ke bagian atas melalui sungkup-sungkup yang disebut sungkup gelembung. Makin naik ke atas suhu dalam menara fraksionasi makin rendah. Komponen minyak bumi yang mempunyai titik didih lebih tinggi akan tetap berupa cairan dan turun ke bagian bawah dengan cara mengembun. Komponen minyak bumi yang dapat mencapai puncak menara adalah komponen minyak bumi yang mempunyai titik didih rendah yang pada suhu kamar berwujud gas. Komponen minyak bumi yang berwujud gas biasa disebut gas petroleum, jika dicairkan disebut LPG (*Liquified Petroleum Gas*).

7. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan metode pemisahan dengan melarutkan bahan campuran dalam pelarut yang sesuai. Dasar metode pemisahan ini adalah kelarutan bahan dalam pelarut tertentu. Ada dua jenis pelarut, yaitu pelarut polar dan pelarut nonpolar. Pelarut polar adalah pelarut yang dapat larut dalam atau bercampur dengan air contohnya adalah air dan alkohol. Pelarut non polar adalah pelarut yang dapat larut atau bercampur dengan minyak atau lemak contohnya adalah eter dan aseton. Ekstraksi

Proses pemisahan dengan metode ekstraksi ada beberapa macam, diantaranya adalah ekstraksi kelat, ekstraksi solvasi, ekstraksi pembentukan pasangan ion dan ekstraksi sinergis. Ekstraksi kelat adalah ekstraksi ion logam yang berlangsung melalui mekanisme pembentukan kelat. Contohnya adalah ekstraksi uranium dengan menggunakan 8-Hidroksi Quinolin pada kloroform atau ekstraksi Besi (Fe) dengan menggunakan distizon pada pelarut CCl_4 . Ekstraksi solvasi ekstraksi yang ekstraksi dimana zat yang diekstraksi disolvasikan ke dalam fasa organik. Contoh ekstraksi ini adalah ekstraksi Fe(II) dari asam klorida dengan menggunakan dietil eter atau ekstraksi uranium dari media asam nitrat dengan menggunakan tributil fosfat. Kedua contoh ekstraksi tersebut dapat berlangsung karena terjadi solvasi logam ke fasa organiknya. Ekstraksi embentukan pasangan ion berlangsung melalui pembentukan senyawa netral kemudian diekstraksi ke fasa organik. Contohnya adalah ekstraksi scandium atau uranium dengan trioktil amina. Pada ekstraksi ini, terbentuk senyawa netral antara uranium atau scandium dalam larutan asam dengan amina yang mempunyai berat molekul sangat besar. Ekstraksi sinergis diakibatkan oleh penambahan suatu pelarut pengekstraksi yang lain kepada sistem ekstraksi. Contohnya adalah ekstraksi uranium dengan tributil fosfat (TBP) bersama-sama dengan 2-Thenoyl

Trifluoro Aceton (TTA) Masing-masing pelarut dapat mengekstraksi uranium tetapi dengan menggunakan campuran dari dua pelarut tersebut dapat terjadi kenaikan pada hasil ekstraksi.

C. Analisis Kuantitatif

Pada bagian ini teknik dasar menyajikan cara bagaimana peralatan, seperti yang telah dibicarakan pada subbab sebelumnya, digunakan dengan benar. Hal ini penting untuk diberikan karena masih sering dijumpai orang melakukan kesalahan dalam pemakaian peralatan gelas maupun listrik. Pada bagian lain, juga diberikan pengetahuan tentang peralatan sederhana yang sering digunakan untuk eksperimen dan penelitian bidang kimia analitik, seperti neraca, dan eksperimen sederhana juga dianjurkan untuk dilatihkan sebelum seseorang melakukan eksperimen analisis kuantitatif.

Penimbangan merupakan prosedur rutin dalam analisis kuantitatif. Pada eksperimen analisis gravimetri, kuantisasi sinyal (respon analitik) yang harus dicatat adalah massa. Pada analisis kuantitatif, volumetrik preparasi larutan-larutan yang dibutuhkan sering harus diawali dengan penimbangan, karena zat yang akan dilarutkan berada pada keadaan padat (kristal). Lepas dari keduanya, pada hampir seluruh analisis yang melibatkan sampel padatan, analit yang terkandung juga diaporkan dalam satuan berbasis berat seperti persen berat, sehingga sampel harus ditimbang sebelum dianalisis. Penimbangan dapat dilakukan dengan timbangan neraca analitik atau timbangan biasa bergantung tingkat ketelitian yang diinginkan dan jumlah zat yang akan ditimbang.

1. Massa dan Berat

Perlu diingat bahwa massa berbeda dengan berat. Di laboratorium, massa yang diukur merupakan ukuran besaran zat (materi), m. Berat, W, ukuran aktual gaya yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi, g. Sesuai hukum Newton II, maka,

$$f = m \cdot a \quad (0.3)$$

$$W = m \cdot g \quad (0.4)$$

Perhatikan bahwa berat berbanding lurus dengan massa dengan konstanta kesebandingan sebesar g. Harga g bergantung pada tempat dipermukaan bumi. Makin jauh dari permukaan bumi harga g makin kecil, dan massa benda tersebut tidak berubah di mana pun. Karena itulah, untuk kepentingan ilmiah massa yang diukur, agar diseluruh laboratorium diperoleh *reproducibility* yang tinggi. Berat suatu objek diukur dengan suatu

skala dan massa objek dengan neraca. Pada neraca, berat objek dibandingkan dengan berat massa yang telah diketahui, m_{std} . Karena keduanya pengukuran dilakukan di tempat yang sama sehingga ketika kesetimbangan tercapai,

$$W = W_{\text{std}} \quad (0.5)$$

$$mg = m_{\text{std}} \cdot g \quad (0.6)$$

$$m = m_{\text{std}} \quad (0.7)$$

Pada neraca suatu objek ditimbang, tetapi hasil yang dicatat adalah massa. Penimbangan memiliki keterbatasan pada kemampuan untuk mendeteksi kesetaraan berat dan ketidakpastian nilai massa standar. Standar massa internasional tersedia dalam bentuk 1 kg balok Pt--alloy iridium yang disimpan di Sevres, Perancis. Standar sekunder massa ada di seluruh dunia dan telah dikalibrasi dengan standar internasional.

Neraca analitik merupakan instrumen yang memiliki kemampuan mendeteksi perbedaan berat antara standar dan sampel kurang dari 1 ppm. Sebagai contoh selisih berat 10^{-4} gram pada penimbangan objek seberat 100 gram dapat dideteksi dengan seksama. Neraca analitik yang tersedia di laboratorium biasanya memiliki kapasitas penimbangan tertentu dengan sensitivitas mencapai $\pm 0,1$ mg. Karena itu suatu objek dengan bobot > 100 mg dapat ditimbang dengan presisi $\pm 0,1\%$. Sampel dengan bobot yang lebih kecil dapat pula ditimbang dengan neraca dengan kapasitas yang lebih rendah dan sensitivitas $\pm 0,01$ mg atau dengan mikroneraca (10 - 20 g) yang memiliki sensitivitas $\pm 0,001$ mg.

Suatu neraca konvensional memiliki dua cawan (pan) dan dua lengan. Satu *pan* digunakan sebagai tempat sampel yang ditimbang dan *pan* yang lain sebagai tempat berat standar. Neraca konvensional yang lebih baru meliputi *pan* dan lengan tunggal. *Beam* merupakan elemen pokok suatu neraca. Bagian ini merupakan pengungkit (tuas) yang berputar pada suatu pusat pendukung. Titik kontak berbentuk prisma yang berada pada suatu pusat permukaan yang mulus yang memiliki friksi sangat rendah. Sensitivitas neraca bergantung pada gaya friksi ini.

Bila suatu objek diletakkan pada satu sisi *beam*, keadaan ini menciptakan momen gaya yang mengayun *beam* tersebut pada titik tumpunya. Momen ini diimbangi dengan pemberat yang diletakkan pada sisi lain *beam* hingga menghasilkan momen yang sama dan berlawanan. Sehingga,

$$\text{Momen dari sampel} = \text{gaya} \times \text{jarak} = mgL_1 \quad (0.8)$$

$$\text{Momen karena pemberat} = m_{\text{std}}g L_2 \quad (0.9)$$

Pada kesetimbangan:

$$mgL_1 = m_{\text{std}} g L_2 \quad (0.10)$$

$$\text{Jika dan hanya jika } L_1 = L_2, \text{ diperoleh } m = m_{\text{std}} \quad (0.11)$$

Pada neraca analitik *pan* dan lengan tunggal, sampel dan pemberat standar berada pada sisi yang sama dari *beam* neraca. Saat sampel ditimbang, pemberat standar digeser untuk memperoleh kembali titik keseimbangan dan bobot sampel sama dengan bobot total pemberat standar yang digeser.

D. Teknik Dasar Pengukuran Volume

Volume yang ditempati oleh massa cairan tertentu bervariasi terhadap temperatur. Hampir semua perkakas alat ukur volumetrik terbuat dari bahan gelas. Yang memiliki koefisien ekspansi yang kecil. Jadi, variasi volume wadah gelas terhadap temperatur tidak begitu diperhatikan dalam pekerjaan analisis biasa. Koefisien ekspansi larutan berair encer (kira-kira 0,025%/°C) artinya tiap perubahan 5 °C memiliki pengaruh pada pengukuran volumetrik yang disignifikan.

Contoh Soal 1:

Suatu volume 40 mL diambil dari larutan berair pada 5 °C. Berapakah volume yang terukur pada 20 °C?

Jawab:

$$V_{20} = V_5 + 0,00025(20 - 5)(40) = 40 + 0,15 = 40,15 \text{ mL}$$

E. Analisis Kuantitatif Gravimetri

Analisis gravimetri merupakan bagian analisis kuantitatif untuk menentukan jumlah zat berdasarkan pada penimbangan dan hasil reaksi setelah bahan/analit yang dianalisis diperlakukan terhadap pereaksi tertentu. Hasil reaksi dapat berupa: gas, atau suatu endapan yang dibentuk dari bahan yang dianalisis, dan residu. Berdasarkan macam hasil yang ditimbang, metode gravimetri dibedakan dalam kelompok metode evolusi gas dan metode pengendapan.

Pada cara ini, bahan direaksikan dengan cara pemanasan atau ditambahkan pereaksi tertentu sehingga timbul/menghasilkan gas. Pada umumnya, yang dicari adalah banyaknya gas yang dihasilkan dari reaksi tersebut. Untuk mencari/menentukan banyaknya gas yang terjadi dapat dilakukan:

- (1) Secara Tidak Langsung: Menimbang analit setelah bereaksi, berat gas diperoleh

sebagai selisih berat analit sebelum dan sesudah reaksi.

- (2) Cara langsung: Gas yang terjadi dari hasil reaksi ditimbang setelah diserap oleh suatu bahan khusus sebagai adsorben gas tersebut.

Penimbangan pada metode langsung adalah penimbangan adsorben. Berat gas diketahui dari selisih berat penimbangan adsorben sebelum dan sesudah meyerap gas. Dalam cara pengendapan, analit direaksikan dengan pereaksi tertentu sehingga terjadi suatu endapan, dan endapan iniah yang ditimbang.

Atas dasar cara pembentukan endapan maka gravimetri dibedakan menjadi dua macam:

- (1) Endapan dibentuk dari reaksi analit dengan suatu pereaksi, endapan biasanya berupa senyawa, sehingga baik kation maupun anion akan diendapkan, bahan pengendapan dapat sebagai bahan anorganik maupun organik. Cara ini dikenal sebagai cara gravimetri.
- (2) Endapan dibentuk secara elektrokimia, dengan perkataan lain analit dielektrolisis sehingga terjadi logam sebagai endapan. Cara ini dikenal sebagai elektrogravimetri.

1. Kesempurnaan Pengendapan

Untuk memperoleh kesempurnaan pengendapan, pengendapan harus diusahakan sesempurna mungkin, dengan mengatur kelarutan endapan agar sekecil mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur faktor-faktor kelarutan zat seperti berikut.

- (1) Sifat endapan, dapat dilihat dari harga K_{sp} . Sebagi contoh, pada penentuan Cl^- , ion Cl^- akan diendapkan sebagai $AgCl$ dari pada $PbCl_2$, $PbCl_2$ lebih mudah larut dari pada $AgCl$ (terlihat dari harga K_{sp})
- (2) Pemberian ion pengendap berlebihan akan menyebabkan pergeseran kesetimbangan
- (3) Pada umumnya, suhu tinggi akan memperbesar kelarutan endapan, bila perbedaan kelarutan pada suhu itu besar, maka pada waktu pengendapan suhu larutan dibuat rendah. Sebagai contoh, pengendapan M^{2+} sebagai $MgNH_4PO_4$ secara gravimetri diendapkan dengan air es, tetapi $Fe(OH)_3$ dan $BaSO_4$ akan lebih sempurna diendapkan pada larutan mendidih, sebab reaksi berjalan cepat dan kemurnian endapan akan lebih baik.
- (4) Sifat polaritas larutan perlu dikurangi dengan menambahkan misalnya alkohol, karena endapan elektrolit sebagai suatu senyawa polar juga akan berkurang kelarutannya (lebih mudah mengendap)

2. Kemurnian Endapan

Endapan murni ialah endapan yang bersih, tidak menandung molekul-molekul lain atau zat-zat lain sebagai pengotor kontaminan. Pengotoran (kontaminasi) oleh zat-zat lain mudah terjadi karena endapan timbul dari larutan yang berisis berbagai zat. Kontaminasi dapat terjadi karena zat-zat lain dalam larutan teradopsi atau terokualasi (terkurung diantara butir-butir endapan yang menggumpal jadi satu) oleh endapaan utama. Endapan yang kotor akan lebih berat dari semestinya, maka akan mempengaruhi dalam perhitungan (kesalahan ini merupakan kesalahan positif). Untuk itu harus diusahakan kemurnian endapan mendekati 100%. Usaha-usaha dilakukan baik sewaktu pembentukan endapan (proses pengendapan) maupun sesudah pengendapan.

3. Susunan Endapan

Dalam analisis gravimetri susunan endapan akhir sangat menentukan dalam perhitungan. Pada pengendapan Cl dalam larutan NaCl dengan AgNO₃, susunan endapan akhir yang didapatkan sebagai AgCl.

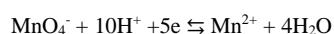
4. Tahap-Tahap Analisis Gravimetri

Tahapan analisis gravimetri meliputi:

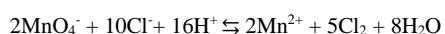
- (1) pelarutan analit.
- (2) pengaturan kondisi larutan; ph, temperatur.
- (3) pengendapan.
- (4) menumbuhkan kristal endapan (*digestion* atau *aging*)
- (5) penyaringan dan pencucian endapan.
- (6) pemanasan atau pemijaran endapan untuk mendapatkan endapan kering dengan susunan tertentu yang stabil dan spesifik.
- (7) pendinginan dan penimbangan endapan.

F. Analisis Volumetri: Permanganometri

Kalium permanganat merupakan agen pengoksida yang sangat bermanfaat. Pada awal pengembangannya, oksidator ini digunakan untuk penentuan besi (II). Di dalam larutan asam, permanganat mengalami reduksi.



Jadi, berat ekivalennya adalah 1/5 mol, yaitu 158,03/5 atau 31,606. Reaksi ini memiliki harga potensial standar, E° , sebesar 1,51 volt, sehingga dalam suasana asam ion pemanganan merupakan oksidator kuat. Suasana asam diperoleh dengan pemakaian asam sulfat, yang tidak memiliki efek pada kondisi asam encer. Asam klorida menyebabkan terjadi reaksi (di bawah) sehingga sebagian pemanganan dikonsumsi untuk pembentukan klorin.



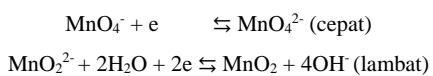
Reaksi serupa juga dapat berlangsung pada garam besi jika tidak dikenakan perlakuan terlebih dahulu. Risiko di atas dapat diturunkan dengan keberadaan asam bebas yang sedikit berlebih, larutan yang sangat encer, temperatur rendah dan tirasi secara perlahan dengan penggojogan yang konstan. Pada beberapa analisis, keberadaan asam klorida tidak mengganggu analisis arsen (III) oksida, antimон trivalen, dan hidrogen peroksida.

Pada analisis bijih besi, sering dipilih lingkungan asam klorida: ion feri direduksi kemudian ion fero ditentukan dalam larutan akhir. Untuk melakukan bagian ini sering ditambahkan larutan *Zimmermann* dan *Reinhardt* yang dibuat dengan melarutkan 50 gram $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ hingga volume 250 mL. Larutan kemudian ditambah dengan campuran dingin asam sulfat pekat 100 mL dengan 300 mL air, dan 100 mL asam fosfat. Mangan(II)sulfat menurunkan potensial reduksi MnO_4^- -Mn(II) sehingga mencegah kemampuan mengoksidasi kecenderungan ion permanganat untuk mengoksidasi ion klorida diturunkan. Fungsi selanjutnya mangan(II) sulfat adalah untuk mensuplai Mn^{2+} agar konsentrasi Mn^{2+} tetap memadai untuk bereaksi dengan setiap tetes klebihan permanganat. Mn(III);Mn (II) dan asam fosfat mengeser efek depresan pada potensial pasangan Mn(III)-M(II), sehingga Mn(III) tereduksi oleh Fe^{2+} dan tidak oleh ion klorida. Asam fosfat bergabung dengan ion Fe^{3+} membentuk ion kompleks $\{\text{Fe}(\text{HPO}_4)\}^+$ yang menjadikan indikasi titik akhir titrasi menjadi semakin tegas teramat. Asam fosfat menurunkan potensial reduksi sistem Fe(III)-Fe(II) melalui mekanisme kompleksasi dan cenderung menaikkan daya reduksi ion Fe^{2+} . Pada kondisi demikian permanganat akan mereduksi ion fero dengan cepat dan sebaliknya bereaksi lamban dengan ion klorida.

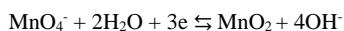
Untuk titrasi larutan tidak berwarna atau sedikit berwarna tidak diperlukan indikator lagi. Sebagai contoh, 0,01 mL kalium permanganat 0,01 N sudah mampu membentuk warna merah muda pada 100 mL larutan berair. Intensitas warna pada larutan encer dapat ditingkatkan dengan penambahan biaa diperlukan indikator redoks (seperti

natrium difenilamin sulfonat, asam N-fenilantranilat atau ferin) tepat sebelum titik akhir titrasi dicapai.

Kalium permanganat juga memiliki aplikasi penting pada larutan-larutan yang bersifat alkalin. Dua reaksi konsekuatif parsial yang terjadi adalah:



Potensial standar reaksi pertama adalah 0,56 V dan reaksi ke dua 0,60 V. Dengan pengontrolan kondisi percobaan (Seperti penambahan ion barium yang membentuk barium manganat yang kurang larut) reaksi pertama dapat berlangsung secara penuh, sehingga ekivalensinya sebesar 1 mol. Dalam larutan dengan tingkat kebasaan sedang, permanganat tereduksi secara kuantitatif menjadi mangan dioksida dengan reaksi paruh:

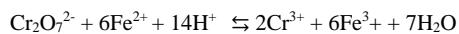


dengan potensial reduksi standar 0,59 V.

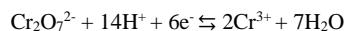
G. Analisis Volumetri : Bikromatometri

Kalium bikromat merupakan agen pengoksidasi yang lebih lemah dibandingkan kalium permanganat, tetapi memiliki beberapa keuntungan daripada kalium permanganat. Kalium bikromat dapat diperoleh dalam kondisi murni dan stabil hingga temperatur titik leburnya. Larutan standar kalium bikromat dapat diperoleh dengan menimbang garam kering dan melarutkannya dalam sejumlah air (akuades). Larutan ini cukup stabil apabila disimpan dalam wadah bertutup, sehingga terhindar dari penguapan pelarutnya. Larutan kalium bikromat digunakan pada kondisi asam, yang tereduksi dengan cepat menjadi garam krom (III) yang berwarna hijau pada temperatur ruang.

Larutan kalium bikromat juga cukup stabil dan reduksi oleh material organik daripada kalium permanganat, di samping stabil terhadap cahaya. Karena itu kalium dikromat merupakan reagen yang baik untuk analisis besi dalam bijihnya; bijih dilarutkan dalam asam klorida, besi(III) direduksi menjadi besi (II) dan larutan dititrasi dengan larutan standar kalium bikromat:



Dan dalam kondisi asam, reduksi kalium bikromat dapat dituliskan dengan persamaan:

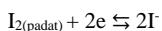


Persamaan ini mengindikasikan hubungan ekivalensi, 1 ekivalen bikromat adalah $\frac{1}{6}$ mol atau $\frac{1}{6} \times 294,18$ atau 49,039 gram. Sehingga 1 liter larutan standar 0,1 N mengandung 4,9030 g/L. Munculnya warna hijau karena reduksi kalium bikromat *tidak* memungkinkan untuk menentukan titik ekivalen titrasi dengan pengamatam langsung terhadap warna larutan. Suatu indikator redoks harus ditambahkan untuk memberikan perubahan warna yang tegas. Tujuan ini melahirkan cara penentuan titik ekivalen dengan metode indikator eksternal. Indikator-indikator yang banyak digunakan untuk analisis titrasi dengan kalium bikromat antara lain asam N-fenilantranilat, (0,1 % dalam 0,005 M NaOH) dan natrium difenil sulfonat (0,2% larutan berair). Indikator ke dua terutama digunakan dengan keberadaan asam fosfat.

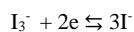
H. Analisis Volumetri : Iodometri

Pembicaraan tentang metode iodometri tidak lepas dari konsep titrasi langsung dan tidak langsung. Titrasi langsung dikerjakan dengan titrasi menggunakan larutan standar iodin. Metode ini dikenal sebagai metode iodimetri. Sebaliknya titrasi tidak langsung melibatkan titrasi iodin yang diprodiksi dalam reaksi dengan larutan standar tiosulfat. Metode ke dua ini dikenal dengan metode iodometri. Pada bagian ini, penggunaan istilah iodometri dimaksudkan untuk kedua metode analisis tersebut, kecuali bila disebut secara khusus.

Prinsip umum metode iodometri. Iod bebas seperti halogen lain dapat menangkap elektron dari zat pereduksi, sehingga Iod sebagai oksidator. Ion I^- siap memberikan elektron dengan adanya zat penangkap elektron, sehingga I^- bertindak sebagai zat pereduksi. Metoda Iodometri dalam analisis volumetri didasarkan pada proses oksidasi reduksi yang melibatkan:



Pada beberapa literatur, sering reaksi ini dituliskan sebagai:



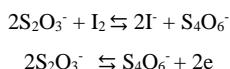
Dalam hal ini kita tidak membedakan antara keduanya. Dengan melihat potensial standar I_2/I^- terlihat relatif rendah dibandingkan dengan $KMNO_4$ dan $K_2Cr_2O_7$, sehingga ion I_2 adalah oksidator relatif lemah. Sebaliknya I^- merupakan zat pereduksi yang kuat dibandingkan ion Cr^{3+} atau Mn^{2+} .

1. Penentuan Zat Pereduksi

Iod bebas bereaksi dengan larutan natrium tiosulfat sbb:



Pada reaksi tersebut terbentuk senyawa natrium tetratyonat, $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$, garam dari asam tetratyonat. Reaksi iodometri yang paling penting ini dapat ditulis dalam bentuk ion sbb:

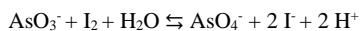
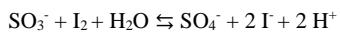


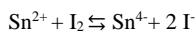
1 grek natrium tiosulfat = 1 mol, sedangkan 1 grek I_2 = 1/2 mol

Ketika larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dititrasi dengan larutan iod warna coklat gelap yang karakteristik dari iod menjadi hilang. Ketika semua $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ telah teroksidasi, kelebihan larutan iod akan menjadikan cairan tersebut berwarna kuning pucat. Karena itu, seperti metoda permanganometri, dalam iodometri memungkinkan melakukan titrasi tanpa menggunakan indikator. Namun kelebihan iod pada akhir titrasi memberikan warna yang samar sehingga penetapan titik akhir titrasi (ekivalen) menjadi sukar. Karena itu, lebih disukai menggunakan reagen yang sensitif terhadap iod sebagai indikator; yaitu larutan kanji, yang membentuk senyawa adsorpsi berwarna biru dengan iod. Pada titrasi dengan adanya larutan-larutan kanji, titik ekivalen ditentukan dari kenampakan warna biru yang tetap pada kelebihan penambahan iod satu tetes. Sebaliknya, dimungkinkan juga untuk menitrasi larutan iod dengan tiosulfat sampai kelebihan satu tetes tiosulfat menghanggkan warna biru larutan. Dalam kasus ini *larutan kanji harus ditambahkan pada saat akhir titrasi, mendeteksi ekivalen*, ketika iod tinggal sedikit dan larutan yang dititrasi berwarna kuning. Jika larutan kanji ditambahkan pada awal titrasi, ketika masih banyak terdapat iod dalam larutan, maka sejumlah besar senyawa iod-kanji yang terbentuk akan bereaksi lambat dengan tiosulfat.

Dengan mengetahui normalitas larutan iod, volume iod dan tiosulfat yang digunakan dalam titrasi, kita dapat memperoleh normalitas titran (larutan tiosulfat). Sebaliknya, normalitas titran larutan iod dapat dihitung dari normalitas tiosulfat yang diketahui.

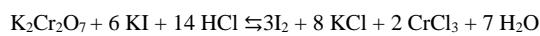
Berbagai zat pereduksi yang mampu mereduksi I_2 , menjadi ion $\text{I}^{\cdot-}$ ditentukan dengan cara sama, diantaranya H_2SO_3 , H_3AsO_3 dan HSbO_3 , H_2S bebas, SnCl_2 . Persamaan reaksi yang terjadi bila zat tersebut dititrasi dengan iod adalah sbb:





2. Penentuan Zat Pengoksidasi

Karena zat pereduksi ditentukan dengan titrasi menggunakan larutan iod, penentuan zat pengoksidasi didasarkan pada reduksi oleh ion I^- sehingga harus digunakan larutan KI untuk titrasi. Namun kenyataannya, titrasi ini tidak dapat dijalankan karena untuk menentukan titik ekivalennya tidak mungkin. Ketika oksidator seperti $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dititrasi dengan larutan KI, menurut reaksi berikut:



Akhir reaksi ditandai oleh penghentian pelepasan iod. Namun keadaan tersebut tidak dapat diamati. Ketika larutan digunakan sebagai indikator, pengamat I_2 yang muncul dapat terpantau dengan mudah (warna biru) namun bukan ketika tercapai pembentukan I_2 pertama kali.

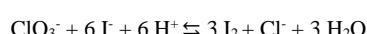
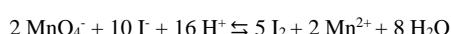
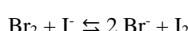
Karena itu dalam kasus ini digunakan metoda subsidi tidak langsung, yaitu pada campuran kalium iodida dan larutan asam (dalam jumlah berlebih) ditambahkan dengan volume tertentu oksidator yang akan ditentukan (Sebagai contoh larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Kemudian, dibiarkan sekitar 5 menit untuk menyelesaikan reaksi tersebut. Selanjutnya iod yang dilepaskan dititrasi dengan tiosulfat. Banyaknya grek iod ekivalen dan grek tiosulfat akan sama dengan zat pengoksidasi ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Karena itu meski penentuan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ masing-masing tidak bereaksi langsung, namun banyaknya akan ekivalen, dengan perhitungan berikut:

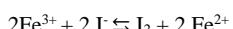
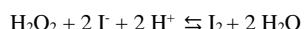
$$V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \quad (0.12)$$

Penentuan zat pengoksidasi secara iodometri dapat dirangkum sebagai berikut:

- (1) KI + asam (berlebih dalam erlenmeyer) + oksidator yang akan ditentukan (dengan memimpin) \rightarrow pelepasan I_2
- (2) $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2 \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (titrasi iod dengan tiosulfat)

Banyak zat pengoksidasi yang mampu mengoksidasi ion I^- menjadi I_2 dapat ditentukan secara iodometri dengan prosedur ini, diantaranya Cl_2 , Br_2 , KMnO_4 , KClO_3 , bubuk pemutih (CaOCl_2), garam dari HNO_2 , hidrogen peroksida, garam ferri, garam kupri, dan sebagainya. Reaksi penentuan tersebut didasarkan pada persamaan reaksi berikut





I. Analisis Volumetri : Bromatometri

Bromatometri adalah salah satu metoda oksidimetri yang didasarkan pada reaksi oksidasi ion bromat, BrO_3^- . Dalam reaksi ini, bromat tereduksi menjadi bromida. 1 grek $\text{KBrO}_3 = 1/6$ mol. Ion H^+ terlibat dalam konversi ion BrO_3^- menjadi Br^- , diperlukan larutan asam dalam rekasinya. Potassium bromat adalah zat pengoksidasi yang kuat dengan laju reaksi yang rendah. Untuk mempercepat reaksi titrasinya, dilakukan pemanasan dalam asam kuat. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, ion BRO_3^- tereduksi menjadi Br^- selama titrasi. Kelebihan bromat dalam larutan, akan bereaksi Br^- selama titrasi. Kelebihan bromat dalam larutan, akan bereaksi dengan ion Br^- :



Adanya Br_2 menyebabkan larutan berwarna kuning pucat. Warna tersebut tidak tegas teramat sehingga kesulitan muncul dalam menetapkan titik ekivalen. Namun, pewarna organik tertentu terurai oleh brom bebas dan menyebabkan larutan menjadi tidak berwarna. Zat warna yang paling banyak digunakan dalam titrasi bromatometri adalah metil jingga dan metil merah. Zat warna tersebut tidak dikelompokkan sebagai indikator redoks karena reaksinya tidak reversibel, sedangkan indikator redoks reversibel.

Bromatometri banyak digunakan untuk penentuan arsen dan antimon valensi tiga; penetapannya dapat dilakukan dengan adanya Sn valensi empat. Metoda bromatometri untuk penentuan antimon banyak digunakan dalam analisis *alloyabbitt* dan analisis senyawa organik tertentu

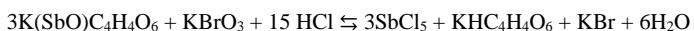
Seperi diketahui banyak senyawa organik dapat dibrominasi dengan brom, sebagai contoh:



Reaksi jenis ini banyak digunakan untuk penetapan kation yang diendapkan oleh hidroksikuimolin. Endapan kompleks hidroksikuimolin dilarutkan dalam HCl dan hidroksikuinolin yang dilepaskan dititrasi dengan larutan bromat dengan adanya KBr. Larutan standar dalam bromatometri adalah larutan KBrO_3 0,1 N, yang dapat dibuat dengan penimbangan tepat garam kristalnya yang telah dikeringkan pada 150 - 180 °C.

J. Penentuan Antimon dalam *Tartar Meetic*.

Tartar emetic adalah tartat dari antimon trivalen. Rumus molekulnya adalah $K(SbO)C_4H_4O_6$. Ketika larutan garam ini dititrasi dengan larutan $KBrO_3$ dengan adanya HCl akan terjadi reaksi berikut:



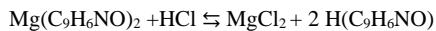
Karena setiap atom antimon trivalen dalam reaksi ini kehilangan dua elektron dan teroksidasi menjadi antimon valensi lima, 1 grik Sb = 1/2 mol. Indikator yang digunakan adalah metil jingga atau metil merah.

Penentuan magnesium dalam larutan gara ,magnesium. Penentuan magnesium sebagai pirofosfat, $Mg_2P_2O_7$ telah dikaji pada reaksi pemngendapan.marilah kita tinjau metoda hidroksikuinolim untuk penetapan magnesium. Metoda ini didasarkan pada reaksi:

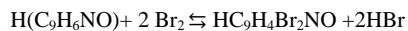
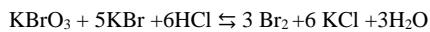


Hidroksikuinolin *Mg* *hidroksikuinolat*

Endapan magnesium hidroksikuinolat disaring, dicuci dan dilarutan dalam asam klorida:



Hidroksikuinolin yang dilepaskan dititrasi dengan larutan $KBrO_3$ dengan adanya KBr. Reaksinya sebagai berikut:



Dibromohidroksikuinolin

Dari persamaan di atas, terlihat bahwa satu atom magnesium ekivalen dengan dua molekul hidroksikuinolin, yang masing-masing ekivalen dengan empat atom brom sehingga 1 grik Mg dalam reaksi tersebut = 1/8 mol. Metoda ini presisinya 0,03 mg lebih tinggi daripada metoda gravimetri, di samping itu lebih cepat metode ini dapat digunakan untuk penentuan magnesium dengan adanya Al^{3+} dan Fe^{3+} . Yang sebelumnya diubah menjadi kompeks tartarnya.

SOAL DAN LATIHAN

1. Berikut ini merupakan tujuan dari pemisahan campuran, kecuali . . .
 - a. memperoleh zat murni
 - b. mengetahui kadar suatu zat dalam sampel
 - c. mendapat zat yang berguna
 - d. memperoleh zat yang langka
2. Campuran dua zat yang berbeda ukuran partikelnya sangat tepat dipisahkan dengan metode . . .
 - a. filtrasi
 - b. destilasi
 - c. kromatografi
 - d. sublimasi
3. Alkohol dan air merupakan dua zat yang berbeda titik didihnya. Alkohol titik didihnya lebih rendah sehingga bila didistilasi alkohol akan . . .
 - a. filtrasi
 - b. destilasi
 - c. kromatografi
 - d. sublimasi
4. Berikut ini merupakan hal – hal yang berkaitan dengan sublimasi, kecuali . . .
 - a. pemisahan campuran dengan menguapkan zat padat
 - b. biasanya untuk pemisahan bahan yang mudah menyublim
 - c. pemisahan dengan melalui dase cair terlebih dahulu
 - d. untuk meperoleh kamfer dan iod
5. Berikut ini yang bukan merupakan syarat bahan yang dapat dipisahkan dengan cara distilasi adalah . . .
 - a. dalam bentuk larutan/cair
 - b. dalam bentuk gas
 - c. titik didihnya berjauhan
 - d. tahan panas
6. Untuk memperoleh zat-zat yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan kita dapat menggunakan metode ekstraksi . . .
 - a. sederhana
 - b. kompleks
 - c. pelarut

- d. gahda
7. Metode pemisahan secara ekstraksi didasarkan pada
- ukuran partikel
 - pengendapan
 - kelarutan
 - titik didih
8. Salah satu penerapan metode adsorbsi adalah proses
- pemurnian air dari mikroorganisme
 - pemurnian logam
 - pemurnian garam dapur
 - pemurnian mineral
9. Pemurnian garam dapur dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu
- filtrasi – melarutkan – kristalisasi
 - melarutkan – filtrasi – kristalisasi
 - melarutkan – kristalisasi – filtrasi
 - filtrasi – kristalisasi – melarutkan
10. Kromatografi merupakan metode pemisahan campuran yang berdasarkan pada beberapa hal berikut ini, kecuali
- kelarutan dalam pelarut tertentu
 - daya absorpsi bahan penyerap
 - volatilitas
 - ukuran partikel

MODUL PRAKTIKUM

Pemisahan dengan Metode Distilasi

Alat:

– Corong pemisah 500 mL	1 buah
– Neraca analitis digital	1 buah
– Pipet ukur 10 mL	1 buah
– Pipet volum 25 mL	1 buah
– Karet penghisap	1 buah
– Pipet tetes	2 buah
– Gelas beker 125 mL	2 buah

– Gelas beker 250 mL	1 buah
– Gelas beker 600 mL	1 buah
– Gelas pengaduk	2 buah
– Corong gelas	2 buah
– Gelas ukur 100 mL	1 buah
– Erlenmeyer 250 mL	4 buah
– Statif dan klem	2 buah
– Buret 50 mL	1 buah
– Gelas arloji	2 buah
– Kompor listrik	2 buah
– Termometer alkohol 150°C	2 buah
– Pendingin balik	1 buah

Bahan:

- Minyak sawit
- Furfural sebagai pelarut polar
- *n-hexane* sebagai pelarut non polar
- *Aquadest*
- Larutan Na₂S₂O₃ 0,05 N
- Kristal I₂
- Asam asetat glasial
- Kloroform
- Indikator pati

Prosedur Percobaan

A. Tahap Ekstraksi

1. Memasukkan 50 mL minyak sawit, 75 mL *n-hexane*, dan 75 mL furfural ke dalam corong pemisah.
2. Menggoyang-goyang corong pemisah dengan kecepatan tetap selama lebih kurang 10 menit.
3. Membiarakan corong pemisah sehingga terbentuk dua lapisan.
4. Memisahkan kedua lapisan yang terbentuk dengan membuka kran corong pemisah dan menampung masing-masing lapisan yang terbentuk ke dalam gelas beker 125 mL.

B. Tahap Pemungutan Kembali Pelarut

1. Memindahkan minyak hasil ekstraksi ke dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Menguapkan pelarut yang terkandung dalam minyak hasil ekstraksi menggunakan kompor listrik, dengan tidak lupa mengalirkan air pendingin melalui pendingin balik.
3. Embunan ditampung di dalam erlenmeyer 250 mL.
4. Melakukan prosedur yang sama untuk minyak yang kedua.

C. Tahap Analisis

C.1. Pembuatan Hanus Iodine Solution.

1. Mengambil 250 mL asam asetat glasial dan memasukkannya ke dalam gelas beker 600 mL.
2. Mengambil 3,5 gram kristal I_2 dan memasukkannya ke dalam gelas beker 600 mL yang telah berisi asam asetat glasial.

C.2. Penentuan kadar ikatan rangkap.

1. Mengambil 0,25 gram larutan sampel yang akan dianalisis dan memasukkannya ke dalam erlenmeyer 250 mL.
 2. Mengambil 25 mL *Hanus Iodine Solution*, dan 20 mL kloroform, kemudian memasukkannya ke dalam erlenmeyer 250 mL yang telah berisi larutan sampel, mengaduknya, dan menempatkannya dalam tempat yang gelap.
 3. Setelah 30 menit, menambahkan 100 mL *aquadest* ke dalam erlenmeyer 250 mL.
 4. Memasukkan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N ke dalam buret 50 mL dengan bantuan corong gelas.
 5. Mengambil 10 mL larutan sampel ke dalam erlenmeyer 125 mL, kemudian melakukan titrasi hingga terjadi perubahan warna dari kuning sampai bening.
 6. Menambahkan indikator pati hingga larutan berwarna biru.
 7. Melanjutkan titrasi hingga warna biru hilang.
- Melakukan prosedur yang sama untuk larutan blangko (*Hanus Iodine Solution*) mulai dari langkah ke 2.

Hasil Pengamatan

Standardisasi Larutan Na₂S₂O₃ dengan Larutan Standar K₂Cr₂O₇

Berat K₂Cr₂O₇ : gram

Berat Na₂S₂O₃ : gram

Volume larutan K₂Cr₂O₇ : mL

Volume larutan Na₂S₂O₃ : mL

Hasil Peneraan larutan Na₂S₂O₃

No	Volume K ₂ Cr ₂ O ₇ (mL)	Volume Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)
1.		
2.		

B. Analisis Bilangan Iod

Berat minyak sampel : gram

Berat minyak tanpa treatment : gram

Data Titrasi

No	Jenis Larutan	Volume Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)
1.	Larutan Blanko	
2.	Larutan Sampel	
3	Larutan minyak tanpa treatment	

Analisis Volumetri

Alat :

- Buret 50 ml
- Labu ukur 100 ml + tutup
- Labu ukur 250 ml + tutup
- Pipet volum 25 mL
- Pipet ukur 10 mL
- Gelas ukur 100 ml
- Gelas beker 250 mL
- Erlenmeyer 250 mL
- Corong gelas
- Gelas arloji

- Neraca analitis digital
- Neraca kasar
- Pipet tetes
- Pengaduk gelas
- Kompor listrik
- Karet penghisap
- Penghisap asam pekat
- Sendok
- Botol semprot
- Statif dan Klem

Bahan:

- HCl pekat 37 %
- *Aquadest*
- KI
- Na₂CO₃/NaHCO₃
- Na₂S₂O₃
- Indikator metil jingga (m.o)
- Indikator fenoltalein (pp)
- Indikator pati/amilum
- NaOH padat
- Boraks (Na₂B₄O₇.10H₂O)
- K₂Cr₂O₇

Asidimetri dan Alkalimetri

1. Pembuatan Larutan Standar HCl 0,1 N

HCl pekat ditentukan rapatnya dengan hidrometer, lalu dari *Hand book* dapat dilihat kadarnya. HCl pekat dengan volume tertentu (a mL) dimasukkan ke dalam labu takar 250 mL yang berisi air suling \pm 100 mL, lalu ditambah air suling sampai tanda garis, kemudian dikocok sampai homogen.

2. Peneraan Larutan HCl 0,1 N

Boraks sebanyak 0,4 g ditimbang dengan neraca analitis digital di dalam gelas arloji lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL dengan bantuan corong gelas, kemudian

ditambah air suling \pm 50 mL hingga boraks larut. Larutan ini ditambah indikator metal jingga (m.o) beberapa tetes, lalu dititrasi dengan HCl \pm 0,1 N dari buret sampai terjadi perubahan warna. Volume HCl untuk titrasi dicatat. Pekerjaan ini dilakukan 2 kali.

3. Pembuatan Larutan NaOH \pm 0,1 N

Soda api (NaOH) ditimbang dengan neraca kasar sebanyak 0,4 g di dalam gelas arloji, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala, lalu ditambah air suling 50 mL sambil diaduk hingga larut. Larutan NaOH ini ditambah air suling sampai volumenya 100 mL dan diaduk sampai homogen. Konsentrasi NaOH diketahui dengan cara menera larutan ini dengan menggunakan larutan HCl standar. Larutan NaOH kurang stabil, sehingga tidak boleh disimpan lama.

4. Peneraan Larutan NaOH

Larutan NaOH \pm 0,1 N diambil sebanyak 25 mL dengan pipet volume, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL lalu ditambah 2 tetes indikator fenolftalein (pp). Larutan standar HCl \pm 0,1 N dimasukkan ke dalam buret, lalu dipakai untuk menitrasi larutan NaOH sampai terjadi perubahan warna. Volume HCl untuk titrasi dicatat. Pekerjaan ini dilakukan 2 kali.

Oksidimetri

1. Pembuatan Larutan Standar K₂Cr₂O₄ 0,1 N

Kristal K₂Cr₂O₄ sebanyak 0,49 g ditimbang dalam gelas arloji, lalu dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL yang berisi air suling \pm 50 mL dengan bantuan corong gelas. Labu dikocok hingga K₂Cr₂O₄ larut, kemudian ditambah air suling sampai tanda batas, lalu dikocok sampai homogen. Larutan standar ini disimpan dalam botol reagen.

$$\text{Normalitas larutan K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4 = \frac{490 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} \times \frac{6 \text{ mgek/mgmol}}{1 \text{ mol}}$$

$$100 \text{ mL} \times \frac{6 \text{ mgek/mgmol}}{1 \text{ mol}} = 6 \text{ mgek/mL}$$

$$\text{Me} = \text{berat molekul K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$$

2. Pembuatan Larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N

Kristal Na₂S₂O₃ · 5H₂O sebanyak \pm 6,2 g dimasukkan ke dalam gelas piala lalu diberi air suling dan diaduk sampai larut, kemudian ditambah air suling lagi hingga volumenya menjadi 250 mL. Larutan ini kemudian dikocok sampai homogen. Larutan Na₂S₂O₃ kurang stabil, sehingga tidak boleh disimpan lama. Larutan ini kemudian ditentukan konsentrasiannya dengan cara titrasi.

3. Peneraan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Air suling sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang bertutup, ditambah 1,5 g KI dan 1 g NaHCO_3 atau Na_2CO_3 lalu dikocok sampai larut. Ke dalam Erlenmeyer yang digoyang pelan, dituangkan 3 mL HCl pekat, dan seterusnya ditambahkan 25 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N lalu dikocok dan didiamkan dalam keadaan tertutup di tempat yang gelap selama 5 menit. Setelah itu tutup dicuci kemudian larutan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Kalau larutan berwarna kuning hampir hilang, ke dalam Erlenmeyer ditambahkan \pm 1 mL larutan kanji, kemudian titrasi diteruskan sampai warna biru menjadi hijau muda.

Hasil Pengamatan

A. Asidi dan alkalmetri.

Rapat massa HCl pekat :

g/ml

Kadar HCl pekat :

%

Volume HCl pekat :

ml

Volume HCl 0,1 N :

ml

Peneraan HCl 0,1 N

Berat Boraks, gram Volume HCl untuk titrasi, ml

B. Peneraan NaOH 0,1 N

Berat NaOH :

gram

Volume NaOH 0,1 N :

ml

Volume NaOH, ml Volume HCl, ml

C. Oksidimetri

Berat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:

gram

Volume larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:

ml

Berat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:
gram
Volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:
ml
Penyediaan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
Volume $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:
ml
Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi :
ml

Analisis Gravimetri

Alat:

- Gelas beker 600 ml, 250 ml , 50 ml
- Kompor listrik
- Gelas arloji
- Batang pengaduk
- Botol semprot
- Gelas arloji
- Karet penghisap
- Krus dan tutup
- Pipet tetes
- Pipet ukur 10 ml
- Muffle Furnace
- Eksikator
- Corong gelas
- Oven

Bahan:

- Pupuk ZA
- Larutan $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 5 %
- Air suling
- Kertas saring bebas abu (Whatman 40 atau 540)
- Larutan AgNO_3 1 %

Prosedur Percobaan:

1. Pengendapan Ion Sulfat sebagai BaSO₄

Menimbang pupuk ZA sebanyak 0,25 gram kemudian dilarutkan dalam 100ml *aquadest*, larutan pupuk ZA tersebut dimasukkan ke dalam gelas piala/ gelas beker 250 mL. Batang pengaduk diletakkan dalam gelas beker dan ditutup dengan gelas arloji sebelum larutan dididihkan di atas kompor listrik. Selanjutnya larutan BaCl₂ 5 % sebanyak 10 mL ditambahkan ke dalam larutan tetes demi sambil diaduk perlahan – lahan. Garam sulfat yang terjadi dibiarkan selama 1 - 2 menit supaya mengendap. Embunan pada tutup beker (gelas arloji) disemprot dengan air suling dimasukkan ke dalam beker, agar tidak ada sulfat yang tertinggal. Beberapa tetes barium klorid diteteskan pada dinding dalam beker untuk memastikan apakah semua SO₄⁼ sudah habis menjadi garam sulfat. Jika belum habis, tambahkan 5 mL larutan barium klorid tetes demi tetes dan dibiarkan 1- 2 menit agar garam yang terjadi mengendap. Setelah semua sulfat terendapkan, beker ditutup dengan gelas arloji dan dipanaskan lagi (80 – 90 °C, tidak sampai mendidih) selama 1 jam atau lebih agar pembentukan endapan/ kristal sempurna. Selanjutnya endapan disaring dan dicuci sebelum dipijarkan dan ditimbang. Percobaan di lakukan 2 kali.

2. Penyaringan Endapan BaSO₄

Kertas saring dilipat 2 kali menjadi seperempat lingkaran, dibentuk kerucut dan diletakkan pada corong gelas. Kertas saring harus menempel sempurna pada corong (tidak ada rongga udara antara kertas dan corong lagi). Untuk itu air suling disemprotkan pada kertas saring sedikit demi sedikit sambil ditekan perlahan menggunakan batang pengaduk. Kemudian cairan yang berisi endapan dituang ke dalam corong melalui batang pengaduk. Endapan yang masih tertinggal dalam gelas piala, digojak dengan air suling dan dituang ke dalam corong.

3. Pencucian endapan

Pencucian endapan dilakukan dengan cara menuangkan air suling sedikit demi sedikit pada kertas saring yang telah berisi endapan melalui batang pengaduk. Filtrat yang tertampung ditest dengan larutan AgNO₃. Pencucian dianggap baik, jika filtrat tidak keruh.

4. Pemijaran

Muffle dipanaskan dan kertas saring yang berisi endapan dilipat untuk dimasukkan ke dalam krus yang telah ditimbang sampai berat konstan. Setelah muffle cukup panas, krus berisi endapan dimasukkan dengan tutup krus dibuka sedikit. Pemanasan sampai suhu sekitar 300°C sebelum krus dibuka penuh. Pemanasan dilanjutkan sampai suhu 800°C

selama 1 jam. Setelah muffle dimatikan dan menjadi dingin (kira - kira 100°C) muffle dibuka, lalu endapan diambil dengan penjepit untuk didinginkan lagi dalam eksikator sampai suhu kamar sebelum ditimbang. Pemanasan, pendinginan dan penimbangan endapan dilakukan berulang hingga diperoleh berat konstan

Hasil Pengamatan:

Berat ZA ((NH₄)₂SO₄) = G gram
Jumlah mol (NH₄)₂SO₄ = G / BM (NH₄)₂SO₄ mol
Persamaan reaksi antara (NH₄)₂SO₄ dan BaCl₂ :



Berdasarkan persamaan stoikiometri tersebut, maka :

$$\text{Mol BaSO}_4 = \text{Mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$

Dengan demikian berat BaSO₄ secara teoritis adalah :

$$\begin{aligned} G_{\text{teoritis}} &= \text{mol BaSO}_4 \times \text{BM BaSO}_4 \\ &= \frac{G}{\text{BM } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \times 233 \text{ gram} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Jumlah Endapan BaSO₄ dari Percobaan

Sampel I dan II :

$$\text{Berat endapan} = (\text{berat krus+ endapan}) - \text{berat krus kosong}$$

$$\text{Berat endapan rata - rata} = \frac{\text{beratendapansampelI} + \text{beratendapansampelII}}{2}$$

$$\text{Kesalahan relatif} = \left| \frac{\text{beratpercobaan} - \text{beratteoritis}}{\text{beratteoritis}} \right| \times 100\%$$

C. Perhitungan Konsentrasi SO₄²⁻ dalam BaSO₄

Berat endapan BaSO₄ , G = berat (krus + isi) - berat krus kosong , gram

$$\text{Kadar SO}_4^{2-} = \left(\frac{G}{\text{BM}_{\text{BaSO}_4}} \text{BM}_{\text{SO}_4} \right) g / 10mL = G \times 0,412 \text{ g / 10 mL}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] \text{ rata - rata} = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{sampelI}} + [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{sampelII}}}{2}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins. 1990. *Physical Chemistry*. Edisi ke-4. Oxford : Oxford University Press.
- Atkinson, John dan Carol Hibbert. 2000. *Advanced Level Chemistry*. Oxford : Heinemann.
- Ebbing, Darrel D. 1984. *General Chemistry*. Wilmington : Houghton Miffling Comp.
- Fessenden, Ralph J. dan Joan S. Fessenden. 1997. Dasar-dasar Kimia Organik. Jakarta : Binarupa Aksara.
- Hill, Graham C., et. al. 1995. *Chemistry in Context*. Ontario : Nelson.
- Keenan, C. W., et. al. 1980. *General College Chemistry*. New Jersey : Harper & Row Publisher.
- Petrucci, Ralph H. 1995. *General Chemistry, Principles and Modern Application*. New Jersey : Collier-McMillan.
- Susilowati, Endang. 2012. Kimia Untuk Kelas X SMA dan MA. Solo : Tiga Serangkai.
- <http://www.husqvarna.com/us/construction/products/accessories-for-surface-preparation/dc-5500-secondary-filter-polyester-micro-filter/502-56-95-01/>
- <https://adarshsomanis02.wordpress.com/tag/centrifugation/>
- <http://www.camlab.co.uk/eba-21-high-speed-digital-bench-centrifuge-p14180.aspx>
- <http://www.reciprocalnet.org/edumodules/crystallization/>
- <https://dhamadharma.wordpress.com/2014/06/06/pembuatan-garam-dengan-metode-tuf-geomembran/>
- <http://detektif-fisika-doni.blogspot.co.id/2014/12/bagaimana-cara-memisahkan-campuran.html>
- <https://persembahanku.wordpress.com/2007/02/27/proses-pengolahan-minyak-bumi/>
- <https://konsep-kimia.blogspot.co.id/2016/09/oligosakarida.html>
- <http://gadis-pertanianbudidaya.blogspot.co.id/2013/01/contoh-makromolekul-polimer-karbohidrat.html>
- <http://meilisamalihahutami.blogspot.co.id/2014/03/>
- <https://www.slideshare.net/rifkiristiovan/pembuatan-koloid-kimia-kelas-xi>
- <http://ayugitas.blogspot.co.id/2012/05/pembuatan-sistem-koloid-cara-dispersi.html>
- <https://bisakimia.com/2014/09/23/sistem-koloid-sifat-sifat-koloid/>
- <https://ekaaseptianingsih.wordpress.com/2014/01/11/sifat-koloid-efek-tyndal-dan-gerak-brown/>

<https://fauzanagazali.wordpress.com/kelas-xi/semester-ii/9-koloid-2/materi-ajar/3-sifat-sifat-koloid/>

http://aridhoprahasti.blogspot.co.id/2013/04/sifat-sifat-koloid-pengertian-dan_24.html

<http://obatgagalginjal.co/arti-cuci-darah-bagi-penderita-gagal-ginjal/>

<http://www.nafiun.com/2013/07/contoh-koagulasi-koloid-penggumpalan.html>

<http://eanggrainiyusmin.blogspot.co.id/2015/05/makalah-kimia.html>

GLOSARIUM

aldehida	senyawa yang mengandung gugus karbonil (C=O) yang terikat pada sebuah atau dua buah unsur hidrogen
asam asetat	asam berupa zat cair yang jernih berbau sangat (sangat penting dalam teknik industri, antara lain sebagai bahan untuk pembuatan aseton dan selulosa asetat); H ₃ COOH
atom	unsur kimia yang terkecil yang dapat berdiri sendiri dan dapat bersenyawa dengan yang lain
atom c	unsur kimia yang terkecil dari karbon
degradasi	penguraian atau perubahan menjadi senyawa yang lebih sederhana secara bertahap
dehidrasi	membuang kandungan air dalam campuran etanol
depolimerisasi	proses pemutusan atau pendegradasi polimer dengan cara menghilangkan kesatuan monomer secara bertahap dalam reaksi
difusi	peristiwa mengalirnya/berpindahnya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah
disakarida	gula yang diturunkan dari monosakarida, dengan penyaringan satu molekul air dari dua monosakarida
dispersi	penyebaran yang merata dari dua buah fasa
distilasi	metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan
entalpi	menguap (volatilitas) bahan
emisi	gas buang sisa hasil pembakaran bahan bakar
emulsi	suatu sistem koloid hasil dispersi dua cairan yang tidak dapat bercampur
entalpi	suatu besaran termodinamika untuk menyatakan kalor reaksi yang berlangsung pada tekanan tetap

etanol	senyawa organik golongan alkohol primer yang berwujud cair dalam suhu kamar, tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, mudah larut dalam air dan tembus cahaya
fenol	Senyawa hidroksil aromatik
galaktosa	hula sederhana, karbohidrat yang kadangkala terdapat secara alamiah, ditemukan dalam susu, otak dan dalam tumbuhan
glukan	polisakarida yang tersusun dari monomer glukosa
gugus hidroksil	gugus fungsional -OH yang digunakan sebagai substituen pada sebuah senyawa organik
gula	bahan makanan yang manis rasanya yang dibuat dari air beberapa tumbuhan atau buah (seperti tebu, aren, nyiur)
gula pereduksi	golongan gula (karbohidrat) yang dapat mereduksi senyawa-senyawa penerima elektron
heksosa	gula beratom enam (misal glukosa, fruktosa), banyak terdapat pada tumbuhan dan hewan
hidrogenasi	penggabungan hidrogen dengan zat lain, digunakan untuk mengubah minyak (lemak cair) menjadi padat
hidrokarbon	senyawa yang terbentuk dari karbon dan hidrogen saja
hidrolisis	penguraian senyawa kimia yang disebabkan oleh reaksi dengan air
ikatan kimia	gaya tarik menarik yang kuat antara atom-atom tertentu bergabung membentuk molekul atau gabungan ion-ion sehingga keadaannya menjadi lebih stabil
ikatan kovalen	ikatan yang terjadi karena pemakaian pasangan elektron secara bersama oleh 2 atom yang berikatan
indeks bias	perbandingan antara kecepatan cahaya dalam ruang hampa udara dengan cepat rambat cahaya pada suatu medium
kadar	ukuran isi suatu zat
kalor	energi yang berpindah dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya karena adanya perbedaan suhu

karbon dioksida	unsur gas rumah kaca utama yang merupakan salah satu komposisi alami dalam atmosfer; CO ₂
katalis	suatu zat yang mempercepat laju reaksi reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri
kinetika	studi tentang laju reaksi, perubahan konsentrasi reaktan (atau produk) sebagai fungsi dari waktu
kinetika reaksi	cabang ilmu kimia yang mempelajari berlangsungnya suatu reaksi
koagulasi	peristiwa pengendapan atau penggumpalan partikel koloid
koefisien	koefisien yang ditulis di sebelah kiri rumus kimia sebuah zat dalam persamaan reaksi
stoikiometri	
koloid	campuran heterogen dua zat atau lebih yang tersebar merata.
konsentrasi	persentase kandungan bahan di dalam suatu larutan
manosa	gula aldehida yang dihasilkan dari oksidasi manitol dan memiliki sifat-sifat umum yang serupa dengan glukosa
metana	gas yang terbentuk pada pelapukan zat organik dalam rawa dan paya yang merupakan komponen utama gas alam dan gas tambang
metanol	zat cair yang tidak berwarna, jernih, mudah menguap dan mudah terbakar dan bersifat racun; alkohol CH ₃ OH
misel	kumpulan molekul, atom, atau ion dalam sistem koloid.
molekul	bagian terkecil suatu senyawa yang terbentuk dari kumpulan atom yang terikat secara kimia
monomer	senyawa kimia yang molekulnya dapat digabungkan untuk membentuk molekul lebih besar yang dinamakan polimer
monosakarida	gula yang paling sederhana yang apabila mengalami perubahan akan kehilangan sifatnya sebagai gula
nitrogen	gas tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau dan tidak beracun, bebas di udara (dilambangkan dengan N)
neraca analitik	instrumen yang memiliki kemampuan mendeteksi perbedaan berat antara standar dan sampel kurang dari 1 ppm
oksidra	bijih logam yang mengandung oksigen

oksidasi	reaksi penambahan/penaikan bilangan oksidasi
oktana	senyawa hidrokarbon jenis alkana dengan rumus C8H18
orde reaksi	Jumlah eksponen faktor konsentrasi yang terdapat dalam hukum laju reaksi
polimer	makromolekul (molekul raksasa) yang tersusun dari satuan-satuan kimia sederhana yang disebut monomer
polimerisasi	proses bereaksi molekul monomer bersama dalam reaksi kimia untuk membentuk tiga dimensi jaringan atau rantai polimer
polisakarida	karbohidrat di mana molekulnya apabila dihidrolisis menghasilkan banyak sekali monosakarida
reaksi	perubahan dan sebagainya yang terjadi karena bekerjanya suatu unsur
reaksi heterogen	reaksi yang berlangsung dalam suatu sistem yang heterogen, yaitu di dalamnya terdapat dua fasa atau lebih
reaksi homogen	reaksi yang berlangsung dalam suatu sistem yang homogen, yaitu di dalamnya hanya satu fasa atau diasumsi perpindahan massa antar fasa sangat cepat, sehingga seolah-olah hanya satu fasa
reaksi ireversible	reaksi yang berlangsung searah atau reaksi yang tidak dapat balik
reaksi kimia	perubahan materi yang menyangkut struktur dalam molekul suatu zat
reaktor	alat proses tempat di mana terjadinya suatu reaksi berlangsung
rumus molekul	rumus senyawa kimia yang mengandung lambang atom-atom atau radikal yang ada, yang diikuti dengan angka bawah yang menyatakan jumlah setiap jenis atom atau radikal dalam molekul
senyawa	gabungan dari beberapa unsur yang terbentuk melalui reaksi kimia
suspensi	campuran fluida yang mengandung partikel padat
termokimia	bagian dari ilmu kimia yang mempelajari perubahan kalor atau panas suatu zat yang menyertai reaksi atau proses kimia, perubahan keadaan dan pembentukan larutan

INDEKS

Aldehida, 234
Asam Asetat, 115, 234
Atom, 64, 65, 66, 67, 69, 89, 97, 106, 124, 234
Degradasi, 234
Dehidrasi, 98, 234
Depolimerisasi, 234
Difusi, vi, 188, 234
Disakarida, 119, 234
Dispersi, v, viii, 137, 141, 142, 151, 152, 234
Distilasi, 200, 201, 202, 220, 234
Emulsi, v, vi, 142, 143, 145, 157, 174, 175, 179, 180, 235
Etanol, 95, 98, 100, 235
Fenol, 235
Galaktosa, 235
Gula, 62, 137, 234, 235, 236, 237
Hidrokarbon, 68, 76, 128, 236
Hidrolisis, 114, 157, 236
Ikatan Kimia, 236
Kadar, 227, 231, 236
Kalor, 13, 14, 15, 28, 31, 37, 38, 41, 52, 53, 54, 56, 236
Katalis, 236
Koagulasi, vi, 150, 167, 169, 170, 179, 180, 237
Koefisien, 16, 41, 207, 237
Metanol, 20, 98, 100, 237
Nitrogen, 238
Oksidasi, 87, 157, 238
Polimer, 121, 238
Reaksi, v, 13, 15, 18, 19, 20, 23, 24, 28, 32, 33, 35, 41, 42, 44, 70, 78, 79, 83, 84, 86, 87, 99, 100, 102, 128, 129, 156, 157, 209, 210, 213, 215, 216, 237, 238, 239
Senyawa, 31, 62, 77, 81, 82, 87, 91, 92, 117, 124, 126, 127, 131, 234, 235, 236, 237, 238, 239
Termokimia, v, 12, 19, 40, 239

BIODATA PENULIS



Haniif Prasetyawan, S.T., M.Eng. lahir di Semarang pada 23 Desember 1986. Gelar Sarjana Teknik diperoleh dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 2009. Setelah menyelesaikan studinya, penulis memulai karir di industrial consultant PT. Joglo sebagai tim software simulation developer hingga tahun 2010. Pada pertengahan 2010, penulis melanjutkan karirnya di Industrial Training & Consultant PT. Gama Kreasindo sebagai Industrial Training Manager. Penulis kemudian melanjutkan studi di Fakulti Kejuruteraan Kimia dan Sumber Asli Universiti Malaysia Pahang pada pertengahan tahun 2012, dan memperoleh gelar Master of Engineering pada awal tahun 2015 dengan mempertahankan thesisnya yang berjudul "*Modelling and Simulation of Industrial Radial Moving Bed Reactor for Propane Dehydrogenation Process*". Selama menempuh studi master di Malaysia, penulis juga aktif sebagai Ketua Umum Persatuan Pelajar Indonesia Universiti Malaysia Pahang dan sempat membawa nama Indonesia sebagai Best Performer pada pergelaran mahasiswa internasional yang bertajuk "International Night 2014". Pada tahun 2014, penulis juga pernah mendapatkan presetasi berupa *Best Paper Award* pada ajang konferensi regional teknik kimia 27th SOMChE in conjunction with 21st RSCE yang diadakan di Taylor University, Malaysia. Setelah menyelesaikan studi S2, pada pertengahan tahun 2015 penulis bergabung dengan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang sebagai Dosen Kontrak. Salah satu prestasi penulis selama menjadi dosen UNNES adalah mendapatkan penghargaan sebagai best microteaching presenter pada International Class Teaching yang diadakan oleh UNNES. Saat ini, penulis merupakan pengampu beberapa mata kuliah diantaranya adalah Praktikum Operasi Teknik Kimia 1 dan 2, Perancangan Pabrik Kimia, Sintesa dan Simulasi Proses dan beberapa mata kuliah lainnya.



Dr. Ratna Dewi Kusumaningtyas, S.T. adalah staf pengajar di Universitas Negeri Semarang (UNNES), pada Jurusan Kimia FMIPA (2001-2007) dan pada Program Studi Teknik Kimia – Fakultas Teknik (2007-sekarang). Dilahirkan di Sleman pada tanggal 11 Maret 1976, menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah Ambarketawang I, SMP 5, dan SMA 1 di Yogyakarta. Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2000 dan S2 pada tahun 2004. Selanjutnya pada tahun 2014 meraih gelar doktor dalam bidang

teknik kimia pada universitas yang sama dengan disertasi yang berjudul “Studi Produksi Biodiesel Secara Kontinyu dengan *Reactive Distillation* dan Analisis Termodinamikanya”. Penulis telah banyak melaksanakan penelitian dengan pendanaan dari Kemenristekdikti, Dinas Pendidikan Nasional Propinsi Jawa Tengah, Toray Science Foundation Jepang, dan TWAS Research Grant Italy. Hasil penelitian telah dipublikasikan, baik sebagai penulis utama maupun pendamping, pada berbagai jurnal internasional terindeks Scopus dan Thomson Reuter serta buku referensi “Biodiesel: Bahan Baku, Proses, danTeknologi”. Publikasi ilmiah juga dilaksanakan melalui seminar internasional di Australia, Malaysia, Filipina, Jerman, Kroasia, Jepang, dan Inggris. Banyak beasiswa telah diraih oleh penulis, di antaranya adalah Beasiswa Erasmus Mundus Euro-Asia untuk program *Student Exchange di Politecnico di Torino*, Italy (2010-2012) dan *student travel grants* dari ASEAN SEAMEO-SEARCA Filipina, Abiosuse. V. Jerman, maupun BLSN Dikti untuk berpartisipasi dalam forum ilmiah internasional di berbagai negara. Penulis juga penerima beasiswa Program Pertukaran “Community Leader Program: Strengthening Secondary Education in Indonesia” di Amerika Serikat dari US Department of State pada tahun 2007. Beberapa penghargaan lain yang pernah diterima di antaranya adalah: Peringkat I Dosen Berprestasi UNNES 2016, Satya Lencana Karya Satya 10 Tahun, Peringkat I Peneliti Berprestasi UNNES 2008, dan Penyaji Terbaik III Seminar Nasional hasil – hasil Penelitian Peningkatan Kualitas Pembelajaran (PPKP) dan Pengembangan Inovasi Pembelajaran di Sekolah (PIPS) tahun 2008.

