Ratna dkk

KIMIA
JILID 2

SMK

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

KIMIA
JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Ratna
Didik Prasetyoko
Lukman Atmaja
Irmina Kris Murwani
Hendro Juwono

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

RAT RATNA
k Kimia Jilid 2 untuk SMK /oleh Ratna, Didik Prasetyoko, Lukman Atmaja, Irmina Kris Murwani, Hendro Juwono ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
viii. 236 hlm
Daftar Pustaka : A1
ISBN : 978-602-8320-45-0
978-602-8320-47-4

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khsusnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

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

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Buku Kimia ini disusun untuk memenuhi kebutuhan buku ajar di Sekolah Menengah Kejuruan yang isinya didasarkan pada KTSP untuk Sekolah Menengah Kejuruan dan terdiri dari teori, contoh soal serta latihan. Adapun urutan penyajian setiap materi didasarkan pada instrumen penyusunan buku kimia yang dikeluarkan oleh BNSP. Untuk memperkaya pengetahuan para siswa Sekolah Menengah Kejuruan, dalam buku ini juga disajikan topik yang seyogyanya dimiliki oleh para siswa tersebut, seperti polimer, cat, logam dan sebagainya.

Sebagai bahan acuan penyusunan buku ini, digunakan buku teks Kimia yang digunakan oleh para siswa Sekolah Menengah Atas di Inggris, Sekolah Menengah Kejuruan di Jerman serta beberapa buku teks Kimia Dasar yang lain.

Kami berharap, kehadiran buku ini dapat membantu siswa maupun guru dalam pembelajaran Kimia di Sekolah Menegah Kejuruan. Tidak lupa, ucapan terimakasih kami sampaikan pada Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan atas kepercayaan yang telah diberikan.

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**

1 MATERI DAN WUJUDNYA **1**
1.1 Materi **1**
1.2 Perubahan Fisika dan Kimia **3**
1.3 Wujud Materi **5**
1.4 Hukum Keadaan Standar **13**
1.5 Hukum Gas Ideal **13**
2 STRUKTUR ATOM **23**
2.1 Partikel-Partikel Dasar Atom **24**
2.2 Nomor atom, nomor massa, isotop, isobar dan isoton **32**
2.3 Elektron Dalam Atom **34**
2.4 Perkembangan Model Atom **43**
2.5 Perkembangan pengelompokan unsure **46**
2.6 Sifat periodik unsure **52**
3 STOIKHIOMETRI **63**
3.1 Konsep mol **63**
3.2 Penerapan Hukum Proust **68**
4 IKATAN KIMIA **75**
4.1 Elektron dan Ikatan Aturan Oktet **76**
4.2 Ikatan Ion **77**
4.3 Ikatan Kovalen **79**
4.4 Polaritas Ikatan Kovalen **81**
4.5 Sifat senyawa ion dan senyawa kovalen **83**
4.6 Ikatan Kovalen Koordinat **83**
4.7 Penyimpangan Aturan Oktet **84**
4.8 Struktur Lewis **84**
4.9 Ikatan Logam **85**
5 LARUTAN **89**
5.1 Pendahuluan **90**
5.2 Larutan Elektrolit **91**
5.3 Konsentrasi Larutan **92**
5.4 Stoikiometri Larutan **94**
5.5 Sifat Koligatif Larutan **96**
5.6 Hasil Kali Kelarutan **102**
5.7 Kelarutan **103**
6 KOLOID **107**
6.1 Pendahuluan **107**

6.2 Pengelompokan Koloid 109
6.3 Sifat-Sifat Koloid 110
6.4 Koloid Liofil dan Koloid Liofob 112
6.5 Pemisahan Koloid 115
6.6 Pembuatan Kolid 117
7 KESETIMBANGAN 121
7.1 Definisi 122
7.2 Karakteristik keadaan kesetimbangan 123
7.3 Macam-macam Sistem Kesetimbangan 124
7.4 Konstanta Kesetimbangan 124
7.5 Hukum Guldberg dab Wange 125
7.6 Beberapa Hal yang Harus Diperhatikan 126
7.7 Azas Le Chatelier 128
7.8 Faktor-faktor yang Dapat Menggeser Letak Kesetimbangan 130
7.9 Hubungan Antara Harga Kc Dengan Kp 133
7.10 Dissosialisasi 136
8 TERMOKIMIA 141
8.1 Definisi 141
8.2 Pengukuran Energi dalam Reaksi Kimia 143
8.3 Panas Reaksi dan Termokimia 144
8.4 Entalpi (H) dan Perubahan Entalpi (ΔH) 146
8.5 Istilah yang Digunakan pada Perubahan Entalpi 147
8.6 Hukum Hess mengenai jumlah panas 148
8.7 Panas Pembentukan 153
8.8 Keadaan Standard 154
8.9 Kapasitas panas dan panas spesifik 157
8.10 Kalorimetri 157
8.11 Energi Ikatan Dan Entalphi Reaksi 158
9 ELEKTROKIMIA 167
9.1 Reaksi Redoks 168
9.2 Harga Bilangan Oksidasi 170
9.3 Langkah-langkah penyetaraan reaksi redoks 170
9.4 Penyetaraan persamaan reaksi redoks 171
9.5 Perbedaan Oksidasi Reduksi 172
9.6 Sel Elektrokimia 173
9.10 Potensial Elektroda…….. 184
10 KINETIK KIMIA 193
10.1 Definisi Laju Reaksi 194
10.2 Hukum Laju 196
10.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Reaksi 196
10.4 Teori Tumbukan 202

10.5 Orde Reaksi 204

11 KIMIA RADIASI 209
11.1 Penemuan Keradioaktifan 210
11.2 Sinar-sinar Radio Aktif 211
11.3 Penggunaan Radioisotop 212
12 SENYAWA KARBON 221
12.1 Dasar-dasar Kimia Organik 221
13 ASAM, BASA DAN BUFFER 249
13.1 Definisi-definisi Asam dan Basa 253
13.2 Kekuatan Asam dan Basa 257
13.3 Larutan Buffer 259
14 BATUBARA 267
14.1 Klasifikasi Batubara 277
14.2 Tambang Batubara dan Lingkungan Hidup 280
14.3 Kegunaan Batubara 281
14.4 Evomium 283
15 POLIMER 287
15.1 Definisi 287
15.2 Klasifikasi 288
15.3 Reaksi Polimerisasi 288
15.4 Pengolahan Polimer 292
15.5 Sifat Polimer 293
15.6 Kegunaan dan Dampak Polimer Terhadap Lingkungan 294
16 PLASTIK 297
16.1 Definisi 297
16.2 Jenis-jenis Utama Plastik 298
16.3 Cara Pembuatan Plastik 304
17 DETERGEN 307
17.1 Definisi 307
17.2 Sifat Fisi dan Kimia Detergen 309
17.3 Pembuatan 309
17.4 Komposisi Detergen 310
17.5 Bahan Tambahan dalam Detergen 310
18 CAT 315
18.1 Klasifikasi Cat 315
18.2 Kegunaan Cat 318
19 MINYAK BUMI 319
19.1 Pendahuluan 319
19.2 Komposisi Minyak Bumi 319
19.3 Fraksi Minyak Bumi 322

19.4 Kegunaan Minyak Bumi 334
20 BATU KAPUR, SEMEN DAN KERAMIK 339
20.1 Batu Kapur 339
20.2 Semen 355
20.3 Keramik 380
21 LOGAM 409
21.1 Logam dan Peradaban 409
21.2 Logam Alkali dan Alkali Tanah 413
21.3 Bijih Logam 425
DAFTAR PUSTAKA…… A1

11. Kimia Radiasi

Apakah sebenarnya Nuklir itu?



Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar
	Menjelaskan kimia radiasi
	Menjalaskan pengaruh kimia radiasi pada makhluk hidup
	Menjelaskan kegunaan kimia radiasi
Tujuan pembelajaran	
	1. Mengetahui latar belakang penemuan zat radioaktif dan contoh unsur-unsur zat radioaktif, serta aplikasinya.
	2. Mengetahui dan memahami macam-macam sinar radioaktif dan karakteristiknya.
	3. Mengetahui dan mempelajari macam-macam dan contoh aplikasi radioisotop, serta sumber dan pengaruh radiasinya.

Reaksi yang meliputi perubahan pada inti disebut *reaksi inti* atau r*eaksi nuklir* (*nukleus=inti*).

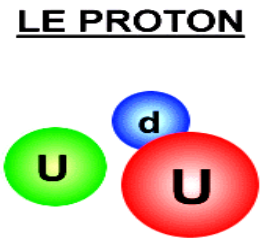
Kita telah mengetahui bahwa atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron yang beredar mengitarinya. Reaksi kimia biasa (seperti reaksi pembakaran dan penggaraman) hanya menyangkut perubahan pada kulit atom, terutama elektron pada kulit terluar, sedangkan inti atom tidak berubah. Reaksi yang meliputi perubahan pada inti disebut *reaksi inti* atau r*eaksi nuklir* (*nukleus=inti*).

Reaksi nuklir ada yang terjadi secara spontan ataupun buatan. Reaksi nuklir spontan terjadi pada inti-inti atom yang tidak stabil. Zat

yang mengandung inti tidak stabil ini disebut *zat radioaktif*. Adapun reaksi nuklir tidak spontan dapat terjadi pada inti yang stabil maupun inti yang tidak stabil. Reaksi nuklir disertai perubahan energi berupa radiasi dan kalor. Berbagai jenis reaksi nuklir disertai pembebasan kalor yang sangat dasyat, lebih besar dan reaksi kimia biasa.

Dewasa ini, reaksi nuklir telah banyak digunakan untuk tujuan damai (bukan tujuan militer) baik sebagai sumber radiasi maupun sebagai sumber tenaga dan pemanfaatannya dalam bidang kesehatan.

11.1 Penemuan Keradioaktifan



Gambar 11.1 Radioaktif

Sinar X adalah suatu radiasi elektromagnetik yang timbul karena benturan berkecepatan tinggi (yaitu sinar katoda dengan suatu materi (anoda)

Pada tahun 1895, W.C. Rontgen menemukan bahwa tabung sinar katoda menghasilkan suatu radiasi berdaya tembus tinggi yang dapat menghitamkan film potret, walupun film tersebut terbungkus kertas hitam. Karena belum mengenal hakekatnya, sinar ini dinamai sinar X. Ternyata sinar X adalah suatu radiasi elektromagnetik yang timbul karena benturan berkecepatan tinggi (yaitu sinar katoda dengan suatu materi (anoda). Sekarang sinar X disebut juga sinar rontgen dan digunakan untuk rongent yaitu untuk mengetahui keadaan organ tubuh bagian dalam.

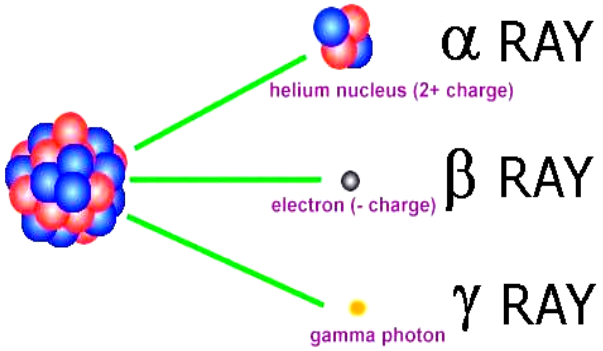
Penemuan sinar X membuat *Henry Becguerel* tertarik untuk meneliti zat yang bersifat fluoresensi, yaitu zat yang dapat bercahaya setelah terlebih dahulu mendapat radiasi (disinari), Becquerel menduga bahwa sinar yang dipancarkan oleh zat seperti itu seperti sinar X. Secara kebetulan, Becquerel meneliti batuan uranium. Ternyata dugaan itu benar bahwa sinar yang dipancarkan uranium dapat menghitamkan film potret yang masih terbungkus kertas hitam. Akan tetapi, Becqueret menemukan bahwa batuan uranium memancarkan sinar berdaya tembus tinggi dengan sendirinya tanpa harus disinari terlebih dahulu. Penemuan ini terjadi pada awal bulan Maret 1986. Gejala semacam itu, yaitu pemancaran radiasi secara spontan, disebut keradioaktifan, dan zat yang bersifat radioaktif disebut zat radioaktif.

Zat radioaktif yang pertama ditemukan adalah uranium. Pada tahun 1898, Marie Curie bersama-sama dengan suaminya Pierre Curie menemukan dua unsur lain dari batuan uranium yang jauh lebih aktif dari uranium. Kedua unsur itu mereka namakan masing-masing

polonium (berdasarkan nama Polonia, negara asal dari Marie Curie), dan radium (berasal dari kata Latin radiare yang berarti bersinar).

Ternyata, banyak unsur yang secara alami bersifat radioaktif. Semua isotop yang bernomor atom diatas 83 bersifat radioaktif. Unsur yang bernomor atom 83 atau kurang mempunyai isotop yang stabil kecuali teknesium dan promesium. Isotop
yang bersifat radioaktif disebut isotop radioaktif atau radio- isotop, sedangkan isotop yang tidak radiaktif disebut isotop stabil. Dewasa ini, radioisotop dapat juga dibuat dari isotop stabil. Jadi disamping radioisotop alami juga ada radioisotop buatan.

11.2 Sinar-sinar Radioaktif



Gambar 11.2 Sinar-sinar radioaktif

Pada tahun 1903, Ernest Rutherford mengemukakan bahwa radiasi yang dipancarkan zat radioaktif dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan muatannya. Radiasi yang bermuatan positif dinamai sinar alfa, dan yang bermuatan negatif diberi nama sinar beta. Selanjutnya Paul U.Viillard menemukan jenis sinar yang ketiga yang tidak bermuatan dan diberi nama sinar gamma.

a. Sinar alfa (α)

Sinar alfa merupakan radiasi partikel yang bermuatan positif

Sinar alfa merupakan radiasi partikel yang bermuatan positif. Partikel sinar alfa sama dengan inti helium -4, bermuatan +2e dan bermassa 4 sma. Partikel alfa adalah partikel terberat yang dihasilkan oleh zat radioaktif. Sinar alfa dipancarkan dari inti dengan kecepatan sekitar 1/10 kecepatan cahaya. Karena memiliki massa yang besar, daya tembus sinar alfa paling lemah diantara diantara sinar-sinar radioaktif. Diudara hanya dapat menembus beberapa cm saja dan tidak dapat menembus kulit. Sinar alfa dapat dihentikan oleh selembar kertas biasa. Sinar alfa segera kehilangan energinya ketika bertabrakan dengan molekul media yang dilaluinya. Tabrakan itu mengakibatkan media yang dilaluinya mengalami ionisasi. Akhirnya partikel alfa akan menangkap 2 elektron dan berubah menjadi atom H_2^4.

Sinar beta merupakan radiasi partikel bermuatan negatif

b. Sinar beta (β)

Sinar beta merupakan radiasi partikel bermuatan negatif. Sinar beta merupakan berkas elektron yang berasal dari inti atom. Partikel beta yang bemuatan -1e dan bermassa 1/836 sma. Karena sangat kecil, partikel beta dianggap tidak bermassa sehingga dinyatakan dengan notasi $^{0}_{-1}e$. Energi sinar beta sangat bervariasi, mempunyai daya tembus lebih besar dari sinar alfa tetapi daya pengionnya lebih lemah. Sinar beta paling energetik dapat menempuh sampai 300 cm dalam udara kering dan dapat menembus kulit.

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetek berenergi tinggi, tidak bermuatan dan tidak bermassa

c. Sinar gamma (γ)

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetek berenergi tinggi, tidak bermuatan dan tidak bermassa. Sinar γ dinyatakan dengan notasi $^{0}_{0}\gamma$. Sinar gamma mempunyai daya tembus. Selain sinar alfa, beta, gamma, zat radioaktif buatan juga ada yang memancarkan sinar X dan sinar Positron. Sinar X adalah radiasi sinar elektromagnetik.

11.3 Penggunaan Radioisotop

11. 3.1 Radioisotop digunakan sebagai perunut dan sumber radiasi

Dewasa ini, penggunaan radioisotop untuk maksud-maksud damai (untuk kesejahteraan umat manusia) berkembang dengan pesat. Pusat listrik tenaga nuklir (PLTN) adalah salah satu contoh yang sangat populer. PLTN ini memanfaatkan efek panas yang dihasilkan reaksi inti suatu radioisotop , misalnya U-235. Selain untuk PLTN, radioisotop juga telah digunakan dalam berbagai bidang misalnya industri, teknik, pertanian, kedokteran, ilmu pengetahuan, hidrologi, dan lain-lain.

Pada bab ini kita akan membahas dua penggunaan radioisotop, yaitu sebagai perunut (tracer) dan sumber radiasi. Pengunaan radioisotop sebagai perunut didasarkan pada ikatan bahwa isotop radioaktif mempunyai sifat kimia yang sama dengan isotop stabil. Jadi suatu isotop radioaktif melangsungkan reaksi kimia, yang sama seperti isotop stabilnya. Sedangkan penggunaan radioisotop sebagai sumber radiasi didasarkan pada kenyataan bahwa radiasi yang dihasilkan zat radioaktif dapat mempengaruhi materi maupun mahluk. Radiasi dapat digunakan untuk memberi efek fisis: efek kimia, maupun efek biologi. Oleh karena itu, sebelum membahas pengunaan radioisotop kita akan mengupas terlebih dahulu tentang satuan radiasi dan pengaruh radiasi terhadap materi dan mahluk hidup.

11.3.2 Satuan radiasi

Berbagai macam satuan digunakan untuk menyatakan intensitas atau jumlah radiasi bergantung pada jenis yang diukur.

1. Curie(Ci) dan Becquerrel (Bq)

Curie dan Bequerrel adalah satuan yang dinyatakan untuk menyatakan keaktifan yakni jumlah disintegrasi (peluruhan) dalam satuan waktu. Dalam sistem satuan SI, keaktifan dinyatakan dalam Bq. Satu Bq sama dengan satu disintegrasi per sekon.

1Bq = 1 dps

dps = disintegrasi per sekon

Satuan lain yang juga biasa digunakan ialah Curie. Satu Ci ialah keaktifan yang setara dari 1 gram garam radium, yaitu $3{,}7.10^{10}$ dps.

$1Ci = 3{,}7.10^{10}$ dps = $3{,}7.10^{10}$ Bq

2. Gray (gy) dan Rad (Rd)

Gray dan Rad adalah satuan yang digunakan untuk menyatakan keaktifan yakni jumlah (dosis) radiasi yang diserap oleh suatu materi. Rad adalah singkatan dari 11 radiation absorbed dose. Dalam sistem satuan SI, dosis dinyatakan dengan Gray (Gy). Satu Gray adalah absorbsi 1 joule per kilogram materi. **1 Gy = 1 J/kg**

Satu rad adalah absorbsi 10^{-3} joule energi/gram jaringan.

1 Rd = 10-3 J/g

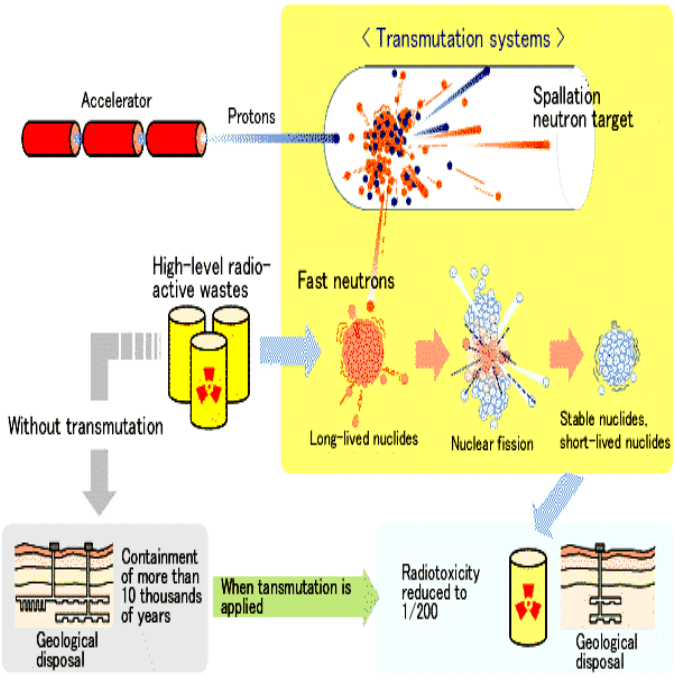
Hubungan gray dengan fad

1 Gy = 100 rd

3. Rem

Daya perusak dari sinar-sinar radioaktif tidak saja bergantung pada dosis tetapi juga pada jenis radiasi itu sendiri. Neutron, sebagai contoh, lebih berbahaya daripada sinar beta dengan dosis dan intensitas yang sama. Rem adalah satuan dosis setelah memperhitungkan pengaruh radiasi pada mahluk hidup (rem adalah singkatan dari radiation equivalen for man).

11.3.3 Pengaruh radiasi pada materi

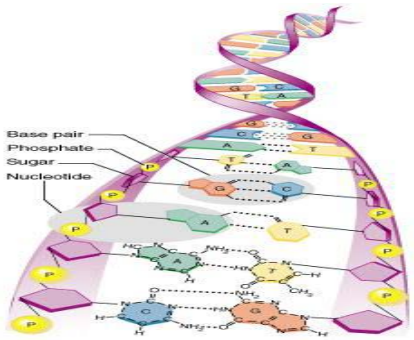


Gambar 11.3 Pengaruh radiasi pada materi

Radiasi menyebabkan penumpukan energi pada materi yang dilalui. Dampak yang ditimbulkan radiasi dapat berupa ionisasi, eksitasi, atau pemutusan ikatan kimia. Ionisasi: dalam hal ini partikel radiasi menabrak elektron orbital dari atom atau molekul zat yang dilalui sehingga terbentuk ion positif dan elektron terion.

Eksitasi: dalam hal ini radiasi tidak menyebabkan elektron terlepas dari atom atau molekul zat tetapi hanya berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pemutusan Ikatan Kimia: radiasi yang dihasilkan oleh zat radioaktif rnempunyai energi yang dapat mernutuskan ikatan-ikatan kimia.

11.3.4 Pengaruh radiasi pada mahluk hidup



Gambar 11.4 Pengaruh Radiasi pada makhluk hidup

Walaupun energi yang ditumpuk sinar radioaktif pada mahluk hidup relatif kecil tetapi dapat menimbulkan pengaruh yang serius. Hal ini karena sinar radioaktif dapat mengakibatkan ionisasi, pemutusan ikatan kimia penting atau membentuk radikal bebas yang reaktif. Ikatan kimia penting misalnya ikatan pada struktur DNA dalam kromosom. Perubahan yang terjadi pada struktur DNA akan diteruskan pada sel berikutnya yang dapat mengakibatkan kelainan genetik, kanker, dll.

Pengaruh radiasi pada manusia atau mahluk hidup juga bergantung pada waktu paparan. Suatu dosis yang diterima pada sekali paparan akan lebih berbahaya daripada bila dosis yang sama diterima pada waktu yang lebih lama.

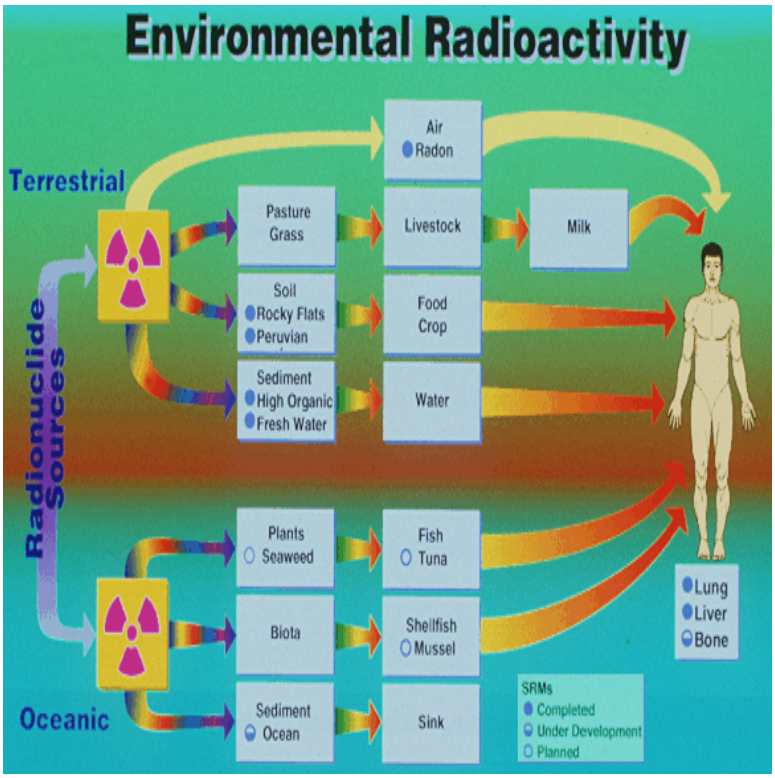
Secara alami kita mendapat radiasi dari lingkungan, misalnya radiasi sinar kosmis atau radiasi dari radioakif alam. Disamping itu, dari berbagai kegiatan seperti diagnosa atau terapi dengan sinar X atau radioisotop. Orang yang tinggal disekitar instalasi nuklir juga mendapat radiasi lebih banyak, tetapi masih dalam batas aman.

11.3.5 Radioaktif sebagai perunut

Sebagai perunut, radoisotop ditambahkan ke dalam suatu sistem untuk mempelajari sistem itu, baik sistem fisika, kimia maupun

sistem biologi. Oleh karena radioisotop mempunyai sifat kimia yang sama seperti isotop stabilnya, maka radioisotop dapat digunakan untuk menandai suatu senyawa sehingga perpindahan perubahan senyawa itu dapat dipantau.

11.3.6 Bidang Kedokteran



Gambar 11.5 Pengaruh radiokatif terhadap lingkungan

Berbagai jenis radio isotop digunakan sebagai perunut untuk mendeteksi (diagnosa) berbagai jenis penyakit antara lain: teknesium (Tc-99), talium-201 (Ti-201), iodin 131(1-131), natrium-24 (Na-24), senon-133 (xe-133) dan besi (Fe-59). Tc-99 yang disuntikkan ke dalam pembuluh darah akan diserap terutama oleh jaringan yang rusak pada organ tertentu, seperti jantung, hati dan paru-paru Sebaliknya Ti-201 terutama akan diserap oleh jaringan yang sehat pada organ jantung. Oleh karena itu, kedua isotop itu digunakan secara bersama-sama untuk mendeteksi kerusakan jantung

I-131 akan diserap oleh kelenjar gondok, hati dan bagian-bagian tertentu dari otak. Oleh karena itu, I-131 dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada kelenjar gondok, hati dan untuk mendeteksi tumor otak. Larutan garam yang mengandung Na-24 disuntikkan ke dalam pembuluh darah untuk mendeteksi adanya

gangguan peredaran darah misalnya apakah ada penyumbatan dengan mendeteksi sinar gamma yang dipancarkan isotop Natrium tsb.

Xe-133 digunakan untuk mendeteksi penyakit paru-paru. P-32 untuk penyakit mata, tumor dan hati. Fe-59 untuk mempelajari pembentukan sel darah merah. Kadang-kadang, radioisotop yang digunakan untuk diagnosa, juga digunakan untuk terapi yaitu dengan dosis yang lebih kuat misalnya, 1-131 juga digunakan untuk terapi kanker kelenjar tiroid.

B. Bidang lndustri

Untuk mempelajari pengaruh oli dan aditif pada mesin selama mesin bekerja digunakan suatu isotop sebagai perunut, Dalam hal ini, piston, ring dan komponen lain dari mesin ditandai dengan isotop radioaktif dari bahan yang sama.

C. Bidang hidrologi.

1. Mempelajari kecepatan aliran sungai.
2. Menyelidiki kebocoran pipa air bawah tanah.

D. Bidang biologis

1. Mempelajari kesetimbangan dinamis.
2. Mempelajari reaksi pengesteran.
3. Mempelajari mekanisme reaksi fotosintesis.

11.3.7 Radioisotop sebagai sumber radiasi.

A. Bidang Kedokteran



Gambar 11.6 Alat – alat kedokteran

1) Sterilisasi radiasi.

Radiasi dalam dosis tertentu dapat mematikan mikroorganisme sehingga dapat digunakan untuk sterilisasi alat-

alat kedokteran. Sterilisasi dengan cara radiasi mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan sterilisasi konvensional (menggunakan bahan kimia), yaitu:
a) Sterilisasi radiasi lebih sempurna dalam mematikan mikroorganisme.
b) Sterilisasi radiasi tidak meninggalkan residu bahan kimia.
c) Karena dikemas dulu baru disterilkan maka alat tersebut tidak mungkin tercemar bakteri lagi sampai kemasan terbuka. Berbeda dengan cara konvensional, yaitu disteril- kan dulu baru dikemas, maka dalam proses pengemasan masih ada kemungkinan terkena bibit penyakit.

2) Terapi tumor atau kanker.

Berbagai jenis tumor atau kanker dapat diterapi dengan radiasi. Sebenarnya, baik sel normal maupun sel kanker dapat dirusak oleh radiasi tetapi sel kanker atau tumor ternyata lebih sensitif (lebih mudah rusak). Oleh karena itu, sel kanker atau tumor dapat dimatikan dengan mengarahkan radiasi secara tepat pada sel-sel kanker tersebut.

B. Bidang pertanian



Gambar 11.7 Pemberantasan hama

1) Pemberantasan hama dengan teknik jantan mandul

Radiasi dapat mengaki- batkan efek biologis, misalnya hama kubis. Di laboratorium dibiakkan hama kubis dalam bentuk jumlah yang cukup banyak. Hama tersebut lalu diradiasi sehingga serangga jantan menjadi mandul. Setelah itu hama dilepas di daerah yang terserang hama. Diharapkan akan terjadi perkawinan antara hama setempat dengan jantan mandul dilepas. Telur hasil perkawinan seperti itu tidak akan menetas. Dengan demikian reproduksi hama tersebut terganggu dan akan mengurangi populasi.

2) Pemuliaan tanaman

Pemuliaan tanaman atau pembentukan bibit unggul dapat dilakukan dengan menggunakan radiasi. Misalnya pemuliaan padi, bibit padi diberi radiasi dengan dosis yang bervariasi, dari dosis terkecil yang tidak membawa pengaruh hingga dosis rendah yang mematikan. Biji yang sudah diradiasi itu kemudian disemaikan dan ditanam berkelompok menurut ukuran dosis radiasinya.

3) Penyimpanan makanan

Kita mengetahui bahwa bahan makanan seperti kentang dan bawang jika disimpan lama akan bertunas. Radiasi dapat menghambat pertumbuhan bahan-bahan seperti itu. Jadi sebelum bahan tersebut di simpan diberi radiasi dengan dosis tertentu sehingga tidak akan bertunas, dengan dernikian dapat disimpan lebih lama.

C. Bidang Industri



Gambar11.8 Proses Pengelasan



Gambar 11.9 Cacat pada Logam

1) Pemeriksaan tanpa merusak.

Radiasi sinar gamma dapat digunakan untuk memeriksa cacat pada logam atau sambungan las, yaitu dengan meronsen

bahan tersebut. Tekhnik ini berdasarkan sifat bahwa semakin tebal bahan yang dilalui radiasi, maka intensitas radiasi yang diteruskan makin berkurang, jadi dari gambar yang dibuat dapat terlihat apakah logam merata atau ada bagian-bagian yang berongga didalamnya. Pada bagian yang berongga itu film akan lebih hitam,

2) Mengontrol ketebalan bahan



Gambar 11.10 Logam

Ketebalan produk yang berupa lembaran, seperti kertas film atau lempeng logam dapat dikontrol dengan radiasi. Prinsipnya sama seperti diatas, bahwa intensitas radiasi yang diteruskan bergantung pada ketebalan bahan yang dilalui. Detektor radiasi dihubungkan dengan alat penekan. Jika lembaran menjadi lebih tebal, maka intensitas radiasi yang diterima detektor akan berkurang dan mekanisme alat akan mengatur penekanan lebih kuat sehingga ketebalan dapat dipertahankan.

3) Pengawetan bahan



Gambar 11.11 Makanan dan Minuman yang diawetkan

Radiasi juga telah banyak digunakan untuk mengawetkan bahan seperti kayu, barang-barang seni dan lain-lain. Radiasi juga

dapat meningkatkan mutu tekstil karena mengubah struktur serat sehingga lebih kuat atau lebih baik mutu penyerapan warnanya. Berbagai jenis makanan juga dapat diawetkan dengan dosis yang aman sehingga dapat disimpan lebih lama.

KESIMPULAN

Kimia radiasi sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena dapat menyebabkan berbagai penyakit yang dapat menyebabkan kematian. namun jika penggunaannya benar maka kimia radiasi dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan diantaranya dalam bidang pertanian, industri, kedokteran, dll.

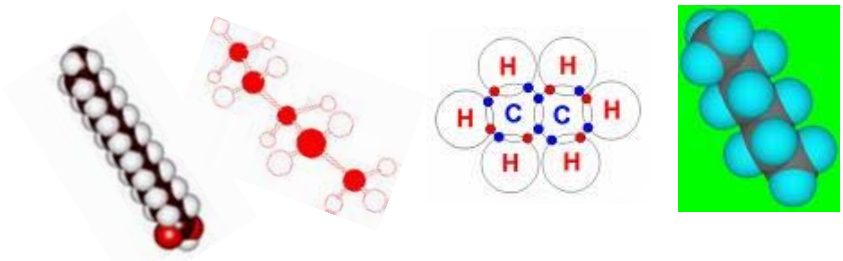
sinar radioaktif terdiri dari sinar alfa (α), sinar beta (ß) dan sinar gamma (γ).

Latihan Soal

1. Perubahan energi dalam reaksi nuklir berupa apa?
2. Apa yang dimaksud fluoresensi?
3. Apa yang dimaksud sinar X? Apa nama lain dan kegunaan sinar X?
4. Mengapa daya tembus sinar α paling lemah?
5. Sebutkan dan jelaskan 3 macam sinar radioaktif!
6. Apa dasar penggunaan radioisotop sebagai sumber radiasi dan perunut!
7. Apa yang dimaksud 1 rad dan bagaimana hubungan Gray dengan Fad?
8. Apa perbedaan ionisasi dan eksitasi?
9. Berikan contoh dan macam-macam aplikasi radioisotop!

12 SENYAWA KARBON

12.1 Dasar-dasar kimia organik



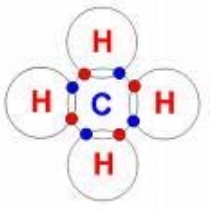
Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar
Mengkomunikasikan senyawa hidrokarbon dan kegunaanya	Mendiskripsikan kekhasan atom karbon yang membentuk senyawa hidrokarbon
	Menggolongkan senyawa hidrokarbon dan turunannya
	Mendiskripsikan kegunaan senyawa hidrokarbon dalam kehidupan manusia
Tujuan pembelajaran	
1. Mengidentifikasi unsur C, H dan O dalam senyawa karbon melalui percobaan	
2. Mendiskripsikan kekhasan atom karbon dalam senyawa karbon	
3. Membedakan atom C primer, sekunder, tertier dan kuartener	

Atom karbon dapat membentuk empat ikatan kovalen



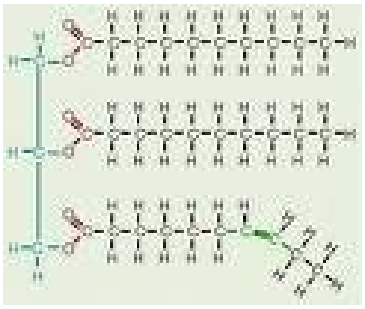
a. Kekhasan Atom karbon

Atom karbon (C) dengan nomor atom 6 mempunyai susunan elektron K = 2, L = 4. C mempunyai 4 elektron valensi dan dapat mernbentuk empat ikatan kovalen serta dapat digambarkan dengan rumus Lewis. Sebagai contoh, dapat dilihat molekul CH_4 (metana) yang memiliki diagram yang cukup sederhana dibawah ini.

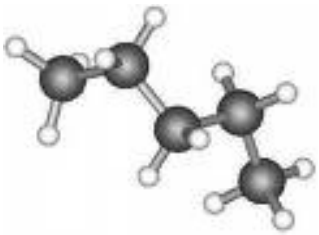


Gambar 12.1
Empat ikatan kovalen dari molekul metana

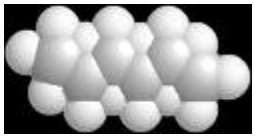
Selain itu kemampuan diatas, atom karbon juga dapat membentuk ikatan dengan atom karbon lain untuk membentuk rantai karbon yang terbuka, terbuka bercabang dan tertutup. Contoh rantai karbon dapat digambarkan dengan rumus struktur berikut :



Gambar 12.2 Rantai terbuka



Gambar 12.3
Rantai terbuka dan bercabang



Gambar 12.4 Rantai tertutup

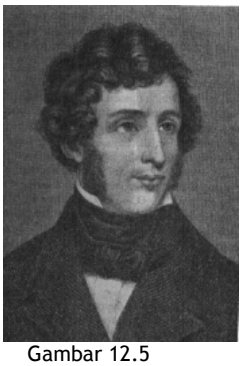
Dapatlah sekarang dimengerti bahwa jumlah senyawa karbon demikian banyaknya walaupun jumlah jenis unsur pembentuknya sedikit.

Kini kita dapat mulai membuat klasifikasi hidrokarbon, yang merupakan senyawa yang *hanya* tersusun oleh karbon dan hidrogen. Senyawa-senyawa karbon lainnya dapat dipandang sebagai turunan dari hidrokarbon ini. Hidrokarbon dapat dibagi menjadi dua kelompok utama : *hidrokarbon alifatik* dan *hidrokarbon aromatik*. Termasuk di kelompok pertama adalah senyawa yang berantai lurus, berantai cabang dan rantai melingkar. Kelompok kedua, *hidrokarbon aromatik,* biasanya mengandung cincin atom karbon yang sangat stabil. Berdasarkan kelipatan ikatan karbon-karbonnya, hidrokarbon alifatik masih dapat dibedakan lagi menjadi dua sub-kelompok, yakni

hidrokarbon *jenuh* yang mengandung ikatan tunggal karbon-karbon, serta hidrokarbon *tak jenuh* yang mengandung paling sedikit satu ikatan rangkap dua, atau ikatan rangkap tiga.

Karena senyawa hidro karbon terdiri atas karbon dan hidrogen, maka salah satu bagian dari ilmu kimia yang membahas segala sesuatu tentang senyawa hidrokarbon disebut *kimia karbon*. Dulu ilmu kimia karbon disebut kimia organik, karena senyawa-senyawanya dianggap hanya dapat diperoleh dari tubuh makhluk hidup dan tidak dapat disintesis dalam pabrik.

Pada tahun 1928, Friedrich Wohler berhasil mensintesis urea (suatu senyawa yang terdapat dalam air seni) dari senyawa anorganik yaitu amonium sianat – dengan jalan memanaskannya.



Gambar 12.5
Friedrich Wohler

$$NH_4^+CNO^- \rightarrow H_2N - \overset{\overset{O}{||}}{C} - NH_2$$

Reaksi pemanasan amonium sianat oleh Wohler

Setelah keberhasilan Wohler diketahui, banyaklah sarjana lain yang mencoba membuat senyawa karbon dari senyawa anorganik. Lambat laun teori tentang arti *hidup* hilang dan orang hanya menggunakan kimia organik sebagai nama saja tanpa disesuaikan dengan arti yang sesungguhnya. Sejak saat itu banyak senyawa karbon berhasil disintesis dan hingga sekarang lebih dari 2 juta senyawa karbon dikenal orang dan terus bertambah setiap harinya. Apa sebabnya jumlah senyawa karbon sedemikian banyak bila dibandingkan dengan jumlah senyawa anorganik yang hanya sekitar seratus ribuan?

Selain perbedaan jumlah yang sangat mencolok yang menyebabkan kimia karbon dibicarakan secara tersendiri, karena memang terdapat perbedaan yang sangat besar antara senyawa karbon dan senyawa anorganik seperti yang dituliskan pada tabel berikut.

Hidrokarbon adalah sejenis senyawa yang banyak terdapat dialam sebagai minyak bumi. Indonesia banyak menghasilkan senyawa ini dalam bentuk minyak bumi yang mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Senyawa hidrokarbon terdiri dari :

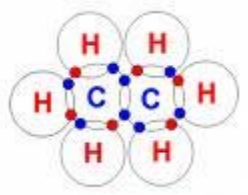
1. Alkana (C_nH_{2n+2})
2. Alkena (C_nH_{2n})
3. Alkuna (C_nH_{2n-2})

Tabel 12.1 Perbandingan senyawa karbon dengan senyawa anorganik

Senyawa karbon	Senyawa anorganik
• membentuk ikatan kovalen • dapat membentuk rantai karbon • non elektrolit • reaksi berlangsung lambat • titik didih dan titik lebur rendah • larut dalam pelarut organik	• membentuk ikatan ion • tidak dapat membentuk rantai karbon • elektrolit • reaksi berlangsung cepat • titik didih dan titik lebur tinggi • larut dalam pelarut pengion

rumus umum senyawa alkana C_nH_{2n+2}

1. Alkana



Gambar 12.6
Contoh senyawa alkana (etana)

Hidrokarbon jenuh yang paling sederhana merupakan suatu deret senyawa yang memenuhi rumus umum C_nH_{2n+2} yang dinamakan alkana atau parafin. Suku pertama sampai dengan 14 senyawa alkana dapat kita peroleh dengan mensubstitusikan harga n kedalam rumus tersebut, dengan n adalah jumlah atom C yang ada. Hasil lengkapnya tertulis dalam Tabel 14.2 berikut.

Tabel 12.2 Suku pertama sampai dengan 14 senyawa alkana

Suku ke	Rumus Molekul	Nama	Titik Didih (°C/1 atm)	Massa 1 mol dalam g
1	CH_4	metana	-161	16
2	C_2H_6	etana	-89	30
3	C_3H_8	propana	-44	44
4	C_4H_{14}	butana	-0.5	58
5	C_5H_{12}	pentana	36	72
6	C_6H_{14}	heksana	68	86
7	C_7H_{16}	heptana	98	140
8	C_8H_{18}	oktana	125	114
9	C_9H_{20}	nonana	151	128
14	$C_{14}H_{22}$	dekana	174	142

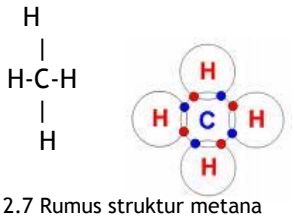
Selisih antara suku satu dan suku berikutnya selalu sama, yaitu CH_2 atau 14 satuan massa atom, sehingga *deret homolog* (deret sepancaran). Ternyata banyak senyawa-senyawa karbon yang merupakan deret seperti alkana seperti yang akan kita pelajari nanti. Untuk dapat memberi nama pada suku-suku alkana, dapat dilakukan dengan memperhatikan nama setiap suku itu dan nama umumnya (= alkana).

Umpamanya, metana dan alkana apanya yang sama? Keduanya memiliki akhiran -ana, jadi alk- diganti dengan *met-* untuk suku pertama. Untuk suku kedua diganti dengan *et-*, suku ketiga dengan *prop-*, suku keempat dengan *but-*, mulai suku kelima dan seterusnya diberi awalan angka-angka Latin; *pent-* untuk 5, *heks-* untuk 6, *hept-* untuk 7, *okt-* untuk 8, *non-* untuk 9, dan *dek-* untuk 14. Hasil penamaan sudah dapat dilihat pada tabel di atas. Kita harus betul-betul menguasai nama-nama dari kesepuluh alkana yang sederhana ini karena akan merupakan dasar bagi penamaan senyawa-senyawa karbon lainnya.

Alkana-alkana penting sebagai bahan bakar dan sebagai bahan mentah untuk mensintesis senyawa-senyawa karbon lainnya. Seperti disebut dimuka, alkana banyak terdapat dalam minyak bumi, dan dapat dipisahkan menjadi bagian-bagiannya dengan distilasi bertingkat. Suku pertama sampai dengan keempat senyawa alkana (metana sampai butana) berwujud gas pada temperatur kamar. Metana biasa disebut juga gas alam yang banyak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga/industri. Gas propana, dapat dicairkan pada tekanan tinggi dan digunakan pula sebagai bahan bakar yang disebut LPG (liquified petroleum gas). LPG dijual dalam tangki-tangki baja dan diedarkan ke rumah-rumah. Gas butana lebih mudah mencair daripada propana dan digunakan sebagai "geretan" rokok. Oktana mempunyai titik didih yang tempatnya berada dalam lingkungan bahan bakar motor. Alkana-alkana yang bersuhu tinggi terdapat dalam kerosin (minyak tanah), bahan bakar diesel, bahan pelumas, dan parafin yang banyak digunakan untuk membuat lilin.

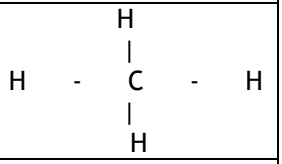
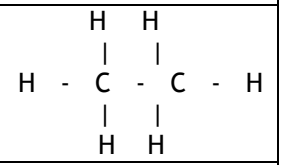
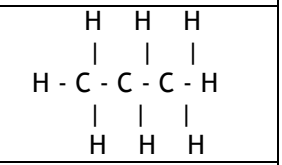
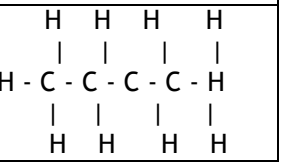
Bagaimana sifat-sifat senyawa karbon yang termasuk dalam satu deret homolog ? Perhatikan Tabel 12.2 di atas di mana terdapat salah satu sifat, yaitu titik didih. Titik didih semakin tinggi jika massa molekul relatifnya makin besar. Hal ini berarti bahwa pada suhu kamar, wujudnya akan berubah dari gas ke cair kemudian padat. Kecenderungan sifat apa lagi yang dapat kita ramalkan ?

Dalam kimia karbon adalah panting bagi kita untuk dapat menuliskan *rumus molekul* dan *rumus struktur*. Rumus molekul menyatakan banyaknya atom setiap unsur yang ada dalam suatu molekul. Sedangkan rumus struktur (Lihat Tabel 12.3) menggambarkan bagaimana atom-atom itu terikat satu sama lain. Karena atom karbon merupakan tulang punggung dari semua senyawa karbon, maka kita harus mampu menggambarkan rangka karbon dalam suatu molekul senyawa karbon. Setiap atom karbon dikelilingi secara *tetrahedral* oleh atom-atom yang terikat dalam gambaran tiga dimensi, tetapi biasanya molekul-molekul senyawa karbon cukup digambarkan dengan tampilan dua dimensi saja.



Gambar 12.7 Rumus struktur metana

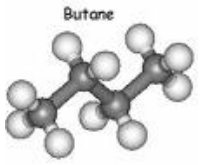
Tabel 12.3 Rumus struktur beberapa senyawa alkana

Nama	Formula (rumus)	Formula struktural
metana	CH_4	
etana	C_2H_6	
propana	C_3H_8	
butana	C_4H_{14}	

Penggambaran rantai struktur senyawa ini sebenarnya mudah. Bila rantai karbonnya panjang atau bercabang, maka setelah kita buat rangka atom karbonnya tinggal membubuhkan atom-atom hidrogen pada ikatan atom karbon yang masih kosong.

Contoh : molekul butana. Pertama sekali, dibuat rangkanya yang terdiri dari 4 atom karbon yang diletakkan berdampingan. Selanjutnya, atom-atom hidrogennya diletakkan pada masing-masing atom karbonnya.

Bentuk butana dalam ruang sesunggunhya adalah seperti yang ditampilkan oleh Gambar 12.8



Gambar 12.8 Butana (3 dimensi)

Kalau kita membuat molekul butana dengan molymod, terlihat bahwa rantai karbonnya tidak benar-benar lurus seperti rumus strukturnya, karena atom karbon tetrahedral mencegah gambaran rantai karbon lurus. Kebanyakan yang kita tuliskan adalah rumus struktur yang lebih sederhana lagi yaitu:

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ atau $CH_3CH_2CH_2CH_3$

Jadi asal terbaca rantai karbonnya, itulah yang akan kita gunakan selanjutnya asal selalu ingat bahwa sesungguhnya adalah gambaran ruang.

Ciri-ciri alkana

- Merupakan hidrokarbon jenuh (alkana rantai lurus dan siklo/cincin alkana)
- Disebut golongan parafin : affinitas kecil (=sedikit gaya gabung)
- Sukar bereaksi
- C1 – C4 : pada Tdan P normal adalah gas
- C4 – C17 : pada T dan P normal adalah cair
- > C18 : pada T dan P normal adalah padat
- Titik didih makin tinggi : terhadap penambahan unsur C
- Jumlah atom C sama : yang bercabang mempunyai TD rendah
- Kelarutan : mudah larut dalam pelarut non polar
- BJ naik dengan penambahan jumlah unsur C
- Sumber utama gas alam dan petrolium

Pembuatan alkana

- Hidrogenasi senyawa Alkena
- Reduksi Alkil Halida
- Reduksi metal dan asam

Penggunaan alkana

- Metana : zat bakar, sintesis, dan carbon black (tinta, cat, semir, ban)
- Propana, Butana, Isobutana : zat bakar LPG (Liquified Petrolium Gases)
- Pentana, Heksana, Heptana : sebagai pelarut pada sintesis.

Tata nama alkana

Sekarang bagaimana cara memberi nama *isomer* butana itu? Untuk itu marilah kita gunakan aturan tata nama yang diterbitkan IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*).

1. Rantai karbon berurutan yang terpanjang dalam suatu molekul ditentukan sebagai rantai induk. Carilah namanya pada tabel *suku pertama sampai dengan 14 senyawa alkana*

dan letakkan di bagian belakang. Kadang-kadang rumus struktur itu tidak digambarkan dengan rantai karbon terpanjang dalam garis lurus.

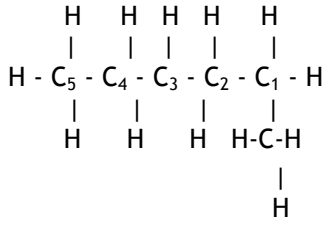
2. Isomer bercabang diberi nama sebagai turunan rantai lurus di mana satu atau beberapa atom hidrogen diganti dengan pecahan alkana. Pecahan alkana ini disebut gugus alkil, biasa diberi tanda -R (dari kata radikal), dan mempunyai rumus umum $-C_nH_{2n+1}$.
   Nilai n adalah jumlah atom karbon yang ada pada senyawa tertentu tersebut sedemikian hingga didapat suku-sukunya seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 12.4 Gugus alkil

$-C_nH_{2n+1}$	**Rumus struktur sederhana**	**Nama**
$-CH_3$	$-CH_3$	Metil
$-C_2H_5$	$-CH_2-CH_3$	Etil
$-C_3H_7$	$-CH_2-CH_2-CH_3$	Propil
$-C_4H_9$	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Butil

Tentu kita dapat meneruskan untuk alkil-alkil lain, tetapi untuk gugus bercabang tentu jarang yang berantai panjang. Letakkan nama gugus cabang ini di depan nama rantai induk. Untuk menentukan cabang pada rantai induk, rantai induk itu diberi diberi nomor dari kiri atau dari kanan sehingga cabang pertama mempunyai nomor terkecil.

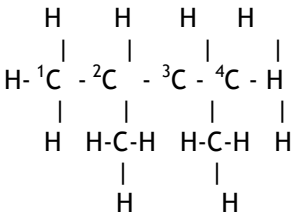
Dibawah ini adalah contoh cara menamakan senyawa berikut :



a. Menurut aturan nomor satu, rantai C terpanjang 5, jadi namanya pentana dan kita letakkan di bagian belakang.
b. Cabangnya adalah metil
c. Letakkan cabang itu pada atom C nomor dua dari kanan (karena kalau dari kiri menjadi nomor 4).

Kadang-kadang terdapat lebih dari satu cabang. Jika cabang-cabang itu sama, namanya tidak perlu disebut dua kali. Cukup diberi awalan di- , kalau 3 cabang sama awalannya tri-, tetra untuk 4 cabang yang sama dan seterusnya. Ingat setiap cabang diberi satu nomor, tidak peduli cabangnya sama atau beda.

Dibawah ini adalah contoh penamaan yang lain.



2,3-dimetilbutana

a. Rantai terpanjangnya 4, jadi dinamakan butana
b. Cabangnya adalah metil dan ada dua buah
c. Letak cabangnya pada atom C nomor 2 dan nomor 3.

Jika cabang-cabang itu berbeda, maka urutan menyebutnya adalah menurut urutan abjad huruf pertamanya, cabang etil disebut dulu dari cabang metil.

Isomer alkana

Bagaimana kita dapat memperoleh molekul alkana yang lebih panjang dari molekul yang lebih pendek ? Gantilah salah satu atom H dari metana dengan gugus $-CH_3$ maka akan kita peroleh molekul etana. Demikian juga jika kita mengganti salah satu atom H dari etana dengan gugus $-CH_3$ akan kita peroleh propana yang rantai karbonnya lebih panjang satu lagi. Lihat berikut ini.

CH_3-H diganti dengan $-CH_3$ akan diperoleh CH_3-CH_3
CH_3-CH_2-H diganti dengan $-CH_3$ diperoleh CH_3-CH_2-CH_3.
Dan seterusnya.

Kita boleh memilih salah satu atom H yang mana saja untuk diganti dengan gugus $-CH_3$ dan kita akan memperoleh hasil penggantian yang sama. Kita mengatakan bahwa setiap atom H terikat secara ekuivalen dengan atom karbon. Tetapi bila sekarang kita akan mengganti salah satu atom H dari propana dengan gugus $-CH_3$ anda akan memperoleh lebih dari satu macam hasil,

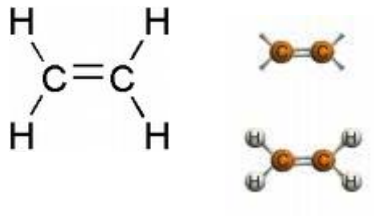
Perhatikanlah:
CH_3-CH_2-CH_2-H diganti dengan $-CH_3$ diperoleh CH_3-CH_2-CH_2-CH_3
n-butana

H
|
CH_3-CH-CH_3 diganti dengan -CH_3 diperoleh CH_3-CH-CH_3
|
CH_3
isobutana

Jelas terlihat bahwa kedua hasil penggantian di atas berbeda, kita mengatakan atom H tidak lagi terikat secara ekuivalen. Atom C yang terikat dengan satu atom C dan 3 atom H disebut atom C primer, sedang atom C yang terikat dengan dua atom C den dua atom H disebut atom C sekunder. Kedua hasil penggantian itu mempunyai rumus struktur yang berbeda tetapi rumus molekulnya sama, peristiwa ini disebut isomer. Jadi dapatkah kita mendefinisikan apa itu isomer ? Kedua hasil penggantian itu adalah senyawa yang berbeda terbukti mempunyai sifat-sifat berbeda. Titik beku dan titik didih dari yang berantai lurus adalah -138,3°C dan -0,5°C sedang yang rantainya bercabang adalah -159°C dan -12°C. Sekarang semakin jelas tentunya mengapa jumlah senyawa karbon itu demikian banyaknya.

2. Alkena

Rumus umum Senyawa alkena C_nH_{2n}

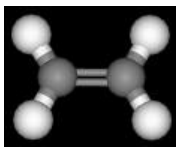


Gambar 12.9
Contoh senyawa alkena

Alkena tergolong hidrokarbon tidak jenuh yang mengandung satu ikatan rangkap dua antara dua atom C yang berurutan. Jadi rumus umumnya mempunyai 2 atom H lebih sedikit dari alkana karena itu rumus umumnya menjadi C_nH_{2n+2}-2H = C_nH_{2n}. Kekurangan jumlah atom H pada alkena dibandingkan dengan jumlah atom H pada alkana dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan untuk n = 2, pada alkana adalah C_2H_6 sedang pada alkena adalah C_2H_4, bagaimana dapat digambarkan rumus strukturnya?

Perhatikan contoh berikut!

H H H H
| | | |
H - C - C - H berubah menjadi H - C = C - H
| |
H H

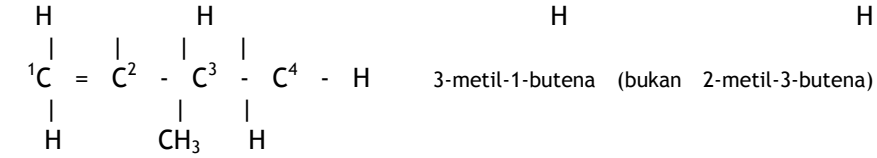


Kedua atom H di bawah harus dibebaskan supaya elektron-elektron atom C yang tadinya dipakai untuk membentuk ikatan kovalen dengan atom H dapat dialihkan untuk membentuk ikatan kovalen dengan sesama atom karbon. Alkena mengandung satu ikatan rangkap dua antara dua atom C, maka suku pertama alkena harus mengandung dua atom C. Jadi n = 2, dan beberapa suku lain dapat Anda lihat pada tabel berikut ini.

Tabel 12.5. Lima suku pertama alkena

Suku ke		rumus struktur	nama
1		$CH_2 = CH_2$	etena
2	3	$CH_2 = CH - CH_3$	propena
3	4	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$	1-butena
4	5	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-pentena
5	6	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-heksena

Nama alkena berbeda dengan alkana hanya pada bagian belakang, jadi bagian yang menunjuk pada jumlah tidak berubah. Bagaimana memberi nama alkena yang bercabang? Secara garis, besar tidak berbeda dengan cara memberi nama alkana yang bercabang, tetapi pada penentuan rantai induk yang terpanjang harus rantai yang mengandung ikatan rangkap. Jadi ikatan rangkapnya diutamakan dengan nomor terkecil. Sebagai contoh lihatlah rumus struktur berikut ini.



3-metil-1-butena (bukan 2-metil-3-butena)

Pada alkana tidak ada bagian dari rumus strukturnya yang mempunyai ciri khas, sebaliknya pada alkena ada bagian dari rumus strukturnya yang mengandung satu ikatan rangkap dua. Bagian ini (-C=C-) disebut *gugus fungsional*.
Suku alkena yang banya dikenal adalah etena (etilena) dan propena (propilena) yang merupakan bahan dasar untuk membuat plastik polietena (politena) dan polipropilen.

Ciri-ciri alkena

- Hidrokarbon tak jenuh ikatan rangkap dua
- Alkena = olefin (pembentuk minyak)
- Sifat fisiologis lebih aktif (sbg obat tidur) : 2-metil-2-butena
- Sifat sama dengan Alkana, tapi lebih reaktif
- Sifat-sifat : gas tak berwarna, dapat dibakar, bau yang khas, eksplosif dalam udara (pada konsentrasi 3 – 34%)
- Terdapat dalam gas batu bara biasa pada proses "cracking"

- Pembuatan : pengawahidratan etanol

Penggunaan etena

- Dapat digunakan sebagai obat bius (dicampur dengan O_2)
- Untuk memasakkan buah-buahan
- Sintesis zat lain (gas alam, minyak bumi, etanol)

Pembuatan alkena :

- Dehidrohalogenasi alkil halida
- Dehidrasi alkohol
- Dehalogenasi dihalida
- Reduksi alkuna

3. Alkuna

Rumus umum senyawa alkuna : C_nH_{2n-2}

Alkuna merupakan deret senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang dalam tiap molekulnya mengandung satu ikatan rangkap 3 diantara dua atom C yang berurutan. Untuk membentuk ikatan rangkap 3 atau 3 ikatan kovalen diperlukan 6 elektron, sehingga tinggal satu elektron pada tiap-tiap atom C tersisa untuk mengikat atom H. Jumlah atom H, yang dapat diikat berkurang dua, maka rumus umumnya menjadi

$$C_nH_{2n+2} - 4H = C_nH_{2n-2}$$

Seperti halnya alkena, alkuna juga mempunyai suku pertama dengan harga n = 2, sehingga rumus molekulnya C_2H_2, sedang rumus strukturnya H - C = ¤C - H. Senyawa alkuna tersebut mempunyai nama etuna atau dengan nama lazim asetilena. Asetilena merupakan suatu gas yang dihasilkan dari reaksi senyawa karbida dengan air dan banyak digunakan oleh tukang las untuk menyambung besi. Reaksinya adalah sebagai berikut :

$$CaC_2\ (s) + 2\ H_20\ (l) \rightarrow C_2H_2\ (g) + Ca(OH)_2\ (aq)$$

Tata nama alkuna sama dengan alkana atau alkena, bagian pertama menunjuk pada jumlah sedang bagian kedua adalah akhiran -*una*, tetapi suku pertamanya juga mempunyai n = 2 seperti alkena. Etuna merupakan suku alkuna satu-satunya yang dapat dibuat. Suku-suku alkuna lain sering diberi nama atau dianggap sebagai turunan etuna. Jadi propuna disebut metil asetilena.

Seperti pada alkana, suku-suku rendah pada alkena dan alkuna pun hanya mempunyai satu rumus struktur, tetapi pada suku ketiga (jangan lupa harga n-nya 4) dapat kita tuliskan lebih dari satu rumus struktur yaitu ,

Tabel 12.6 Isomer Butena

1-butena	CH_2=CH-CH_2-CH_3
2-butena	CH_3-CH=CH-CH_3
2-metil-1-propena	CH_2=C-CH_3 | CH_3

Tabel 12 .7 Isomer pada butuna

1-butuna	$CH_3 \equiv C - CH_2 - CH_3$
2-butuna	$CH_3 - C \equiv C - CH_3$

Jadi peristiwa isomeri terjadi pula pada alkena dan alkuna, bahkan penyebabnya dua. Kalau pada alkana hanya pada rantainya berbeda (disebut isomeri rantai), pada alkena dan alkuna dapat pula disebabkan ikatan rangkapnya berpindah tempat (disebut isomeri posisi) karena itu letak ikatan rangkap pada suku-suku alkena dan alkuna yang lebih tinggi selalu diberi nomor seperti terlihat di atas.

Ciri-ciri alkuna

- Hidrokarbon tak jenuh mempunyai ikatan rangkap tiga
- Sifat-sifatnya menyerupai alkena, tetapi lebih reaktif
- Pembuatan : $CaC_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$
- Sifat-sifat :
  - ► Suatu senyawaan endoterm, maka mudah meledak
  - ► Suatu gas, tak berwarna, baunya khas
- Penggunaan etuna :
  - ► Pada pengelasan : dibakar dengan O_2 memberi suhu yang tinggi (± 3000^oC), dipakai untuk mengelas besi dan baja
  - ► Untuk penerangan
  - ► Untuk sintesis senyawa lain

Pembuatan alkuna

- Dehidrohalogenasi alkil halida
- Reaksi metal asetilida dengan alkil halida primer

Beberapa hidrokarbon lain

Seperti dikatakan dalam klasifikasi hidrokarbon, masih banyak hidrokarbon lainnya, tetapi rumus umumnya kadang-kadang sama dengan rumus umum yang ada antara lain rumus umum alkena. Rumus

umum alkena juga menunjukkan hidrokarbon siklis yang jenuh yang dikenal sebagai *siklana* (siklo-alkana) dan siklo-propana sebagai suku pertamanya mempunyai harga n = 3. Alkandiena dan siklo-alkena mempunyai rumus umum yang sama dengan alkuna. Rumus molekul C_5H_8 dapat merupakan pentuna, isoprena (monomer dari karet alam atau siklopentana).

$H_3C - CH_2 - CH_2 - C - CH$ pentuna

$H_2C = C - CH = CH_2$
|
CH_3 isoprena

Adalagi hidrokarbon berlingkar yang mengandung cincin segi enam, dikenal sebagai *hidrokarbon aromatik* karena umumnya hidrokarbon ini harum baunya walaupun banyak juga yang beracun. Struktur utama senyawa aromatik yang menjadi dasar sifat-sifat kimianya adalah cincin benzena. Cincin benzena biasa digambarkan sebagai segi-enam beraturan dengan tiap sudut ditempati oleh atom C yang mengikat satu atom H dan ikatan rangkap yang berselang-seling antara dua atom C yang berurutan (lihat gambar di bawah ini). Gambaran ini sempat menguasai senyawa aromatik untuk beberapa puluh tahun sebelum akhirnya diubah karena sifat-sifat utama ikatan rangkap tidak tampak pada gambaran struktur benzena sebelumnya. Hidrokarbon aromatik banyak pula terdapat dalam minyak bumi.

a. Alkohol

Alkohol mempunyai rumus umum R-OH. Strukturnya serupa dengan air, tetapi satu hidrogennya diganti dengan satu gugus alkil. Gugus fungsi alkohol adalah gugus hidroksil, -O. Alkohol tersusun dari unsur C, H, dan O. Struktur alkohol : R-OH primer, sekunder dan tersier

Sifat fisika alkohol :

- TD alkohol > TD alkena dengan jumlah unsur C yang sama (etanol = 78^oC, etena = -88,6^oC)
- Umumnya membentuk ikatan hidrogen
- Berat jenis alkohol > BJ alkena
- Alkohol rantai pendek (metanol, etanol) larut dalam air(=polar)

Struktur Alkohol : R - OH

$R-CH_2-OH$	$(R)_2CH-OH$	$(R)_3C-OH$
Primer	sekunder	tersier

Pembuatan alkohol :

- Oksi mercurasi – demercurasi

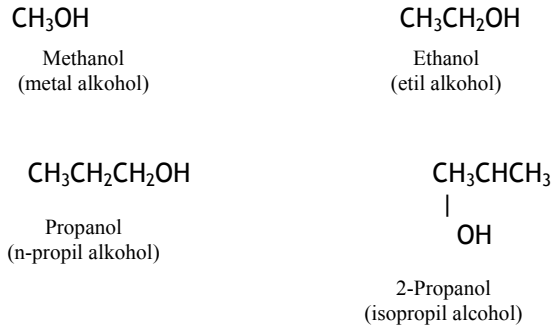
- Hidroborasi – oksidasi
- Sintesis Grignard
- Hidrolisis alkil halida

Penggunaan alkohol :

- Metanol : pelarut, antifreeze radiator mobil, sintesis formaldehid, metilamina, metilklorida, metilsalisilat, dll
- Etanol : minuman beralkohol, larutan 70 % sebagai antiseptik, sebagai pengawet, dan sintesis eter, koloroform, dll.

Tatanama alkohol

Nama umum untuk alkohol diturunkan dari gugus alkol yang melekat pada –OH dan kemudian ditambahkan kata alkohol. Dalam sisitem IUAPAC, akhiran-ol menunjukkan adanya gugus hidroksil. Contoh-contoh berikut menggambarkan contoh-contoh penggunaan kaidah IUPAC (Nama umum dinyatakan dalam tanda kurung).



b. Eter

Bagi kebanyakan orang kata eter dikaitkan dengan anestesi. Eter yang dimaksud adalah hanyalah salah satu anggota kelompok eter, yaitu senyawa yang mempunyai dua gugus organik melekat pada atom oksigen tunggal. Rumus umum eter ialah R-O-R', yang R dan R'-nya bisa sama atau berbeda, gugusnya dapat berupa alkil atau aril. Pada anestesi umum kedua R-nya adalah gugus etil. CH_3CH_2-O- CH_2 CH_3.

Eter merupakan isomer atau turunan dari alkohol (unsur H pada OH diganti oleh alkil atau aril). Eter mengandung unsur C, H, dan O.

Sifat fisika eter :

- Senyawa eter rantai C pendek berupa cair pada suhu kamar dan TD nya naik dengan penambahan unsur C.

- Eter rantai C pendek medah larut dalam air, eter dengan rantai panjang sulit larut dalam air dan larut dalam pelarut organik.
- Mudah terbakar
- Unsur C yang sama TD eter > TD alkana dan < TD alkohol (metil, n-pentil eter 140^{o}C, n-heptana 98^{o}C, heksil alkohol 157^{o}C).

Pembuatan eter :

- Sintesis Williamson
- Alkoksi mercurasi – demercurasi

Penggunaan eter :

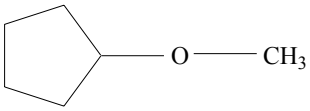
- Dietil eter : sbg obat bius umum, pelarut dari minyak, dsb.
- Eter-eter tak jenuh : pada opersi singkat : ilmu kedokteran gigi dan ilmu kebidanan.

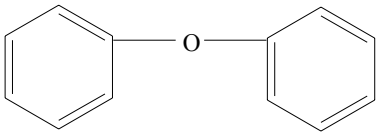
Tatanama eter

Eter diberi nama berdsarkan gugus alkil atau arilnya menurut urutan abjad, diikuti dengan kata *eter* misalnya :

CH_3-O-CH_2CH_3 CH_3CH_2-O- CH_2CH_3

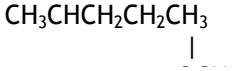
Etil metal eter dietil eter



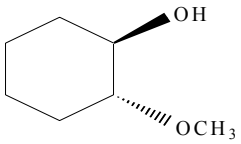


Siklopentil metil eter Difenil eter

Untuk eter dengan stuktur kompleks, kadang-kaang diperlukan nama gugus –OR sebagai gugus alkoksi. Misalnya, dalam sistem IUPAC eter diberi nama sebagai hidrokarbon dengan substitusi alkoksi.



2-metoksi pentana



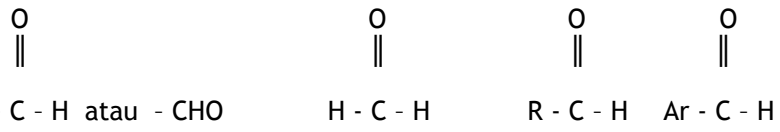
Trans-2-metoksi sikloheksanol

c. Aldehida dan keton

Sekarang kita sampai pada stuktur dan reaksi yang menyangkut gugus fungsi penting dalm kimia organik ,yaitu gugus

karbonil, C = O. Gugus ini dimiliki oleh golongan senyawa aldehida, keton, asam karboksilat, ester dan turunan lainnya. Senyawa ini penting dalam banyak proses biologi dan merupakan mata niaga penting pula.

Aldehida mempunyai paling sedikit satu atom hidrogen melekat pada gugus karbonil. Gugus lainnya dapat berupa gugus hydrogen, alkil atau aril.



Aldehid adalah suatu senyawa yang mengandung gugus karbonil (C=O) yang terikat pada sebuah atau dua buah unsur hidrogen. Aldehid berasal dari " alkohol dehidrogenatum". (cara sintesisnya). Struktur Aldehid : R – CHO

Ciri-ciri aldehid :

- Sifat-sifat kimia aldehid dan keton umumnya serupa, hanya berbeda dalam derajatnya. Unsur C kecil larut dalam air (berkurang + C).
- Merupakan senyawa polar, TD aldehid > senyawa non polar
- Sifat fisika formaldehid : suatu gas yang baunya sangat merangsang
- Akrolein = propanal = CH2=CH-CHO : cairan, baunya tajam, sangat reaktif.

Contoh : Formaldehid = metanal = H-CHO

- Sifat-sifat : satu-satunya aldehid yang berbentuk gas pada suhu kamar, tak berwarna, baunya tajam, larutanya dalam H2O dari 40 % disebut formalin.
- Penggunaan : sebagai desinfektans, mengeraskan protein (mengawetkan contoh-contoh biologik), membuat damar buatan.

Pembuatan aldehid :

- Oksidasi dari alkohol primer
- Oksidasi dari metilbenzen
- Reduksi dari asam klorida

Keton adalah suatu senyawa organik yang mempunyai sebuah gugus karbonil (C=O) terikat pada dua gugus alkil, dua gugus aril atau sebuah alkil dan sebuah aril. Sifat-sifat sama dengan aldehid. Struktur: $(R)_2$-C=O

Contoh : propanon = dimetil keton = aseton = $(CH_3)_2$-C=O

- Sifat : cairan tak berwarna, mudah menguap, pelarut yang baik.
- Penggunaan : sebagai pelarut.

Contoh lain : asetofenon = metil fenil keton

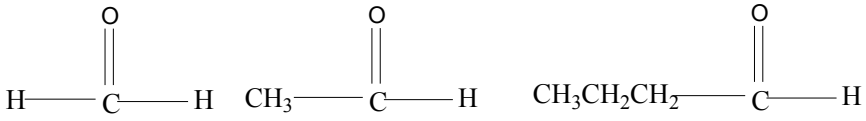
- Sifat : berhablur, tak berwarna
- Penggunaan : sebagai hipnotik, sebagai fenasil klorida (kloroasetofenon) dipakai sebagai gas air mata.

Pembuatan keton

- Oksidasi dari alkohol sekunder
- Asilasi Friedel-Craft
- Reaksi asam klorida dengan organologam

Tatanama aldehida dan keton

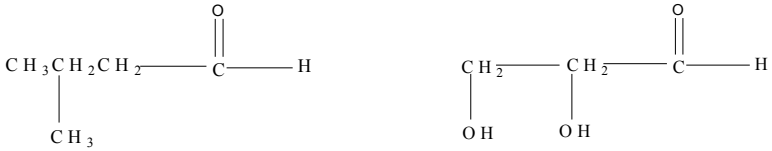
Dalam sistem IUPAC, aldehida diberi akhiran *-al* (berasal dari suku pertama aldehida). Contoh-contohnya adalah sebagai berikut :



Metanal (formaldehid) | Etanal (asetaldehid) | butanal (n-butiraldehid)

Karena aldehida telah lama dikenal, nama-nama umum masih sering digunakan. Nama-nama tersebut dicantumkan dibawah nama IUPAC-nya. Karena nama ini sering digunakan, anda perlu juga mempelajarinya juga.

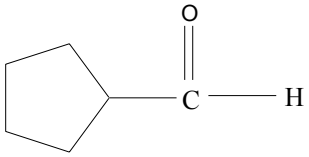
Untuk aldehida yang mempunyai subtituen, penomoran rantai dimulai dari karbon aldehida sebagai mana contoh berikut :



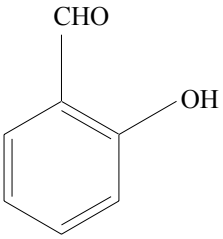
3-metil butanal

2,3-dihidroksipropanal (gliseraldehida)

Untuk aldehida siklik,digunakan awalan-*karbaldehida*. Aldehida aromatik sering mempunyai nama umum.

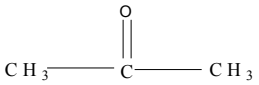


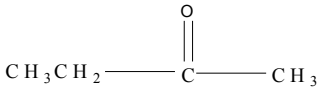
Siklopentana karbaldehida
(formilsiklopentana)



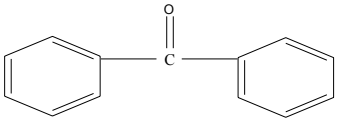
salisilaldehida
(2-hidroksibenzenakarbaldehida))

Dalam sistem IUPAC, keton diberi akhiran-*on* (dari suku kata terakhir keton). Penomoran dilakukan sehingga gugus karbonil mendapat nomor kecil. Biasanya keton diberi nama dengan menambahkan kata keton setelah nama-nama gugus alkil atau arilyang melekat pada gugus karbonil. Sama halnya dengan aldehida nama umum sering digunakan. Contohnya adalah sebagai berikut :

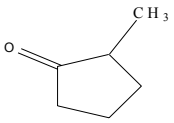




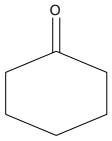
2-butanon
(etil metal keton)



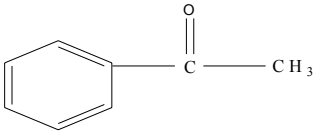
benzofenon
(difenil keton)



2-metilsiklopentanon



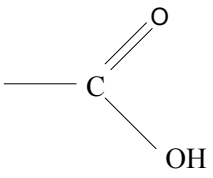
sikloheksanon

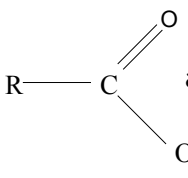


Asetofenon
(metal fenil keton)

d. Asam karboksilat dan turunannya

Asam organik yang paing penting adalah asam-asam karboksilat. Gugus fungsinya adalah gugus karboksil, kependekan dari dua bagian yaitu gugus karbonil dan hidroksil. Rumus asam karboksilat dapat dipanjangdan atau dipendekkan seperti :





atau RCO_2H atau RCOOH

Gambar 12.10 Gugus karboksil

Ciri-ciri asam karboksilat

- Mengandung gugus COOH yang terikat pada gugus alkil (R-COOH) maupun gugus aril (Ar-COOH)
- Kelarutan sama dengan alkohol
- Asam dengan jumlah C 1 – 4 : larut dalam air
- Asam dengan jumlah C = 5 : sukar larut dalam air
- Asam dengan jumlah C > 6 : tidak larut dalam air
- Larut dalam pelarut organik seperti eter, alkohol, dan benzen
- TD asam karboksilat > TD alkohol dengan jumlah C sama.

Contoh : asam format = HCOOH

- Sifat fisika : cairan, tak berwarna, merusak kulit, berbau tajam, larut dalam H_2O dengan sempurna.
- Penggunaan : untuk koagulasi lateks, penyamakkan kulit, industri tekstil, dan fungisida.

Contoh lain :asam asetat = CH_3-COOH

- Sifat : cair, TL 17^oC, TD 118^oC, larut dalam H_2O dengan sempurna
- Penggunaan : sintesis anhidrat asam asetat, ester, garam, zat warna, zat wangi, bahan farmasi, plastik, serat buatan, selulosa dan sebagai penambah makanan.

Pembuatan asam karboksilat

- Oksidasi alkohol primer
- Oksidasi alkil benzen
- Carbonasi Reagen Grignard
- Hidrolisin nitril

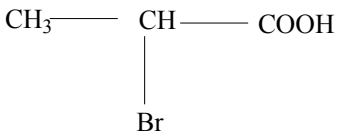
Tatanama Asam karboksilat

Karena banyak terdapat dialam, asam-asam karboksilat adalah golongan senyawa yang paling dulu dipelajari oleh kimiawan organik. Karena tidak mengherankan jika banyak senyawa-senyawa asam mempunyai nama-nama biasa. Nama-nama ini biasanya diturunkan dari bahasa Latin yang menunjukkan asalnya. Tabel 12.8 memuat nama-nama asam berantai lurus beserta nama IUPAC-nya. Banyak dari asam ini mula-mula dipisahkan dari lemak sehingga sering dinamakan sebagai asam-asam lemak (struktur lemak secara terinci dibahas dalam bab berikutnya). Untuk memperoleh nama IUPAC suatu asam karboksilat (Tabel 12.8 kolom terakhir) diperlukan awalan kata asam da akhiran at.

Asam-asam bersubstitusi diberi nama menurut dua cara. Dalam sisitem IUPAC, nomor rantai dimulai dari asam karbon pembawa gugus karboksil dan substituen diberi nomor lokasi. Jika nama umum yang digunakan lokasi substituen dilambangkan dengan huruf latin, dimulai dengan atom karbon α.

Tabel 12.8 Asam-asam Karboksilat alifatik

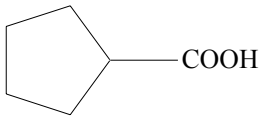
Atom Karbon	Rumus	Sumber	Nama biasa	Nama IUPAC
1	HCOOH	Semut(Latin,formika)	Asam format	Asam metanoat
2	CH_3COOH	Cuka(Latin,acetum)	Asam asetat	Asam etanoat
3	CH_3CH_2COOH	Susu(Yunani, protos pion=lemak pertama)	Asam propionat	Asam propanoat
4	$CH_3(CH_2)_2COOH$	Mentega(Latin,butyrum)	Asam valerat	Asam pentanoat
5	$CH_3(CH_2)_3COOH$	Akar valerian (Latin,valere =kuat)	Asam kaproat	Asam heksanoat
6	$CH_3(CH_2)_4COOH$	Domba(latin, caper)	Asam enentat	Asam heptanoat
7	$CH_3(CH_2)_5COOH$	Bunga anggur (Yunani,oenanthe)	Asam kaprilat	Asam oktanoat
8	$CH_3(CH_2)_6COOH$	Domba(latin, caper)		
9	$CH_3(CH_2)_7COOH$	Pelargonium (Yunani,pelargos)	Asam pelargonat	Asan nonanoat
14	$CH_3(CH_2)_8COOH$	Domba(latin, caper)	Asam kaprat	Asam dekanoat



$HO - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$

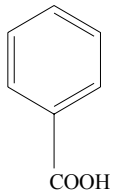
IUPAC asam 2-bromopropanoat asam 5-hidroksipentanoat
Umum asam α-bromopropionat asam δ-hidroksivalerat
(δ = delta)

Jika gugus karboksilat dihubungkan dengan cincin, akhiran karboksilat ditambahkan pada nama induk sikloalkana.

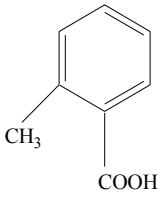


Asam siklopentana karboksilat

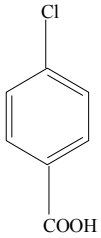
Asam-asam aromatic juga diberi tambahan –at pada turunan hidrokarbon aromatiknya. Beberapa contoh diantaranya :



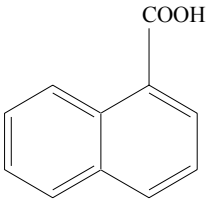
Asam benzoate
(asam benzanal karboksilat)



Asam o-toluat
(asam 2-metil benzena karboksilat)



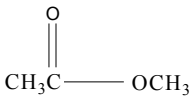
Asam p-klorobenzoat
(asam 4-kloro benzena karboksilat)

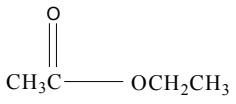


Asam 1-naftoat
(asam 1-naftalena karboksilat)

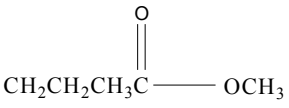
Ester

Ester diturunkan dari asam dengan mengganti gugus OH dengan gugus OR. Sifat fisika : berbentuk cair atau padat, tak berwarna, sedikit larut dalm H_2O, kebanyakan mempunyai bau yang khas dan banyak terdapat di alam. Struktut ester : R – COOR. Ester diberi nama seperti penamaan pada garam.

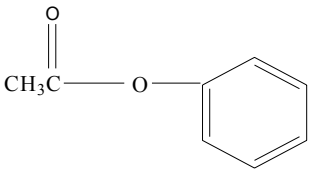




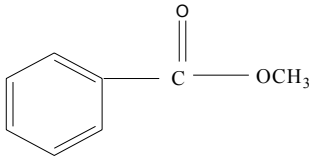
Etil



Metil butanoat

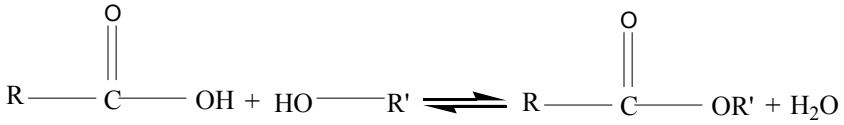


Fenil asetat



Metil benzoat

Perhatikan bahwa bagian R dari gugus OR disebutkan dahulu, diikuti dengan nama asam yang berakhiran *-at*.



Pembuatan ester :

- Reaksi alkohol dan asam karboksilat
- Reaksi asam klorida atau anhidrida.

Penggunaan ester :

- Sebagai pelarut, butil asetat (pelarut dalam industri cat).
- Sebagai zat wangi dan sari wangi.

Pembuatan ester, estrerifikasi Fischer

Jika asam karboksilat dan alkohol dan katalis asam (biasanya HCl atau H_2SO_4) dipanaskan terdapat kesetimbangan dengan ester dan air.

Proses ini dinamakan esterifikasi fischer, yaitu berdasarkan nama Emil Fischer kimiawan organik abad 19 yang mengembangkan metode ini. Walaupun reaksi ini adalah reaksi kesetimbangan, dapat juga digunakan untuk membuat ester dengan hasil yang tinggi dengan menggeser kesetimbangan kekanan. Hal ini dapat dicapai dengan beberapa teknik. Jika alkohol atau asam harganya lebih murah, dapat digunakan jumlah berlebihan. Cara lain ialah dengan memisahkan ester dan/atau air yang terbentuk (dengan penyulingan) sehingga menggeser reaksi kekanan.

Reaksi-reaksi senyawa karbon

Reaksi senyawa karbon dapat dapat terjadi dengan berbagai cara, seperti reaksi substitusi, reaksi adisi dan reaksi eliminasi.

1. **Reaksi substitusi**

Reaksi substitusi atau disebut reaksi pertukaran gugus fungsi terjadi saat atom atau gugus atom dari suatu senyawa karbon

digantikan oleh atom atau gugus atom lain dari senyawa yang lain. Secara umum mekanismenya :

$$R - X + R' - Y \rightarrow R - Y + R' - X$$

Atom karbon ujung suatu alkil halida mempunyai muatan positif parsial. Karbon ini bisa rentan terhadap (susceptible; mudah diserang oleh) serangan oleh anion dan spesi lain apa saja yang mempunyai sepasang elektron menyendiri (unshared) dalam kulit luarnya. Dihasilkan reaksi subtitusi –suatu reasi dalam mana satu atom,ion atau gugus disubstitusikan untuk (menggantikan) atom, atau gugus lain.

$$HO^- + CH_3CH_2 - Br \rightarrow CH_3CH_2 - OH + Br^-$$

$$CH_3O^- + CH_3CH_2CH_2 - Cl \rightarrow CH_3CH_2CH_2 - OCH_3 + Cl^-$$

Dalam suatu reaksi substitusi alkil halida, halida itu disebut gugus pergi (leaving group) suatu istilah yang berarti gugus apa saja yang dapat digeser dari ikatannya dengan suatu atom karbon. Ion Halida merupakan gugus peri yang baik, karena ion-ion ini merupakan basa yang sangat lemah. Basa kuat seperti misalnya OH^-, bukan gugus pergi yang baik.

Spesi (spesies) yang menyerang suatu alkil halida dalam suatu reaksi substitusi disebut nukleofil (nucleophile, "pecinta nukleus"), sering dilambangkan dengan Nu^-. Dalam persamaan reaksi diatas, OH^- dan $CH3O^-$, adalah nukleofil. Umumnya, sebuah nukleofil aialah spesi apasaja yang tertarik ke suatu pusat positif ; jadi sebuah nukleofil adalah suatu basa Lewis. Kebanyakan nukleofil adalah anion, namun beberapa molekul polar yang netral, seperti H_2O, CH_3OH dan CH_3NH_2 dapat juga bertindak sebagai nukleofil. Molekul netral ini memiliki pasangan elektron menyendiri, yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan sigma.

Lawan nukleofil ialah elektrofil ("pecinta elektron") sering dilambangkan dengan E^+. Suatu elektrofil ialah spesi apa saja yang tertarik ke suatu pusat negatif, jadi suatu elektrofil ialah suatu asam Lewis seperti H^+ atau $ZnCl_2$.

Beberapa reaksi substitusi

a. Reaksi alkila halida dengan basa kuat
b. Reaksi alkohol dengan PCl_3
c. Reaksi alkohol dengan logam Natrium
d. Reaksi klorinasi
e. Reaksi esterifikasi (pembentukan ester)
f. Reaksi saponifikasi (penyabunan)

2. Reaksi Adisi

Reaksi adisi terjadi jika senyawa karbon yang mempunyai ikatan rangkap menerima atom atau gugus atom lain sehungga ikatan

rangkap berubah menjadi ikatan tunggal. Ikatan rangkap merupakan ikatan tak jenuh, sedangkan ikatan tunggal merupakan ikatan jenuh. Jadi, reaksi adisi terjadi dari ikatan tak jenuh menjadi ikatan jenuh.

Mekanismenya reaksi adisi :

C = C → C- C

C≡ C → C = C → C – C

Beberapa reaksi adisi

a. Reaksi hidrogenasi alkana

R – CH = CH – R' + H – H → R – CH_2 – CH_2 – R'

Contoh :

C_2H_5 – CH = CH – CH_3 + H – H → C_2H_5 – CH - CH – CH_3

2-pentena n-pentana

Reaksi hidrogenasi ini digunakan untuk membuat margarin (mentega tiruan) dari minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh (C = C). Minyak cair dihidrogenasi dengan bantuan katalis Ni menghasilkan lemak padat.

$$\text{Triolein (cair)} + 3H_2 \xrightarrow{Ni} \text{tristearin (padat)}$$

a. Reaksi adisi dengan halogen

R – CH = CH – R' + X_2 → R – CH – CH – R'

| |

X X

Reaksi adisi dengan brom digunakan untuk membedakan senyaw alkena (C = C) dengan sikloalkana. Hal ini karena kedua senyawa mempunyai isomer fungsional (rumus molekul sama, tetapi gugus fungsi berbeda). Pengamatan reaksinya dengan membedakan warna dari brom yaitu merah coklat. Alkena dapat bereaksi dengan brom sehingga warna merah coklat dari brom hilang menjadi tidak berwarna. Akan tetapi, sikloalkana tidak bereaksi dan warna merah coklat dari brom tetap.

Alkena + brom → bereaksi, warna merah coklat dari brom hilang

Sikloalkana + brom → tidak bereaksi, warna merah coklat dari brom tetap.

a. Adisi dengan asam halida (HX)

R – CH = CH – R' + H – X → R – CH – CH – R'

| |

H X

Dalam adisi ini atom X terikat pada C rangkap dikiri atau dikanan akan menghasilkan senyawa yang berbeda, kecuali kalau R dengan R' sama. Untuk itu, ada aturan yang

menetapkan hasil utama dari treaksi adisi tersebut yang dikemukankan oleh Vlademir Markovnikov. Aturan Markovnikov :

a. ikatan rangkap merupakan kumpulan elektron

b. gugus alkil merupakan gugus pendorong elektron. Alkil makin besar, daya dorong makin kuat. Urutan kekuatan alkil : - CH_3 < - C_2H_5 < - C_3H_7

c. gugus elektrongatif merupakan gugus penarik elektron. Makin elektronegatif, daya tarik elektron makin kuat.

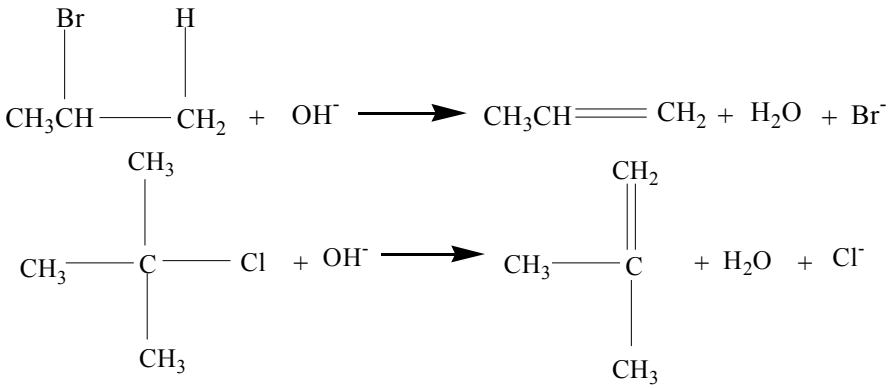
3. Reaksi eliminasi

Reaksi eliminasi kebalikan dari reaksi adisi. Pada reaksi ini molekul senyawa yang berikatan tunggal (ikatan jenuh) berubah menjadi senyawa berikatan rangkap (ikatan tak jenuh) dengan melepaskan molekul yang kecil.

Mekanismenya :

C – C → C = C + X – Y
| |
X Y

Bila suatu alkil halida diolah dengan suatu basa kuat, dapat terjadi suatu reaksi eliminasi. Dalam reaksi ini sebuah molekul kehilangan atom-atom atau ion-ion dari struktur-strukturnya. Produk organik suatu reaksi eliminasi suatu alkil halida adalah suatu alkena. Dalam suatu tipe reaksi eliminasi ini, unsur H dan X keluar dari dalam alkil halida ; oleh karena itu reaksi ini disebut reaksi dehidrohalogenasi. (awalan de- berarti “minus” atau “hilangnya”).



Beberapa reaksi eliminasi

a. Reaksi dehidrogenasi (pelepasan Hidrogen)

b. Reaksi dehidrasi (pelepasan air)

c. Reaksi dehidrohalogenasi

RANGKUMAN

Atom karbon dengan nomor atom 6 mempunyai susunan elektron K = 2, L = 4, jadi mempunyai 4 elektron valensi dan dapat mernbentuk empat ikatan kovalen, serta dapat digambarkan dengan rumus Lewis sebagai berikut, umpamanya untuk CH4.

Dalam bidang kimia, **hidrokarbon** adalah sebuah senyawa yang terdiri dari unsur karbon (C) dan hidrogen (H). Seluruh hidrokarbon memiliki rantai karbon dan atom-atom hidrogen yang berikatan dengan rantai tersebut. Istilah tersebut digunakan juga sebagai pengertian dari hidrokarbon alifatik. Bagian dari ilmu kimia yang membahas senyawa hidrokarbon disebut kimia karbon.

Pada dasarnya terdapat tiga jenis hidrokarbon:

- Hidrokarbon aromatik, mempunyai setidaknya satu cincin aromatik
- Hidrokarbon jenuh, juga disebut alkana, yang tidak memiliki ikatan rangkap atau aromatik.
- Hidrokarbon tak jenuh, yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap antara atom-atom karbon, yang dibagi menjadi:
    - Alkena
    - Alkuna

  Tiap-tiap atom karbon tersebut dapat mengikat empat atom lain atau maksimum hanya 4 buah atom hidrogen. Jumlah atom hidrogen dapat ditentukan dari jenis hidrokarbonnya.
- Alkana: C_nH_{2n+2}
- Alkena: C_nH_{2n}
- Alkuna: C_nH_{2n-2}
- Hidrokarbon siklis: C_nH_{2n}

Latihan Soal

1. Buatlah struktur dari senyawa berikut :

a. 2,3-dimetil butana
b. 2,2,3-trimetil pentana
c. 3-etil-2,2,4,6-tetrametil oktana

2. Buatlah struktur senyawa dari 3-etil-2,2,4-trimetil heptana, kemudian tetntukan dan tunjukkan atom karbon primer, skunder, tersier dan kuartener dari senyawa tersebut.
3. Buatlah struktur dari senyawa berikut :
   a. 2-pentena
   b. 3,4,4-trimetil-1-pentena
   c. 3-isopropil-1-pentena
4. Tuliskan struktur dari senyawa :
   a. 3-metil-1-butuna
   b. 4,5-dimetil-2-heksuna
   c. 3-metil-1-butuna
5. Jelaskan bagaimana terjadinya :
   a. Reaksi substitusi
   b. Reaksi adisi
   c. Reaksi eliminasi
6. Jelaskan cara membedakan alkena dengan sikloalkana
7. Ada suatu senyawa mempunyai rumus molekul sama, yaitu $C_4H_{14}O$. Tentukan kedua senyawa tersebut! Bagaimana cara membedakannya?

13 ASAM, BASA DAN BUFFER

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar
Mengkomunikasikan senyawa hidrokarbon dan kegunaanya	Mendiskripsikan kekhasan atom karbon yang membentuk senyawa hidrokarbon
	Menggolongkan senyawa hidrokarbon dan turunannya
	Mendiskripsikan kegunaan senyawa hidrokarbon dalam kehidupan manusia
Tujuan pembelajaran	
membedakan senyawa asam, basa, dan netral	
mengidentifikasi sifat asam dan basa dengan berbagai indikator	
memperkirakan pH suatu larutan yang tidak dikenal berdasarkan hasil pengamatan trayek perubahan warna berbagai indikator asam dan basa	
menghitung pH larutan asam-basa kuat dan lemah	
memahami dan dapat menghitung pH larutan buffer	

Sifat asam dan basa termasuk pokok bahasan yang penting dalam ilmu kimia. Dalam kehidupan sehari-hari, sifat ini dapat kita jumpai misalnya rasa asam dari buah jeruk dan cuka. Rasa asam tersebut berasal dari asam yang terkandung dalam buah jeruk dan cuka, yaitu asam sitrat dan asam cuka. Asam askorbat dalam vitamin C adalah zat penting dalam makanan kita.



Gambar 13.1 Buah



Gambar 13.3 Baterai



Gambar.13.2



Gambar.13.4 Pembersih

Asam sulfat adalah contoh senyawa yang bersifat asam yang terkandung dalam baterai mobil yang produksinya berada pada tingkat atas dalam produksi tahunan dari industri kimia. Senyawa yang bersifat basa yang penting diantaranya adalah amonia, terdapat dalam bahan pembersih rumah tangga. Contoh lainnya yaitu natrium hidroksida, dipasaran bernama *lye*, terdapat pada pembersih dan zat buangan. Demikian juga "milk of magnesia" yang dipakai sebagai obat penyakit lambung juga bersifat basa.

Definisi-definisi berdasarkan pengamatan mengenai asam dan basa dapat dilihat pada tabel 13.1.

Tabel 13.1 Hasil pengamatan asam dan basa

Asam	**Basa**
Berasa masam dan tajam	Berasa pahit, berbusa
Berasa pedih bila terkena luka	Licin
Merubah lakmus merah menjadi biru	Merubah lakmus biru menjadi merah
Merubah phenolphthalein menjadi tak berwarna	Merubah phenolphthalein menjadi merah muda

Untuk mengetahui sifat suatu senyawa apakah asam, basa, atau netral, cara yang digunakan adalah mengujinya dengan indikator asam-basa. Beberapa indikator asam-basa yaitu :

a. Lakmus merah dan lakmus biru
   Asam mengubah kertas lakmus biru menjadi merah. Sedangkan basa mengubah kertas lakmus merah menjadi biru. Senyawa netral tidak mengubah warna kedua kertas lakmus.

b. Indikator universal
   Dengan indikator universal, kita bisa langsung mengetahui berapa pH (kekuatan asam / basa) dari suatu senyawa dengan membandingkan warna indikator yang terkena senyawa dengan warna standar. Biasanya range pH indikator universal adalah 1-14.
   Asam : pH < 7
   Netral : pH = 7
   Basa : pH > 7

c. pH meter
   pH larutan juga bisa diukur dengan pH meter. Alat digital ini memberikan nilai pH yang lebih akurat daripada indikator universal.

Pembahasan pH larutan lebih lanjut di sub bab berikutnya.

Sebenarnya, beberapa senyawa di alam bisa digunakan sebagai indikator asam-basa, seperti kunyit, air bunga, dan sebagainya. Untuk lebih memahami sifat asam-basa dan cara mengenalinya, lakukanlah kegiatan berikut!

Aktivitas siswa

Petunjuk :

a. *Lakukan percobaan berikut dalam kerjasama kelompok di laboratorium !*
b. *Catatlah data hasil percobaanmu !*
c. *Jawablah soal-soal di bawahnya dengan jelas!*

BAHAN DAN ALAT

Asam cuka	Indikator universal
Air kapur	Lakmus merah
Air distilasi	Lakmus biru
Air jeruk	Phenolphtalein
Pembersih lantai	Air bunga
Air tanah	Air kunyit
Pasta gigi	Beker glass
Air asam	Cawan petri
Larutan unkown	Pipet tetes

PROSEDUR KERJA

1. Ambil sedikit larutan – larutan yang akan diukur, kemudian tempatkan pada cawan petri !
2. Ukurlah pH larutan tersebut dengan indikator universal !
3. Kemudian isilah tabel hasil pengamatan (Tabel 13.2) di bawah dengan jujur dan kerjakan soal latihan berikut dengan benar !

HASIL PERCOBAAN

1. Berdasarkan pengamatanmu, bagaimana perbedaan warna indikator universal setelah ditetesi larutan asam, larutan basa, dan larutan netral?
2. Setelah ditetesi larutan asam cuka dan air asam, perbedaan apa yang terjadi pada indikator universal? Jelaskan!
3. Apa yang dapat kamu simpulkan tentang pH larutan asam, basa, dan netral?

Tabel 13.2 Hasil pengamatan pH

KETERANGAN

LARUTAN	*Perubah-an warna IU*	*pH IU*	*Perubahan warna indikator lain*					**Sifat larutan**
			LM	**LB**	**PP**	**AB**	**AK**	
Asam cuka	....	....	... .	....	....	....	....	.....
Air kapur	....	.	...	...	...	....	...	.....
Air distilasi	....	....	....	....	....	....	....	.....
Air jeruk	....	.	...	...	...	....	...	.....
Pembersih	....	....	....	....	....	....	....	.....
lantai	....	.	...	...	...	.	...	.....
Air tanah	....	....	....	....	....	....	....	.....
Pasta gigi	....	.	...	...	...	...	...	.....
Air asam	....	....	....	....	....	....	....	.....
Larutan A	....	.	...	...	...	...	...	.....
Larutan B	....	....	....	....	....	....	....	.....
Larutan C	....	.	...	...	...	...	...	.....
Larutan D	.	....	....	....	....	....	....	.....
Larutan E	....	.	...	...	...	...	...	.....
Larutan F	...	....	....	....	....	....	....	.....
Larutan G	....	.	...	...	...	...	...	.....
Larutan H	...	....		....	....	....	....	.....

IU : Indikator Universal
LM : Lakmus Merah
LB : Lakmus Biru
PP : Phenophtalein
AB : Air Bunga
AK : Air Kunyit

13.1 Definisi-definisi asam dan basa



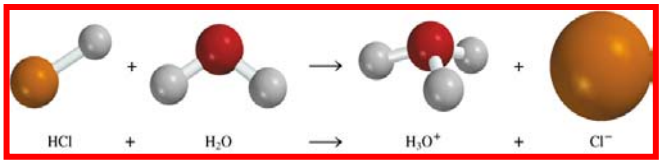
Gambar.13.5 Penemu teori asam-basa

Menurut sejarahnya, awalnya Lavoisier mengemukakan bahwa asam merupakan senyawa yang mengandung oksigen (oksida dari nitrogen, fosfor, sulfur dan halogen yang membentuk asam dalam air). Namun sekitar awal abad 19, beberapa asam yang tidak mengandung oksigen telah ditemukan, sehingga akhirnya pada tahun 1838 Liebig mendefinisikan asam sebagai senyawa yang mengandung hidrogen, dimana hidrogen tersebut dapat digantikan oleh logam. Pada abad berikutnya, dikembangkan definisi-definisi asam-basa yang memperbaiki definisi sebelumnya.

13.1.1 Definisi asam-basa menurut Arrhenius

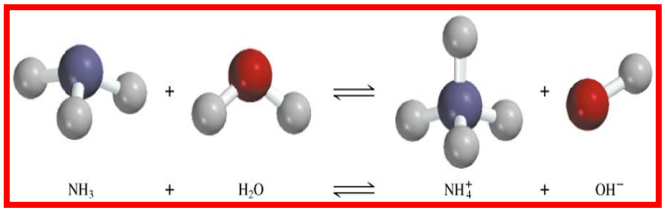
Menurut Arrhenius pada tahun 1903,
asam adalah zat yang dalam air dapat menghasilkan ion hidrogen (atau ion hidronium, H_3O^+) sehingga dapat meningkatkan konsentrasi ion hidronium (H_3O^+)

contoh :



basa adalah zat yang dalam air dapat menghasilkan ion hidroksida sehingga dapat meningkatkan konsentrasi ion hidroksida

contoh :



Reaksi keseluruhannya :

$$H^+ + Cl^- + NH_4^+ + OH^- \Leftrightarrow NH_4^+ + Cl^- + H_2O$$

Secara umum :

$$\text{asam} + \text{basa} \Leftrightarrow \text{garam} + \text{air}$$

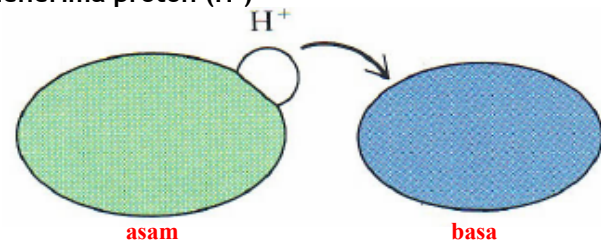
Konsep asam basa Arrhenius terbatas hanya pada larutan air, sehingga tidak dapat diterapkan pada larutan non-air, fasa gas dan fasa padatan dimana tidak ada H^+ dan OH^-.

13.1.2 Definisi asam-basa menurut Bronsted-Lowry

Pada tahun 1923, Bronsted dan Lowry mendefinisikan :

Asam **adalah suatu senyawa yang dapat memberikan proton (H^+)**

Basa **adalah suatu senyawa yang dapat berperan sebagai menerima proton (H^+)**



Gambar 13.6 asam memberikan proton pada basa

Pada kedua contoh reaksi di atas, air dapat bertindak sebagai basa dalam larutan HCl dan sebagai asam dalam larutan amonia. Senyawa yang dapat bertindak sebagai asam dan basa disebut sebagai senyawa ***amfoter***. Contoh lain senyawa yang bersifat amfoter yaitu Al_2O_3. Reaksi di atas menunjukkan pasangan asam-basa konjugasi. Pada reaksi kebalikannya, ion Cl^- menerima proton dari ion oksonium (H_3O^+). Ion Cl^- disebut sebagai basa dan ion oksonium (H_3O^+) disebut sebagai asam, sehingga HCl merupakan pasangan asam-basa konjugasi dari Cl^- dan H_2O merupakan pasangan asam-basa konjugasi dari ion oksonium (H_3O^+).

13.1.3 Definisi asam-basa menurut Lux-Flood

Sistem asam-basa Lux-Flood merupakan sistem asam-basa dalam larutan nonprotik yang tidak dapat menggunakan definisi Bronsted-Lowry. Contohnya, pada temperatur leleh suatu senyawa anorganik yang cukup tinggi reaksinya sebagai berikut:

$$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$

basa asam

basa **(CaO) adalah pemberi oksida**
asam **(SiO_2) adalah penerima oksida**

Sistem Lux-Flood terbatas pada sistem lelehan oksida, namun merupakan aspek anhidrida asam-basa dari kimia asam- basa yang sering diabaikan.
Basa Lux-flood adalah suatu anhidrida basa.

$$Ca^{2+} + O^{2-} + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

Sedangkan **asam Lux-Flood adalah suatu anhidrida asam.**

$$SiO_2 + H_2O \rightarrow H_2SiO_3$$

Karakterisasi oksida logam dan non logam menggunakan sistem tersebut bermanfaat dalam industri pembuatan logam.

13.1.4 Definisi asam-basa menurut sistem pelarut (solvent)

Definisi ini diterapkan pada pelarut yang dapat terdisosiasi menjadi kation dan anion (autodisosiasi).

Asam **adalah suatu kation yang berasal dari reaksi autodisosiasi pelarut yang dapat meningkatkan konsentrasi kation dalam pelarut.**
Basa **adalah suatu anion yang berasal dari reaksi autodisosiasi pelarut yang dapat meningkatkan konsentrasi anion pelarut.**

Secara umum, reaksi ***autodisosiasi*** dapat dituliskan :

$$\textbf{solvent} \Leftrightarrow \textbf{asam} + \textbf{basa}$$

Contoh :

$$2SO_2 \Leftrightarrow SO^{2+} + SO_3^-$$
$$2H_2O \Leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$$
$$2BrF_3 \Leftrightarrow BrF_2^+ + BrF_4^-$$
$$2NH_3 \Leftrightarrow NH_4^+ + NH_2^-$$
$$AB \Leftrightarrow A^+ + B^-$$
$$H_2SO_4 + H_2O \Leftrightarrow H_3O^+ + HOSO_4^-$$

Asam sulfat meningkatkan konsentrasi ion hidronium dan merupakan asamnya. Konsep asam-basa sistem pelarut adalah kebalikan dari reaksi autodisosiasi.

$$H_3O^+ + OH^- \Leftrightarrow 2H_2O$$
$$BrF_2^+ + BrF_4^- \Leftrightarrow 2BrF_3$$

Contoh :
Secara umum :

asam + basa ⇔ solvent

Perbandingan reaksi netralisasi asam-basa menurut Arrhenius, Bronsted-Lowry dan sistem pelarut :

Arrhenius	**: asam + basa → garam + air**
Bronsted-Lowry	**: asam + basa → basa konjugat + asam konjugat**
Sistem Pelarut	**: asam + basa → solvent**

13.1.5 Definisi asam-basa menurut Lewis

Lewis mendefinisikan :

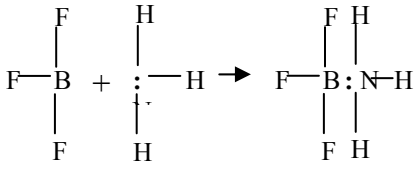
Asam **adalah senyawa kimia yang bertindak sebagai penerima pasangan elektron.**

Basa **adalah senyawa kimia yang bertindak sebagai pemberi pasangan elektron.**

Contoh :

$$Ag^{+} + 2{:}NH_3 \Leftrightarrow [H_3N{:}Ag{:}NH_3]$$

asam basa



asam basa

Dalam kulit valensi atom N dalam molekul NH_3, terdapat 3 (tiga) pasang ikatan (N-H) dan 1 (satu) pasang elektron tidak berpasangan (:), sedangkan untuk atom B dalam molekul BF3, terdapat 3 (tiga) pasang elektron yang berikatan (B-F). Sepasang elektron tidak berikatan dapat disumbangkan kepada atom pusat B yang kemudian digunakan bersama-sama, sehingga terjadi ikatan kovalen koordinasi (B-N).

13.1.6 Definisi asam-basa menurut Usanovich

Definisi ini merupakan perkembangan dari definisi asam Lewis dan ditambah reaksi redoks.

Asam **adalah senyawa kimia yang bereaksi dengan basa, membentuk kation atau menerima elektron.**

Basa **adalah senyawa kimia yang bereaksi dengan asam, membentuk anion atau elektron.**

Contoh : **Asam** : $Cl_2 + e^- \rightarrow Cl^-$

Basa : $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$

13.2 Kekuatan asam dan basa

13.2.1 Derajat keasaman (pH)

Konsentrasi ion H^+ dalam larutan disebut derajat keasaman (pH). Rumus pH dituliskan sebagai berikut :

$$pH = - \log [H^+]$$

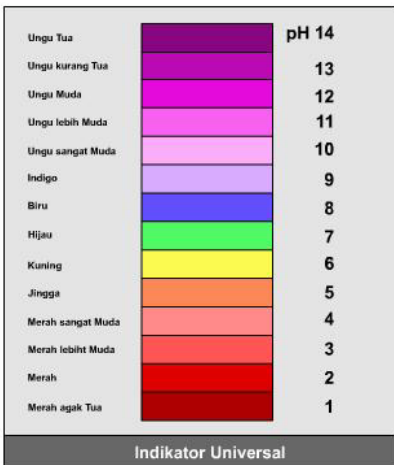
Untuk air murni pada temperatur 25 °C :

$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/L

Sehingga pH air murni = - log 10^{-7} = 7.

Atas dasar pengertian ini, maka :

- Jika pH = 7, maka larutan bersifat netral
- Jika pH < 7, maka larutan bersifat asam
- Jika pH > 7, maka larutan bersifat basa
- Pada temperatur kamar : pK_w = pH + pOH = 14



Gambar 13.8 Warna indikator universal

Telah disinggung dalam pembahasan sebelumnya bahwa asam terbagi menjadi dua, yaitu asam kuat dan asam lemah. Begitu juga pada larutan basa terbagi menjadi dua, yaitu basa kuat dan basa lemah. Pembagian ini sangat membantu dalam penentuan derajat keasaman (pH).

13.2.2 Asam kuat

Disebut asam kuat karena zat terlarut dalam larutan ini mengion seluruhnya (α = 1). Untuk menyatakan derajat keasamannya, dapat ditentukan langsung dari konsentrasi asamnya dengan melihat valensinya.

Contoh :

- Hitung pH larutan dari 100 ml larutan 0.01 **M** HCl!

Jawab :

$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$[H^+] = [HCl] = 0.01 = 10^{-2}$
$pH = - \log 10^{-2} = 2$

- Hitung pH larutan dari 2 liter larutan 0.1 **mol** asam sulfat!

Jawab :

$$\text{Molaritas} = \frac{0{,}1 mol}{2L} = 0.05 \text{ M}$$

$H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

$[H+] = 2\ [H_2SO_4] = 2 \times 0.05 \text{ M} = 10^{-1}$
$pH = - \log 10^{-1} = 1$

13.2.3 Asam lemah

Disebut asam lemah karena zat terlarut dalam larutan ini tidak mengion seluruhnya, $\alpha \neq 1$, $(0 < \alpha < 1)$. Penentuan besarnya derajat keasaman tidak dapat ditentukan langsung dari konsentrasi asam lemahnya (seperti halnya asam kuat). Penghitungan derajat keasaman dilakukan dengan menghitung konsentrasi $[H^+]$ terlebih dahulu dengan rumus :

$$[\mathbf{H^+}] = \sqrt{C_a . K_a}$$

di mana, C_a = konsentrasi asam lemah
K_a = tetapan ionisasi asam lemah

Contoh :
Hitunglah pH dari 0,025 mol CH_3COOH dalam 250 mL larutannya, jika $K_a = 10^{-5}$!

Jawab :

$$C_a = \frac{0{,}025 mol}{0{,}25 L} = 10^{-1} \text{ M}$$

$$[H^+] = \sqrt{(C_a . K_a)} = 10^{-1} . 10^{-5} = 10^{-3} \text{ M}$$
$pH = - \log 10^{-3} = 3$

13.2.4 Basa kuat

Disebut basa kuat karena zat terlarut dalam larutan ini mengion seluruhnya ($\alpha = 1$). Pada penentuan derajat keasaman dari larutan basa terlebih dulu dihitung nilai pOH dari konsentrasi basanya.

Contoh :

- Hitung pH dari 100 mL larutan KOH 0,1 M !

  Jawab :
  $KOH_{(aq)} \rightarrow K^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$

  $[OH^-] = [KOH] = 10^{-1}$ M
  $pOH = - \log 10^{-1} = 1$
  $pH = 14 - pOH = 14 - 1 = 13$

- Hitung pH dari 500 mL larutan $Ca(OH)_2$ 0,01 M !

  Jawab :
  $Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$

  $[OH^-] = 2[Ca(OH)_2]$
  $= 2 \times 0{,}01$
  $= 2 \times 10^{-2}$ M
  $pOH = - \log 2 \times 10^{-2}$
  $= 2 - \log 2$
  $pH = 14 - pOH$
  $= 14 - (2 - \log 2)$
  $= 12 + \log 2$

13.2.5 Basa lemah

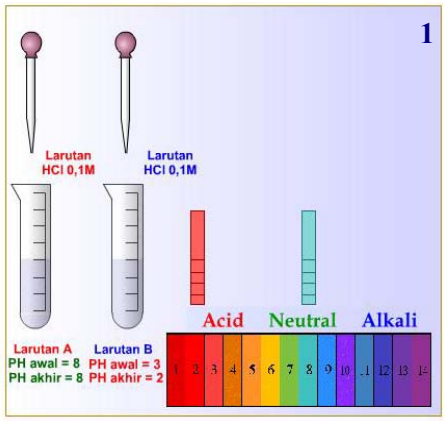
Disebut basa lemah karena zat terlarut dalam larutan ini tidak mengion seluruhnya, $\alpha \neq 1$, $(0 < \alpha < 1)$. Penentuan besarnya konsentrasi OH^- tidak dapat ditentukan langsung dari konsentrasi basa lemahnya (seperti halnya basa kuat), akan tetapi harus dihitung dengan menggunakan rumus :

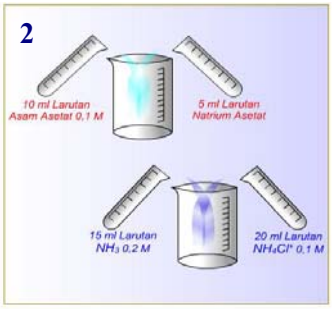
$$[OH^-] = \sqrt{C_b . K_b}$$

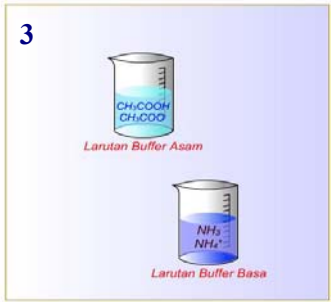
di mana, C_b = konsentrasi basa lemah
K_b = tetapan ionisasi basa lemah

13.3 Larutan buffer

Lakukan kegiatan berikut!
Aktivitas siswa :







1. Ambil 10 mL larutan asam asetat 0,1 M (Larutan 1). Ukur pH larutan dengan indikator universal.
   Kemudian ambil juga 15 mL larutan NH_3 0,2 M (Larutan 2).
   Ukur pH larutan dengan indikator universal.
2. Masukkan 5 mL larutan natrium asetat ke dalam larutan 1 dan 20 mL larutan NH_4Cl 0,1 M ke dalam larutan 2.
   Ukur pH masing-masing larutan dengan indikator universal.
3. Apa yang bisa Anda simpulkan?

_____

Semua larutan yang dapat mempertahankan pH disebut ***larutan buffer***. Sifat larutan buffer antara lain : tidak berubah pH-nya meski diencerkan dan tidak berubah pH-nya meski ditambah sedikit asam atau basa. Pada gambar di atas, pH larutan A tidak berubah setelah ditambah dengan larutan asam sehingga larutan A merupakan larutan Buffer, sedangkan larutan B bukan merupakan larutan Buffer karena pHnya berubah setelah penambahan larutan asam.

Campuran buffer dapat dibuat dari :

- Campuran asam lemah dengan garamnya
  Contoh : CH_3COOH dengan CH_3COONa ; H_2CO_3 dengan $NaHCO_3$; dan $NaHCO_3$ dengan Na_2CO_3
- Campuran basa lemah dengan garamnya
  Contoh : NH_4OH dengan NH_4Cl

<u>Latihan</u> :
Hitunglah pH dari 100 mL 0.001 larutan NH_4OH, jika diketahui tetapan ionisasinya = 10^{-5} !

Jawab :

$[OH^-] = \sqrt{(C_b . K_b)}$

$= 10^{-3}.10^{-5}$

$= 10^{-4}$ M

pOH = - log 10^{-4} = 4

pH = 14 - 4 = 10

13.3.1 Cara perhitungan larutan buffer

Larutan buffer yang terdiri atas asam lemah dan garamnya (larutannya akan selalu mempunyai pH < 7) digunakan rumus :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Ket. : fase liquid (l) tidak berpengaruh

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]\,[H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$[H_3O^+] = K_a \,.\, C_a/C_g$$

$$pH = pK_a + \log C_g/C_a$$

di mana :

C_a = $[CH_3COOH]$ konsentrasi asam lemah

C_g = $[CH_3COO^-]$ konsentrasi ion garamnya

K_a = tetapan ionisasi asam lemah

<u>Contoh</u> :

- Hitunglah pH larutan yang terdiri atas campuran 0.01 mol asam asetat dengan 0.1 mol natrium asetat dalam 1 liter larutan! K_a asam asetat = 10^{-5}
- Hitunglah pH larutan yang terdiri atas campuran 1 mol HCOOH dan 0.5 mol NaHCOO dalam 1 liter larutan!
  K_a HCOOH = 1.77 x 10^{-4}

Jawab :

- $C_a = \frac{10^{-2}\,mol}{1L} = 10^{-2}\,M$

  $C_g = \frac{0{,}1 mol}{1L} = 10^{-1}\,M$

  $pH = pK_a + \log \frac{C_g}{C_a}$

  $= -\log 10^{-5} + \log \frac{10^{-1}\,M}{10^{-2}\,M}$

  = 5 + 1

  = 6

- $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

Konsentrasi awal (M)	1.00	0.500	≈ 0
Konsentrasi akhir (M)	- y	+ y	+ y
Konsentrasi setimbang (M)	1.00 – y	0.500 + y	y

Persamaan setimbang

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

$$1{,}77.10^{-4} = \frac{(0{,}500 + y)y}{1{,}00 - y}$$

Karena y relatif lebih kecil dibanding 1 dan 0.500, bentuk persamaan akan menjadi

$$1{,}77.10^{-4} = \frac{(0{,}500)y}{1{,}00}$$

$y = 3.54.10^{-4}$ M = $[H_3O^+]$

pH = - log $[3.54.10^{-4}]$ = 3.45

Larutan buffer yang terdiri atas basa lemah dan garamnya (larutannya akan selalu mempunyai pH > 7) digunakan rumus :

$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

Ket. : fase liquid (l) tidak berpengaruh

$$K_b = \frac{[NH_4^+]\,[OH^-]}{[NH_3]}$$

$$[OH^-] = K_b \,.\, C_b/C_g$$

$$pH = pK_a + \log C_g/C_a$$

di mana, $C_b = [NH_3]$ konsentrasi basa lemah
$C_g = [NH_4^+]$ konsentrasi ion garamnya
K_b = tetapan ionisasi basa lemah

Contoh :
Hitung pH larutan yang dibuat dengan menambahkan 0.100 mol NH_4Cl dan 0.200 mol NH_3 ke dalam air dan mengencerkannya menjadi 1.000 L. $K_b\ NH_4^+ = 5.6 \times 10^{-5}$

Jawab :

$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

Konsentrasi awal (M)	0,200	0.100	≈ 0
Konsentrasi akhir (M)	- y	+ y	+ y
Konsentrasi setimbang (M)	0,200 – y	0.100 + y	y

Persamaan kesetimbangan

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$5{,}6.10^{-5} = \frac{(0{,}100 + y)y}{0{,}200 - y}$$

Larutan yang	Warna lakmus	
	Merah	biru

Karena y kecil dibanding 0.200, bentuk akan menjadi relatif lebih 0.100 dan persamaan

$$5{,}6.10^{-5} = \frac{(0{,}100)y}{0{,}200}$$

Ringkasan

Asam basa sebagai elektrolit. Definisi asam menurut Arhenius adalah suatu substansi yang menghasilkan ion H_3O^+ apabila dilarutkan dalam air. Asam Bronsted adalah donor proton, sedangkan basa Bronsted adalah aseptor proton. Asam Lewis adalah setiap spesi yang menerima pasangan elektron bebas dalam membentuk ikatan kovalen.

Latihan :

1. a. Apakah penyebab sifat basa? Sebutkan beberapa sifat khas basa!
   b. Sebutkan berbagai zat dalam kehidupan sehari-hari yang bersifat basa!
2. Jelaskan mengapa larutan NH_3 dapat mengubah kertas lakmus merah menjadi biru!
3. Dari pengujian larutan dengan kertas lakmus diperoleh data :

   Larutan manakah yang mengandung konsentrasi ion OH^- lebih besar daripada konsentrasi H^+?

No.	diuji		
1	X	Merah	Biru
2	Y	Merah	Merah
3	Z	Biru	Biru
4	U	Merah	Biru
5	V	Biru	biru

4. Tuliskan rumus kimia dan reaksi ionisasi asam/basa berikut:
   a. asam sulfat
   b. asam asetat
   c. asam karbonat
   d. barium hidroksida
   e. kalium hidroksida
   f. magnesium hidroksida

5. Jelaskan definisi asam-basa menurut
   a. Arrhenius
   b. Bronsted-Lowry
   c. Lewis

6. Tentukan sifat zat yang dicetak tebal, apakah sebagai asam atau sebagai basa:
   a. $HCO_3^-{}_{(aq)} + \mathbf{NH_4^+}_{(aq)} \Leftrightarrow H_2CO_{3(aq)} + NH_{3(aq)}$
   b. $\mathbf{CH_3COOH}_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \Leftrightarrow CH_3COOH_2^+{}_{(aq)} + HSO_4^-{}_{(aq)}$
   c. $\mathbf{CH_3COOH}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \Leftrightarrow CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$
   d. $\mathbf{CH_3COO^-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \Leftrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

7. Tentukan pasangan asam-basa konjugasi dalam reaksi asam-basa berikut:
   a. $HCO_3^-{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)} \Leftrightarrow H_2CO_{3(aq)} + NH_{3(aq)}$
   b. $CH_3COOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \Leftrightarrow CH_3COOH_2^+{}_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)}$
   c. $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \Leftrightarrow CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$
   d. $CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \Leftrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

8. Tuliskan rumus asam konjugasi dari spesi berikut:
   a. H_2O
   b. NH_3
   c. CO_3^{2-}
   d. HSO_4^-

9. Tuliskan rumus basa konjugasi dari spesi berikut:
   b. H_2O
   c. NH_3
   d. HSO_4^-
   e. NH_4^+

10. Dalam reaksi berikut ini,

$CN^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HCN_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

CN^- berlaku sebagai basa, sesuai dengan teori.....

11. Tentukan pH larutan jika diketahui konsentrasi ion H^+
    a. 0,5 M
    b. 0,002 M
    c. 6×10^{-4} M
    d. 0,0235 M

12. Tentukan pH larutan HCl dengan konsentrasi sebesar 1×10^{-8} M! (***petunjuk*** : $[H^+]$ yang berasal dari ionisasi air tidak dapat diabaikan)

13. Suatu larutan mengandung asam asetat (CH_3COOH; $K_a = 1 \times 10^{-5}$) 0.1 M dan asam benzoat (C_6H_5COOH; $K_a = 6 \times 10^{-5}$) 0.2 M. Tentukan $[H^+]$, $[CH_3COO^-]$, dan $[C_6H_5COO^-]$ dalam larutan itu! (***petunjuk***: $[H^+] = [CH_3COO^-] + [C_6H_5COO^-]$)

14. Suatu larutan cuka mengandung 6% CH_3COOH. Jika diketahui massa jenis cuka makan itu adalah 1 kg L^{-1}, tentukan volume cuka itu yang harus diencerkan untuk membuat 100 mL larutan dengan pH = 4, Ka $CH_3COOH = 1 \times 10^{-5}$. (***petunjuk*** : kemolaran larutan dapat dihitung dengan rumus:$M=(\rho x10x\ \%)/M_t$)

14. BATU BARA



Batu bara adalah sisa tumbuhan dari jaman prasejarah yang telah berubah bentuk yang awalnya berakumulasi di rawa dan lahan gambut. Batu bara adalah bahan bakar fosil yang dapat terbakar. Batu bara terbentuk dari tumbuhan yang telah terkonsolidasi antara strata batuan lainnya dan diubah oleh kombinasi pengaruh tekanan dan panas selama jutaan tahun sehingga membentuk endapan-endapan tanah.

Penimbunan *lanau* dan sedimen lainnya, bersama dengan pergeseran kerak bumi (dikenal sebagai pergeseran tektonik) mengubur rawa dan gambut. Ini seringkali sampai ke kedalaman yang sangat dalam. Dengan penimbunan tersebut, material tumbuhan tersebut terkena suhu dan tekanan yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan tumbuhan tersebut mengalami proses perubahan fisika dan kimiawi dan mengubah tumbuhan tersebut menjadi gambut dan pada gilirannya, batu bara. Pembentukan batubara dimulai sejak

Carboniferous Period (Periode Pembentukan Karbon atau Batu Bara) – dikenal sebagai zaman batu bara pertama – yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batu bara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai 'maturitas organik'. Pada prosesnya yang paling awal, gambut berubah menjadi lignite (batu bara muda) atau 'brown coal (batu bara coklat)'.



Gambar 14.1
Batu bara Muda(batu bara coklat)



Gambar 14.2
Batu bara atau karbon

Keduanya ini adalah batu bara dengan jenis maturitas organik rendah. Dibandingkan dengan batu bara jenis lainnya, batu bara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat sampai kecoklat-coklatan. Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batu bara muda selanjutnya mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya sampai tahap dimana bara muda berubah menjadi batu bara 'sub-bitumen'. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga sub-bitumen ini menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan

membentuk ‘bitumen’ atau ‘antrasit’. Antrasit adalah tahap akhir pembentukan batu bara.

a. Dimana Batu Bara Dapat Ditemukan?



Gambar 14.3
Tempat Batu Bara Didapatkan

Telah diperkirakan bahwa ada lebih dari 984 milyar ton cadangan batu bara di seluruh dunia. Hal ini berarti ada cadangan batu bara yang cukup untuk menghidupi kita selama lebih dari 190 tahun. Batu bara berada di seluruh dunia – ia dapat ditemukan di setiap daratan di lebih dari 70 negara, dengan cadangan terbanyak di AS, Rusia, China dan India.

Sumber Daya

Sumber daya adalah jumlah batu bara yang dapat ditemukan di statu endapan atau tambang batu bara. Ini tidak termasuk kelayakan penambangan batu bara secara ekonomis. Tidak semua sumber daya batu bara dapat ditambang dengan menggunakan teknologi yang ada saat ini.

Cadangan

Cadangan dapat ditentukan dalam hal cadangan yang telah terbukti (atau terukur) dan cadangan yang diperkirakan (atau yang terindikasi). Cadangan yang diperkirakan memiliki tingkat keyakinan yang lebih rendah daripada cadangan yang telah terbukti.

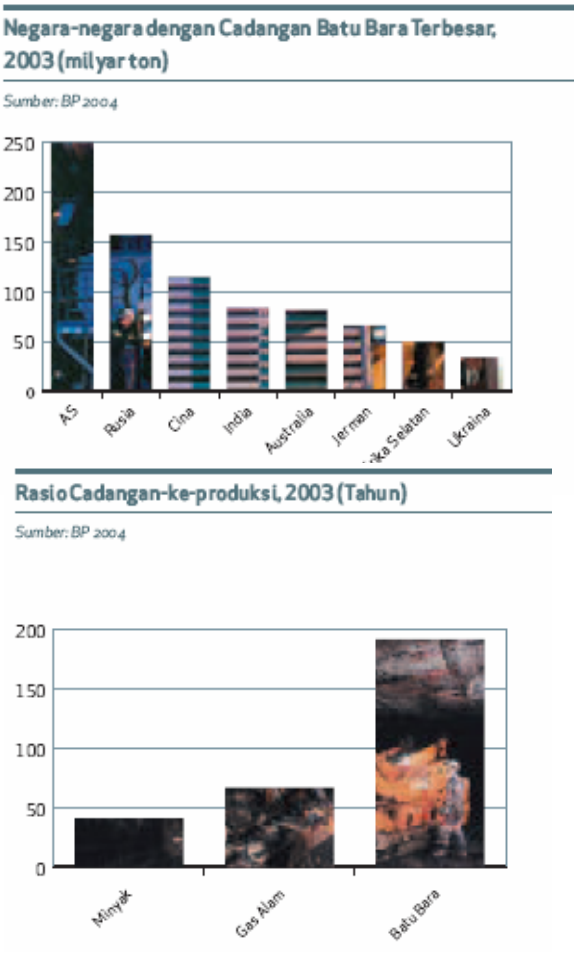
Cadangan yang telah terbukti

Cadangan-cadangan tidak hanya dipertimbangkan untuk sekedar dapat ditambang namun juga dapat ditambang secara ekonomis. Hal ini berarti bahwa mereka mempertimbangkan teknologi pertambangan saat ini yang dapat digunakan dan tingkat ekonomis dari penambangan batu bara. Dengan demikian cadangan-cadangan yang telah terbukti akan berubah sesuai dengan harga batu bara; jika harga batu bara turun, maka cadangan yang telah terbukti akan berkurang.

Sementara ini diperkirakan bahwa ada cadangan batu bara yang cukup untuk menghidupi kita selama 190 tahun. Walaupun demikian kenyataan demikian masih dapat diperluas dengan melakukan sejumlah pengembangan, termasuk : penemuan cadangan-cadangan baru melalui kegiatan eksplorasi yang sudah berjalan; kemajuan-kemajuan dalam teknik-teknik penambangan, yang dapat memperoleh cadangan cadangan yang sebelumnya tidak bisa dicapai.

Semua bahan bakar yang berasal dari fosil akhirnya akan habis, oleh karena itu penting sekali bagi manusia untuk

mengkonsumsinya secara efisien. Pengembangan-pengembangan penting terus dilakukan untuk penggunaan batu bara secara efisien sehingga dapat diperoleh energi yang lebih banyak dari setiap ton batu bara yang diproduksi.



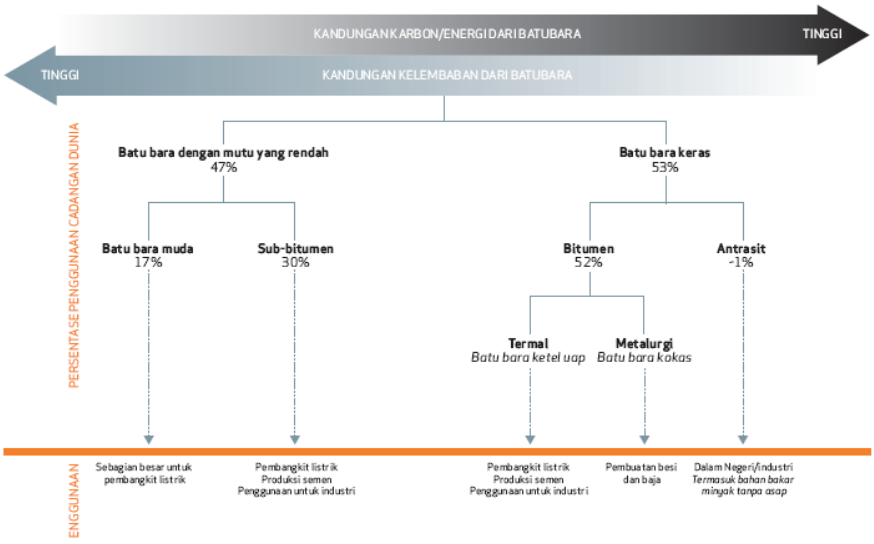
Gambar 14.4 Negara Produsen Batu Bara

b. Menemukan Batu Bara

Cadangan batu bara ditemukan melalui kegiatan eksplorasi. Proses tersebut biasanya mencakup pembuatan peta geologi dari daerah yang bersangkutan, kemudian melakukan survai geokimia dan geofisika, yang dilanjutkan dengan pengeboran eksplorasi. Proses demikian memungkinkan diperolehnya gambaran yang tepat dari daerah akan dikembangkan. Daerah tersebut hanya akan menjadi suatu tambang jika daerah tersebut memiliki cadangan batu bara yang cukup banyak dan mutu yang memadai sehingga batu bara dapat

diambil secara ekonomis. Setelah mendapat kepastian akan hal tersebut, maka dimulailah kegiatan penambangannya.

Pemilihan metode penambangan sangat ditentukan oleh unsur geologi endapan batu bara. Saat ini, tambang bawah tanah menghasilkan sekitar 60% dari produksi batu bara dunia, walaupun beberapa negara penghasil batu bara yang besar lebih menggunakan tambang permukaan. Tambang terbuka menghasilkan sekitar 80% produksi batu bara di Australia, sementara di AS, hasil dari tambang permukaan sekitar 67%.



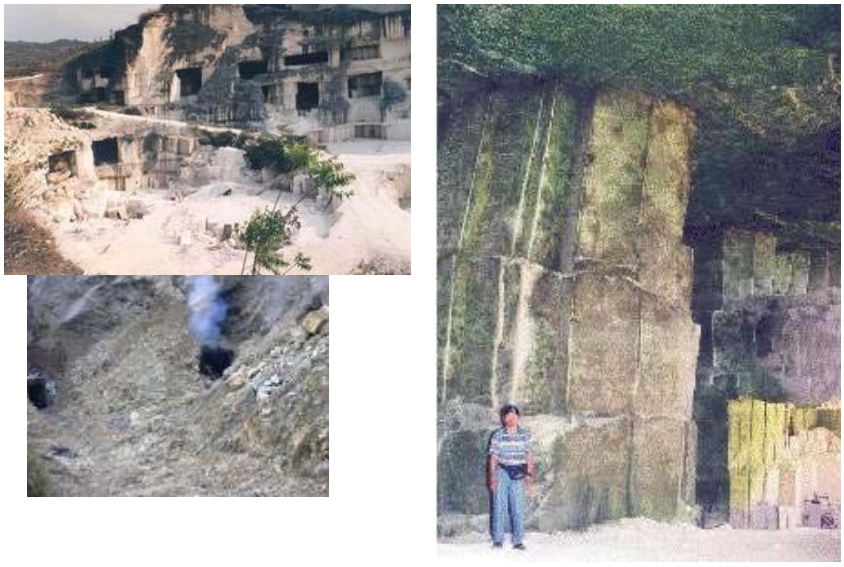
Gambar 14.5 Kandungan Kelembaman Batu Bara

c. Tambang Bawah Tanah

Ada dua metode tambang bawah tanah : tambang room-and-pillar dan tambang longwall. Dalam tambang room-and-pillar, endapan batu bara ditambang dengan memotong jaringan 'ruang' ke dalam lapisan batu bara dan membiarkan 'pilar' batu bara untuk menyangga atap tambang. Pilar-pilar tersebut dapat memiliki kandungan batu bara lebih dari 40% – walaupun batu bara tersebut dapat ditambang pada tahapan selanjutnya.

Penambangan batu bara tersebut dapat dilakukan dengan cara yang disebut retreat mining (penambangan mundur), dimana batu bara diambil dari pilar-pilar tersebut pada saat para penambang kembali ke atas. Atap tambang kemudian dibiarkan ambruk dan tambang tersebut ditinggalkan. Tambang longwall mencakup penambangan batu bara secara penuh dari suatu bagian lapisan atau 'muka' dengan menggunakan gunting-gunting mekanis. Tambang longwall harus dilakukan dengan membuat perencanaan yang hati-hati untuk memastikan adanya geologi yang mendukung sebelum dimulai kegiatan penambangan. Kedalaman permukaan batu bara bervariasi di

kedalaman 140-350m. Penyangga yang dapat bergerak maju secara otomatis dan digerakkan secara hidrolik diperlukan, dan ia menyangga atap tambang selama pengambilan batu bara. Setelah batu bara diambil dari daerah tersebut, atap tambang dibiarkan ambruk. Lebih dari 75% endapan batu bara dapat diambil dari panil batu bara yang dapat memanjang sejauh 3 km pada lapisan batu bara.



Gambar 14.6 Tambang Room dan Pillar

Keuntungan utama dari tambang room–and-pillar daripada tambang longwall adalah tambang roomand-pillar dapat mulai memproduksi batu bara jauh lebih cepat, dengan menggunakan peralatan bergerak dengan biaya kurang dari 5 juta dolar (peralatan tambang longwall dapat mencapai 50 juta dolar). Pemilihan teknik penambangan ditentukan oleh kondisi tapaknya namun selalu didasari oleh pertimbangan ekonomisnya; perbedaan-perbedaan yang ada bahkan dalam satu tambang dapat mengarah pada digunakannya kedua metode penambangan tersebut.

d. Tambang Terbuka



Gambar 14.7
Tambang permukaan

Tambang terbuka – juga disebut tambang permukaan – hanya memiliki nilai ekonomis apabila lapisan batu bara berada dekat

dengan permukaan tanah. Metode tambang terbuka memberikan proporsi endapan batu bara yang lebih banyak daripada tambang bawah tanah karena seluruh lapisan batu bara dapat dieksploitasi – 90% atau lebih dari batu bara dapat diambil.

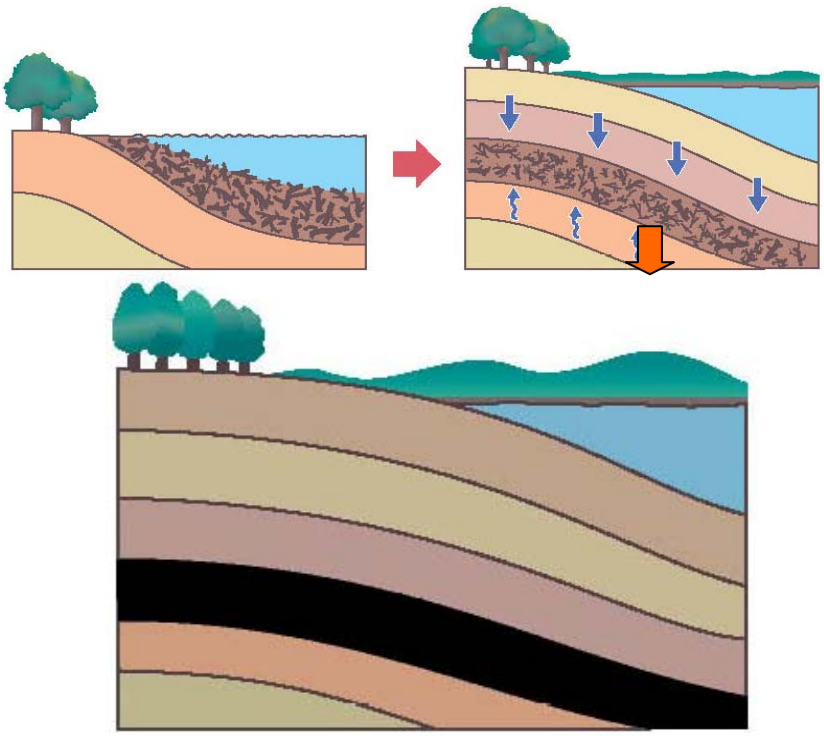
Tambang terbuka yang besar dapat meliputi daerah berkilo-kilo meter persegi dan menggunakan banyak alat yang besar, termasuk: dragline (katrol penarik) yang memindahkan batuan permukaan; power shovel (sekop hidrolik); truk-truk besar yang mengangkut batuan permukaan dan batu bara; bucket wheel excavator (mobil penggali serok); dan ban berjalan. Batuan permukaan yang terdiri dari tanah dan batuan dipisahkan pertama-tama dengan bahan peledak; batuan permukaan tersebut kemudian diangkut dengan menggunakan katrol penarik atau dengan sekop dan truk. Setelah lapisan batu bara terlihat, lapisan batu bara tersebut digali, dipecahkan kemudian ditambang secara sistematis dalam bentuk jalur-jalur. Kemudian batu bara dimuat ke dalam truk besar atau ban berjalan untuk diangkut ke pabrik pengolahan atau langsung ke tempat dimana batu bara tersebut akan digunakan.

e. Pengolahan Batu Bara

Seperti disebutkan dimuka, batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Adapun proses yang mengubah tumbuhan menjadi batubara tadi disebut dengan pembatubaraan (*coalification*).

Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan jaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (sedimentasi) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian, akan menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam. Oleh karena itu, karakteristik batubara berbeda-beda sesuai dengan lapangan batubara (*coal field*) dan lapisannya (*coal seam*).

Dalam proses pembatubaraan, maturitas organik sebenarnya menggambarkan perubahan konsentrasi dari setiap unsur utama pembentuk batubara. Berikut ini ditunjukkan contoh analisis dari masing - masing unsur yang terdapat dalam setiap tahapan pembatubaraan.



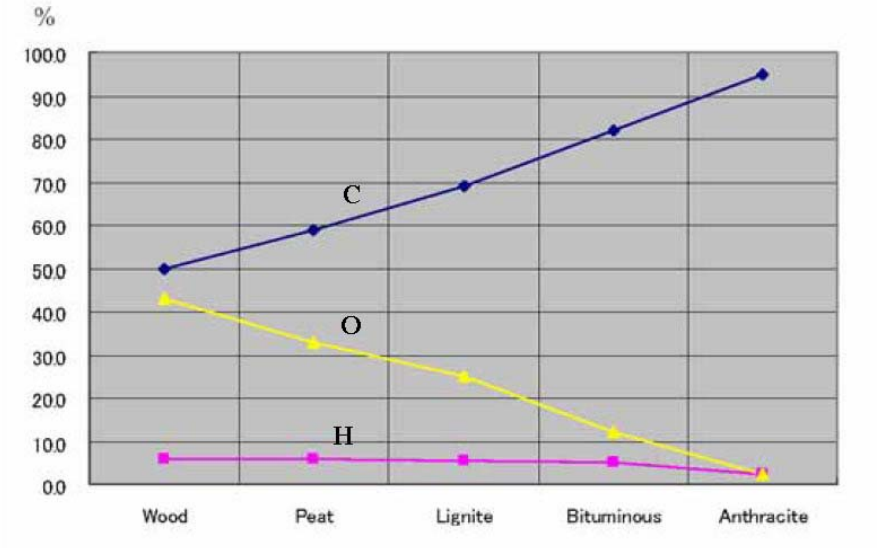
Gambar 14.7 Proses Terbentuknya Batubara
(Sumber: Kuri-n ni Riyou Sareru Sekitan, 2004)

Tabel 14.1 Contoh Analisis Batubara (*daf based*)

Jenis Batubara	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	C/O
Wood	50.0	6.0	43.0	1.0	1.2
Peat	59.0	6.0	33.0	2.0	1.8
Lignite	69.0	5.5	25.0	0.5	2.8
Bituminous	82.0	5.0	12.2	0.8	6.7
Anthracite	95.0	2.5	2.5	0.0	38.0

(Sumber: Sekitan no Kisou Chishiki)

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi tingkat pembatubaraan, maka kadar karbon akan meningkat, sedangkan hidrogen dan oksigen akan berkurang. Karena tingkat pembatubaraan secara umum dapat diasosiasikan dengan mutu atau kualitas batubara, maka batubara dengan tingkat pembatubaraan rendah -disebut pula batubara bermutu rendah-- seperti lignite dan sub-bituminus biasanya lebih lembut dengan materi yang rapuh dan berwarna suram seperti tanah, memiliki tingkat kelembaban (moisture) yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga kandungan energinya juga rendah. Semakin tinggi mutu batubara, umumnya akan semakin keras dan kompak, serta warnanya akan semakin hitam mengkilat. Selain itu, kelembabannya pun akan berkurang sedangkan kadar karbonnya akan meningkat, sehingga kandungan energinya juga semakin besar.

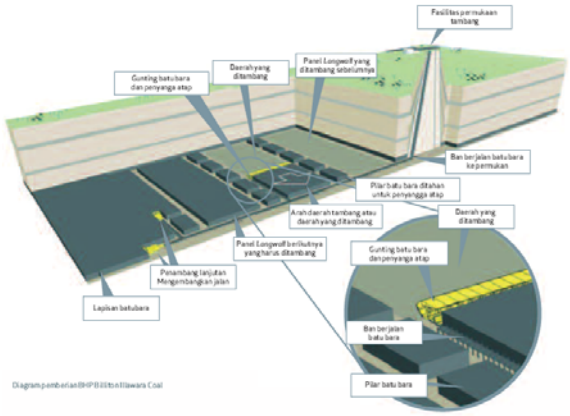


Gambar 14.8
Hubungan Tingkat Pembatubaraan - Kadar Unsur Utama

Batu bara yang langsung diambil dari bawah tanah, disebut batu bara tertambang run-of-mine (ROM), seringkali memiliki kandungan campuran yang tidak diinginkan seperti batu dan lumpur dan berbentuk pecahan dengan berbagai ukuran. Namun demikian pengguna batu bara membutuhkan batu bara dengan mutu yang konsisten. Pengolahan batu bara – juga disebut pencucian batu bara ("coal benification" atau "coal washing") mengarah pada penanganan batu bara tertambang (ROM Coal) untuk menjamin mutu yang konsisten dan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna akhir tertentu.

Pengolahan tersebut tergantung pada kandungan batu bara dan tujuan penggunaannya. Batu bara tersebut mungkin hanya memerlukan pemecahan sederhana atau mungkin memerlukan proses

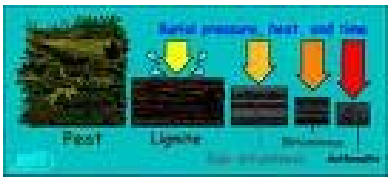
pengolahan yang kompleks untuk mengurangi kandungan campuran. Untuk menghilangkan kandungan campuran, batu bara terambang mentah dipecahkan dan kemudian dipisahkan ke dalam pecahan dalam berbagai ukuran. Pecahan-pecahan yang lebih besar biasanya diolah dengan menggunakan metode 'pemisahan media padatan'. Dalam proses demikian, batu bara dipisahkan dari kandungan campuran lainnya dengan diapungkan dalam suatu tangki berisi cairan dengan gravitasi tertentu, biasanya suatu bahan berbentuk mangnetit tanah halus. Setelah batu bara menjadi ringan, batu bara tersebut akan mengapung dan dapat dipisahkan, sementara batuan dan kandungan campuran lainnya yang lebih berat akan tenggelam dan dibuang sebagai limbah. Pecahan yang lebih kecil diolah dengan melakukan sejumlah cara, biasanya berdasarkan perbedaan kepadatannya seperti dalam mesin sentrifugal. Mesin sentrifugal adalah mesin yang memutar suatu wadah dengan sangat cepat, sehingga memisahkan benda padat dan benda cair yang berada di dalam wadah tersebut. Metode alternatif menggunakan kandungan permukaan yang berbeda dari batu bara dan limbah. Dalam 'pengapungan berbuih', partikel-partikel batu.



Gambar 14.9 Proses Pengolahan Batu Bara

Namun demikian, penting untuk menjaga keseimbangan antara perhatian terhadap lingkungan dan prioritas pembangunan ekonomi dan sosial. 'Pembangunan berkelanjutan' menggabungkan tiga hal dan didefinisikan sebagai: "…pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengkompromikan kemampuan dari generasi penerus untuk memenuhi kebutuhanmereka sendiri". Sementara batu bara memberikan kontribusi yang penting bagi perkembangan ekonomi dan sosial di seluruh dunia, dampak terhadap lingkungan hidup merupakan suatu masalah.

KLASIFIKASI BATU BARA



Gambar 14.10 Pengelompokan batu bara

Klasifikasi batu bara berdasarkan tingkat pembatubaraan biasanya dimaksudkan untuk menentukan tujuan pemanfaatannya. Misalnya, batu bara bintuminus banyak digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik, pada industri baja atau genteng serta industri semen (batu bara termal atau steam coal). Adapun batu bara antrasit digunakan untuk proses sintering bijih mineral, proses pembuatan elektroda listrik, pembakaran batu gamping, dan untuk pembuatan briket tanpa asap (Raharjo, 2006b).

Tipe batu bara berdasarkan tingkat pembatubaraan ini dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Lignite :

Disebut juga batu bara muda. Merupakan tingkat terendah dari batu bara, berupa batu bara yang sangat lunak dan mengandung air 70% dari beratnya. Batu bara ini berwarna hitam, sangat rapuh, nilai kalor rendah dengan kandungan karbon yang sangat sedikit, kandungan abu dan sulfur yang banyak. Batu bara jenis ini dijual secara eksklusif sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).



Gambar 14.11 Lignite

b. Sub-Bituminous : Karakteristiknya berada di antara batu bara lignite dan bituminous, terutama digunakan sebagai bahan bakar untuk PLTU. Sub-bituminous coal mengandung sedikit carbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang tidak efisien.



Gambar 14.12 Sub-Bituminous

c. Bituminous :

Batu bara yang tebal, biasanya berwarna hitam mengkilat, terkadang cokelat tua. Bituminous coal mengandung 86% karbon dari beratnya dengan kandungan abu dan sulfur yang sedikit. Umumnya dipakai untuk PLTU, tapi dalam jumlah besar juga dipakai untuk pemanas dan aplikasi sumber tenaga dalam industri dengan membentuknya menjadi kokas-residu karbon berbentuk padat.



Gambar 14.13 Bituminous

d. Anthracite :

Peringkat teratas batu bara, biasanya dipakai untuk bahan pemanas ruangan di rumah dan perkantoran. Anthracite coal berbentuk padat (dense), batu-keras dengan warna jet-black

berkilauan (luster) metallic, mengandung antara 86% - 98% karbon dari beratnya, terbakar lambat, dengan batasan nyala api biru (pale blue flame) dengan sedikit sekali asap.



Gambar 14.14 Anthrcite

Berdasarkan cara terbentuknya, batu bara dibedakan menjadi:

a. Batu bara paleogen,

Merupakan batu bara yang terbentuk pada cekungan intranmontain, contohnya yang terdapat di Ombilin, Bayah, Kalimantan Tenggara serta Sulawesi Selatan.



Gambar 14.15
Batu bara Paleogenik

b. Batu bara neogen,

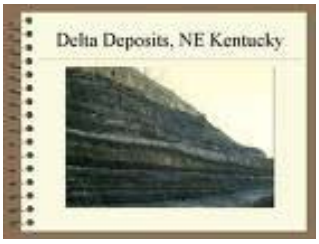
Yakni batu bara yang terbentuk pada cekungan foreland, contohnya terdapat di Tanjung Enim - Sumatera Selatan.



Gambar 14.16
Batu bara Neogen

c. Batu bara delta,

Yakni endapan batu bara yang terdapat di hampir seluruh Kalimantan Timur.



Gambar 14.17 Batu bara Delta

Tambang Batu Bara & Lingkungan Hidup

Tambang batu bara – terutama tambang terbuka –memerlukan lahan yang luas untuk diganggu sementara. Hal tersebut menimbulkan permasalahan lingkungan hidup, termasuk erosi tanah, polusi debu, suara dan air, serta dampat terhadap keanekaragaman hayati setempat. Tindakan-tindakan dilakukan dalam poerasi tambang modern untuk menekan dampak-dampak tersebut. Perencanaan dan pengelolaan lingkungan yang baik akan menekan dampak pertambangan terhadap lingkungan hidup dan membantu melestarikan keanekaragaman hayati.

Gangguan Lahan

Dalam praktek yang terbaik, kajian-kajian lingkungan hidup sekitarnya dilaksanakan beberapa tahun sebelum suatu tambang batu bara dibuka untuk menentukan kondisi yang ada dan untuk mengidentifikasikan kepekaan dan masalahmasalah yang mungkin akan timbul. Kajian-kajian tersebut mempelajari dampak pertambangan terhadap air permukaan dan air tanah, tanah dan tata guna lahan setempat, tumbuhan alam serta populasi fauna (lihat kajian kasus koala pada halaman 30). Simulasi komputer dapat dilakukan untuk melihat dampak-dampak terhadap lingkungan hidup setempat. Temuan-temuan tersebut kemudian dikaji sebagai bagian dari proses yang mengarah kepada pemberian izin pertambangan oleh pihak yang berwenang.

Amblesan Tambang

Masalah yang terkait dengan tambang batu bara bawah tanah adalah amblesan, dimana permukaan tanah ambles sebagai akibat dari ditambangnya batu bara di bawahnya. Setiap kegiatan tata guna lahan yang dapat menghadapkan harta benda pribadi atau harta milik sendiri atau bentang alam yang bernilai pada suatu risiko jelas merupakan suatu masalah.



Gambar 14.18
Peristiwa Lumpur Lapindo

Suatu pemahaman menyeluruh dari pola penghidupan di suatu daerah memungkinkan untuk mengukur pengaruh dari tambang bawah tanah terhadap permukaan tanah. Hal ini memastikan pengambilan sumber daya batu bara sebanyak-banyaknya secara aman sementara melindungi penggunaan lahan lainnya.

KEGUNAAN BATU BARA



Gambar 14.19 Pemanfaatan batu bara

Teknologi Pemanfaatan Batubara
Bahan Bakar Langsung

- Penyerapan gas SO_2 dari hasil pembakaran briket bio batubara dengan unggulan zeolit.

- Pengembangan model fisik tungku pembakaran briket biocoal untuk industri rumah tangga, pembakaran bata/genteng, boiler rotan dan pengering bawang.
- Tungku hemat energi untuk industri rumah tangga dengan bahan bakar batubara/briket bio batubara.
- Pembakaran kapur dalam tungku tegak system terus menerus skala komersial dengan batubara halus menggunakan pembakar siklon.
- Tungku pembuatan gula merah dengan bahan bakar batubara.
- Pembakaran kapur dalam tungku system berkala dengan kombinasi bahan bakar batubara - kayu.
- Pembakaran bata-genteng dengan batubara.

Non Bahan Bakar

- Pengkajian pemanfaatan batubara Kalimantan Selatan untuk pembuatan karbon aktif.
- Daur ulang minyak pelumas bekas dengan menggunakan batubara peringkat rendah sebagai penyerap.

Membuat Kompor Alkohol Murah Meriah



Gambar 14.20 Kompor alkohol generik.

Cerita bermula pada saat melakukan pencarian desain burner untuk biogas, kami cukup ***surprise*** karena ternyata inisiatif pembuatan dan desain kompor atau tungku dengan bahan bakar alternatif sudah banyak sekali dilakukan baik oleh para hobiis maupun LSM di luar negeri. Salah satu yang menarik perhatian adalah desain kompor berbahan bakar alkohol yang dibuat dari kaleng bekas minuman ringan (***soft drink***). Di sekitar kita banyak sekali limbah bekas kaleng minuman ringan ini , yang sebetulnya masih bisa kita manfaatkan untuk sesuatu yang cukup berguna (well, saingan dengan para pemulung, menurut informasi harga kaleng bekas ini di tingkat pemulung ternyata sekitar Rp. 14.000,- / kilogram!).

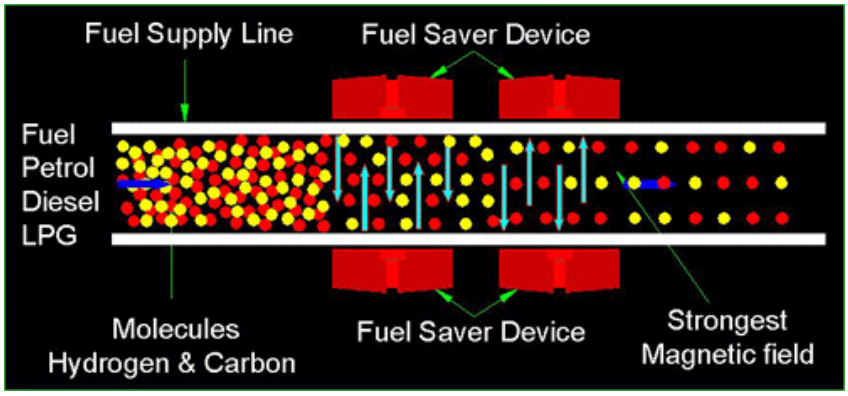
Desain kompor alkohol ini (jenisnya disebut ***Top Burner Alcohol Stove***) sama dengan yang digunakan kompor yang sering

dipakai oleh para pencinta alam dan pendaki gunung, Trangia. Keduanya mengambil prinsip dasar yang sama, hanya bedanya Trangia menggunakan bantuan semacam sumbu yang kemungkinan terbuat dari asbestos.
Membuatnya sama sekali tidak sulit, hanya dibutuhkan sedikit kesabaran dan bahan serta alat yang tersedia di sekitar kita. Dan soal fungsional, dari percobaan kami dapat mendidihkan (98C) 0.5 liter air dalam waktu 18 menit dan hanya menghabiskan sekitar 20ml spirtus bakar. Kurang lebih sama bahkan cenderung lebih irit dalam bahan bakar daripada Trangia.

Selain itu, kompor alkohol ini juga simple dan ringkas, dapat dikantongi bila anda sedang melakukan perjalanan alam bebas, alkohol nya selain berfungsi sebagai bahan bakar, dapat juga digunakan untuk antiseptic dan pencuci luka apabila mengalami kecelakaan ringan dalam perjalanan. Keunggulan lain, bahan bakar alkohol ini bersih, tidak mengeluarkan bau dan polusi serta termasuk bahan bakar yang ***renewable*** (terbarui). Kekurangannya ? storage dan handling dari bahan bakar cair yang kadang kadang ribet dan harga alkohol yang masih mahal (sekitar Rp. 6000 - 7000 / liter).

Evomium

Bahan bakar (Bensin, diesel, gas) adalah senyawa kimia hdrokarbon yang membentuk molekul-molekul hydrogen dan karbon. Sebagian hidrokarbon membentuk kelompok-kelompok molekul yang padat, tidak sama dan menyatu antara keduanya serta sambung – menyambung menjadi rangkaian hidrokarbon. Keadaan ini menyebabkan bahan bakar tidak dapat terbakar sempurna disebabkan oksigen tidak dapat tercampur masuk dalam ruang molekul-molekul hydrogen dan karbon. Bahan bakar yang tidak terbakar sempurna tersebut dikenal sebagai pembakaran yang tidak lengkap dan kemudian akan menghasilkan karbondioksida, air, karbonmonoksida, karbon, hidrokarbon (sebagian bahan bakar yang tidak terbakar) serta kotoran lain yang dikeluarkan melalui pipa knalpot. Pembakaran yang tidak lengkap ini akan menyebabkan pemborosan bahan bakar, menjadikannya endapan kotoran dalam mesin, pencemaran udara dan seterusnya mengambat performa/tenaga mesin.



Gambar 14.21 Evomium

Evomium adalah alat penghemat bahan bakar yang mudah dalam pemasangannya. Evomium terdiri dari sepasang magnet baku '*permanent magnet* ' magnet tersebut dibuat sedemikian rupa dalam keadaan melengkung dengan ukuran tertentu yang menghasilkan tarikan magnet yang sangat kuat atau lebih dikenal dengan medan tenaga. Evomium dipasang pada saluran bahan bakar yang dekat kearah '*Carburetor*' atau '*Fuel Injection* system'.
Sepasang magnet tersebut akan membentuk tarikan magnet yang sangat kuat diantara kedua permukaan magnet tersebut. bagian magnet atas berfungsi sebagai penerima sedangkan bagian bawah magnet berfungsi sebagai penghantar dan menghasilkan serta mengarahkan tepat sudut medan magnet dengan saluran bahan bakar. Tarikan magnet yang dihasilkan dari kinerja evomium akan menembus saluran bahan bakar semisal getah atau gram menyebabkan hidrokarbon akan terurai dalam bentuk yang lebih beraturan dan tersusun, hasilnya akan menyebabkan setiap molekul akan lebih agresif dan memudahkan oksigen menembus ruang-ruang molekul hydrogen dan karbon untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna dan bersih. Hasilnya pula hal ini akan mampu menambah tenaga dengan jumlah pepenggunaan bahan bakar yang lebih sedikit.

Hasil yang didapat dari Evomium adalah

- Menghemat uang
- Menghemat bahan bakar
- Menambah jarak tempuh
- Meningkatkan performa/tenaga mesin
- Menambah tarikan mesin
- Mengurangi pencemaran udara
- Umur mesin lebih lama
- Mengawetkan mesin
- Suara mesin lebih halus
- Mengurangi asap
- Minyak pelumas lebih tahan lama
- Mengurangi biaya / memudahkan perawatan mesin. Mesin bersih

- (mengurangi endapan karbon)

Tabel 14.12 Mesin Bensin & BBG

dibawah 600 CC	= 1 unit evomium
600 – 3000 CC	= 2 unit evomium
3000 CC – 6000 CC	= 4 unit evomium
> 6000 CC	= 6 unit evomium

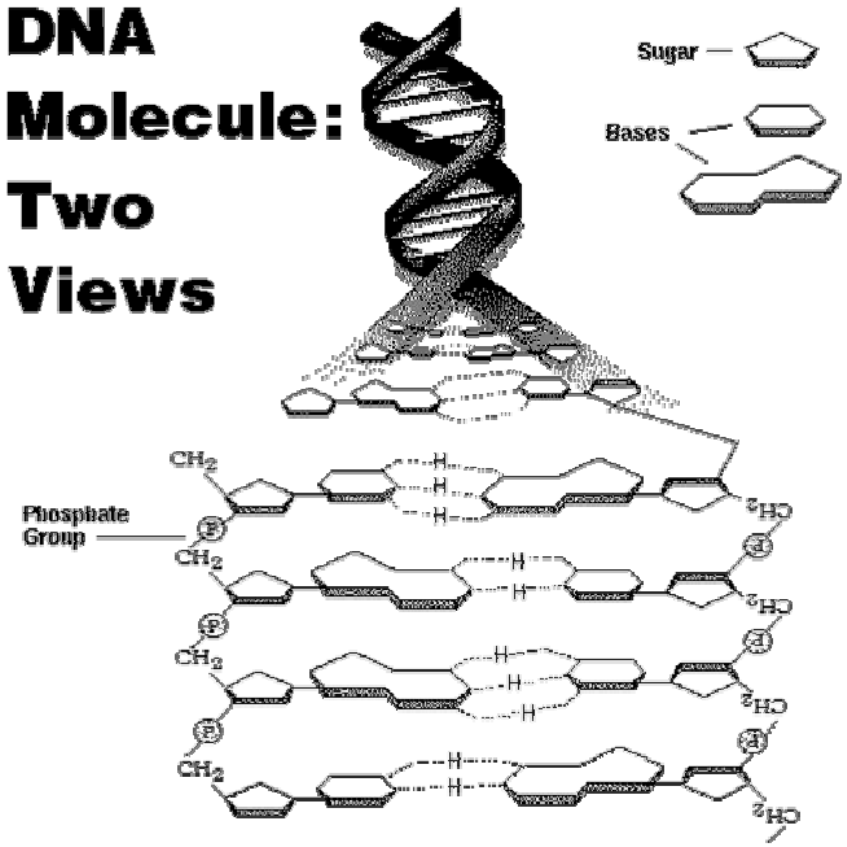
Tabel 14.13 Mesin Diesel/Solar

dibawah 2000cc	= 2 unit evomium
2000 – 6000 CC	= 4 unit evomium
> 6000 CC	= 6 unit evomium

Latihan Soal

1. Apa kegunaan batu bara?
2. Bagaimana cara menemukan batu bara?
3. Apa perbedaan tambang bawah tanah dan tambang terbuka?Mana yang lebih menguntungkan?
4. Mengapa tambang room-and-pillar lebih menguntungkan daripada tambang longwall?
5. Apa akibatnya jika eksplorasi batu bara dilakukan tanpa memperhatikan kajian lingkungan?
6. Bagaimana cara menghilangkan campuran dari batu bara?
7. Jelaskan tipe-tipe batu bara berdasarkan tingkat coalification?
8. Mengapa anthracite merupakan batu bara kualitas teratas?
9. Mengapa bahan bakar yang sering digunakan adalah minyak bumi, bukan batu bara?
10. Mengapa industri-industri di Indonesia lebih banyak mengimpor batu bara daripada menggunakan batu bara dalam negeri.

15. POLIMER



15.1. Definisi

Polimer atau kadang-kadang disebut sebagai makromolekul, adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara dengan monomer, yaitu bahan dasasr pembuat polimer (tabel 1). Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Sebagai contoh, polimer poli(feniletena) mempunyai harga rata-rata massa molekul mendekati 300.000. Hal ini yang menyebabkan polimer tinggi memperlihatkan sifat sangat berbeda dari polimer bermassa molekul rendah, sekalipun susunan kedua jenis polimer itu sama.

Tabel 15.1 Pembentukan polimer

Polimer	Monomer	Kesatuan berulang
Poli(etena) Poli(kloroetena) Selulosa	$CH_2 = CH_2$ $CH_2 = CHCl$ $C_6H_{12}O_6$	$-(CH_2 - CH_2)-$ $-(CH_2 - CHCl)-$ $-(C_6H_{14}O_5)-$

15.2. Klasifikasi

Senyawa-senyawa polimer didapatkan dengan dua cara, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan di polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis).

Polimer yang sudah ada dialam (polimer alam), seperti :

1. Amilum dalam beras, jagung dan kentang
2. Selulosa dalam kayu
3. Protein terdapat dalam daging
4. Karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet

Karet alam merupakan polimer dari senyawa hidrokarbon, yaitu 2-metil-1,3-butadiena (isoprena). Ada juga polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut *polimer sintetis* seperti polyetena, polipropilena, poly vynil chlorida (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak.



Gambar 15.1
Polimer Alam, Berupa Getah Karet



Gambar 15.2
Polimer Sintetis, Berupa Plastik

15.3. Reaksi Polimerisasi

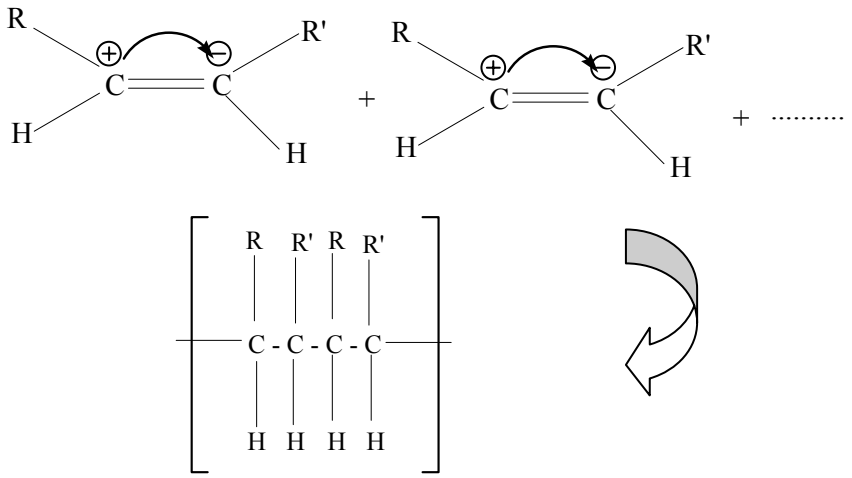
Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul kecil (monomer) yang membentuk molekul yang besar.

Ada dua jenis reaksi polimerisasi, yaitu : *polimerisasi adisi* dan *polimerisasi kondensasi*

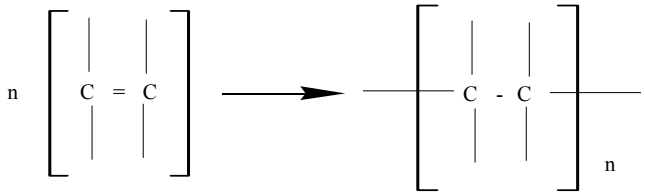
1. Polimerisasi Adisi

Polimerisasi ini terjadi pada monomer yang mempunyai ikatan tak jenuh (ikatan rangkap dengan melakukan reaksi dengan cara membuka ikatan rangkap (reaksi adisi) dan menghasilkan senyawa polimer dengan ikatan jenuh.

Mekanisme reaksi :



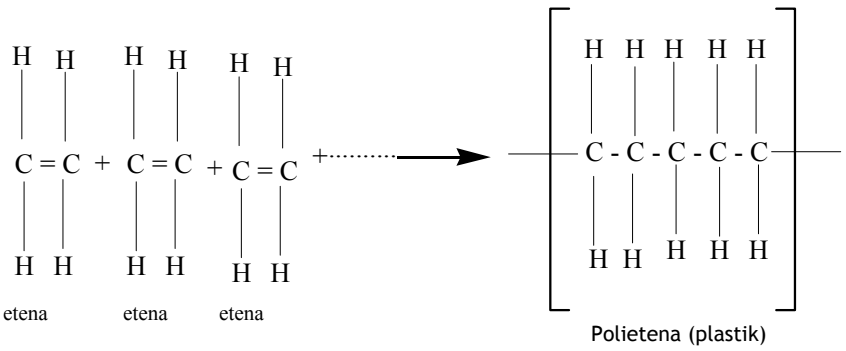
Atau dapat dituliskan :

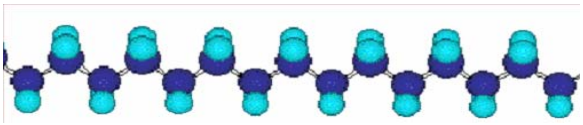


Contoh :

a. Pembentukan Polietena (sintesis)

Polietena merupakan plastik yang dibuat secara sintesis dari monomer etena (C_2H_4) menurut reaksi adisi berikut :

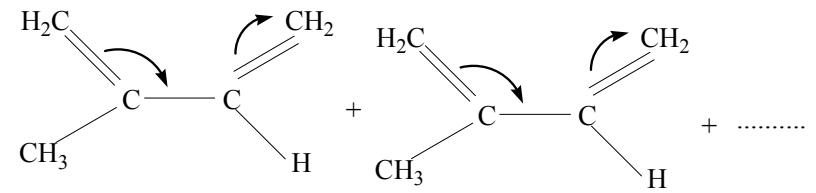




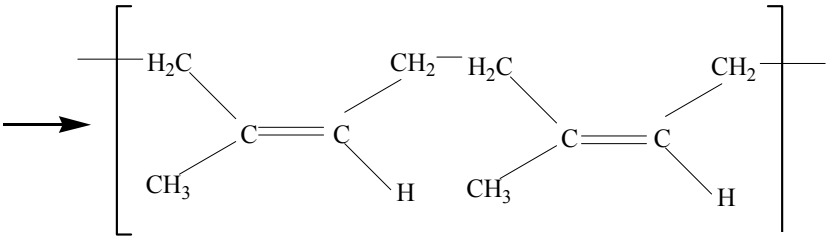
Gambar 14.51 Polietene/polietylena

b. Pembentukan Poli-isoprena (alami)

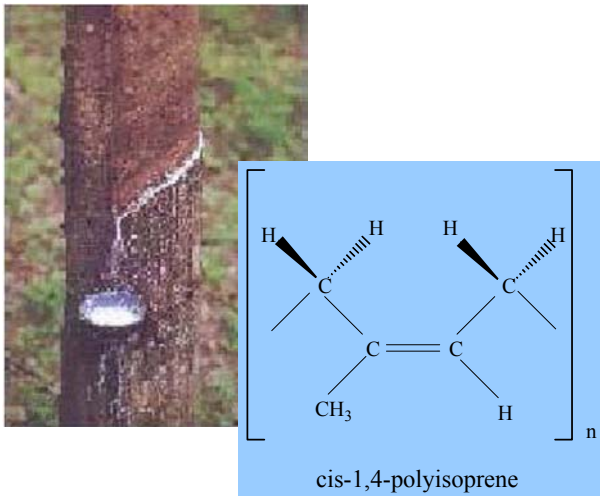
Poli-isoprena merupakan karet alam dengan monomer 2-metil-1,3 butadiena. Reaksi yang terjadi dengan membuka salah satu ikatan rangkap dan ikatan rangkap yang lainnya berpindah menurut reaksi adisi :



2-metil-1,3-butadiena



Poli-isoprena (karet alam)



Gambar 15.3 Polyisoprena / Karet Alam

2. Polimerisasi Kondensasi

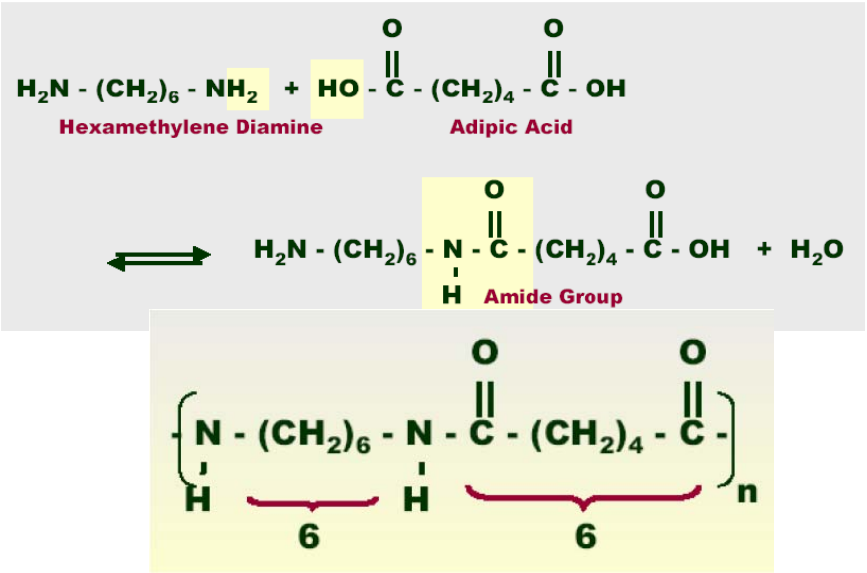
Pada polimerisasi kondensasi ini, disamping menghasilkan senyawa polimer juga menghasilkan zat lain yang struktur molekulnya sederhana (kecil).

Monomer + monomer +..... $\rightarrow$ polimer + zat lain

a. Pembentukan Nylon (sintesis)

Pembuatan nylon dari monomer asam heksanadionat (asam adipat) dengan 1,6-diamino heksana. Reaksi yang terjadi adalah gugus karboksilat (-COOH) bereaksi dengan gugus amino ($-NH_2$) melalui ikatan peptida (HNCO) dan mengasilkan nylon serta molekul air.

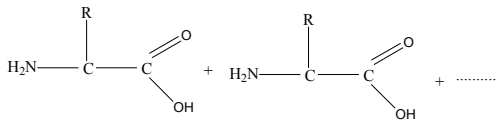
Contoh :



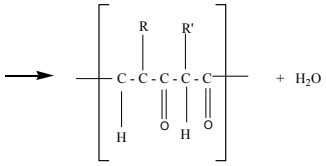
Gambar 15.4 Nylon

b. Pembentukan protein (alami)

Protein terbentuk dari asam α amino sebagai monomer. Pembentukannya seperti pada nylon yaitu reaksi dari gugus karboksilat (-COOH) dengan gugus amino ($-NH_2$) melalui ikatan peptida (HNCO) dengan menghasilkan protein dan air.



Asam α amino Asam α amino

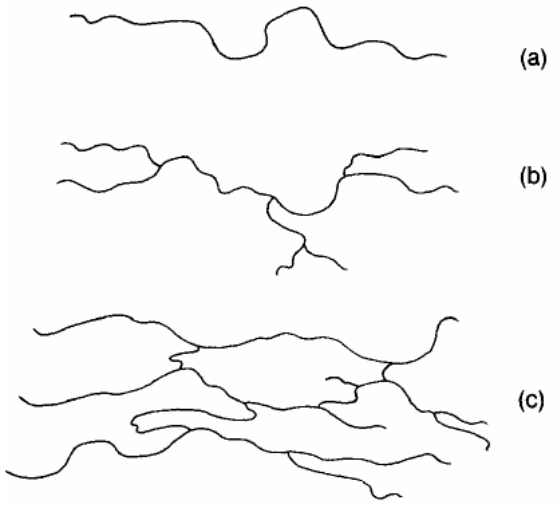


Protein

15.4. Penggolongan Polimer

Penggolongan polimer didasarkan kepada :

1. Jenis monomer, apakah monomernya sama atau berbeda
2. Susunan unit monomer, apakah teratur ataukah tidak
3. Struktur polimer, apakah lurus, bercabag atau network (*crosslink)*.



Gambar 15.5 Struktur polimer konvensional

Dari faktor tersebut polimer digolongkan menjadi :

1. **Homopolimer**
   Polimer ini terbenuk dari monomer-monomer yang sejenis.

M + M + ... → -[M-M-M-M]-
Monomer polimer

2. Kopolimer

Polimer ini terbentuk dari monomer-monomeryang jenisnya berbeda. Dar susunan monomer yan bergabung. Kopolimer dibagi lagi menjadi :

a. Kopolimer statistik : kopolimer dengan susunan monomer yang terbentuk tidak beraturan.

-[A – B – B – A – A – A – B – A – A – B – B – B] –

b. Kopolimer blok : susunan monomer yang terbentuk secara teratur dengan jumlah tertentu.

-[A – A – B – B – A – A – B – B – A – A – B – B] -

c. Kopolimer bergantian : susunan monomer yang terbentuk secara bergantian.

-[A – B – A – B – A – B – A – B – A – B – A – B] -

d. Kopolimer bercabang : susunan monomer yang merupakan cabang.

```
-[A – A – A – A – A – A – A] –
       |       |       |
       B       B       B
               |       |
               B       B
```

15.5. Sifat polimer

1. Sifat Thermal

Sifat polimer terhadap panas ada yang menjadi lunak jika dipanaskan dan keras jika didinginkan .polimer seperti ini disebut *termoplas.*

Contohnya : plastik yang digunakan untuk kantong dan botol plastik.

Sedangkan polimer yang menjadi keras jika dipanaskan disebut *termoset*,contohnya melamin

2. Sifat Kelenturan

Polimer akan mempunyai kelenturan yang berbeda dengan polimer sintetisUmumnya polimer alam agak sukar untuk dicetak sesuai keinginan,sedangkan polimer sintetis lebih mudah dibuat cetakan untuk menghasilkan bentuk tertentu.

Karet akan lebih mudah mengembangdan kehilangan kekenyalannya setelah terlalu lama kena bensin atau minyak.

3. Ketahanan terhadap Mikroorganisme

Polimer alam seperti wool, sutra, atau selulosa tidak tahan terhadap mikroorganisme atau ulat (rayap).Sedangkan polimer sintetis lebih tahan terhadap mikroorganisme atau ulat.

4. Sifat Lainnya

Sifat polimer yang lainnya bergantung pemakainnnya untuk kemasan atau alat-alat industri.Untuk tujuan pengemasan harus diperhatikan :

a. Toksisitasnya
b. Daya tahan terhadap air,mnyak atau panas
c. Daya tembus udara (oksigen)
d. Kelenturan
e. Transparan

15.6. Kegunaan Dan Dampak Polimer Terhadap Lingkungan

Dalam kehidupan sehari-hari banyak barang-barang yang digunakan merupakan polimer sintetis mulai dari kantong plastik untuk belanja, plastik pembungkus makanan dan minuman, kemasan plastik, alat-alat listrik, alat-alat rumah tangga, dan alat-alat elektronik. Setiap kita belanja dalam jumlah kecil, misalnya diwarung, selalu kita akan mendapatkan pembungkus plastik dan kantong plastik (keresek).

Barang-barang tersebut merupakan polimer sintetis yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Akibatnya, barang-barang tersebut akan menumpuk dalam bentuk sampah yang tidak dapt membusuk. Atau menyumbat saluran air yang menyebabkan banjir. Sampah polimer sintetis jangan dibakar, karena akan menghasilkan senyawa dioksin. Dioksin adalah suatu senyawa gas yang sangat beracun dan bersifat karsinogenik (menyebabkan kanker).

Plastik vinyl chloride tidak berbahaya, tetapi monomer vinyl chloride sangat beracun dan karsinogenik yang mengakibatkan cacat lahir.

Plastik yang digunakan sebagai pembungkus makanan, jika terkena panas dikhawatirkan monomernya akan terurai dan akan mengontamiasi makanan.

Untuk mengurangi pencemaran plastik :

1. Kurangi penggunaan plastik.
2. Sampah plastik harus dipisahkan dengan sampah organik, sehingga dapat didaur ulang.
3. Jangan membuang sampah plastik sembarangan.
4. Sampah plastik jangan dibakar.

Untuk menghindari bahaya keracunan akibat penggunaan plastik :

1. Gunakan kemasan makanan yang lebih aman, seperti gelas.
2. Gunakan penciuman, jika makanan/minumam bau plastik jangan digunakan.

LATIHAN SOAL

1. Jelaskan arti dari senyawa polimer!
2. Berikan contoh polimer alam dan polimer sintetis!
3. Sebutkan dan jelasakn masing-masing reaksi pembentukan polimer!
4. Sebutkan dan jelaskan sifat-sifat polimer!
5. Apa yang anda ketahui tentang homopolimer dan kopolimer?

16. PLASTIK



16.1. Definisi

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat, dan dapat dilunakkan atau dicetak pada suhu tinggi (suhu peralihan kacanya diatas suhu ruang), jika tidak banyak bersambung silang. Plastik merupakan polimer bercabang atau linier yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya. Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses injection molding dan ekstrusi.

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdir dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapt dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka "malleable", memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan varias yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, "reliency" dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.

Plastik dapat juga menuju ke setiap barang yang memiliki karakter yang deformasi atau gagal karena shear stress- lihat keplastikan (fisika) dan ductile.

Plastik dapat dikategorisasikan dengan banyak cara tapi paling umum dengan melihat tulang-belakang polimernya (vinyl{chloride}, polyethylene, acrylic, silicone, urethane, dll.). Klasifikasi lainnya juga umum.

Plastik adalah polimer; rantai-panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang di tulang belakang. (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan "bergantung" dari tulang-belakgan (biasanya "digantung" sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer). Pengesetan ini oleh grup "pendant" telah membuat plastik menjadi bagian tak terpisahkan di kehidupan abad 21 dengan memperbaiki properti dari polimer tersebut.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, "shellac") sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, "nitrocellulose") dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene).

16.2. Jenis-jenis Utama Plastik

Jenis utama plastik diantaranya adalah PE (Poly Etylene), PP (Poly Propylene), PS (Poly Styrene), PET (Poly Etylene Therephtalate), PVC (Poly Vinyl Clhorida).

1. PE (Poly Etylene)

Monomer : etena ($CH_2 = CH_2$)

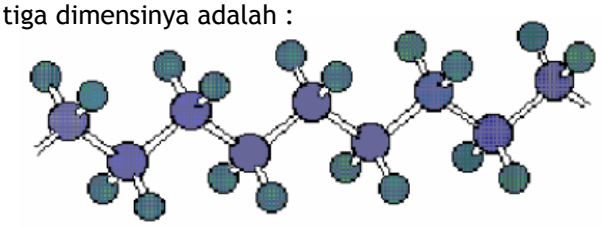
Unit ulang polimer : $-[CH_2-CH_2]_n-$ Reaksi :



Atau

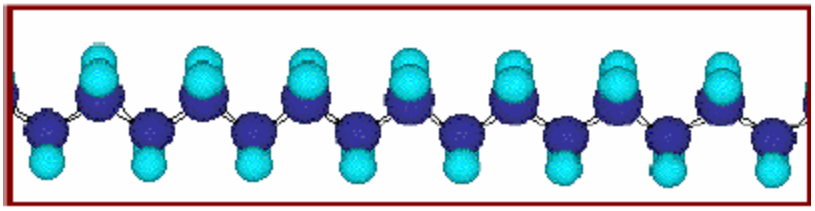


struktur tiga dimensinya adalah :

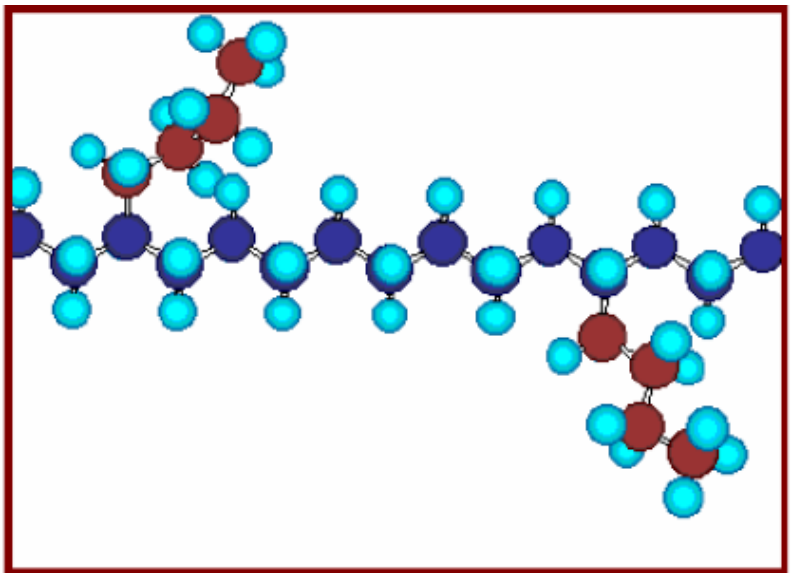


Gambar 16.1 Struktur Tiga Dimensi Polyethylene

Polyetylene ada 2 jenis, yaitu linier dan bercabang dengan struktur sebagai berikut :



Gambar 16.2 Polyethylene Linier



Gambar 16.3 Polyethylene bercabang

Kegunaan dan sifat :

- kantong plastik, botol plastik, film, cetakan
- pembungkus kabel modern
- tidak tahan panas
- fleksibel, permukaannya licin
- tidak tembus cahaya (buram) dan ada yang tembus cahaya
- titik lelehnya 115°C

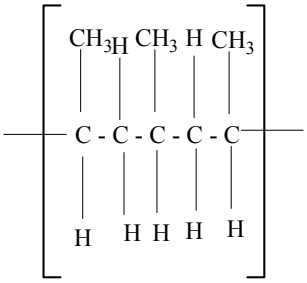


Gambar 16.4
Contoh kegunaan PE

2. PP (Poly Propylene)

Monomer : propena (CH_3 – CH = CH_2)

Unit ulang polimer :



Kegunaan dan sifat :

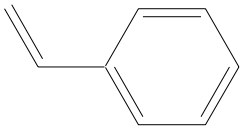
- kantong plastik, film, automotif
- maianan mobil-mobilan, ember, botol
- lebih tahan panas
- keras, flexible, dapat tembus cahaya
- ketahanan kimianya bagus
- titik lelehnya 165°C



Gambar 16.5
Contoh kegunaan PP

3. PS (Poly Styrene)

Monomer : styrene



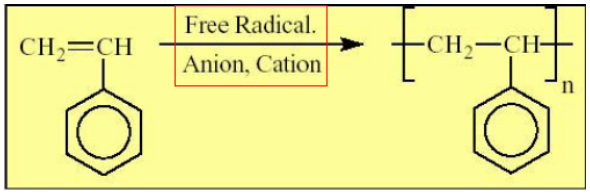
styrene

Kegunaan dan sifat :

- tidak buram, seperti glass

- kaku, mudah patah
- buram terhadap sentuhan
- meleleh pada 95°C
- untuk penggaris, gantungan baju
- tempat menyimpan dalam kulkas, pembungkus industri minuman
- catridge printer

Reaksi :

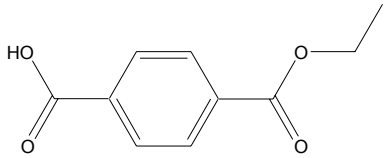




Gambar 16.6
Contoh kegunaan PS

4. PET (Polyethylene terephtalate)

Monomer : ethyl terephtalate



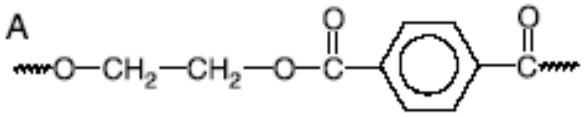
ethyl Terephtalate

Kegunaan dan sifat :

- jelas, keras, tahan terhadap pelarut
- tititk lelehnya 85°C

- botol minuman berkarbonasi
- botol juice buah
- tas bantal dan peralatan tidur
- fiber tekstile

Unit ulang polimer :



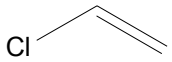
Gambar 16.61 Unit Ulang PET



Gambar 16.7
Contoh kegunaan PET

5. PVC (Poly Vinyl Chlorida)

Monomer : Vinyl Chlorida



vinyl chloride

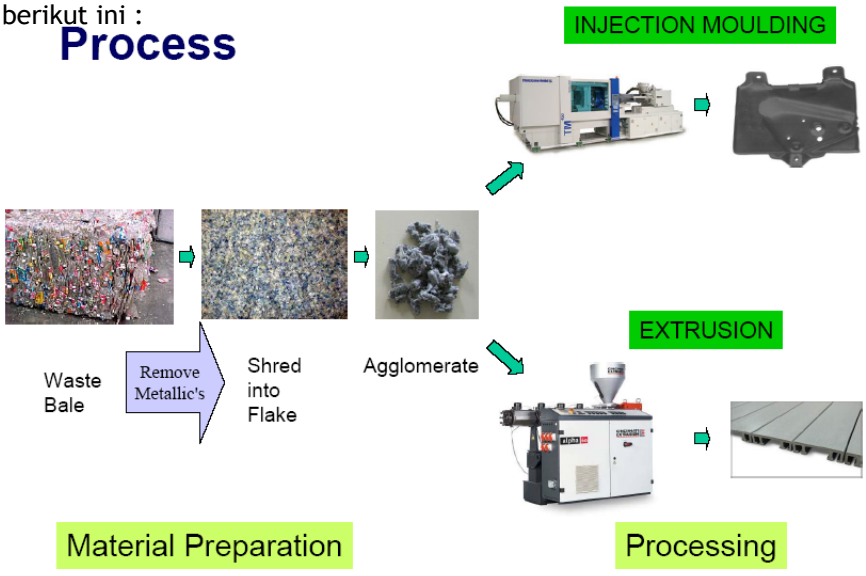
Kegunaan dan sifat :
- karpet, kayu imitasi
- pipa air (paralon), alat-alat listrik, film
- Jas hujan
- Botol detergen
- Keras dan kaku
- dapat bersatu dengan pelarut
- tititk lelehnya 70 – 140°C



Gambar 16.8
Contoh kegunaan PVC

16.3. Cara Pembuatan Plastik

Cara pembuatan plastik dapat dijelaskan dengan bagan berikut ini :



Gambar 16.9 Proses pembuatan plastik

Latihan Soal

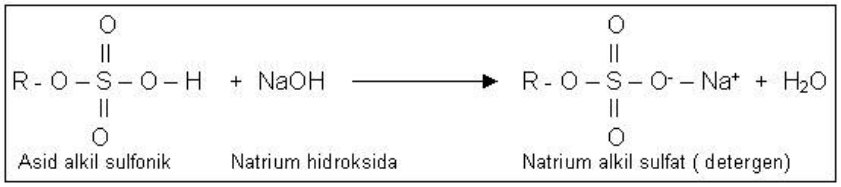
1. Jelaskan arti dari plastik
2. apa perbedaan plastik dengan polimer
3. Jelaskann proses pembuatan plastik
4. Tuliskan struktur molekul monomer dan polimer dari jenis-jenis plastik utama.
5. Sebutkan dampak penggunaan plastik dan baaimana cara mengatasinya.

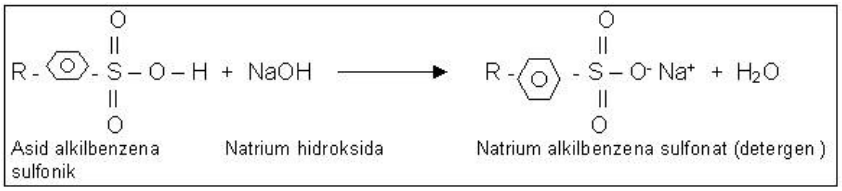
17. DETERGEN



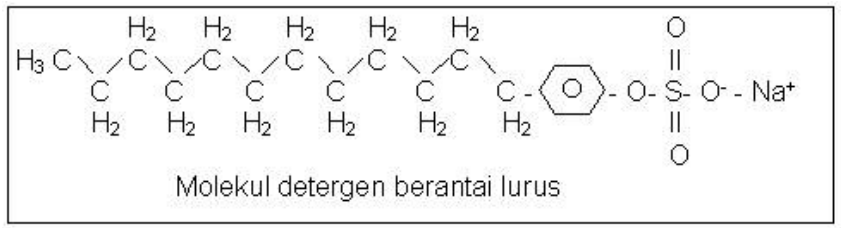
17.1. Definisi

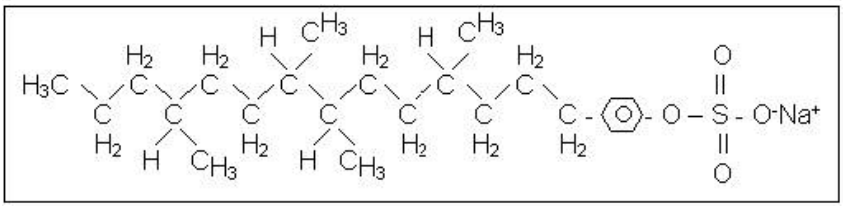
Deterjen adalah campuran berbagai bahan, yang digunakan untuk membantu pembersihan dan terbuat dari bahan-bahan turunan minyak bumi. Dibanding dengan sabun, deterjen mempunyai keunggulan antara lain mempunyai daya cuci yang lebih baik serta tidak terpengaruh oleh kesadahan air. Detergen merupakan garam Natrium dari asam sulfonat.





Rantai hidrokarbon, R, di dalam molekul sabun di atas mungkin adalah rantai hidrokarbon yang lurus atau rantai hidrokarbon yang bercabang.





Molekul detergen berantai bercabang

Gambar 17.1 Molekul Detergen Berantai Lurus dan Bercabang

Detergen sudah sangat akrab di kehidupan kita, terutama bagi ibu rumah tangga. Detergen digunakan untuk mencuci pakaian. Untuk menyempurnakan kegunaannya, biasanya pabrik menambahkan Natrium Perborat, pewangi, pelembut, Naturium Silikat, penstabil, Enzim, dan zat lainnya agar fungsinya semakin beragam. Tapi diantara zat-zat tersebut ada yang tak bisa dihancurkan/dilarutkan oleh mikroorganisme sehingga otomatis menyebabkan pencemaran lingkungan. Apabila air yang mengandungi detergen dibuang ke dalam air, tercemarlah air dan pertumbuhan Alga yang sangat cepat. Hal ini akan menyebabkan kandungan oksigen dalam air berkurangan dan otomatis ikan, tumbuhan laut, dan kehidupan air lainnya mati. Selain itu limbah Detergen juga menyebabkan pencemaran tanah yang menurunkan kualitas kesuburan tanah yang mengakibatkan tanaman serta hidupan tanah termasuk cacing mati. Padahal cacing bisa menguraikan limbah organik, non organik & menyuburkan tanah.

Bahan utamanya ialah garam natrium yaitu asam organik yang dinamakan asam sulfonik. Asam sulfonik yang digunakan dalam pembuatan detergen merupakan molekul berantai panjang yang mengandungi 12 hingga 18 atom karbon per molekul.

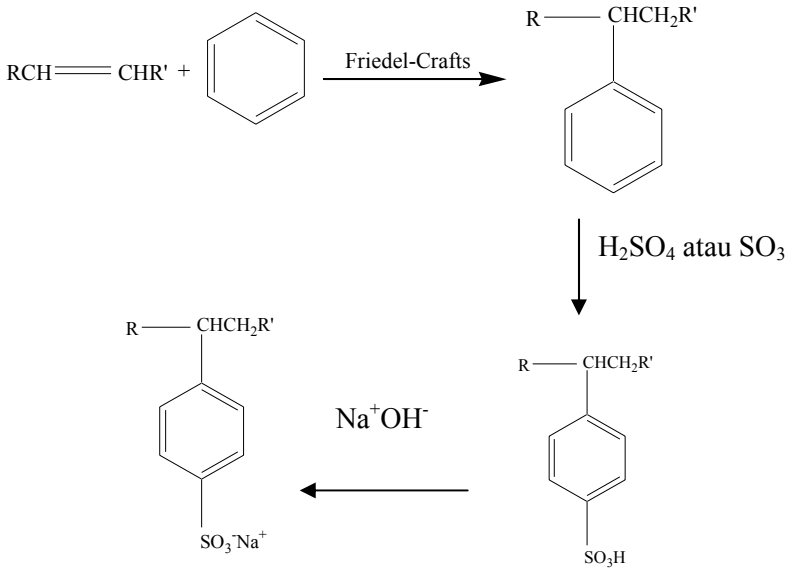
Detergen pertama disintesis pada tahun 1940-an, yaitu garam natrium dari alkyl hydrogen sulfat. Alkohol berantai panjang dibuat dengan cara penghidrogenan lemak dan minyak.

Alkohol berantai panjang ini direaksikan dengan asam sulfat menghasilkan alkil hydrogen sulfat yang kemudian dinetralkan dengan basa.

Natrium lauril sulfat adalah detergen yang baik. Karena garamnya berasall dari asam kuat, larutannya hampir netral. Garam

kalsium dan magnesiumnya tidak mengendap dalam larutannya, sehingga dapat dipakai dengan air lunak atau air sadah.
Pada masa kini, detergen yang umum digunakan adalah alkil benzenasulfonat berantai lurus. Pembuatannya melalui tiga tahap. Alkena rantai lurus dengan jumlah karbon 14-14 direaksikan dengan benzena dan katalis Friedel-Craft ($AlCl_3$ atau HF) membentuk alkil benzena. Sulfonasi dan penetralan dengan basa melengkapi proses ini.

Rantai alkil sebaiknya tidak bercabang. Alkil benzenasulfonat yang bercabang bersifat tidak dapat didegradasi oleh jasad renik (biodegradable). Detergen ini mengakibatkan masalah polusi berat pada tahun 1950-an, yauti berupa buih pada unit-unit penjernihan serta disungai dan danau-danau. Sejak tahun 1965, digunakan alkil benzenasulfonat yang tidak bercabang. Detergen jenis ini mudah didegradasi secara biologis oleh mikroorganisme dan tidak berakumulasi dilingkungan kita.



17.2. Sifat fisis dan kimia detergen

a. Fisis

- Ujung non polar : R - O (hidrofob)
- Ujung polar : SO_3Na (hidrofil)

b. Kimia

- Dapat melarutkan lemak
- Tak dipengaruhi kesadahan air

17.3. Pembuatan

$ROH + H_2SO_4 \rightarrow ROSO_3H + H_2O$

$ROSO_3H + NaOH \rightarrow ROSO_3Na + H_2O$

17.4. Komposisi detergen

Pada umumnya, getergen mengandung bahan-bahan berikut ini :

1. Surfaktan

   Surfaktan (surface active agent) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hidrofil (suka air) dan hidrofob (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Secara garis besar, terdapat empat kategori surfaktan yaitu:

   a. Anionik :
      - Alkyl Benzene Sulfonate (ABS)
      - Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS)
      - Alpha Olein Sulfonate (AOS)

   b. Kationik : Garam Ammonium

   c. Non ionik : Nonyl phenol polyethoxyle

   d. Amphoterik : Acyl Ethylenediamines

2. Builder

   Builder (pembentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air.

   a. Fosfat : Sodium Tri Poly Phosphate (STPP)

   b. Asetat :
      - Nitril Tri Acetate (NTA)
      - Ethylene Diamine Tetra Acetate (EDTA)

   c. Silikat : Zeolit

   d. Sitrat : Asam Sitrat

3. Filler

   Filler (pengisi) adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas. Contoh Sodium sulfat.

4. Aditif

   Aditif adalah bahan suplemen / tambahan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dst, tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. Additives ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi produk. Contoh : Enzim, Boraks, Sodium klorida, Carboxy Methyl Cellulose (CMC).

17.5. Bahan Tambahan dalam Detergen

1. Berbagai jenis bahan kimia boleh ditambahkan kepada detergen tertentu untuk meningkatkan kualitas mencuci dan keberkesanannya.
2. Tabel di bawah ini menunjukkan jenis bahan tambahan detergen serta fungsinya.

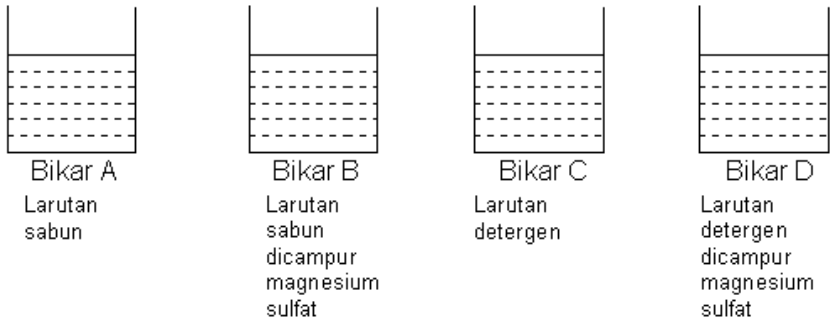
Tabel 14.15 Jenis bahan tambahan detergen dan fungsinya

Bahan Tambahan Detergen	Fungsi
Natrium perborat	Peluntur
Bahan berpendarfluor dan pewarna	Pakaian lebih berseri
Enzim	Mencuci kotoran daripada makanan dan darah
Natrium silikat	Bahan pengontang detergen
Natrium tripolifosfat	Melembutkan air dan mengapungkan kotoran
Penstabil	Mengurangkan pembentukan buih yang berlebihan
Pewangi	Memberi bau wangi pada pakaian
Pelembut	Melembutkan pakaian

Kebaikan Detergen Sebagai Pencuci

1. Detergen mencuci dengan lebih baik dalam air liat dibanding dengan sabun.
2. Detergen tidak membentuk kekat apabila dicampurkan dengan air liat yang mengandung ion magnesium atau ion kalsium yang terlarutkan.

Eksperimen: Membandingkan kebaikan mencuci antara detergen dengan sabun



Gambar 17.2 Percobaan perbandingan hasil Larutan sabun dan detergen

1. Masukkan 250 cm^3 air suling ke dalam bikar berlabel A, B, C dan D.

2. Tambahkan dua spatula magnesium sulfat ke dalam bikar B dan bikar D dan kacau sehingga semua magnesium sulfat larut dan menghasilkan air liat.
3. Tambahkan 5 cm^3 larutan sabun ke dalam bikar A dan bikar B dan lima titis larutan detergen ke dalam bikar C dan bikar D. Kacau larutan di dalam semua bikar dengan kuat.
4. Rendamkan empat potongan kecil kain kotor yang berminyak masing-masing ke dalam setiap bikar A, B, C dan D dan cuci kain itu.
5. Bandingkan keberkesanan bahan pencuci di dalam setiap bikar.
6. Catatkan pemerhatian dalam tabel seperti di bawah.

Tabel 14.16 Hasil Pengamatan Percobaan

Bikar	Keberkesanan Bahan Pencuci
A	
B	
C	
D	

Pencemaran Alam Sekitar oleh Detergen dan Bahan Tambahan dalam Detergen

1. Detergen yang berantai lurus tidak terbiodegradasikan, iaitu tidak terurai oleh bakteria atau mikroorganisma.
2. Apabila air cucian yang mengandungi detergen dibuang ke dalam talian air atau ke dalam sungai, pencemaran air berlaku dan hidupan akuatik akan mati.
3. Apabila sebatian fosfat yang ditambahkan kepada detergen dibuang ke dalam sungai atau tasik akan berlaku pertumbuhan rumpai air dan alga yang sangat cepat. Hal ini akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air sangat berkurangan dan hidupan akuatik akan mati.

Kegunaan :
Pembersih pakaian adalah salah satu kegunaan dari detergen



Detergen
Gambar 17.3

LATIHAN SOAL

1. Jelaskan arti dari detergen!
2. Jelaskan perbedaan antara sabun dan detergen!
3. Jelaskan reaksi pembentukan detergen!
4. bahan apa saja yang ditambahkan dalam detergen dan apa fungsinya?
5. Apa dampak dari penggunaan detergen?

18. CAT



Cat adalah istilah umum yang digunakan untuk keluarga produk yang digunakan untuk melindungi dan memberikan warna pada suatu objek atau permukaan dengan melapisinya dengan lapisan berpigmen. Cat dapat digunakan pada hampir semua jenis objek, antara lain untuk menghasilkan karya seni (oleh pelukis untuk membuat lukisan), salutan industri (*industrial coating*), bantuan pengemudi (marka jalan), atau pengawet (untuk mencegah korosi atau kerusakan oleh air).

Klasifikasi cat

Cat dibedakan menjadi :

1. Water Based
   Meliputi Cat tembok dan cat air
2. Solvent Based
   Meliputi Cat mobil, cat besi, dan cat minyak

Element penyusun cat

Pigment

- Berfungsi menyediakan warna
- Contoh : Pigment Putih (Titanium Dioxide) dan Pigment Kuning (Zinc Oxide)

Pigment extender / filler

- Digunakan untuk membantu pigment utama dan meningkatkan daya rekat Contoh : Calcium Carbonat, Kaolin Clay, dan Talc Powder.

Liquid

- sebagai pembawa elemen-elemen solid dimana dalam cat tembok yang digunakan adalah air.

Binder

- Digunakan untuk mengikat Pigment, merekatkan Cat Pada Bidang dan membentuk Lapisan Film.
- Contoh : Acrylic, Vinyl Acrylic, dan Styrene Acrylic

Additive

- Digunakan sebagai :
- Thickener ; Menghasilkan kekentalan tertentu, Menjaga kestabilan emulsi agar filler dan liquid tidak memisah
- antifoam; mencegah timbulnya busa ada saat cat diaduk di pabrik, pada saat cat diaduk dalam kemasannya dan pada saat cat diaplikasikan di permukaan
- Biocide ; mencegah timbulnya jamur di dalam kaleng/kemasan dan di permukaan (tembok)

Tahap pembuatan cat

- Pembuatan Pigment Pasta
- Pencampuran Pigmen Pasta dan Latex
- Penambahan Additive
- Mesin Produksi
- High speed disperser
- Homogeniser
- Planetary mixer
- Three roll mill



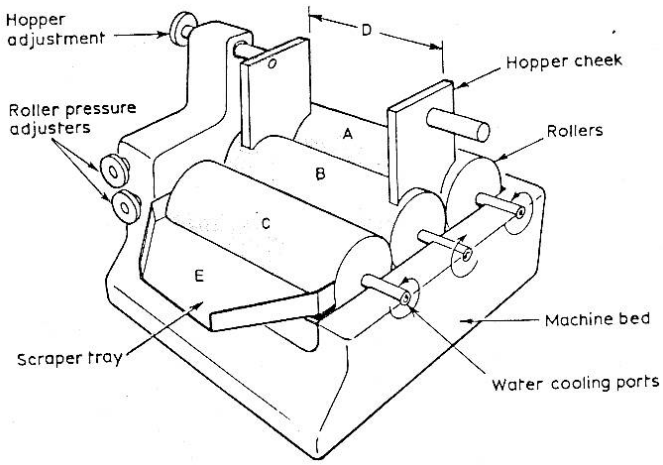
Gambar 18.1
High speed disperser



Gambar 18.2 Homogeniser



Gambar 18.67 Planetary mixer



Gambar 18.3 Three roll mill

Kegunaan cat

Cat digunakan mulai dari cat rumah, perabot rumah, dan berbagai per-alatan sampai kepada mobil. Gunanya, selain untuk menambah keindahan barang yang dicat juga untuk melindungi bahan yang dicat dari karat, khususnya logam. Mulai dari pagar besi, tera-lis dan sampai kepada perut kapal laut ataupun tanker.

Pengetahuan :
Cat nanoteknologi

Untuk mengatasi kelemahan cat yang ada sekarang ini yang ukurannya masih dalam orde mikrometer, nanoteknologi menawar-kan teknologi pembuatan cat dengan meru-bah ukuran partikel cat dalam orde nanometer. Karena ukuran partikelnya kecil sekali maka debu atau kotoran serta molekul pengo-tor lainnya sulit masuk dan hanya bisa me-numpuk di permukaan dicat. Penyebabnya: debu ukuran lebih besar (mikrometer) diban-dingkan dengan partikel cat yang ukurannya (nanometer) 1/1400 kali dari debu. Keunggul-annya, kotoran atau debu yang hanya menum-puk di permukaan cat dapat dibersihkan dengan mudah. Uap air penyebab karat pun akan sulit menembus brikade partikel cat yang ukurannya di bawah 140 nanometer tersebut. Akibatnya cat nanopartikel menjadi lebih unggul dalam hal: mudah dibersihkan, tahan lama dan bahkan warna tetap cemerlang. Untuk memperbaiki ketahanannya terhadap jamur, sinar ultraviolet (UV) dan lain-lain, pada cat nanopartikel ini pun ditambahkan nanopartikel anti jamur atau anti UV lainnya.

Nanoteknologi untuk cat nanopartikel ini dihasilkan dengan mendisain molekul-molekul partikel polimer sehingga mampu menghasilkan sifat yang unggul dibanding-kan cat yang ada sekarang ini. Dulux, misal-nya, telah mempatenkan sebuah proses yang menggunakan molekul penstabil (stabilizer) yang dirancang untuk berpartisipasi dalam reaksi kimia yang merangsang pembentukan nanopartikel. Hasilnya, partikel hiper-stabil yang dengan mudah mampu mengakomo-dasi stres yang diberikan oleh pewarna dera-jat tinggi *(high level tinter)* atau pun *shear mekanis*. Dengan cara ini cat berupa *gloss coating* (seperti pada furniture) dapat dibuat yang merupakan hasil disain nanopartikel untuk mendapatkan permukaan yang sangat halus sehingga diharapkan memiliki ketahanan terhadap goresan yang tinggi.

Di samping Dulux masih terdapat Cabot dan lain-lain yang akan ikut meramaikan pasar cat nanopartikel berbasis polimer latex emulsi. Saat ini kedua industri ini sudah bergabung dalam ORICA PTY. Ltd dan menjalankan bisnis ini bersama-sama dari negara tetangga kita Australia. Konon ka-barnya, perusahaan ini telah meraup keun-tungan penjualan lebih dari 600 juta US $ (sekitar 5,1 triliun rupiah). Lalu, perusahaan ini pun sudah berkonsentrasi pada otomotif dengan mengembangkan staf R&D-nya sebanyak 70 staf teknis dengan dana 8 juta US$ (68 miliar rupiah) per tahun.

19. MINYAK BUMI

1. Pendahuluan



Minyak bumi (bahasa Inggris: *petroleum*, dari bahasa Latin *petrus* – karang dan *oleum* – minyak), dijuluki juga sebagai *emas hitam*, adalah cairan kental, coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak Bumi.

Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya. Minyak Bumi adalah campuran dari berbagai jenis hidrokarbon.

2. Komposisi minyak bumi

Minyak mentah (petroleum) adalah campuran kompleks, terutama terdiri dari hidrokarbon bersama-sama dengan sejumlah kecil komponen yang mengandung sulfur, oksigen dan nitrogen dan sangat sedikit komponen yang mengandung logam.

Struktur hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak mentah:

1. Alkana. Fraksi ini merupakan yang terbesar di dalam minyak mentah.
2. Siklo alkana (napten) C_nH_{2n}
   Sikloalkana ada yang memiliki cincin 5 (lima) yaitu siklopentana ataupun cincin 6 (enam) yaitu sikloheksana.
3. Aromatik C_nH_{2n-6}
   Aromatik memiliki cincin 6 (enam). Aromatik hanya terdapat dalam jumlah kecil, tetapi sangat diperlukan dalam bensin karena :

- Memiliki harga anti knock yang tinggi
- Stabilitas penyimpanan yang baik
- Dan kegunaannya yang lain sebagai bahan bakar (fuels)

Proporsi dari ketiga tipe hidrokarbon sangat tergantung pada sumber dari minyak bumi. Pada umumnya alkana merupakan hidrokarbon yang terbanyak tetapi kadang kadang (disebut sebagai crude napthenic) mengandung sikloalkana sebagai komponen yang terbesar, sedangkan aromatik selalu merupakan komponen yang paling sedikit.

Pengilangan/penyulingan (refining) adalah proses perubahan minyak mentah menjadi produk yang dapat dijual (marketeble product) melalui kombinasi proses fisika dan kimia.

Produk yang dihasilkan dari proses pengilangan/penyulingan tersebut antara lain:

1. *Light destilates* adalah komponen dengan berat molekul terkecil. Ini ada beberapa buah :

a. Bensin



Gambar 19.1 Bensin (gasoline)

Gasoline (Amerika Serikat) atau motor spirit (Inggris) atau bensin (Indonesia) memiliki titik didih terendah dan merupakan produk kunci dalam penyulingan yang digunakan sebagai bahan pembakar motor (45% dari minyak mentah diproses untuk menghasilkan gasolin).

b. *Naphta*



Gambar 19.2 Cairan naphta

Naphta adalah material yang memiliki titik didih antara gasolin dan kerosin. Beberapa naphta digunakan sebagai :

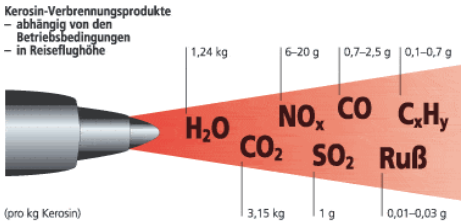
- Pelarut karet
- Bahan awal etilen
- Dalam kemiliteran digunakan sebagai bahan bakar jet dan dikenal sebagai jP-4.

- Pelarut *dry cleaning* (pencuci)



Gambar 19.3 Alat pencuci (dry cleaning)

c. Kerosin



Gambar 19.4 Kerosin

Kerosin memiliki titik didih tertinggi dan biasanya digunakan sebagai :

- Minyak tanah
- Bahan bakar jet untuk air plane

2. *Intermediate destilates* merupakan minyak gas atau bahan bakar diesel yang penggunaannya sebagai bahan bakar transportasi truk-truk berat, kereta api, kapal kecil komersial, peralatan pertanian dan lain-lain.

3. *Heavy destilates* merupakan komponen dengan berat molekul tinggi. Fraksi ini biasanya dirubah menjadi minyak pelumas (*lubricant oils*), minyak dengan berat jenis tinggi dari bahan bakar, lilin dan stock cracking.

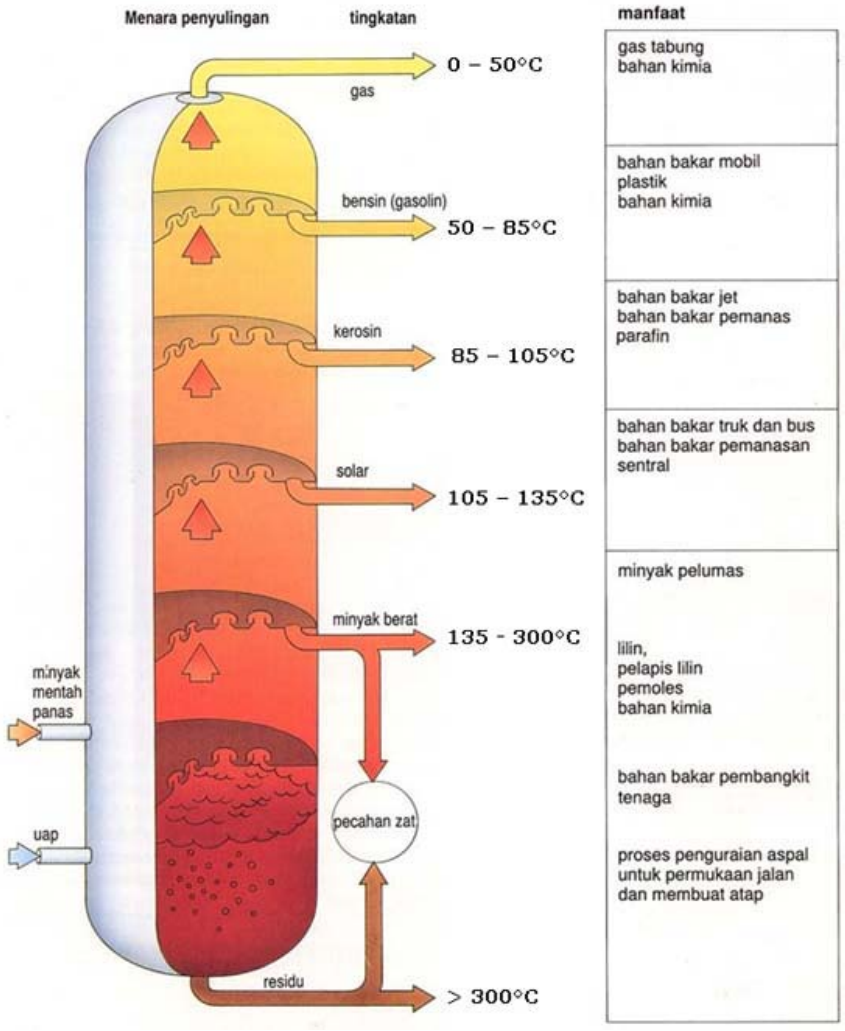
4. Residu termasuk aspal, residu bahan bakar minyak dan petrolatum. Residu memiliki prosentasi yang tidak besar.

3. Fraksi minyak bumi

Minyak mentah (crude oil) sebagian besar tersusun dari senyawa-senyawa hidrokarbon jenuh (alkana). Adapun hidrokarbon tak jenuh (alkena, alkuna dan alkadiena) sangat sedikit dkandung oleh minyak bumi, sebab mudah mengalami adisi menjadi alkana.

Oleh karena minyak bumi berasl dari fosil organisme, mak minyak bumi mengandung senyawa-senyawa belerang (0,1 samapai 7%), nitrogen (0,01 sampai 0,9%), oksigen (0,6-0,4%) dan senyawa logam dalam jumlah yang sanagt kecil.

Minyak mentah dipisahkan menjadi sejumlah fraksi-fraksi melalui proses destilasi (pemyulingan).



Gambar 19.5 Skema hasil penyulingan minyak bumi

Pemisahan minyak mentah ke dalam komponen-komponen murni (senyawa tunggal) tidak mungkin dilakukan dan juga tidak prakstis sebab terlalu banyak senyawa yang ada dalam minyak tersebut dan senyawa hidrokarbon memiliki isomer-isomer dengan titik didih yang berdekatan. Fraksi-fraksi yang diperoleh dari destilasi minyak bumi adalah campuran hidrokarbon yang mendidih pada trayek suhu tertentu. Misalnya fraksi minyak tanah (kerosin) tersusun dari campuran senyawa-senyawa yang mendidih antar 180^0C-250^0C.Proses destilasi dikerjakan dengan menggunakan kolom atau menara destilasi (Gambar 19.5).

Tabel 19.` Hasil destilasi bertingkat minyak bumi

Range Titik Didih (^{0}C)	Banyaknya atom karbon	Nama	Penggunaan
Dibawah 30	1-4	Fraksi gas	Bahan bakar pemanas
30-180	5-10	Bensin	Bahan bakar mobil
180-230	11-12	Minyak tanah	Bahan bakar jet
230-305	13-17	Minyak gas	Bahan bakar diesel, pemanas
305-405	18-25	Minyak gas berat	Bahan bakar pemanas

Proses pertama dalam pemrosesan minyak bumi adalah fraksionasi dari minyak mentah dengan menggunakan proses destilasi bertingkat, adapun hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Sisa :
1 Minyak bisa menguap : minyak-minyak pelumas, lilin, parafin, dan vaselin.
2 Bahan yang tidak bisa menguap : aspal dan arang minyak bumi

a. Fraksi gas

Gas alam dapat diperoleh secara terpisah maupun bersama-sama dengan minyak bumi. Gas alam sebagian besar terdiri dari alkana berantai karbon rendah yaitu antara lain metana, etana, propana, butana dan iso-butana. Gas alam dapat dipergunakan sebagai:

1. Bahan bakar rumah tangga atau pabrik

Gas alam merupakan bahan bakar yang paling bersih dan praktis, tetapi gas alam mempunyai keburukan yaitu sifatnya yang tidak berbaun (bila dibandingkan dengan gas dari batubara) sehingga

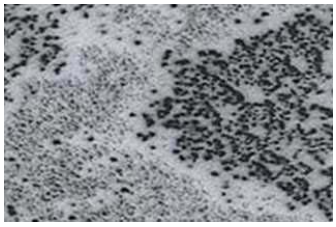
sering terjadi kecelakaan karena bocor. Oleh karena itu kadang-kadang gas ini diberi "bau" yaitu sedikit zat yang berbau sekali.

Propana yang merupakan salah satu fraksi gas pada perusahaan biasanya digunakan sebagai :

- Mengelas paduan-paduan tembaga, alumunium dan magnesium.
- Mengelas besi tuang.
- Menyolder dan mengelas solder.
- Menyemprot Jogam.
- Memotong besi dengan gas karbit.
- Penerangan pantai.

Butana mempunyai batas meledak yang lebih kecil bila dibandingkan dengan propana.

2. Karbon hitam (Carbon Black)



Gambar 19.6
Carbon black (karbon hitam)

Karbon hitam (Carbon black) adalah arang harus yang dibuat oleh pembakaran yang tidak sempurna. Penggunaannya antara lain sebagai :

- Bahan dalam pembuatan cat, tinta cetak dan tinta Gina.
- Zat pengisi pada karet terutama dalam pembuatan ban-ban mobil dan sepeda.

Karbon hitam dibuat dengan membawa nyala gas bumi ke sebuah bidang datar yang didinginkan, arang yang terbentuk kemudian dipisahkan dari bidang ini dan dibagi berdasarkan kehalusannya. Metana yang mengandung 75% karbon akan menghasilkan 4 atau 4,5% zat penghitam dan sisanya hilang sebagai asap, zat asam arang dan sebagainya.

3. Tujuan-tujuan Sintesis

Hasil sintesis dibuat dengan oksidasi zat-zat hidrokarbon dari gas alami. Proses pembuatan lainnya, yaitu :

- Pembuatan zat cair dari metana.
- Pembuatan bensin-bensin untuk kapal terbang yang bernilai tinggi dengan cara menggandeng (alkylering) iso-butana dengan butena-butena.

b. Bensin

Bensin dapat dibuat dengan beberapa cara, antara lain yaitu ;

1. Penyulingan langsung dari minyak bumi (bensin *straight run*), dimana kualitasnya tergantung pada susunan kimia dari bahan-bahan dasar. Bila mengandung banyak aromatik-aromatik dan napthen-naphten akan menghasilkan bensin yang tidak mengetok (anti knocking).
2. Merengkah (cracking) dari hasil-hasil minyak bumi berat, misalnya dari minyak gas dan residu.
3. Merengkah (retor ming) bensin berat dari kualitas yang kurang baik.
4. Sintesis dari zat-zat berkarbon rendah.

Bensin biasanya digunakan sebagai :

1. Bahan bakar motor

Sebagai bahan bakar motor ada beberapa sifat yang diperhatikan untuk menentukan baik atau tidaknya bensin tersebut.

* Keadaan terbang (titik embun)

Gangguan yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas didalam karburator dari sebuah motor yang disebabkan oleh adanya kadar yang terlalu tinggi dari fraksi-fraksi yang sangat ringan dalam bensin. Hal ini terutama disebabkan oleh terlalu banyaknya propana dan butana yang berasal dari bensin. Gelembung gelembung gas yang terdapat dalam keadaan tertentu dapat menutup lubang-lubang perecik yang sempit dan pengisian bensin akan terhenti.



Gambar 19.7 Bahan bakar motor

* Kecenderungan mengetok (knocking)

Ketika rasio tekanan dari motor relatif tinggi, pembakaran bisa menyebabkan peletusan (peledakan) didalam sijinder, sehingga :

- Timbulnya kebisingan knock
- Kekuatan berkurang
- Menyebabkan kerusakan mesin

Hidrokarbon rantai bercabang dan aromatik sangat mengurangi kecendrungan dari bahan bakar yang menyebabkan knocking, misalnya 2,2,4 -trimetil pentana (iso-oktan) adalah anti knock fuels. Harga yang tinggi dari bilangan oktan mengakibatkan makin baik melawan knocking. Mesin automibil modern memerlukan bahan bakar dengan bilangan oktan antara 90 dan 140, semakin tinggi rasio penekanan (compression) maka diperlukan bilangan oktan yang tinggi pula. Bilangan oktan dapat dinaikkan dengan menambahkan beberapa substansi, antara lain fefraefyl lead (TEL) dan feframefyl lead (l-MI) yang ditambahkan dalam bensin dengan kuantitas yang kecil karena dikuatirkan apabila ditambahkan terlalu banyak efek timah bagi lingkungan. TEL ($Pb(C_2Hs)_4$) dibuat dari campuran timah hitam dengan natrium dan eti!klorida,reaksinya :

$$Pb + 4Na + 4C_2H_5CI \rightarrow Pb(C_2H_5)_4 + 4\,NaCI$$

* Keadaan "damar" dan stabilitas penyimpanan

Damar dapat terbentuk karena adanya alkena-alkena yang mempunyai satu ikatan ganda sehingga berpotensi untuk berpolirherisasi membentuk molekulmolekul yang lebih besar. Pembentukan damar ini dipercepat oleh adanya zat asam di udara, seperti peroksiden. Kerugian yang disebabkan oleh pembentukan damar ini antara lain;

- Bahan ini dapat menempel pada beberapa tempat dalam motor, antara lain saluran- saluran gas dan pada kutub yang dapat mengakibatkan kerusakan pada motor.
- Menurunkan bilangan oktan karena hilangnya alkena-alkena dari bensin.

Pembentukan damar dapat dicegah dengan penambahan senyawa-senyawa dari tipe poliphenol dan aminophenol, seperti hidroquinon dan p-aminophen.

* Titik beku

Jika dalam bensin terdapat prosentasi yang tinggi dari aromatik-aromatik tertentu maka pada waktu pendinginan, aromatik itu akan mengkristal dari mengakibatkan tertutupnya lubang-lubang alai penyemprotan dalam karburator. Titik beku ini terutama dipengaruhi oleh benzen (titik beku benzen murni ± 5°C).

* Kadar belerang

Kerugianyang disebabkan bila kadar belerang terlalu tinggi, adalah :

- Memberikan bau yang tidak enak dari gas-gas yang dihasilkan.
- Mengakibatkan korosi dari bagian-bagian logam, seperti rusaknya silinder-silinder yang disebabkan oleh asam yang mengembun pada didnding silinder.
- Mempunyai pengaruh yang tidak baik terhadap bilangan oktan.

2. Bahan Ekstraksi, Pelarut dan Pembersih

Sebelum digunakan sebaagi pengekstraksi bensin di fraksinasi dengan destilasi bertingkat menjadi fraksi yang lebih kecil. Bensin biasanya digunakan untuk mengekstraksi berbagai bahan, seperti minyak kedelai, minyak kacang tanah, minyak kelapa dan bahan-bahan alam lain. Sebagai bahan pelarut bagi karet digunakan fraksi dengan titik didih antara 80 -130°C dan 140 -130°C. Larutan karet ini biasanya digunakan untuk :

- Mencelupkan kanvas pada pembuatan ban.
- Melekatkan karet.
- Perekat-perekat untuk industri sepatu.
- Larutan untuk pasta-pasta karet untuk memadatkan dan melaburkan tenunan.

Bensin juga dapat digunakan sebagai bahan pembersih yaitu membersihkan secara kimia dengan cara diuapkan. Keuntungan menggunakan bensin sebagai bahan pembersih adalah:

- Bensin memiliki titik didih rendah sehingga barang-barang yang dicuci lekas menjadi kering dan baunya cepat hilang.
- Tidak mudah terbakar di ruang terbuka.
- Kualitas dari bahan wol tahan terhadap ini.

3. Bahan bakar penerangan dan pemanasan

Bensin digunakan pada lampu-lampu tambang dimana tidak terdapat tenaga listrik. Dan sebagai pemanas digunakan pada:

- Lampu soldir dan lampu pembakar cat.
- Penghangus yang dapat menghilangkan serat-serat yang menonjol dari tenunan dan rambut kulit.

C. Kerosin

Pemakaian kerosin sebagai penerangan di negara-negara maju semakin berkurang, sekarang kerosin digunakan untuk pemanasan. Pemakaian terpenting dari kerosin antara lain:

1. Minyak Lampu

Kerosin sebagai minyak lampu dihasilkan dengan jalan penyulingan langsung, sifat-sifat yang harus diperhatikan bila kerosin digunakan sebagai minyak lampu adalah :

* Warna

Kerosin dibagai dalam berbagai kelas warna:

- Water spirit (tidak berwarna)
- Prime spirit
- Standar spirit

Di India, pemakai di pedalaman tidak mau membeli kerosin putih karena mengira ini adalah air dan mengira hanya yang berwarna kuning atau sawo matang saja yang dapat membakar dengan baik.

* Sifat bakar

Nyala kerosin tergantung pada susunan kimia dari minyak tanah :

- Jika mengandung banyak aromatik maka apinya tidak dapat dibesarkan karena apinya mulai berarang.

- Alkana-alkana memiliki nyala api yang paling baik.
- Sifat bakar napthen terletak antara aromatik dan alkana.

* Viskositas

Minyak dalam lampu kerosin mengalir ke sumbu karena adanya gaya kapiler dalam saluran-saluran sempit antara serat-serat sumbu. Aliran kerosin tergantung pada viskositas yaitu jika minyak cair kental dan lampu mempunyai tinggi-naik yang besar maka api akan tetap rendah dan sumbu menjadi arang (hangus) karena kekurangan minyak.

* Kadar belerang

Sama seperti kadar belerang pada bensin.

2. Bahan bakar untuk pemanasan dan memasak

Macam-macam alat pembakar kerosin:

- Alat pembakar dengan sumbu gepeng: baunya tidak enak.
- Alat pembakar dengan sumbu bulat: mempunyai pengisian hawa yang dipusatkan.
- Alat pembakar dengan pengabutan tekan: merek dagang *primus*

3. Bahan bakar motor

Motor-motor yang menggunakan kerosin sebagai bahan bakar adalah :

- Alat-alat pertanian (traktor).
- Kapal perikanan.
- Pesawat penerangan listrik kecil.

Motor ini selain memiliki sebuah karburator juga mempunyai alat penguap untuk kerosin. Motor ini jalannya dimulai dengan bensin dan dilanjutkan dengan kerosin kalau alat penguap sudah cukup panas. Motor ini akan berjalan dengan baik bila kadar aromatik didalam bensin tinggi.

4. Bahan pelarut untuk bitumen

Kerosin jenis white spirit sering digunakan sebagai pelarut untuk bitumen aspal.

5. Bahan pelarut untuk insektisida

Bubuk serangga dibuat dari bunga Chrysant (Pyerlhrum cinerarieotollum) yang telah dikeringkan dan dihaluskan, sebagai bahan pelarut digunakan kerosin. Untuk keperluan ini kerosin harus mempunyai bau yang enak atau biasanya obat semprot itu mengandung bahan pengharum.

d. Minyak gas

Minyak gas pada awalnya banyak digunakan sebagai penerangan dalam gerbong kereta api, tetapi sekarang sebagian telah diganti oleh listrik karena lebih mudah dipakai dan sedikit bahaya kebakaran jika ada kecelakaan kereta api.

Minyak gas juga digunakan sebagai :

- Bahan bakar untuk motor diesel.
- Pesawat-pesawat pemanasan pusat otomatis dengan nama minyak bakar untuk keperluan rumah tangga, biasanya adalah minyak gas tanpa bagian-bagian residual. Seperti pada bensin untuk menaikkan bilangan oktan pada minyak gas maka perlu ditambahkan :
- Persenyawaan yang mengandung banyak sekali zat asam, misalnya amilnitrit dan etilnitrit. Untuk memperoleh hasil yang nyata maka persentasenya harus besar yaitu kira-kira 5% sehingga pemakaian senyawa ini menjadi mahal.
- Persenyawaan yang penggunaannya lebih sedikit peroksida (peroxyden) dan berbagai persenyawaan organik, dipakai 0,5% untuk menaikkan 14 atau 15 titik bilangan oktan.

e. Minyak bakar

Walaupun setiap minyak yang dibakar dapat dinamakan minyak bakar tetapi nama ini biasanya hanya digunakan untuk bahan bakar residual dan untuk bahan bakar sulingan. Bahan bakar residua! biasanya diperoleh dengan cara mengentalkan minyak bumi atau merengkah minyak gas dan residu minyak tanah.

Bahan bakar digunakan sebagai :

- Motor diesel tipe besar.
- Minyak yang dinyalakan dengan pembakar dalam tungku masak yang digunakan untuk :
- Memproduksi uap
- Pengerjaan panas dari logam
- Mencairkan hasil perindustrian
- Membakar batu, emaile, dan sebagainya.

Sifat-sifat yang harus ada pada minyak bakar adalah :

* Memiliki batas viskositas tertentu. Viskositas minyak bakar terletak antara viskositas minyak gas yaitu kira-kira 4 cs = 1,30E pada 50°C dan kira-kira 550/650 cs = 75/850E pada 50°C. Minyak bakar yang lebih encer diperlukan untuk pesawat bakar yang lebih kecil, misalnya untuk alat pemanasan sentral otomatis dalam rumah.

* Banyaknya panas yang diberikan. Kalor pembakaran minyak bakar batasnya kira-kira 14.000 dan 14.550 cal/g.

* Kadar belerang

Lebih penting pada minyak diesel daripada minyak bakar karena pada minyak disesi belerang dapat menyebabkan kerusakan silinder dan kerosi dari sistem buang.

* Titik beku

- Mempunyai titik beku maksimal tertentu.
- Biasanya titik beku tergantung pada perlakuan terlebih dahulu yang dikerjakan terhadap bahan. Misalnya minyak bakar sebagian terdiri dari residu cracking yang sesudah dipanaskan hingga 140^0C

memiliki titik didih –214C, tetapi sesudah dibiarkan untuk waktu yang lama titik beku menjadi 150^0C.

3. Proses pembentukan minyak bumi

Membahas identifikasi minyak bumi tidak dapat lepas dari bahasan teori pembentukan minyak bumi dan kondisi pembentukannya yang membuat suatu minyak bumi menjadi spesifik dan tidak sama antara suatu minyak bumi dengan minyak bumi lainnya. Karena saya adalah seorang chemist, maka pendekatan yang saya lakukan lebih banyak kepada aspek kimianya daripada dari aspek geologi. Pemahaman tentang proses pembentukan minyak bumi akan diperlukan sebagai bahan pertimbangan untuk menginterpretasikan hasil identifikasi. Ada banyak hipotesa tentang terbentuknya minyak bumi yang dikemukakan oleh para ahli, beberapa diantaranya adalah :

a. Teori Biogenesis (Organik)

Macqiur (Perancis, 1758) merupakan orang yang pertama kali mengemukakan pendapat bahwa minyak bumi berasal dari tumbuh-tumbuhan. Kemudian M.W. Lamanosow (Rusia, 1763) juga mengemukakan hal yang sama. Pendapat di atas juga didukung oleh sarjana lainnya seperti, New Beery (1859), Engler (1909), Bruk (1936), Bearl (1938) dan Hofer. Mereka menyatakan bahwa: "minyak dan gas bumi berasal dari organisme laut yang telah mati berjuta-juta tahun yang lalu dan membentuk sebuah lapisan dalam perut bumi."

b. Teori Abiogenesis (Anorganik)

Barthelot (1866) mengemukakan bahwa di dalam minyak bumi terdapat logam alkali, yang dalam keadaan bebas dengan temperatur tinggi akan bersentuhan dengan CO2 membentuk asitilena. Kemudian Mandeleyev (1877) mengemukakan bahwa minyak bumi terbentuk akibat adanya pengaruh kerja uap pada karbida-karbida logam dalam bumi. Yang lebih ekstrim lagi adalah pernyataan beberapa ahli yang mengemukakan bahwa minyak bumi mulai terbentuk sejak zaman prasejarah, jauh sebelum bumi terbentuk dan bersamaan dengan proses terbentuknya bumi. Pernyataan tersebut berdasarkan fakta ditemukannya material hidrokarbon dalam beberapa batuan meteor dan di atmosfir beberapa planet lain.

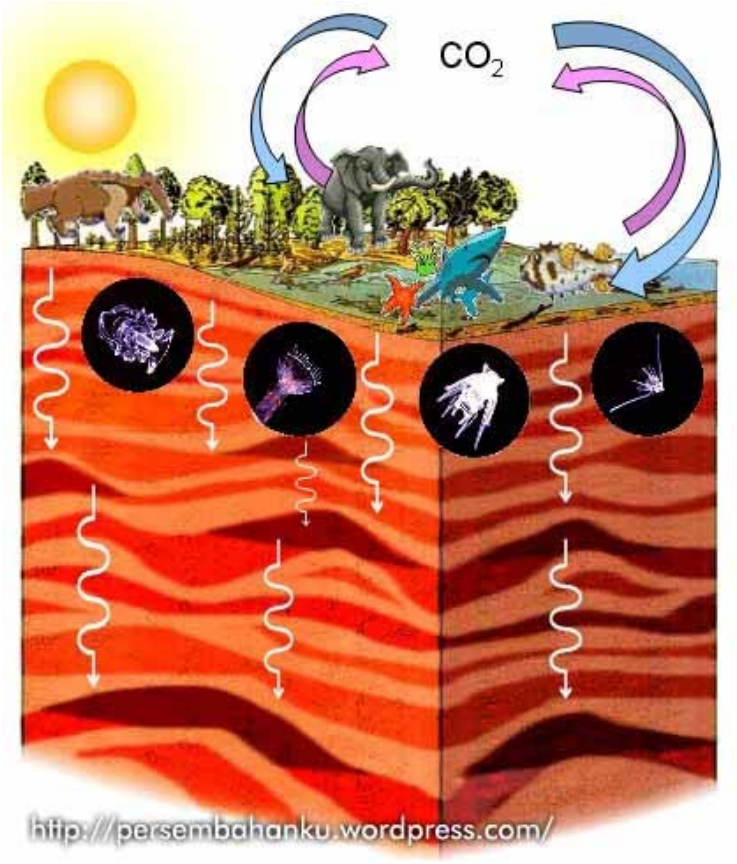
Dari sekian banyak hipotesa tersebut yang sering dikemukakan adalah Teori Biogenesis, karena lebih bisa. Teori pembentukan minyak bumi terus berkembang seiring dengan berkembangnya teknologi dan teknik analisis minyak bumi, sampai kemudian pada tahun 1984 G. D. Hobson dalam tulisannya yang berjudul "The Occurrence and Origin of Oil and Gas".

Berdasarkan teori Biogenesis, minyak bumi terbentuk karena adanya kebocoran kecil yang permanen dalam siklus karbon. Siklus karbon ini terjadi antara atmosfir dengan permukaan bumi, yang digambarkan dengan dua panah dengan arah yang berlawanan, dimana karbon diangkut dalam bentuk karbon dioksida (CO2). Pada arah pertama, karbon dioksida di atmosfir berasimilasi, artinya CO2 diekstrak dari atmosfir oleh organisme fotosintetik darat dan laut.

Pada arah yang kedua CO2 dibebaskan kembali ke atmosfir melalui respirasi makhluk hidup (tumbuhan, hewan dan mikroorganisme).

Dalam proses ini, terjadi kebocoran kecil yang memungkinkan satu bagian kecil karbon yang tidak dibebaskan kembali ke atmosfir dalam bentuk CO2, tetapi mengalami transformasi yang akhir-nya menjadi fosil yang dapat terbakar. Bahan bakar fosil ini jumlahnya hanya kecil sekali. Bahan organik yang mengalami oksidasi selama pemendaman. Akibatnya, bagian utama dari karbon organik dalam bentuk karbonat menjadi sangat kecil jumlahnya dalam batuan sedimen.

Pada mulanya senyawa tersebut (seperti karbohidrat, protein dan lemak) diproduksi oleh makhluk hidup sesuai dengan kebutuhannya, seperti untuk mempertahankan diri, untuk berkembang biak atau sebagai komponen fisik dan makhluk hidup itu. Komponen yang dimaksud dapat berupa konstituen sel, membran, pigmen, lemak, gula atau protein dari tumbuh-tumbuhan, cendawan, jamur, protozoa, bakteri, invertebrata ataupun binatang berdarah dingin dan panas, sehingga dapat ditemukan di udara, pada permukaan, dalam air atau dalam tanah.

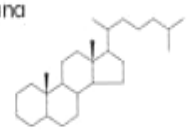
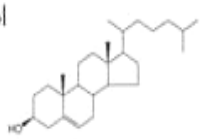
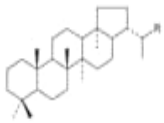
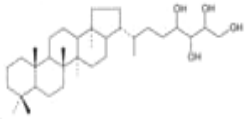
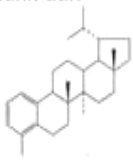
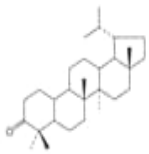


Gambar 19.8 Teori Abiogenesis

Apabila makhluk hidup tersebut mati, maka 99,9 % senyawa karbon dan makhluk hidup akan kembali mengalami siklus sebagal rantai makanan, sedangkan sisanya 0,1 % senyawa karbon terjebak dalam tanah dan dalam sedimen. Inilah yang merupakan cikal bakal senyawa-senyawa fosil atau dikenal juga sebagai embrio minyak bumi. Embrio ini mengalami perpindahan dan akan menumpuk di salah satu tempat yang kemungkinan menjadi reservoar dan ada yang hanyut bersama aliran air sehingga menumpuk di bawah dasar laut, dan ada juga karena perbedaan tekanan di bawah laut muncul ke permukaan lalu menumpuk di permukaan dan ada pula yang terendapkan di permukaan laut dalam yang arusnya kecil.

Embrio kecil ini menumpuk dalam kondisi lingkungan lembab, gelap dan berbau tidak sedap di antara mineral-mineral dan sedimen, lalu membentuk molekul besar yang dikenal dengan geopolimer. Senyawa-senyawa organik yang terpendam ini akan tetap dengan karakter masing-masing yang spesifik sesuai dengan bahan dan lingkungan pembentukannya. Selanjutnya senyawa organik ini akan mengalami proses geologi dalam perut bumi. Pertama akan mengalami proses diagenesis, dimana senyawa organik dan makhluk hidup sudah merupakan senyawa mati dan terkubur sampai 600 meter saja di bawah permukaan dan lingkungan bersuhu di bawah 50°C.

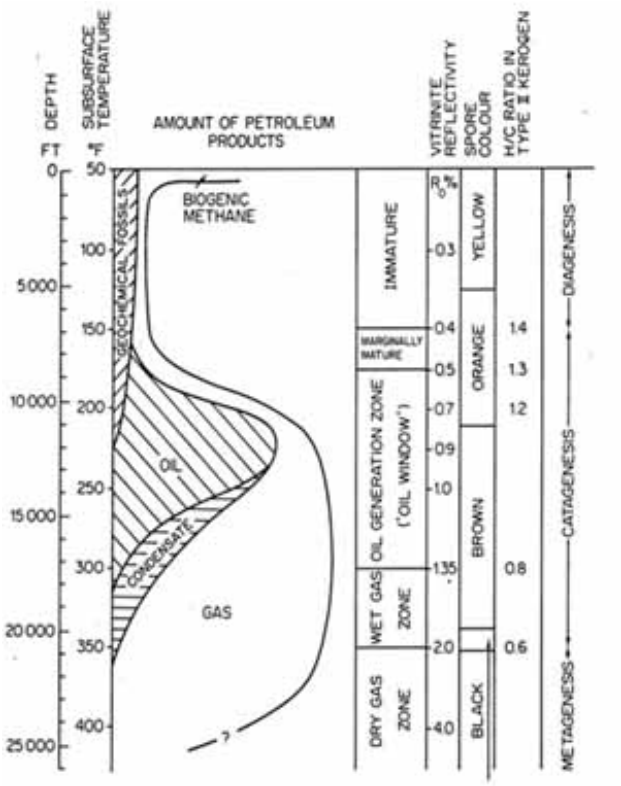
Tabel 19.2 Fosil molekul dan prekursornya

	FOSIL MOLEKUL	PREKURSOR
Senyawa :	Kholestana 	Kholesterol 
Terdapat pada :	sedimen, minyak bumi	algae (lumut) , zooplankton
Senyawa :	Hopana 	Bakteriohopenantrol 
Terdapat pada :	sedimen, minyak bumi	bakteri
Senyawa :	Turunan aromatik dari Lupana 	Lupanon 
Terdapat pada :	sedimen	Tumbuhan tingkat tinggi

EG Giwangkara S - http://persembahanku.wordpress.com/ PERTAMINA

Pada kondisi ini senyawa-senyawa organik yang berasal dan makhluk hidup mulai kehilangan gugus beroksigen akibat reaksi

dekarboksilasi dan dehidratasi. Semakin dalam pemendaman terjadi, semakin panas lingkungannya, penam-bahan kedalaman 30 - 40 m akan menaik-kan temperatur 1°C. Di kedalaman lebih dan 600 m sampai 3000 m, suhu pemendaman akan berkisar antara 50 - 150 °C, proses geologi kedua yang disebut katagenesis akan berlangsung, maka geopolimer yang terpendam mulal terurai akibat panas bumi.



Gambar 19.9 Komponen-komponen Minyak Bumi

Komponen-komponen minyak bumi pada proses ini mulai terbentuk dan senyawa–senyawa karakteristik yang berasal dan makhluk hidup tertentu kembali dibebaskan dari molekul. Bila kedalaman terus berlanjut ke arah pusat bumi, temperatur semakin naik, dan jika kedalaman melebihi 3000 m dan suhu di atas 150°C, maka bahan-bahan organik dapat terurai menjadi gas bermolekul kecil, dan proses ini disebut metagenesis.

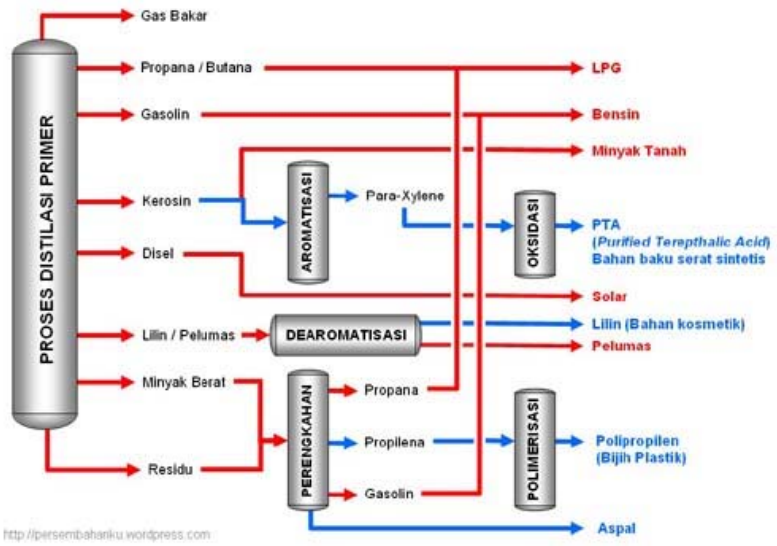
Setelah proses geologi ini dilewati, minyak bumi sudah terbentuk bersama-sama dengan bio-marka. Fosil molekul yang sudah terbentuk ini akan mengalami perpindahan (migrasi) karena kondisi lingkungan atau kerak bumi yang selalu bergerak rata-rata se-jauh 5 cm per tahun, sehingga akan ter-perangkap pada suatu batuan berpori, atau selanjutnya akan bermigrasi membentuk suatu sumur

minyak. Apabila dicuplik batuan yang memenjara minyak ini (batuan induk) atau minyak yang terperangkap dalam rongga bu-mi, akan ditemukan fosil senyawa-senyawa organik. Fosil-fosil senyawa inilah yang diten-tukan strukturnya menggunaan be-berapa metoda analisis, sehingga dapat menerangkan asal-usul fosil, bahan pembentuk, migrasi minyak bumi serta hubungan antara suatu minyak bumi dengan minyak bumi lain dan hubungan minyak bumi dengan batuan induk.

4. Kegunaan Minyak Bumi

Sandang

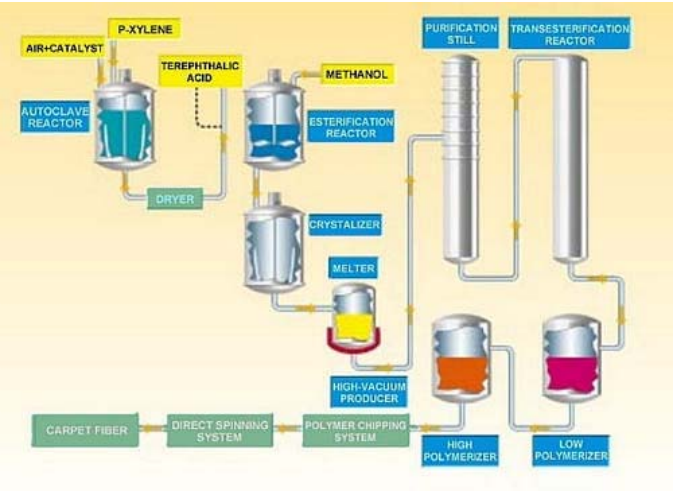
Dari bahan hidrokarbon yang bisa dimanfaatkan untuk sandang adalah PTA (purified terephthalic acid) yang dibuat dari para-xylene dimana bahan dasarnya adalah kerosin (minyak tanah). Dari Kerosin ini semua bahannya dibentuk menjadi senyawa aromat, yaitu para-xylene. Rumus kimianya tau kan ? Bentuknya senyawa benzen (C6H6), tetapi ada dua gugus metil pada atom C1 dan C3 dari molekul benzen tersebut.



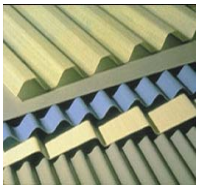
Gambar 19.10 Peta proses petrokimia

Para-xylene ini kemudian dioksidasi menggunakan udara menjadi PTA (lihat peta proses petrokimia diatas). PTA yang berbentuk seperti tepung detergen ini kemudian direaksikan dengan metanol menjadi serat poliester. Serat poli ester inilah yang menjadi benang sintetis yang bentuknya seperti benang. Hampir semua pakaian seragam yang adik-adik pakai mungkin terbuat dari poliester. Untuk memudahkan pengenalannya bisa dilihat dari harganya. Harga

pakaian yang terbuat dari benang sintetis poliester biasanya relatif lebih murah dibandingkan pakaian yang terbuat dari bahan dasar katun, sutra atau serat alam lainnya.



Kehalusan bahan yang terbuat dari serat poliester dipengaruhi oleh zat penambah (aditif) dalam proses pembuatan benang (saat mereaksikan PTA dengan metanol). Salah satu produsen PTA di Indonesia adalah di Pertamina Unit Pengolahan III dengan jenis produk dan peruntukannya disini.



Gambar 19.11 Genteng

Papan

Bahan bangunan yang berasal dari hidrokarbon pada umumnya berupa plastik. Bahan dasar plastik hampir sama dengan LPG, yaitu polimer dari propilena, yaitu senyawa olefin / alkena dari rantai karbon C3. Dari bahan plastik inilah kemudian jadi bermacam-macam produk mulai dari atap rumah (genteng plastik), furniture, peralatan interior rumah, bemper mobil, meja, kursi, piring, dll.

Seni

Untuk urusan seni, terutama seni lukis, peranan utama hidrokarbon ada pada tinta /cat minyak dan pelarutnya. Mungkin adik-adik mengenal ***thinner*** yang biasa digunakan untuk

mengencerkan cat. Sementar untuk urusan seni patung banyak patung yang berbahan dasar dari plastik atau piala, dll.



Gambar 19.12 Cat

Hidrokarbon yang digunakan untuk pelarut cat terbuat dari ***Low Aromatic White Spirit*** atau LAWS mmerupakan pelarut yang dihasilkan dari Kilang PERTAMINA di Plaju dengan rentang titik didih antara 145^{o} C — 195^{o} C. Senyawa hidrokarbonyang membentuk pelarut LAWS merupakan campuran dari parafin, sikloparafin, dan hidrokarbon aromatik.

Estetika



Gambar 19.13 Lipstik (Alat kosmetik)

Sebetulnya seni juga sudah mencakup estetika. Tapi mungkin lebih luas lagi dengan penambahan kosmetika. Jadi bahan hidrokarbon yang juga digunakan untuk estetika kosmetik adalah lilin. Misal lipstik, waxing (pencabutan bulu kaki menggunakan lilin) atau bahan pencampur kosmetik lainnya, farmasi atau semir sepatu. Tentunya lilin untuk keperluan kosmetik spesifikasinya ketat sekali. Lilin parafin di Indonesia diproduksi oleh Kilang PERTAMINA UP- V Balikpapan melalui proses ***filtering press***. Kualifikasi mutu lilin PERTAMINA berdasarkan kualitas yang berhubungan dengan titik leleh, warna dan kandungan minyaknya.

Pangan

Karbohidrat atau sakarida adalah segolongan besar senyawa organik yang tersusun dari atom karbon, hidrogen, dan oksigen.



Gambar 19.14
Struktur molekul glukosa

Bentuk molekul karbohidrat paling sederhana terdiri dari satu molekul gula sederhana. Kalau atom karbon dinotasikan sebagai bola berwarna hitam, okeigen berwarna merah dan hidrogen berwarna putih maka bentuk molekul tiga dimensi dari glukosa akan seperti gambar disamping ini. Banyak karbohidrat yang merupakan polimer yang tersusun dari molekul gula yang terangkai menjadi rantai yang panjang serta bercabang-cabang.

Karbohidrat merupakan bahan makanan penting dan sumber tenaga yang terdapat dalam tumbuhan dan daging hewan. Selain itu, karbohidrat juga menjadi komponen struktur penting pada makhluk hidup dalam bentuk serat (fiber), seperti **selulosa**, **pektin**, serta **lignin**.

Karbohidrat menyediakan kebutuhan dasar yang diperlukan tubuh. Tubuh menggunakan karbohidrat seperti layaknya mesin mobil menggunakan bensin. Glukosa, karbohidrat yang paling sederhana mengalir dalam aliran darah sehingga tersedia bagi seluruh sel tubuh. Sel-sel tubuh tersebut menyerap glukosa. Gula ini kemudian oleh sel dioksidasi (dibakar) dengan bantuan oksigen yang kita hirup menjadi energi dan gas CO_2 dalam bentuk respirasi / pernafasan. Energi yang dihasilkan dan tidak digunakan akan disimpan dibawah jaringan kulit dalam bentuk lemak.

Reaksi pembakaran gula dalam tubuh :

$$C_6H_{12}O_6\ (\text{gula}) + 6O_2 \rightarrow \text{Energi} + 6CO_2\ (\text{udara yang dikeluarkan}) + 6H_2O$$

Latihan Soal

1. Mengapa senyawa organik sering disebut sebagai senyawa karbon?
2. Apakah perbedaan yang palimg mendasar antara senyawa organik dengan senyawa anorganik?
3. Bagaimana cara Bagaimana cara pemurnian minyak bumi ?
4. Apa yang dimaksud dengan ketukan? Dan bagaimana hubungan antara mutu bahan bakar bensindengan jumlah ketukan dan nilai oktana?
5. Mengapa penggunaan zat aditif TEL dalam kendaraan bermotor akan segera ditinggalkan?
6. Bagaimana cara mendapatkan bensin dalam minyak bumi?
7. Fraksi hidrokarbon apakah yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar LPG dan bagaimana cara memperolehnya?
8. Sebtkan kegunaan minyak bumi dalam kehiduoan sehari-hari?
9. Bagaimana cara menghemat minyak bumi?
10. Apakah ada alternatif sebagai pengganti minyak bumi?Sebutkan dan Jelaskan!

20 BATU KAPUR, SEMEN DAN KERAMIK

Kompetensi yang diharapkan:

mengetahui definisi, sifat, macam, kandungan dan kegunaan batu kapur, semen dan keramik, serta proses pembuatannya

20.1 Batu kapur

Pernahkah Anda menemui batuan berwarna putih seperti pada Gambar 20.1 di bawah ini ? Atau ketika berjalan-jalan di pantai, Anda menemukan pegunungan yang berwarna putih kecoklatan seperti terlihat pada Gambar 20.2 ? Batuan seperti inilah yang disebut dengan **batu kapur**.





Gambar 20.1 Batu kapur



Gambar 20.2 Batuan kapur yang terdapat di pantai São Pedro de Moel , Marinha Grande, Portugal

20.1.1 Pengertian batu kapur

Batu kapur, atau yang disebut juga *limestone*, merupakan batuan sedimen. Kandungan terbesarnya adalah mineral *calcite* (calcium carbonate : $CaCO_3$). Selain itu juga sering terkandung

senyawa silica, clay (tanah liat / lempung), silt, dan pasir dalam jumlah yang beragam. Gambar 20.3 sampai 20.8 di bawah ini memperlihatkan mineral calcite dan batuan penyusun batu kapur. Batu kapur menyusun sekitar 10% dari volume total batuan sedimen.



Gambar 20.3 $CaCO_3$





Gambar 20.4 Silika



Gambar 20.5 Pasir



Gambar 20.6 Tanah liat (clay)



Gambar 20.7 Silt



Gambar 20.8 Permukaan Silt

20.1.2 Calcite ($CaCO_3$)



Gambar 20.9 Mineral calcite

Mineral calcite murni (Gambar 20.9) terlihat berwarna abu-abu, kuning muda sampai coklat tua, atau putih sampai tak berwarna. Sumber utama calcite dalam batu kapur adalah organisme laut yang menghasilkan zat kapur (lime) atau cangkang, seperti plankton, alga, sponge, brachiopoda, echinoderma, bryozoa, dan sebagainya. Setelah mati, cangkang atau zat kapur dari organisme tersebut diendapkan sebagai *pelagic ooze* (lumpur di dasar laut) atau terkumpul dalam batu karang, kemudian tertimbun oleh sedimen-sedimen lain di bawah tekanan yang sangat besar. Terbentuklah batuan padat, yang disebut batu kapur. Proses inilah yang menyebabkan kita sering melihat terdapat banyak fosil dalam batu kapur (Gambar 20.10 sampai 20.12).



Gambar 20.10 Batu kapur dengan fosil terkandung di dalamnya dalam jumlah besar





Gambar 20.11 Fosil kerang terlihat jelas dalam batu kapur



Gambar 20.12 Fosil bintang laut yang terdapat pada batu kapur

Sedangkan calcite sekunder dihasilkan dari deposit *air meteoric superjenuh* (air tanah yang mengendapkan material dalam gua), sehingga terbentuk *stalagmite* dan *stalagtite*.

Calcite dapat terlarut atau terendapkan oleh air tanah, tergantung pada temperatur, pH, dan konsentrasi ion terlarut dalam air. Sifat khas dari calcite adalah kelarutan retrograde (terbalik), yaitu kelarutannya dalam air berkurang jika temperatur meningkat.

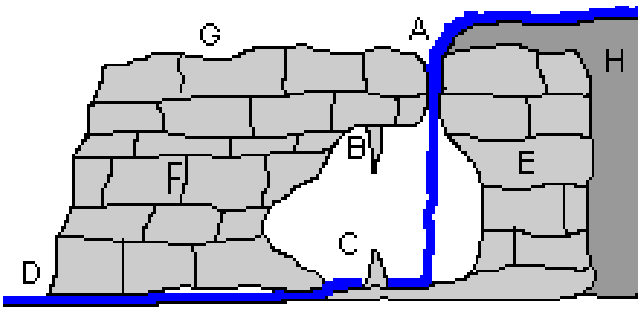
20.1.3 Proses pembentukan batu kapur

Pada daerah tropis biasanya terjadi bio-erosi (erosi oleh makhluk hidup), dan peristiwa ini juga terjadi pada batu kapur. Organisme masuk ke dalam batuan batu kapur (dengan cara mengebor), sehingga mengerosi batuan tersebut. Hasilnya adalah batu kapur yang sering kita lihat di pesisir pantai (Gambar 20.13).



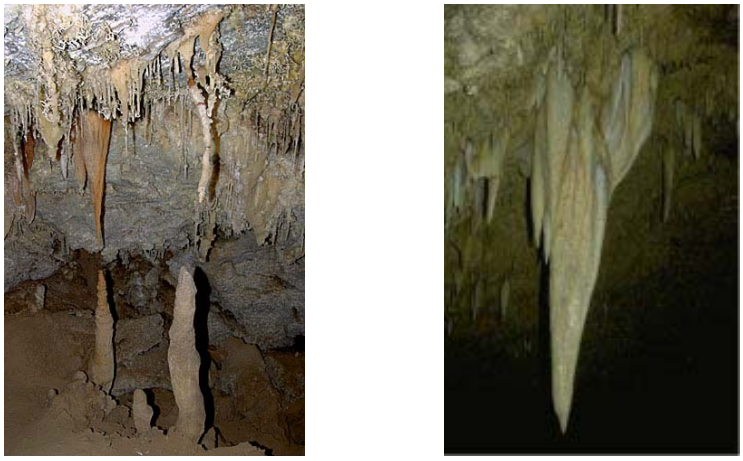
Gambar 20.13 Gua batu kapur

Sekarang coba lihat Gambar 20.14 di bawah ini ! Batu kapur terbentuk dalam lapisan-lapisan, yang disebut *bedding planes* (E). Pada bedding planes ini terjadi retakan-retakan vertikal, disebut *joints* (F). Adanya joints pada bedding planes menyebabkan batuan ini bersifat permeabel. Biasanya batu kapur terlarut oleh asam yang terkandung dalam air hujan yang melewatinya, sehingga mengerosi joints dan bedding planes dan membentuk tanah erosi yang disebut *karst*.



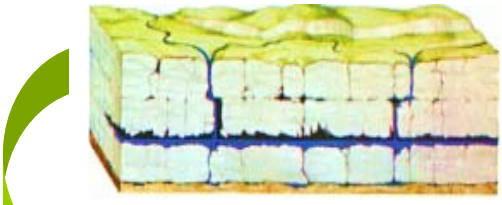
Gambar 20.14 Gambaran Karst : A. Lubang swallow, B. Stalactite, C. Stalagmite, D. Resurgen, E. Bedding plane, F. Joint, G. Permukaan batu kapur, H. Batuan impermeabel

Karst ini selanjtnya akan berkembang menjadi gua batu kapur. Karst bagian atas meliputi permukaan karst (G) dan lubang swallow (A), yaitu joint batu kapur yang terhubung dengan sungai. Sedangkan karst bagian bawah meliputi stalactite (B), yaitu air yang menetes dari atap gua dan menguap meninggalkan partikel kalsium karbonat mikroskopik yang membentuk tetesan es, serta stalagmite (C) yang terbentuk karena percikan air, yang mengandung kalsium karbonat, di lantai gua.



Gambar 20.15 Satalagmit dan stalagtit

Untuk lebih jelasnya, Gambar 20.16 berikut ini adalah ilustrasi pembentukan gua batu kapur. Proses pembentukan gua ini tidak berlangsung cepat, melainkan sampai berjuta-juta tahun lamanya.



Air merembes masuk ke dalam batu kapur melalui lubang swallow dan menggenangi bedding plane paling atas



Terbentuk gua dan lubang swallow yang tergenang air menjadi runtuh



Air permukaan ikut turun dan menjadi air tanah atau air terjun

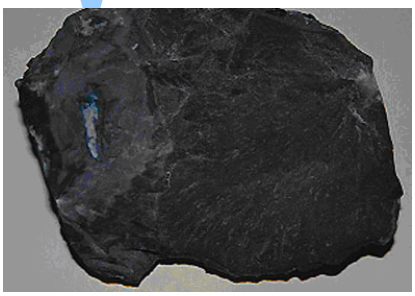


Gambar 20.20 Skema proses pembentukan gua batu kapur

20.1.4 Karakteristik batu kapur



Gambar 20.17 Batu kapur murni



Gambar 20.18 Warna permukaan batu kapur menjadi lebih gelap karena adanya pengotor



Gambar 20.19 Impregnasi besi pada batu kapur

Batu kapur memilki kekerasan yang tinggi. Batu kapur murni (Gambar 20.17) berwarna hampir putih. Adanya pengotor, seperti tanah liat, pasir, sisa-sisa material organik, dan material lain, menyebabkan warna batu kapur berubah (lihat Gambar 20.18 dan 20.19). Hal ini terutama terjadi pada permukaannya yang melapuk. Bentuk batu kapur bisa kristalin, klastik, granular, atau massive (pejal), tergantung metode pembentukannya.

20.1.5 Macam-macam batu kapur

Beberapa jenis batu kapur adalah sebagai berikut :

- *Travertine*, jenis batu kapur yang terkumpul dan memadat, terbentuk di sepanjang arus air, terutama daerah air terjun dan mata air panas atau dingin. Larutan yang mengandung konstituen penyusun calcite akan menjadi superjenuh karena penguapan air, sehingga calcium carbonat terendapkan.



Gambar 20.20 Travertine



Gambar 20.21 Pegunungan yang tersusun atas travertine



Gambar 20.22 Ubin yang terbuat dari material travertine

- *Tufa*, jenis travertine yang berbentuk cellular dan berpori, biasanya ditemukan di sekitar air terjun.



Gambar 20.23 Tufa





Gambar 20.24 Permukaan tufa



Gambar 20.25 Batuan tufa

- *Coquina*, merupakan batu kapur yang tidak terlalu padat, terdiri dari serpihan batu karang atau cangkang. Umumnya batu kapur mengandung fosil di dalamnya, tetapi coquina merupakan batu kapur dengan kandungan fosil yang sangat banyak, bahkan hampir keseluruhan strukturnya adalah fosil.



Gambar 20.26 Coquina



Gambar 20.27 Bangunan yang terbuat dari coquina

- *Chalk*, adalah bentuk lain dari batu kapur yang bersumber dari organisme bersel satu dan sangat kecil, yaitu *coccolithophores* (Gambar 20.28). Biasanya chalk berwarna putih atau abu-abu, halus, dan berpori.



Gambar 20.28 Coccolithophore



Gambar 20.29 Pembentukan chalk berbentuk seperti jarum di Pulau Wight, Inggris selatan

20.1.6 Deposit batu kapur

Resistensi batu kapur terhadap erosi ini lebih lemah dibandingkan dengan batuan beku (igneous rocks), tetapi masih lebih kuat daripada batuan sedimen yang lain. Hal ini menyebabkan batu kapur, bersama clay, biasanya ditemukan pada daerah perbukitan dan dataran tinggi. Kumpulan batu kapur muncul dari permukaan bumi dalam batuan karang dan pulau-pulau besar, misalnya di Burren (Irlandia), Verdon Gorge (Perancis), Malham Cove (North Yorkshire), Pulau Wight (Inggris), Faro (pulau Gotland, Swedia), batu karang Niagara (Kanada / USA), Notch Peak di Utah, dan Taman Nasional Ha Long Bay (Vietnam) yang ditunjukkan pada Gambar 20.30 di bawah ini.



Gambar 20.30 Limestone Tower di Taman Nasional Ha Long Bay - Vietnam



Gambar 20.31 Galian batu kapur di Pulau Robben

20.1.7 Kegunaan batu kapur



Gambar 20.32 Batu kapur yang dihancurkan

Batu kapur yang dihancurkan

Concrete adalah campuran dari agregat, semen, dan air. Batu kapur sangat cocok digunakan dalam concrete karena sifatnya yang keras, kelimpahannya di alam besar, dan mampu terikat baik dengan semen. Batu kapur yang dihancurkan banyak digunakan untuk konstruksi jalan. Bisa juga disebarkan di lahan pertanian untuk mengurangi keasaman tanah.



Gambar 20.33 Balok dari batu kapur untuk ornamen bangunan

Batu untuk bangunan dan ornamen

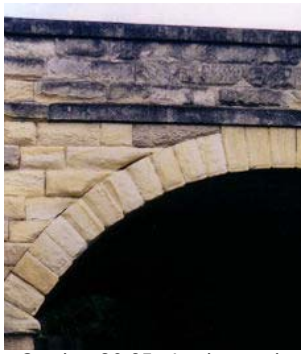
Sifatnya yang keras membuat batu kapur banyak digunakan dalam konstruksi bangunan dan bisa ditemukan di berbagai tempat, terutama Amerika Utara dan Eropa. Konstruksi bangunan di Kingston – Ontario – Kanada banyak memanfaatkan batu kapur (limestone) ini, sehingga disebut '*Limestone City*'. Keuntungannya adalah tersedia secara melimpah dan



Gambar 20.34 Gedung di Manhattan-Kansas, dibangun dari batu kapur

relatif mudah dibentuk dan dipotong. Selain itu, batu kapur tahan lama dan kokoh. Banyak sekali bangunan terkenal di London yang dibangun dari batu kapur Portland.

Tetapi, batu kapur sangat berat sehingga kurang cocok untuk bangunan yang tinggi, dan cukup mahal. Batu kapur dan marmer sangat reaktif terhadap larutan asam, sehingga hujan asam dapat menyebabkan kerusakan serius pada permukaan berbagai bangunan dan patung berbahan dasar batu kapur. Hujan asam terjadi ketika perusahaan-perusahaan besar menghasilkan polusi udara karena melepaskan bahan kimia seperti sulfur ke atmosfer. Sulfur bereaksi dengan H_2 dan O_2 di udara membentuk asam sulfur.



Gambar 20.35. Jembatan di Oamaru-Otago-New Zealand dibangun dari batu kapur

Gambar 16-36. Bangunan dari batu kapur di Oamaru-Otago-New Zealand



Gambar 16-37 Lempengan batu kapur bermotif peta Moosburg di Bavaria, dibuat untuk cetakan lithografi





Gambar 20.38 Batu kapur untuk bahan pasta gigi

Batu kapur yang dihaluskan

Penggunaannya adalah dalam pasta gigi dan cat. Berbagai kosmetik, terutama bedak, banyak mengandung bubuk batu kapur. Selain itu, batu kapur juga dimanfaatkan sebagai pewarna putih dalam cat, plastik, dan karet.



Gambar 20.39 Industri kimia

Industri kimia

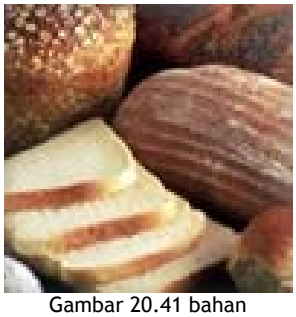
Kapur atau bubuk batu kapur digunakan untuk menghilangkan gas sulfur dioksida yang dihasilkan dari pembakaran batubara atau minyak pada pembangkit listrik.



Gambar 20.40 Quicklime

Quicklime (CaO)

Penyusun utama batu kapur adalah kalsium karbonat. Batu kapur yang dibakar menghasilkan gas karbondioksida dan kalsium oksida. Kalsium oksida inilah yang disebut dengan quicklime (kapur tohor), yang dimanfaatkan untuk memurnikan baja dan logam lain dalam pembuatan glass, dan untuk mengelola limbah industri makanan dan tekstil.



Gambar 20.41 bahan makanan yang mengandung kalsium

Nutrien

Semua hewan memerlukan kalsium dalam makanannya. Oleh karena itu, batu kapur ditambahkan dalam banyak makanan hewan dan juga roti.



Gambar 20.42 Penggunaan lime

Lime

Jika batu kapur dipanaskan, maka akan berubah menjadi lime dan karbondioksida. Kegunaan lime dalam industri sangat beragam, misalnya dalam pembuatan berbagai macam benda, dari gula sampai baja.



Gambar 20.43 Produksi semen

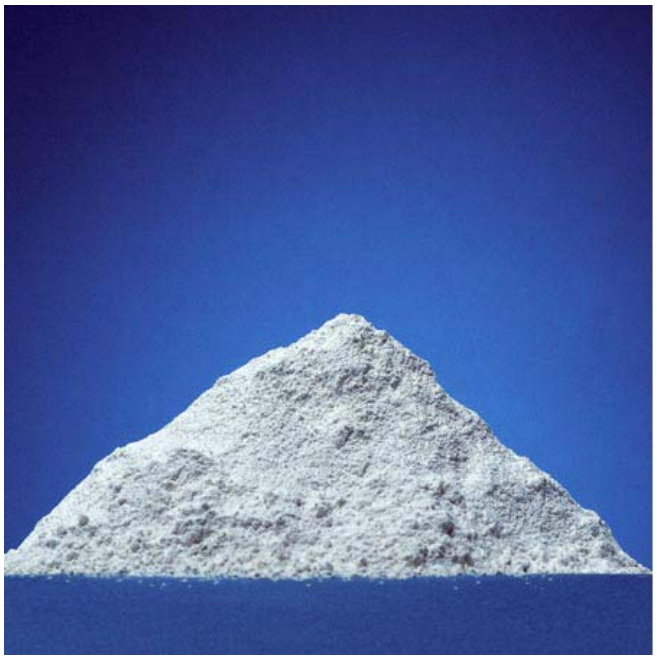
Semen

Semen umumnya dibuat dari 80 % batu kapur dan 20 % clay. Bahan-bahan tersebut dicampur dan bersama-sama digiling untuk memperoleh bubuk halus sebagai bahan baku pembuatan semen.

20.2 Semen

Pasti Anda pernah melihat pembangunan suatu rumah, gedung, atau jembatan. Apa yang selalu dapat kita temukan di sana? Ya, kita pasti melihat semen. Sebenarnya apakah semen itu dan bagaimana cara kerja serta kegunaannya? Dengan mempelajari sub-bab ini Anda akan mengetahui hal-hal tersebut.

20.2.1 Definisi semen



Gambar 20.44 Semen

Semen merupakan binder, yaitu senyawa yang dapat tergabung dan mengeras sendiri, juga dapat mengikat material lain dan mengeras bersama-sama. Nama *semen* berasal dari bangsa Romawi yang menggunakan kata "*opus caementitium*" untuk menamai tembok menyerupai beton yang dibangun dari batuan yang dihancurkan dan kapur yang dibakar sebagai binder. Penggunaan semen yang terpenting adalah untuk menghasilkan *mortar* dan *concrete*. Dalam hal ini, mortar (Gambar 20.45) dapat diartikan sebagai material atau adonan pengikat di antara batubata untuk memperkuat bangunan. Sedangkan concrete / beton (Gambar 20.46 dan 20.47) adalah material untuk bangunan yang terbuat dari campuran semen dan bahan tambahan lain, sifatnya sangat kuat.



Gambar 20.45 Mortar



Gambar 20.46 Pembuatan concrete



Gambar 20.47 Concrete yang sudah dibentuk

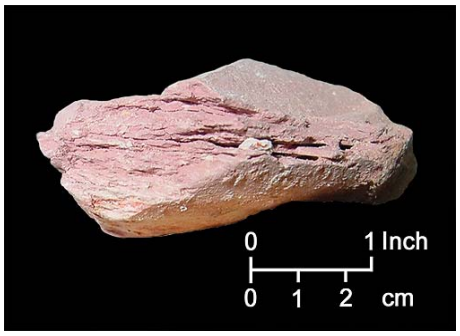
Secara umum, semen yang digunakan dalam konstruksi bangunan ada dua macam, yaitu **semen hidrolik** dan **semen non-hidrolik**.

❖ Semen hidrolik

Semen hidrolik merupakan material yang tergabung dan mengeras setelah dicampur dengan air, karena adanya reaksi kimia dengan air yang ditambahkan. Setelah mengeras, semen ini akan tetap kuat dan stabil meskipun berada dalam lingkungan berair. Hidrat yang terbentuk pada saat reaksi tiba-tiba dengan air menjadi sangat tidak larut dalam air. Semen yang digunakan untuk konstruksi bangunan sekarang ini adalah semen hidrolik, dan umumnya didasarkan pada *semen Portland* yang dibuat dari batu kapur, mineral clay tertentu, dan gips melalui proses temperatur tinggi. Dalam proses tersebut karbondioksida dikeluarkan dan secara kimia komponen-komponen penyusunnya tergabung menjadi senyawa baru.



Gambar 20.48 Batu kapur



Gambar 20.49 Clay



Gambar 20.50 Gips

Penggabungan dan pengerasan semen hidrolik disebabkan oleh terjadinya pembentukan senyawa yang mengandung air melalui reaksi antara komponen-komponen semen dengan air. Reaksi tersebut disebut *reaksi hidrasi*, sedangkan produk reaksinya merupakan *hidrat* atau *fase hidrat*.

❖ Semen non-hidrolik

Sesuai dengan namanya, semen non-hidrolik terdiri dari material non-hidrolik, seperti lime dan plaster gipsum yang harus dijaga tetap kering untuk mendapatkan strength (kekuatan), serta semen oksiklorida yang memiliki komponen cair. Sebagai contoh, mortar lime, tergabung ketika dikeringkan dan proses penguatannya sangat lambat melalui absorpsi karbondioksida (CO_2) dari udara untuk membentuk kembali kalsium karbonat dengan reaksi karbonatasi.

20.2.2 Sejarah perkembangan semen

- **Awal penggunaan semen**

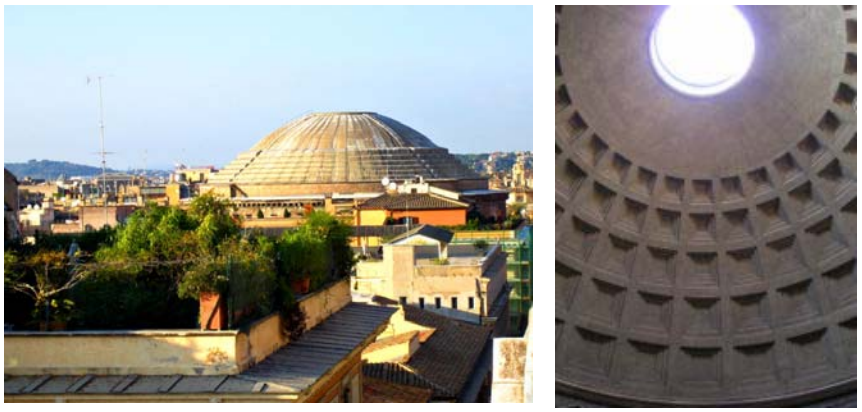
Penggunaan semen dimulai ketika manusia mulai mengenal konstruksi bangunan. Pada saat itu semen yang dipakai adalah semen non-hidrolik, yaitu slurry tanah liat sebagai lapisan tipis di antara susunan batubata. Kemudian pada fase berikutnya mulai ditambahkan kapur dalam campuran semen primitif ini. Dengan berkembang dan meluasnya pembuatan serta pemakaian batubata yang dibakar, maka manusia mulai melakukan penelitian untuk membuat mortar (adonan untuk mengikat batubata dalam bangunan) yang memiliki kekuatan lebih tinggi. Di Mesopotamia, mortar yang digunakan berbahan dasar bitumen (aspal), sedangkan orang Mesir menggunakan gips, dan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia adalah kapur.

Tidak diketahui di mana pertama kali ditemukan bahwa kombinasi antara kapur non-hidrolik terhidrasi dan *pozzolan* dapat menghasilkan campuran hidrolik. Akan tetapi, pembuatan concrete (beton) dari campuran ini pertama kali dilakukan oleh bangsa Romawi. Pozzolan (Gambar 20.51) merupakan material yang bersifat seperti semen ketika dicampur dengan kalsium hidroksida. Material pozzolan banyak mengandung silika, ketika bereaksi dengan kalsium hidroksida akan membentuk kalsium silikat.



Gambar 20.51 Pozzolan

Bangsa Romawi menggunakan pozzolan alami (batu apung atau campuran tanah dan semen) dan pozzolan buatan (batubata dan gerabah) dalam concrete ini. Beberapa contoh bangunan yang dibuat dari concrete ini masih berdiri tegak sampai sekarang, seperti monolithic dome Pantheon di Roma (Gambar 20.52 dan 20.53). Akan tetapi penggunaan concrete di Eropa sempat menghilang di abad pertengahan.



Gambar 20.52 Monolithic dome Pantheon di Roma



Gambar 20.53 Pantheon di Roma – Italia (dari depan)

➢ **Semen modern**

Semen modern, yaitu semen hidrolik, mulai dikembangkan di awal Revolusi Industri (sekitar tahun 1700). Pengembangannya didasari oleh tiga kebutuhan utama, yaitu :

- Sistem hidrolik akan lebih memperkuat bangunan ketika hujan.
- Mortar hidrolik diperlukan untuk konstruksi bangunan di pantai yang selalu kontak dengan air laut.
- Perkembangan beton yang lebih kuat.

Di Inggris, beton untuk bangunan dengan kualitas yang bagus menjadi sangat mahal pada masa itu. Berbagai gedung dibangun dari batubata (beton) hasil industri, kemudian dilapisi dengan *stucco* (semacam semen untuk pelapisan dinding dan langit-langit bangunan). Lihat Gambar 20.54 ! Material yang biasanya digunakan sebagai stucco adalah kapur (lime) hidrolik.



Gambar 20.54 Dekorasi dari stucco

Tetapi karena waktu kering semen ini sangat lambat, maka dikembangkanlah jenis baru. Di antaranya, yang paling terkenal adalah **"*semen Romawi*" Parker** yang dikembangkan oleh James Parker pada tahun 1780-an dan dipatenkan pada tahun 1796.

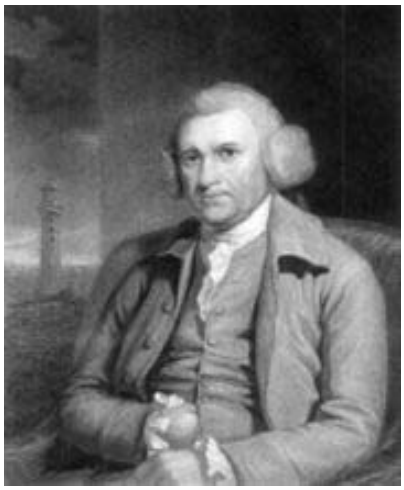


Gambar 20.55 James Parker

Meskipun namanya adalah semen Romawi, ternyata semen ini tidak seperti material yang digunakan oleh bangsa Romawi, tetapi merupakan semen natural yang terbuat dari *septaria* yang dibakar, yaitu bongkahan-bongkahan yang ditemukan dalam deposit tanah liat dan mengandung mineral clay dan kalsium karbonat. Hasil pembakaran septaria ini digiling menjadi serbuk halus kemudian

dijadikan mortar dengan tambahan pasir. Keberhasilan semen Romawi ini menggugah para pengusaha untuk mengembangkan produk serupa dari campuran tanah liat dan kapur yang dibakar.

John Smeaton memberikan kontribusi besar dalam pengembangan semen ketika merencanakan pembangunan *Eddystone Lighthouse* (1755-1759) di Selat Inggris (Gambar 20.57). Smeaton menyatakan bahwa sifat hidrolik dari kapur dipengaruhi langsung oleh kandungan clay dalam batu kapur yang digunakan.



Gambar 20.56 John Smeaton



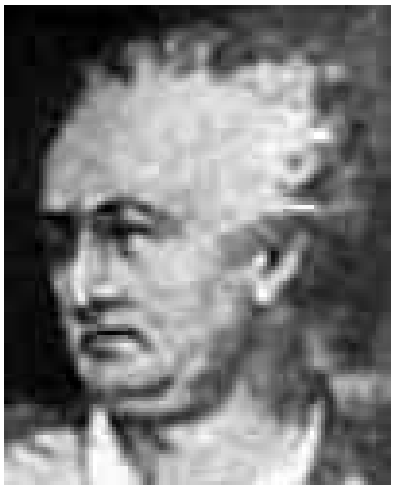
Gambar 20.57 Eddystone Lighthouse

Prinsip yang sama digunakan oleh Louis Vicat di awal abad ke-19. Vicat mengembangkan metode pembuatan semen artificial pada tahun 1817 dengan mengkombinasikan kapur dan clay menjadi campuran yang kemudian dibakar. Kemudian pada tahun 1822, James Frost berhasil membuat dan mematenkan **"semen Inggris"**. Sedangkan Joseph Aspdin berhasil mematenkan material serupa yang

disebut **semen Portland**, karena warnanya seperti batuan Portland (Gambar 20.60).



Gambar 20.58 Louis Vicat



Gambar 20.59 Joseph Aspdin



Gambar 20.60 Batu Portland

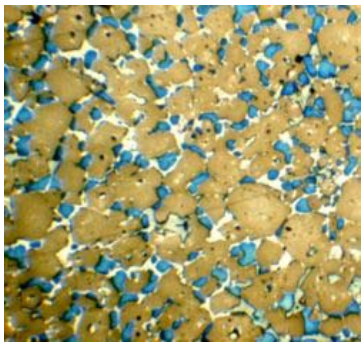


Gambar 20.61 Tambang batuan Portland



Gambar 20.62 Batuan Portland di Mutton Cove – Portland

Semua produk-produk semen di atas tidak dapat dibandingkan dengan concrete pozzolan atau kapur, karena setelah dicampur dengan air maka harus segera dipakai. Kekuatannya pun rendah di awal terbentuk (perlu waktu berminggu-minggu sebelum material yang terbentuk dapat dipindahkan). Pembentukan kapur hidrolik, semen natural, dan semen buatan yang kuat tergantung pada kandungan *belite* (dicalcium silicate, Ca_2SiO_4), di mana kemampuan belite untuk memperkuat material sangat lambat. Material penyusun semen tersebut dibakar pada suhu 1250 °C, sehingga tidak ada kandungan *alite* (tricalcium silicate, $Ca_3O.SiO_4$) yang bertanggung jawab terhadap terbentuknya kekuatan awal dalam semen modern. Semen pertama yang mengandung alite dibuat oleh William Aspdin, putra dari Joseph Aspdin, di awal 1840-an. Inilah yang sekarang kita sebut sebagai **semen Portland "modern"**.



Gambar 20.63 Clinker belite



Gambar 20.64 William Aspdin

Inovasi William Aspdin ini ternyata kurang menguntungkan bagi pengusaha semen, karena membutuhkan lebih banyak kapur dalam campuran, temperatur pembakarannya lebih tinggi (sehingga bahan bakar yang digunakan juga lebih banyak), dan *clinker* yang dihasilkan sangat keras sehingga dengan cepat membuat millstone menjadi aus. Pada saat itu, millstone merupakan satu-satunya metode grinding (penghalusan) yang ada. Clinker adalah material padat yang terbentuk pada tahap pembakaran semen, berupa bongkahan-bongkahan dengan diameter 3 - 25 mm.



Gambar 20.65 Clinker semen

20.2.3 Klasifikasi semen

Semen modern yang digunakan sekarang ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian sebagai berikut :

1. Semen Portland
2. Campuran Semen Portland
3. Semen Hidrolik Non-Portland



Gambar 20.66 Produksi semen Blue Circle Southern di dekat Berrima, New South Wales, Australia

1 Semen Portland

Semen ini dibuat dengan memanaskan batu kapur dengan material lain dalam jumlah kecil, seperti clay, sampai 1450 °C dalam tungku pembakaran. Senyawa yang dihasilkan sangat keras, dan disebut '**clinker**' (Gambar 20.65). Clinker ini kemudian digiling dengan sedikit penambahan gips untuk membuat *Ordinary Portland Cement* (OPC).

Semen Portland ini merupakan komposisi dasar dari concrete dan mortar. Umumnya, semen Portland dimanfaatkan untuk pembuatan concrete (beton). Concrete ini merupakan gabungan material yang terdiri dari agregat (kerikil dan pasir), semen, dan air. Sebagai bahan bangunan, concrete dapat dicetak menjadi berbagai bentuk yang kita inginkan, dan begitu material ini mengeras maka akan mampu manahan beban berat. Semen Portland biasanya berwarna abu-abu atau putih. Keterangan lebih lanjut tentang semen Portland akan diuraikan pada subbab berikutnya.

2 Campuran Semen Portland

Ada beberapa macam campuran semen Portland, di antaranya :

- *Portland Blastfurnace Cement*

Jenis semen ini mengandung kerak (slag) blast furnace berbentuk granule sampai dengan 70 %. Sisanya adalah clinker Portland dan sedikit gips. Komposisi tersebut menghasilkan kuat ikat yang tinggi, tetapi dengan meningkatnya kandungan kerak akan menyebabkan kekuatan awal semen menurun. Peningkatan kandungan kerak ini juga meningkatkan resistensi semen terhadap sulfat. Portland Blastfurnace Cement ini sangat ekonomis dan digunakan sebagai alternatif untuk semen Portland yang tahan sulfat.

- *Portland Flyash Cement*

Semen ini mengandung fly ash sampai dengan 30 %. Fly ash merupakan abu sisa pembakaran batubara atau bahan bakar fosil lainnya. Fly ash ini bersifat pozzolanik sehingga dapat meningkatkan kekuatan ikat semen. Penambahan fly ash ini juga menyebabkan penambahan air yang diperlukan untuk membuat concrete menjadi lebih sedikit. Hasilnya, kekuatan awal semen makin tinggi. Dengan penggunaan fly ash yang murah dan berkualitas, maka semen ini menjadi alternatif yang ekonomis.

- *Portland Pozzolan Cement*

Portland Pozzolan Cement ini meliputi semen fly ash karena fly ash juga termasuk pozzolan. Selain itu, jenis semen ini meliputi semen yang terbuat dari pozzolan alami atau buatan yang lain. Di negara-negara yang mempunyai banyak abu vulkanik, misalnya Italia, Chili, Meksiko, dan Filipina, semen ini banyak diproduksi dan digunakan.

- *Portland Silica Fume Cement*

Penambahan fume silika dapat menghasilkan kekuatan yang sangat tinggi. Semen yang mengandung 5 – 20 % fume silika sangat jarang diproduksi. Akan tetapi, fume silika lebih sering ditambahkan ke dalam semen Portland dalam campuran concrete.

- *Masonry Cements*

Masonry cement digunakan untuk mortar dan stucco untuk melapisi batubata, dan tidak dapat digunakan dalam concrete (beton). Kandungannya sangat kompleks, yaitu clinker Portland, batu kapur, kapur terhidrasi, retarder, agen waterproofer dan pewarna. Tujuan penggunaan semen ini biasanya adalah untuk bangunan yang harus cepat kering dan menghasilkan ikatan antar batubata yang terkontrol.

- *Expansive Cements*

Selain clinker Portland, jenis semen ini juga mengandung clinker-clinker besar (biasanya clinker sulfoaluminat). Expansive cement didesain untuk menyeimbangkan pengaruh penyusutan karena proses pengeringan yang umum terjadi pada semen hidrolik. Sering

dimanfaatkan untuk membuat beton yang lebar (sampai 60 m^2) tanpa retakan.

- *White blended cements*

Semen ini dibuat dari clinker putih dan material tambahan lain yang juga berwarna putih, seperti metakaolin yang sangat murni.

- *Colored cements*

Penggunaan colored cement (semen berwarna) ini adalah untuk dekorasi saja. Pembuatannya adalah dengan mencampurkan pigmen ke dalam semen Portland.

3 Semen Hidrolik Non-Portland

Macam-macam semen hidrolik non-Portland antara lain diuraikan sebagai berikut :

- *Pozzolan-lime cements*

Bangsa Romawi menggunakan semen dari campuran pozzolan yang telah dihancurkan dan kapur untuk membuat bangunan yang kokoh, bahkan masih tetap berdiri sampai sekarang. Misalnya, Patheon di Roma. Kekuatan semen seperti ini terbentuk secara lambat, tetapi kuat ikatannya sangat tinggi. Produk hidrasi yang menghasilkan kekuatan adalah sama dengan semen Portland.

- *Slag-lime cements*

Kerak blast furnace yang berbentuk granule tidak dengan sendirinya bersifat hidrolik, tetapi karena diaktivasi oleh alkali yang ditambahkan, biasanya adalah kapur. Sifat-sifat slag-lime cements ini sama seperti pozzolan-lime cements. Satu-satunya komponen semen yang efektif adalah kerak yang berbentuk granule.

- *Supersulfated cements*

Semen ini mengandung kira-kira 80% kerak blast furnace yang berbentuk granule, 15 % gips, dan sedikit clinker Portland atau kapur sebagai aktivator. Kekuatan semen dihasilkan dari pembentukan *ettringite* (hexacalcium aluminate trisulfate hydrate, $(CaO)_6$ (Al_2O_3) $(SO_4)_3$. $32H_2O$, yang merupakan hasil reaksi calcium aluminate dengan calcium sulfat), dengan laju pembentukan kekuatan yang rendah seperti semen Portland. Semen ini menghasilkan bangunan yang tahan terhadap sulfat dan bahan-bahan reaktif lainnya.

- *Calcium aluminate cements*

Calcium aluminate cements merupakan semen hidrolik yang dibuat dari batu kapur dan bauksit sebagai komponen utamanya. Bahan aktifnya adalah monokalsium aluminat, $(CaAl_2O_4)$, dan Mayenite, $(Ca_{12}Al_{14}O_{33})$. Kekuatan semen terbentuk dari reaksi hidrasi bahan aktif ini menjadi hidrat kalsium aluminat. Semen ini sangat cocok digunakan dalam concrete untuk refractory (batu api atau lapisan

untuk furnace dan oven) karena sifatnya yang tahan terhadap suhu tinggi.

- *Calcium sulfoaluminate cements*

Jenis semen ini terbuat dari clinker yang mengandung ye'elimite, ($Ca_4(AlO_2)_6SO_4$), sebagai fase primer. Bahan ini biasanya digunakan dalam expansive cements, dalam semen dengan kekuatan awal yang sangat tinggi, dan dalam semen *"rendah energi"*. Reaksi hidrasi menghasilkan ettringite. Sifat fisik tertentu, seperti reaksi cepat dan ekspansi, diperoleh dengan menyesuaikan kandungan ion kalsium dan ion sulfat. Di Cina, semen ini dimanfaatkan sebagai alternatif untuk semen rendah energi. Hanya sedikit energi yang diperlukan untuk memproduksi calcium sulfoaluminate cements, karena temperatur tungku untuk reaksi juga rendah dan batu kapur yang diperlukan lebih sedikit. Meskipun emisi CO_2 rendah, tetapi produksi semen ini kurang menguntungkan untuk lingkungan karena emisi SO_2 yang tinggi dari bahan baku yang digunakan.

- *"Natural" Cements*

Natural cements tidak bisa dipisahkan dari produk semen pada era sebelum Portland. Pembuatan dan komposisinya hampir sama.

- *Geopolymer cements*

Geopolymer cements dibuat dari campuran silikat logam alkali yang dapat larut dalam air dan powder mineral aluminosilikat seperti fly ash dan metakaolin.

20.2.4 Semen Portland



Gambar 20.67 Concrete yang terbuat dari semen Portland

Semen Portland merupakan tipe semen yang paling sering digunakan untuk berbagai aplikasi. Komposisi dasarnya adalah serbuk halus dari clinker semen Portland yang telah dihancurkan (lebih dari

90 %), sedikit kalsium sulfat untuk mengontrol waktu kering, dan konstituen minor lainnya sampai 5 %. Semen Portland ini termasuk semen hidrolik. Setidaknya dua pertiga berat semen ini harus mengandung senyawa kalsium silikat ($3CaO.SiO_2$ dan $2CaO.SiO_2$). Sisanya adalah clinker, yang mengandung aluminium dan besi, serta senyawa lain. Rasio CaO terhadap SiO_2 tidak boleh kurang dari 2,0. Kandungan MgO-nya tidak boleh melebihi 5,0 % massa. Pembuatan clinker semen Portland adalah dengan pemanasan (dalam tungku) campuran homogen dari bahan baku sampai temperatur sintering, yaitu sekitar 1450 °C untuk semen modern.

Bahan baku utama untuk pembuatan clinker adalah batu kapur ($CaCO_3$), biasanya digunakan batu kapur tidak murni, yang mengandung SiO_2. Bahan baku sekundernya adalah clay, batuan, pasir, bijih besi, bauksit, fly ash, dan kerak.

Proses Pembuatan Semen Portland



Gambar 20.68 Pabrik semen di Midlothian-Texas

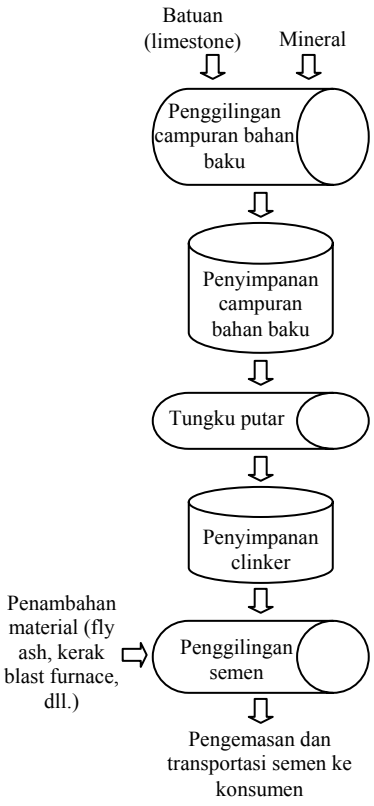
Ada tiga tahap penting dalam produksi semen Portland :

1. Preparasi bahan baku
2. Pembuatan clinker
3. Pembuatan semen

(Lihat Gambar 20.69 untuk lebih jelasnya !)

- *Preparasi Bahan Baku*

Bahan baku untuk produksi semen Portland adalah campuran mineral yang terdiri dari kalsium oksida, silikon oksida, aluminium oksida, besi oksida, dan magnesium oksida. Dalam *proses kering*, bahan baku tersebut berupa serbuk halus, sedangkan untuk *proses basah* diperlukan bahan baku dalam bentuk slurry. Sebelum dicampur, bahan baku tersebut dihancurkan dulu hingga 50 mm dalam penggilingan (*mill*). Begitu pula setelah dicampur, maka campuran bahan baku digiling lagi sampai partikel-pertikelnya berukuran 90 μm.

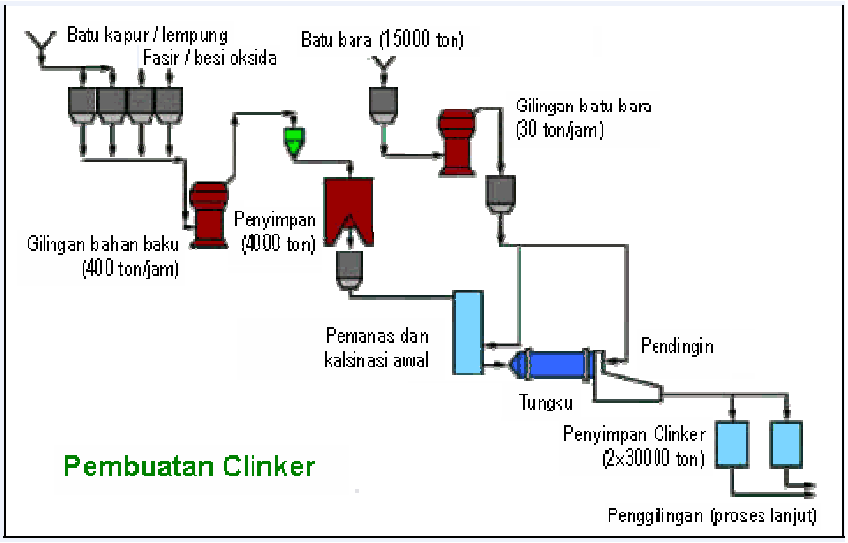


Gambar 20.69 Skema produksi semen Portland



Gambar 20.70 Timbunan campuran bahan baku semen Portland

➢ *Pembuatan Clinker*



Gambar 20.71 Bagan produksi clinker

Campuran bahan baku kemudian dipanaskan dalam tungku semen dengan temperatur 1400 – 1450 °C. Temperatur ini diatur sehingga material tersintering, tetapi tidak melebur. Material yang dihasilkan dari proses ini disebut dengan clinker (Gambar 20.72).



Gambar 20.72 Butiran clinker semen Portland





Gambar 20.73 Tungku pembakaran semen

- *Pembuatan Semen*

Untuk memperoleh produk semen dengan kualitas bagus, biasanya ditambahkan 5 % kalsium sulfat (gips) ke dalam clinker. Campuran ini kemudian di giling untuk menghasilkan serbuk semen akhir dalam alat penggilingan semen. Ukuran partikel akhir yang diinginkan biasanya kurang dari 5 μm.



Gambar 20.74 Penggilingan semen, mampu menghasilkan semen 270 ton/jam

Setting dan Hardening

Ketika air dicampurkan dengan semen Portland, hasilnya menjadi rigid (kaku) dalam beberapa jam dan mengeras dalam hitungan minggu. Proses ini sangat bervariasi, tetapi biasanya concrete menjadi rigid (kaku) dalam 6 jam, dengan kuat tekan sebesar 8 MPa dalam 24 jam. Kekuatan ini meningkat menjadi 15 MPa setelah 3 hari, 23 MPa dalam 1 minggu, 35 MPa dalam 4 minggu, dan 41 MPa setelah 3 bulan. Peningkatan kekuatan ini berjalan lambat selama air tersedia untuk reaksi hidrasi, tetapi biasanya setelah beberapa minggu saja concrete sudah dikeringkan. Hal ini menyebabkan pertumbuhan kekuatannya terhenti.

Setting dan *hardening* semen Portland disebabkan oleh pembentukan senyawa yang mengandung air sebagai hasil reaksi komponen semen dengan air. Perubahan yang dapat diamati ketika reaksi terjadi adalah *stiffening* (pengerasan), meskipun sangat kecil di awal reaksi, yang kemudian meningkat seiring dengan waktu. Pada waktu tertentu setelah aplikasi semen, dicapai stiffening dengan level tertentu, inilah yang disebut awal setting. Penguatan selanjutnya disebut setting, baru kemudian dimulailah fase hardening.

Stiffening, setting, dan hardening diakibatkan oleh pembentukan mikrostruktur produk hidrasi dengan tingkat kekakuan

yang bervariasi. Mikrostruktur ini mengisi kekosongan interstisi di antara partikel padat semen, mortar, dan concrete. Sifat stiffening, setting, dan hardening terhadap waktu tergantung pada ukuran kekosongan interstisi. Produk hidrasi yang berpengaruh besar terhadap kekuatan adalah hidrat kalsium silikat (**fase C-S-H**). Produk hidrasi lanjut adalah kalsium hidroksida, hidrat sulfatat (**fase AFm dan AFt**), dan beberapa senyawa lain. Kalsium silikat atau konstituen silikat membentuk lebih dari 70 % dari massa semen berbahan dasar silikat. Dalam clinker semen, hidrat kalsium silikat mengandung CaO lebih rendah daripada kalsium silikat, sehingga kalsium hidroksida terbentuk selama hidrasi semen Portland. Reaksi antara alite dengan air dapat disederhanakan menjadi :

$$2Ca_3OSiO_4 + 6H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2$$

Reaksi ini berlangsung cepat, menyebabkan terbentuknya setting dan kekuatan semen dalam minggu-minggu pertama aplikasinya. Sedangkan reaksi belite adalah :

$$2Ca_2SiO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$$

Reaksi ini relatif lambat, dan bertanggung jawab terhadap pertumbuhan kekuatan semen setelah satu minggu aplikasi. Hidrasi trikalsium aluminat dikontrol oleh penambahan kalsium sulfat, yang langsung membentuk larutan ketika ditambahkan air. Awalnya, terbentuk ettringite dengan cepat, sehingga hidrasi menjadi lambat.

$$Ca_3(AlO_3)_2 + 3CaSO_4 + 32H_2O \rightarrow Ca_6(AlO_3)_2(SO_4)_3.32H_2O$$

Ettringite bereaksi lambat dengan trikalsium aluminat membentuk monosulfat (fase AFm). Reaksinya sebagai berikut :

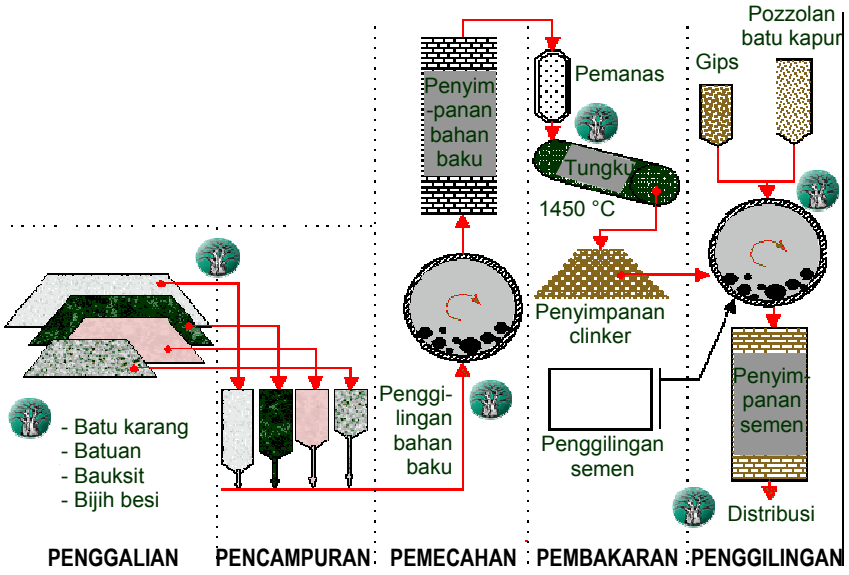
$$Ca_6(AlO_3)_2(SO_4)_3.32H_2O + Ca_3(AlO_3)_2 + 4H_2O \rightarrow 3Ca_4(AlO_3)_2(SO_4).12H_2O$$

Reaksi ini berlangsung sempurna setelah 1 – 2 hari. Kalsium aluminoferrite bereaksi secara lambat karena terjadinya pengendapan besi oksida terhidrasi selama reaksi :

$$2Ca_2AlFeO_5 + CaSO_4 + 20H_2O \rightarrow Ca_4(AlO_3)_2(SO_4).12H_2O + Ca(OH)_2 + 2Fe(OH)_3$$

Begitu semen Portland dicampur dengan air, maka mulai terjadi reaksi hidrasi. Kalsium sulfat larut sempurna dan sulfat alkali larut sebagian. Reaksi ion kalsium dan sulfat ini dengan trikalsium silikat menghasilkan kristal ettringite (berbentuk seperti jarum) pada permukaan partikel clinker. Selanjutnya, akan terlihat hidrat kalsium silikat (C-S-H) dalam bentuk koloid. Karena pembentukan lapisan tipis produk hidrasi pada permukaan clinker, periode hidrasi pertama berhenti dan periode induksi dimulai. Produk hidrasi pertama terlalu kecil untuk menjembatani gap di antara partikel clinker dan tidak membentuk mikrostruktur yang kuat. Hal ini mengakibatkan mobilitas partikel semen hanya sedikit terpengaruh. Setting dimulai setelah kira-kira satu sampai tiga jam, ketika hidrat kalsium silikat pertama terbentuk pada permukaan partikel clinker yang pada awalnya berupa butiran sangat halus. Setelah periode induksi, terjadi hidrasi lanjut dari fase clinker. Periode ketiga ini dimulai kira-kira setelah 4 jam dan berakhir setelah 12 – 24 jam. Selama periode ini, terbentuk mikrostruktur dasar yang terdiri dari kristal C-S-H berbentuk jarum dan lembaran, kalsium hidroksida berbentuk lempengan, dan ettringite. Mikrostruktur ini tumbuh menjadi bentuk longitudinal. Karena pertumbuhan kristal, gap di antara partikel semen mulai terjembatani. Selama hidrasi selanjutnya, hardening meningkat tapi kecepatannya menurun. Densitas mikrostruktur meningkat dan pori-porinya terisi, sehingga terbentuklah kekuatan semen.

Pembuatan semen Portland dan jenis-jenis semen lain secara umum dapat digambarkan dalam skema berikut :



Gambar 20.75 Proses pembuatan semen secara umum

20.2.5 Kegunaan semen

Semen diaplikasikan secara luas, terutama dalam konstruksi bangunan, pembuatan mortar, beton, jalan, jembatan, bendungan, pelapisan bangunan, langit-langit, patung, dekorasi, dan lain-lain.

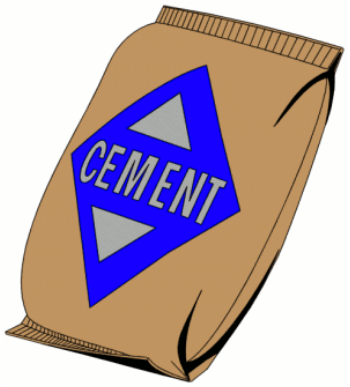


Gambar 20.76 Jalan, jembatan, bendungan terbuat dari semen



Gambar 20.77 Permukaan semen yang diaplikasikan pada bangunan

20.2.6 Industri semen



Gambar 20.78 Kemasan semen

Produksi semen hidrolik pada tahun 2002 di seluruh dunia mencapai 1800 juta meter ton. Tiga negara penghasil semen terbesar adalah Cina (704 jutameter ton), India (100 juta meter ton), dan Amerika Serikat (91 juta meter ton).



Gambar 20.79 Produksi semen tahun 2004

Selama 18 tahun terakhir, Cina menjadi penghasil semen terbesar di dunia. Bahkan pada tahun 2006 diperkirakan Cina telah memproduksi 1,235 milyar meter ton semen, mencapai sebesar 44 % dari produksi semen di seluruh dunia.



Gambar 20.80 Semen yang sudah dipacking, siap didistribusikan

20.2.7 Pengaruh produksi semen terhadap lingkungan dan sosial

Semua tahap proses produksi semen menimbulkan masalah lingkungan. Polusi udara oleh emisi debu, gas, suara gaduh, dan getaran timbul ketika mengoperasikan mesin dan selama peleburan batuan. Selain itu, kerusakan terjadi pada lahan atau daerah yang digali untuk memperoleh bahan baku semen. Oleh karenanya, harus selalu menggunakan peralatan untuk mengurangi emisi debu selama penggalian dan proses produksi. Peralatan untuk menjebak dan memisahkan gas yang dikeluarkan juga banyak digunakan. Pengelolaan lingkungan juga dilakukan dengan menanami daerah galian yang telah ditutup.

Iklim

Pembuatan semen menghasilkan gas rumah kaca secara langsung melalui pembentukan karbondioksida ketika kalsium karbonat dipanaskan untuk mendapatkan kapur, dan secara tidak langsung melalui penggunaan energi dari bahan bakar fosil. Industri semen telah menyumbangkan 5 % emisi di bumi.

Bahan baku dan bahan bakar

Industri semen memerlukan 3000 – 6500 MJ bahan bakar untuk tiap ton clinker yang dihasilkan, tergantung pada bahan baku dan proses yang digunakan. Tungku semen sekarang ini banyak yang menggunakan batu bara dan petroleum sebagai bahan bakar utama, dan hanya sedikit menggunakan gas alam. Limbah dan produk samping yang mempunyai nilai kalori tertentu dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam tungku semen, menggantikan bahan bakar fosil seperti batu bara. Di samping itu, limbah dan produk samping yang memiliki kandungan mineral kalsium, silika, alumina, dan besi dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan semen, menggantikan bahan baku seperti clay, batu, dan batu kapur.

Pengaruh pada penduduk setempat

Produksi semen membawa pengaruh positif dan negatif pada penduduk di mana produksi tersebut dilakukan. Pengaruh positifnya, industri semen dapat menciptakan lapangan kerja. Pengaruh negatifnya adalah gangguan terhadap alam, debu dan suara gaduh, dan perusakan keragaman tanaman karena penggalian batu kapur sebagai bahan baku semen.

20.3 Keramik

Pasti istilah keramik tidak asing lagi di telinga kita. Vas bunga di meja terbuat dari keramik, asbak terbuat dari keramik, guci dan hiasan gerabah lain juga terbuat dari keramik. Selain itu, ubin dan genteng rumah kita juga terbuat dari keramik.

20.3.1 Definisi keramik



Gambar 20.81 Gerabah dari keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *keramikos* (bahan yang dibakar), yang berarti material anorganik non-logam yang dibentuk dalam panas. Kamus dan ensiklopedi tahun 1950-an mendefinisikan keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar. Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat. Definisi keramik terbaru

mencakup semua bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat. Sampai tahun 1950-an, material keramik yang terpenting adalah clay (tanah liat) yang dibuat menjadi barang pecah-belah (gerabah), genteng, batu bata, dan sebagainya, bersama dengan semen dan glass. Material gabungan antara keramik dan logam disebut dengan *cermet*. Material keramik umumnya keras, berpori, dan rapuh (brittle).



Gambar 20.82 Cermet

20.3.2 Kandungan keramik

Keramik pada umumnya terdiri dari tiga komponen : tanah liat (clay), kwarsa (flint), dan feldspar.



Gambar 20.83 Clay

Clay mempunyai kandungan silika alumina terhidrasi ($Al_2O_3.SiO.H_2O$), fungsinya adalah mempermudah proses pembentukan keramik, mempunyai sifat plastis (mudah dibentuk), mempunyai daya ikat pada bahan baku non-plastis. Kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral kaolinit sebagai penyusun terbesar, termasuk jenis tanah liat primer. Sifat kaolin : berbutir kasar, rapuh dan tidak plastis jika dibandingkan dengan lempung sedimenter, karena itu sulit dibentuk, Penyusutan dan kekuatan keringnya pun lebih rendah. Sangat tahan api.

Ballclay, sejenis tanah liat yang bersifat plastis, mengandung kadar silika dan alumina yang tinggi. Ballclay biasanya berwarna abu-

abu tua karena adanya karbon. Semakin banyak karbon yang terkandung di dalamnya, maka akan semakin bersifat plastis. Ballclay digunakan hanya untuk membantu selama proses pembentukan, karena kuarsa dan feldspar tidak bersifat plastis. Sifat-sifat ballclay :

1. Memiki ukuran partikel yang halus.
2. Sifat plastis yang tinggi.
3. Memiliki kekuatan kering yang tinggi.
4. Penyusutan pada saat pengeringan dan pembakaran tinggi.
5. Warna setelah pembakaran abu-abu muda karena unsur besinya lebih tinggi dibandingkan kaolin.



Gambar 20.84 Ballclay

Kuarsa (flint) merupakan bentuk lain dari batuan silika (SiO_2). Tujuan pemakaian kuarsa ini ialah :

1. Mengurangi susut kering, sehingga akan mengurangi retak-retak dalam pengeringan.
2. Mengurangi susut waktu dibakar dan mempertinggi kualitas.
3. Bertindak sebagai rangka selama pembakaran.




Gambar 20.85 Kuarsa (flint)

Komposisi dasar **feldspar** adalah $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$. Bahan ini merupakan kelompok mineral yang berasal dari batuan karang. Pada saat keramik dibakar, feldspar meleleh dan membentuk lelehan glass yang menyebabkan partikel-partikel clay bersatu bersama, sehingga memberikan kekuatan dan kekerasan pada keramik. Bahan ini sangat berguna karena banyak mengandung soda dan potash serta tidak larut dalam air. Feldspar mengandung semua bahan-bahan penting untuk membentuk *glassure*. Feldspar merupakan bahan non-plastis, sehingga dapat mengurangi susut kering dan kekuatan kering.

Tujuan glassure adalah untuk memperhalus permukaan keramik, melindungi, memberikan dekorasi, dan memperindah dengan variasi warna. Glassure dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti : kuas, sikat, celup dan semprot.




Gambar 20.86 Feldspar

20.3.3 Sejarah keramik

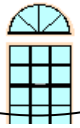
26.000 SM
Manusia primitif menemukan bahwa lempung dari lemak mamoth dan tulang yang dicampur abu tulang, dapat dicetak dan dikeringkan dengan matahari menghasilkan material brittle/rapuh dan tahan panas. Maka dimulailah masa seni **keramik**.



6.000 SM
Teknik pembakaran keramik dimulai pada masa Yunani kuno. Gerabah Yunani, *Pithai*, dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan, upacara pemakaman, dan seni.



50 SM – 50 M
Pembuatan **glass** optik (lensa dan cermin), kaca jendela, teknik peniupan kaca mulai berkembang di Roma dan tersebar ke seluruh dunia melalui kekaisaran Romawi.



4.000 SM
Ditemukan **glass** pada masa Mesir kuno. Glass primitif terbuat dari kaca silikat pada permukaan quartz sintering, awalnya digunakan sebagai perhiasan. Coating keramik ini berlanjut sampai sekarang untuk berbagai benda, bak mandi, pipa, pesawat terbang, dll.



600 M
Porselin, keramik komposit (gabungan) pertama, dibuat oleh bangsa Cina. Material tahan lama ini dibuat dari pembakaran clay bersama dengan feldspar dan quartz. Porselin digunakan dalam berbagai aplikasi, insulator listrik sampai alat makan.



1870an
Material **refractory** (tahan suhu tinggi) mulai dikenal selama Revolusi Industri. Material ini terbuat dari kapur dan MgO, dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, mulai batubata hingga lapisan furnace untuk baja.



berlanjut ke halaman berikutnya ...

… lanjutan

1877
Contoh pertama riset material high-tech oleh Thomas Edison. Edison menguji **resistivitas** keramik untuk digunakan dalam penemuan terbarunya, mikrofon karbon.



1889
American Ceramic Society
didirikan oleh Elmer E. Gorton, Samuel Geijsbeek, dan Colonel Edward Orton Jr. Tujuan utamanya untuk menguak misteri keramik high-tech.

American Ceramic Society
735 Ceramic Place
Westerville, Ohio 43081-8720
614-890-4700

1960
Dengan penemuan laser dan sinar yang dapat menembus glass, berkembanglah ilmu baru tentang **optic fiber**. Kabel optis fiber membuat sinar pulsa mampu membawa informasi dalam jumlah besar dan sedikit energi hilang.



1965
Perkembangan sel **fotovoltaic** yang mampu mengubah cahaya menjadi listrik membuka jalan baru untuk memanfaatkan energi matahari.





1987
Ilmuwan menemukan oksida keramik **superkonduktor** dengan temperatur kritis 92K. Potensial untuk superkonduktor sirkuit terintegrasi dalam komputer high-speed.



1992
Keramik yang disebut **material "smart"** mulai dipublikasikan. Bisa mendeteksi dan bereaksi terhadap perubahan kondisi permukaan dan makhluk hidup. Misal, kantong udara dalam mobil yang merespon sinyal tekanan ketika tabrakan.



20.3.4 Struktur dan sifat keramik

Sifat material keramik, seperti juga material lainnya, disebabkan oleh tipe atom penyusunnya, tipe ikatan atar atom, dan susunan atau packing atom. Keramik kebanyakan dibuat dari dua unsur atau lebih yang disebut senyawa. Ikatan kimia yang berperan dalam keramik umumnya adalah kovalen dan ionik, keduanya lebih kuat daripada ikatan logam. Hal inilah yang menyebabkan logam bersifat ductile (lentur), sedangkan keramik bersifat brittle (rapuh). Struktur lain yang berperan penting dalam sifat material adalah *mikrostruktur*. Untuk keramik, mikrostrukturnya bisa glassy, kristalin, atau kombinasi keduanya.

Struktur atom berpengaruh terhadap sifat kimia, fisik, termal, listrik, magnetik, dan optik. Mikrostruktur juga mempengaruhi sifat-sifat ini, tetapi pengaruh terbesarnya adalah pada sifat mekanik dan pada laju reaksi kimia.

Sifat keramik sangat bervariasi, tetapi yang umum dan mudah dilihat secara fisik pada kebanyakan jenis keramik adalah britle atau rapuh, dapat kita lihat pada keramik tradisional seperti barang pecah-belah, glass, kendi, gerabah dan sebagainya, coba jatuhkan piring yang terbuat dari keramik bandingkan dengan piring dari logam, pasti keramik mudah pecah, walaupun sifat ini tidak berlaku pada jenis keramik tertentu, terutama jenis keramik hasil sintering, dan campuran antara keramik dengan logam.

Sifat lainnya adalah keras, insulator listrik dan panas karena keramik tahan pada suhu tinggi. Sebagai contoh keramik tradisional yang terdiri dari clay, flint dan feldspar tahan sampai dengan suhu 1200 °C, keramik engineering seperti keramik oksida mampu tahan sampai dengan suhu 2000 °C. Selain itu, keramik umumnya memiliki sifat non-magnetik, tahan terhadap oksidasi, cenderung mengalami thermal shock, stabil secara kimia, dan kekuatan tekannya tinggi.

Perbandingan sifat antara logam dan keramik diberikan pada Tabel 20.1 berikut :

Tabel 20.1 Perbedaan sifat logam dan keramik

LOGAM	KERAMIK
Struktur kristal	Struktur kristal
Banyak elektron bebas	Elektron tidak bebas
Ikatan logam	Ikatan ionik / kovalen
Konduktivitas listrik tinggi	Konduktivitas listrik rendah
Atom-atomnya uniform	Atom-atom berbeda ukuran
Tensile strength tinggi	Tensile strength rendah
Shear strength rendah	Shear strength tinggi
Ductile	Brittle
Impact strength bagus	Impact strength jelek
Relatif berat	Relatif ringan
Kekerasan sedang	Sangat keras
Non-porous	Porositas tinggi
Densitas tinggi	Densitas rendah

Tentu saja ada pengecualian sifat untuk beberapa keramik. Misalnya, glass borosilikat dan keramik glass lainnya sangat tahan terhadap thermal shock, sehingga digunakan dalam oven, kompor, dan furniture. Beberapa keramik juga menunjukkan sifat konduktivitas listrik yang sangat bagus dan sifat magnetik.

Sifat-sifat keramik tersebut merupakan salah satu faktor yang membuat penelitian tentang keramik terus berkembang. Berikut adalah uraian tentang sifat keramik.

1. Sifat Fisik

- Densitas
- Temperatur leleh

Densitas

Densitas didefinisikan sebagai ukuran massa atau volume, dan memiliki satuan g/cm^3 atau $pounds/inch^3$. Densitas ditentukan oleh :

a. Ukuran dan berat unsur

- Unsur dengan bilangan atomik dan berat atomik rendah menghasilkan material dengan densitas kristalografi rendah, contoh : H, Be, C, Si.
- Unsur dengan nomor atom dan berat atomik tinggi menghasilkan densitas kristalografi tinggi, contoh : W, Zr, Tb, U.
- Material organik mempunyai densitas rendah, karena umumnya strukturnya tersusun dari C, H, dan unsur-unsur dengan berat atomik rendah (Cl dan F).

b. Kepadatan struktur terjejal (close-packing)

- Keterjejalan atomik mempunyai efek yang kecil terhadap densitas dibanding dengan faktor-faktor yang tersebut sebelumnya
- Close-packing dalam logam dan keramik yang terikat secara ionik menghasilkan densitas relatif tinggi daripada struktur terbuka dari keramik yang terikat secara kovalen.
  Misalnya : ZrO_2 (4.65 g/cm^3) dan $ZrSiO_3$ (5.8 g/cm^3)
  Sebenarnya diharapkan $ZrSiO_3$ mempunyai densitas lebih tinggi daripada ZrO_2, tetapi karena $ZrSiO_3$ memiliki struktur sedikit terbuka mengarah pada ikatan kovalen Si-O, maka $ZrSiO_3$ mempunyai densitas lebih rendah daripada ZrO_2.
- Polimorf temperatur tinggi biasanya mempunyai densitas lebih rendah daripada polimorf temperatur lebih rendah
  Misalnya : glass mempunyai densitas lebih rendah daripada struktur kristal pada komposisi yang sama.

Temperature leleh

Kebanyakan keramik dihasilkan secara langsung dari bahan baku yang memiliki temperatur leleh tinggi. Temperatur leleh yang tinggi tersebut merupakan akibat dari kekuatan ikatan antar partikel yang tinggi. Logam transisi yang terikat kuat dan keramik ionik multivalen mempunyai temperatur lebih tinggi. Temperatur leleh rendah dimiliki oleh logam-logam alkali dengan ikatan yang lemah dan keramik ionik monovalen.

2. Sifat Thermal

- Kapasitas panas
- Konduktivitas thermal
- Ekspansi thermal

Kapasitas panas

Kapasitas panas adalah energi yang diperlukan untuk meningkatkan temperatur material, satuannya cal/mol.°C. Kapasitas panas keramik meningkat terhadap peningkatan temperatur.

Konduktivitas thermal

Laju aliran panas melalui material disebut dengan konduktivitas thermal. Satuannya adalah Cal/sec.cm^2.°C.cm. Jumlah transfer panas dikontrol oleh jumlah energi panas, sifat pembawa panas dalam bahan, dan jumlah dissipation (hamburan panas).

Ekspansi thermal

Secara matematis, data ekspansi thermal dirumuskan :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$

di mana,

l_o : panjang pada suhu ruang
Δl : perubahan panjang
ΔT : perubahan temperatur

3. Sifat Mekanik

Material awal keramik biasanya merupakan material yang berikatan ionik atau kovalen, strukturnya bisa kristalin atau amorf. Ikatan antar material tersebut akan menyebabkan keramik cenderung bersifat fracture (patah) sebelum terjadi deformasi plastis. Sehingga

material keramik seperti ini menghasilkan sifat toughness (keliatan) yang rendah. Material seperti ini juga cenderung berpori, di mana pori-pori dan cacat mikroskopis lainnya akan lebih menurunkan sifat toughness, dan mengurangi tensile strength keramik.

Material keramik juga mampu menunjukkan deformasi plastis. Akan tetapi karena struktur rigid dari material kristalin, deformasi menjadi sangat lambat. Sedangkan material non-kristalin (glassy), deformasi plastis juga terjadi sangat lambat, dikarenakan aliran viscous (kenatal) dari glass. Sehingga glass tidak digunakan dalam pembuatan keramik.

4. Sifat Listrik

Material keramik mempunyai sifat listrik yang cukup luas. Beberapa keramik tidak dapat menghantar arus listrik meskipun berada dalam medan listrik yang sangat kuat. Keramik seperti ini merupakan insulator yang cukup bagus. Material keramik lainnya dapat menghantarkan arus listrik pada kondisi tertentu atau ketika energi tresholdnya ditingkatkan. Material ini bermanfaat sebagai semikonduktor. Hanya sedikit material keramik yang dapat menghantarkan arus listrik, dani mempunyai aplikasi sebagai konduktor listrik. Beberapa material keramik tidak dapat menghantarkan listrik tetapi mengalami polarisasi muatan internal yang dapat digunakan untuk menyimpan muatan listrik dalam kapasitor.

- Semikonduktor

Sejumlah keramik memiliki sifat semikonduktor, kebanyakan adalah keramik dari oksida logam transisi seperti zinc oksida, CoO, NiO, Cu_2O dan Fe_2O_3. Material tersebut bersifat semikonduktor karena memiliki gap energi yang kecil antara pita elektron yang terisi penuh dengan pita kosong. Penambahan temperatur dapat menyediakan energi bagi elektron sehingga dapat melompat ke pita konduksi, menyebabkan terjadinya aliran listrik. Penggunaan keramik semikonduktor sangat luas, seperti LED, sensor gas, dan lain-lain. Contoh material keramik yang bersifat semikonduktor adalah SiC.

- Superkonduktivitas

Pada temperatur yang sangat rendah, keramik menunjukkan sifat superkonduktivitas.

- Ferroelektrisitas dan superset

Sifat piezoelektrisitas sering ditemui pada sejumlah besar material keramik. Piezolektrisitas berarti keramik tersebut mampu menghubungkan antara respon elektrik dan mekanik, menggunakan listrik untuk menghasilkan gerakan mekanik kemudian gerakan

mekanik ini diubah menjadi energi listrik untuk menghasilkan sinyal. Misalnya pada quartz untuk pengukuran waktu dalam arloji dan alat elektronik lainnya.

Pengaruh piezoelektrik manjadi lebih besar dalam material yang juga bersifat pyroelektrik. Semua material pyroelektrik akan bersifat piezoelektrik. Material seperti ini dapat digunakan untuk mengubah energi termal, mekanik, dan atau elektrik. Setelah sintesis dalam furnace, kristal pyroelektrik yang dihasilkan didinginkan tanpa diberi tekanan. Material pyroelektrik ini biasanya digunakan dalam sensor gerak, di mana terjadi peningkatan temperatur sedikit saja akan menghasilkan voltage besar dalam kristal. Sifat pyroelektrisitas lebih kuat dalam material yang mempunyai sifat ferroelektrik.



Gambar 20.87 Keramik untuk aplikasi piezo

5. Sifat Magnetik

Material keramik yang mempunyai sifat magnetik biasanya disebut sebagai Ferrite. Sifat magnetik keramik ini dapat dikontrol melalui kontrol komposisi dan pemrosesannya.

6. Sifat Optik

Absorpsi dan Transparansi

Jika radiasi elektromagnetik yang datang menstimulasi elektron dalam material keramik untuk bergerak dari tingkat energi mula – mula ke tingkat energi yang berbeda, maka radiasi akan diserap. Hal ini membuat keramik mampu bersifat sebagai absorben energi.

Keramik, terutama yang berbahan glass, bersifat transparan. Keramik seperti ini dapat dimabfaatkan sebagai lensa, kaca jendela, prisma, dan filter.

Warna

Material yang berwarna dihasilkan dari absorpsi radiasi panjang gelombang dengan range yang relatif sempit pada daerah spektrum cahaya tampak (visibel). Pewarna keramik biasanya digunakan untuk pigmen dalam cat dan bahan lain yang diproduksi dan digunakan pada temperatur rendah. Contoh :

1. enamel porselin yang dibakar pada suhu 750 – 850 °C memerlukan pewarna keramik
2. pewarna keramik yang mempunyai struktur doping ZrO_2 dan $ZrSiO_4$ digunakan pada temperatur 1000 – 1250 °C.

Fosforesensi

Peristiwa fosforesensi dihasilkan dari emisi cahaya karena eksitasi electron dalam material oleh sumber energi tertentu. Keramik yang bersifat fosforesensi digunakan dalam lampu fluoresensi, layer oscilloscope, layer TV, lampu mesin fotokopi.

LASER

LASER adalah akronim dari Light Amplification by The Stimulated Emission of Radiation. Bahan keramik yang biasa digunakan untuk LASER adalah :

1. Al_2O_3 yang didoping dengan Cr^{3+} (laser ruby)
2. $Y_3Al_5O_{12}$ didoping dengan Nd^{3+} (laser YAG)
3. Glass didoping dengan Nd^{3+}

20.3.5 Klasifikasi keramik

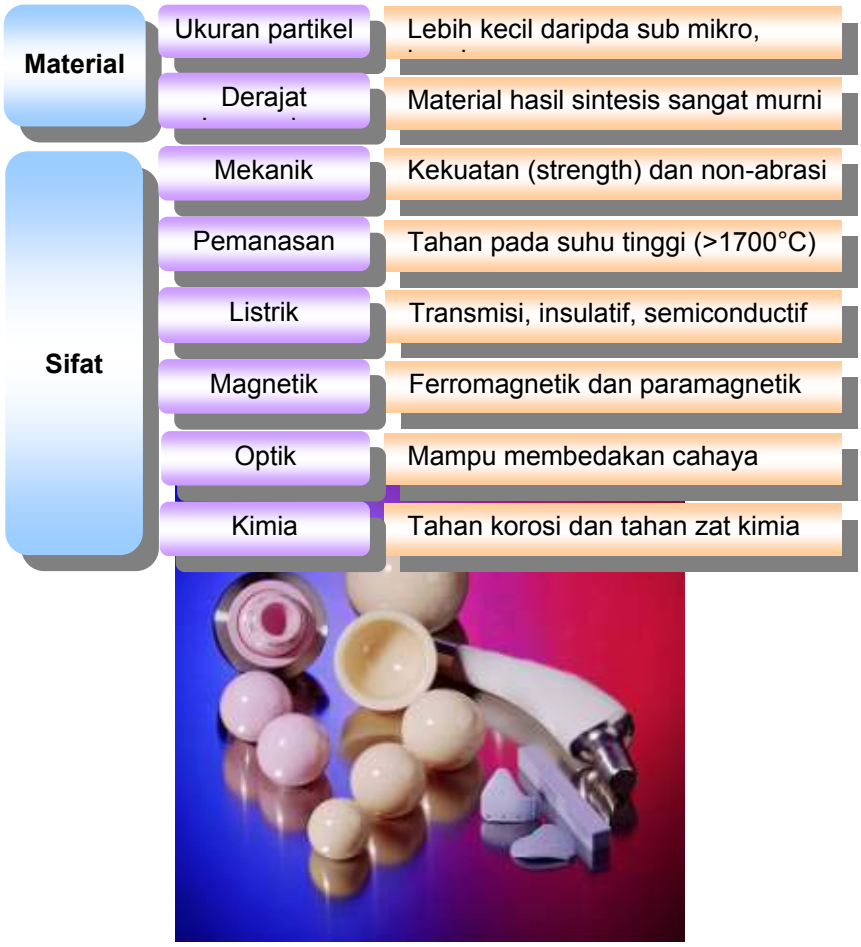
Pada prinsipnya keramik terbagi atas dua macam, yaitu keramik tradisional dan keramik modern (fine ceramics).

- *Keramik tradisional*

Keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, dll. Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah (dinnerware), keperluan rumah tangga (tile, bricks), dan untuk industri (refractory).

- *Keramik modern (Fine ceramics)*

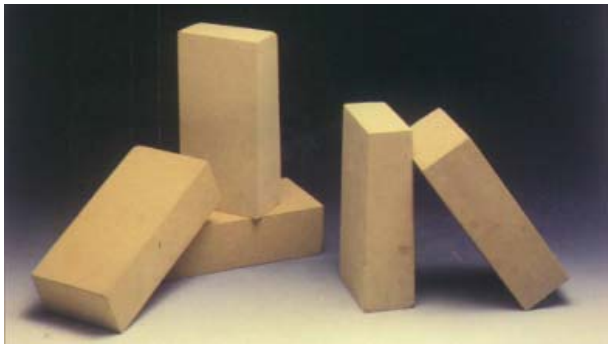
Fine ceramics (keramik modern atau biasa disebut keramik teknik, advanced ceramic, engineering ceramic, techical ceramic) adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam. Contoh oksida logam : Al_2O_3, ZrO_2, MgO, dan lain-lain. Penggunaannya adalah untuk elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, dan aplikasi pada bidang medis.



Gambar 20.88 Keramik untuk aplikasi medis

Berdasarkan penggunaan, produk keramik biasanya dibagi menjadi empat, yaitu :

1. *Structural*, meliputi batu bata, pipa, ubin, dan genteng.
2. *Refractory*, yaitu batu api untuk furnace dan oven. Kandungan silicon dan aluminium oksidanya tinggi. Penggunaannya adalah dalam industri pembuatan besi dan baja, logam-logam selain besi, glass, semen, keramik, konversi energi, petroleum, dan industri kimia.
3. *Whiteware*, termasuk perabot makan, porselin, dekorasi bangunan, dan perabot kamar mandi.
4. *Technical*, disebut juga keramik teknik. Jenis sama dengan fine ceramics. Bahan baku yang digunakan tidak mengandung lempung.



Gambar 20.89 Refractory



Gambar 20.90 Whitewares – Perabot kamar mandi

Klasifikasi keramik yang lain didasarkan pada material penyusunnya. Klasifikasi ini membagi keramik menjadi tiga kategori, yaitu : keramik oksida, keramik non-oksida, dan komposit. Tiap jenis kategori tersebut dapat menghasilkan sifat material yang khas.

Sedangkan klasifikasi keramik berdasarkan strukturnya ada dua macam, yaitu keramik non-kristalin dan kristalin.

- *Keramik Non-Kristalin*

Keramik non-kristalin (amorf), misalnya glass, biasanya terbentuk dari lelehan. Kandungan utama glass adalah silika (SiO_2). Glass kemudian dibentuk dengan pencetakan (casting) ketika benar-benar telah meleleh, atau dibentuk ketika viskositasnya sangat tinggi (glass lunak

menyerupai gula-gula) melalui metode seperti meniup ke dalam cetakan (blow molding).

- Oksida : alumina, zirconia



Gambar 20.91 Zirconia



Gambar 20.92 Alumina

- Non-oksida : karbida, borida, nitrida, silisida

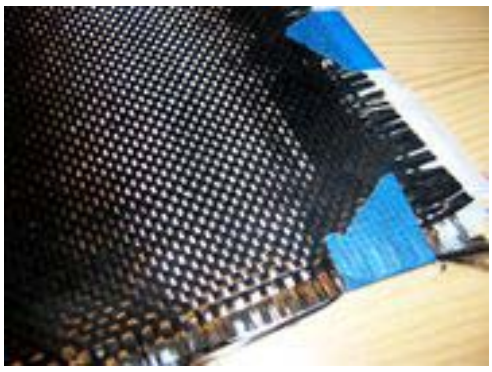


Gambar 20.93 Silikon karbida

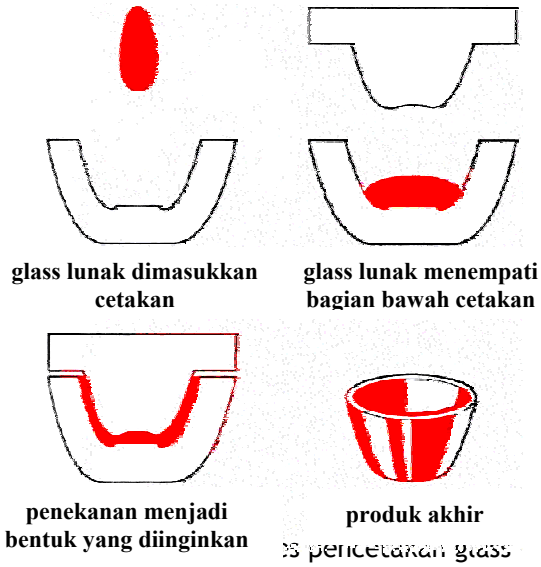


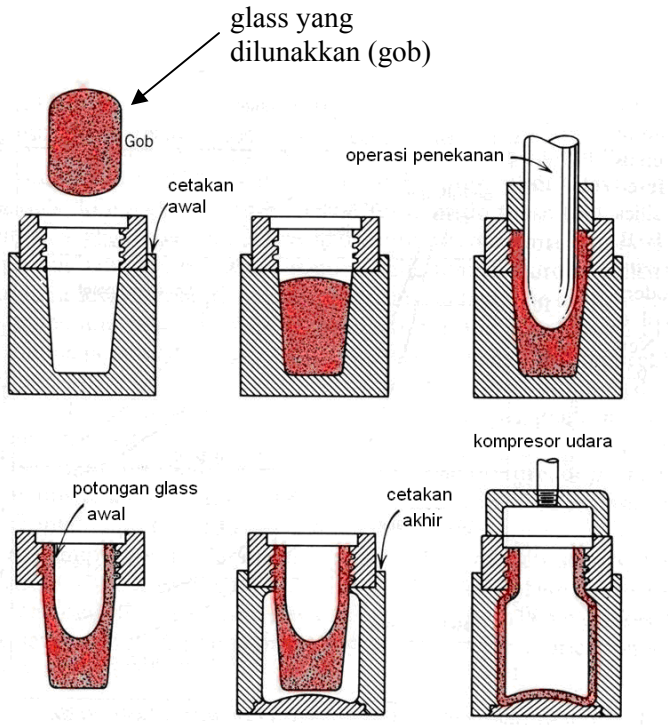
Gambar 20.94 Silikon nitrida

- Komposit : kombinasi oksida dan non-oksida, partikulat reinforced



Gambar 20.95 Komposit





Gambar 20.97 Blow molding

Jika treatment panas ini menyebabkan struktur glass menjadi kristalin sebagian, maka material yang dihasilkan disebut sebagai keramik-glass.



Gambar 20.98 Glass

- *Keramik Kristalin*

Keramik kristalin merupakan insulator listrik dan refractory yang baik. Material yang digunakan di antaranya adalah magnesium oksida (insulator dalam elemen pemanas dan kabel), aluminium oksida, berilium oksida, boron karbida, tungsten karbida. Keramik tipe ini biasanya digunakan sebagai material abrasive (untuk menghaluskan, amplas) dan alat pemotong.
Pemrosesan material keramik kristalin biasanya dilakukan dengan membentuk keramik melalui reaksi *in-situ* atau dengan cara membentuk powder sesuai keinginan kemudian di*sintering* agar memadat.

20.3.6 Proses pembuatan keramik

- Pembuatan powder
- Pembentukan keramik
- Densifikasi

20.3.6.1 Pembuatan powder

Untuk mendapatkan keramik yang bagus, perlu dilakukan pemilihan bahan baku, yang biasanya berbentuk powder (serbuk). Kriteria pemilihan powder keramik tergantung pada sifat-sifat yang diinginkan dalam keramik yang akan dihasilkan. Kemurnian, distribusi ukuran partikel, kereaktifan, dan bentuk polimorfik powder harus dipertimbangkan dari awal.

20.3.6.2 Teknik pembentukan keramik

Keramik yang digunakan untuk aplikasi kebutuhan sehari-hari, seperti cangkir, sampai keramik modern, seperti bagian-bagian komputer, perlu suatu teknik untuk membentuknya sesuai kebutuhan.

Teknik pembentukan keramik meliputi: membentuk dengan tangan (kadang perlu proses pemutaran di atas roda yang disebut "*throwing*"), slip casting, tape casting (untuk membuat kapasitor keramik yang sangat tipis, dan sebagainya), gel casting, injection molding, dry pressing, dan variasi lainnya.

Throwing

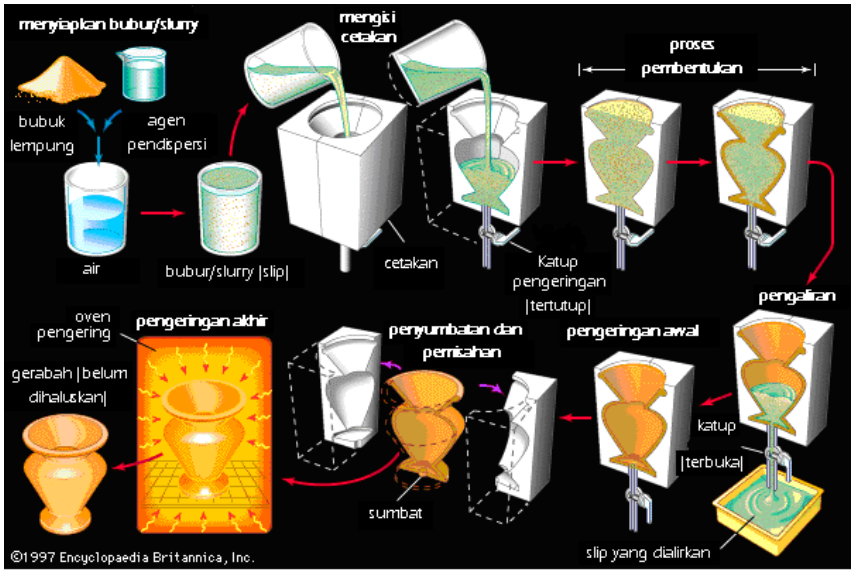
Proses ini merupakan pembentukan keramik di atas roda putar (Gambar 20.99). Biasanya dilakukan untuk pembentukan keramik tradisional. Beberapa teknik pembentukan keramik tradisional yang lain antara lain, *handbuilding* (misalnya *pinching*), *soft slab*, *hard slab*, dan *konstruksi coil*.



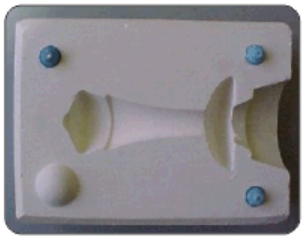
Gambar 20.99 Proses throwing

Slip Casting

Slip yaitu powder keramik yang dicampur air atau cairan lainnya sehingga membentuk slurry (bubur) seperti lempung cair. Slip dituangkan ke dalam cetakan. Air dikeluarkan dari slip, sehingga terbentuk lapisan keramik padat pada dinding dalam dari cetakan. Ketika padatan yang terbentuk tersebut telah cukup tebal, slip yang tersisa dikeluarkan dari cetakan. Setelah kering, keramik yang terbentuk juga dikeluarkan dari cetakan. Proses ini disebut juga *drain casting*.



Gambar 20.100 Proses slip casting (drain casting)

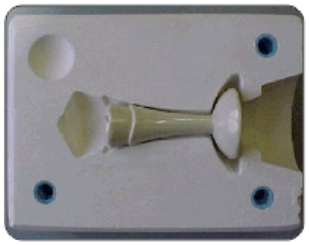


Gambar 20.101
Cetakan slip casting



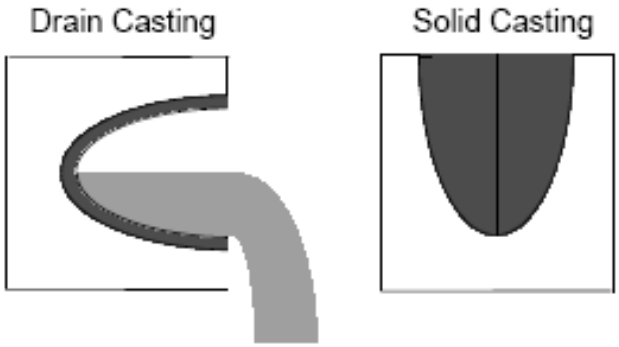
Gambar 20.102
Cetakan disatukan, siap untuk proses penuangan

Pori-pori cetakan menyebabkan terjadinya aksi kapiler, sehingga menyerap cairan dari slip. Terbentuklah keramik dengan bentuk yang diinginkan dalam cetakan. Slip yang stabil dengan kandungan padatan dan viskositas tinggi dapat dibuat dengan menambahkan deflokulan pada slip.



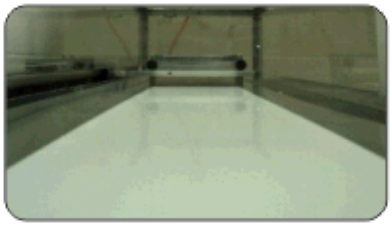
Gambar 20.103 Komponen slip cast yang telah disintering menunjukkan penyusutan dari dimensi cetakan awalnya

Cetakan untuk slip casting juga dapat diputar pada roda selama proses (throwing). Keuntungan rotasi ini adalah keramik yang dihasilkan menjadi simetris, uniform, dan seimbang. Jika selama casting, slip tidak dikeluarkan sehingga dihasilkan keramik yang pejal, maka proses ini disebut *solid casting*.



Gambar 20.104 Drain casting dan solid casting

Tape Casting



Gambar 20.105 Doctor blade

Teknik ini umumnya digunakan ketika membuat material keramik berbentuk lembaran yang sangat tipis dan fleksibel. Slip dicampur dengan plasticiser dan binder polimer untuk meningkatkan kekuatan dan kelenturannya, kemudian dituang ke dalam cetakan tipis yang bergerak dan dilewatkan pada "*doctor blade*" untuk menyesuaikan ketebalannya. Slip yang bergerak tersebut selanjutnya dikeringkan di udara.

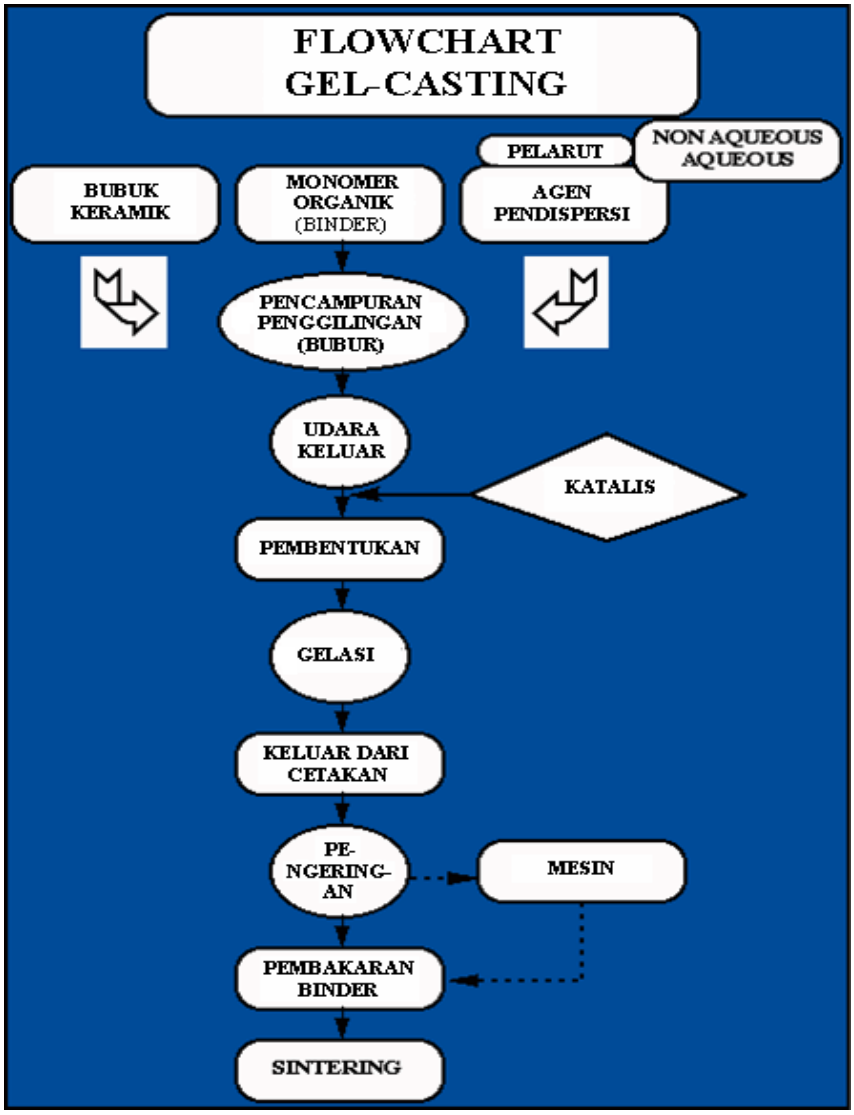


Gambar 20.106 "Tape" keramik

"*Tape*" yang terbentuk dikeluarkan dan dipotong, siap untuk diproses lebih lanjut. Tape dapat ditumpuk sampai 100 lapis, disintering untuk menghilangkan polimer, kemudian gunakan sebagai sensor dan kapasitor multilayer, dan sebagainya.

Gel-Casting

Proses gel-casting dimulai dengan pencampuran powder keramik dengan larutan monomer membentuk slurry. Kemudian, ditambahkan binder dan katalis. Slurry di de-airasi agar tidak terbentuk gelembung dalam green body, selanjutnya dituang ke dalam cetakan dan dipanaskan dengan temperatur tinggi agar binder berikatan dan partikel-partikel keramik terpolimerisasi. Proses ini disebut *gelasi*. Gel dikeluarkan, dikeringkan, dan dibakar sampai binder hilang.



Gambar 20.107 Flowchart proses gel-casting

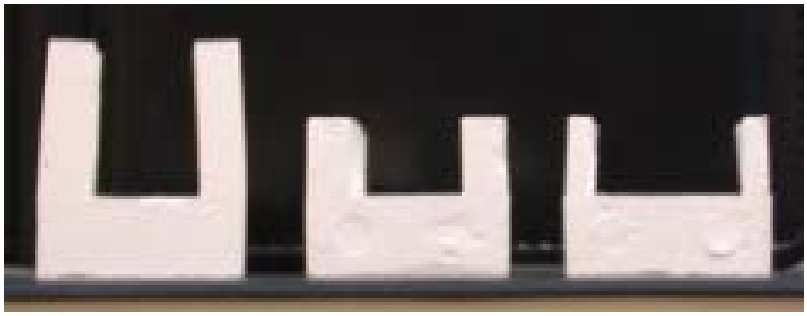
Keuntungan pemakaian metode gel-casting ini antara lain sebagai berikut :

- Densitas keramik yang dihasilkan lebih tinggi daripada slip-casting
- Kekuatan green body lebih tinggi daripada slip-casting dan dry-pressing
- Dapat digunakan untuk membuat bentuk-bentuk yang lebih rumit daripada metode lain
- Penggunaan additif organic lebih sedikit, sehingga tidak terlalu beracun
- Menurunkan biaya pembuatan.

Penggunaan metode gel-casting ini menimbulkan beberapa masalah, yaitu :

- Proses gel-casting kurang teruji
- Prosesnya lama, terutama selama pengeringan
- Tidak boleh terjadi kesalahan selama proses, terutama selama pengeringan
- Dalam proses ini, keramik mengalami penyusutan dan terjadi warpage

Warpage adalah peristiwa yang terjadi ketika green body keramik dikeringkan, menyebabkan bentuk keramik tidak simetris (Gambar 20.108). Hal ini dikarenakan pengeringan yang tidak merata, yang dipengaruhi oleh kelembaban, temperatur, dan bentuk.



Gambar 20.108 Warpage

20.3.6.3 Densifikasi

Densifikasi adalah proses pemadatan keramik. Metode yang dilakukan ada dua macam, yaitu metode in-situ dan sintering.

Metode in-situ

Metode ini paling sering digunakan dalam pembuatan semen dan beton. Powder dicampur dengan air, terjadi reaksi hidrasi menghasilkan kristal yang terikat kuat pada agregat. Seiring dengan waktu, maka akan dihasilkan keramik padat.

Permasalahan yang terjadi ketika metode in-situ ini digunakan adalah reaksinya sangat cepat sehingga sulit untuk mendapatkan campuran yang sempurna. Hal ini menjadi masalah tersendiri ketika diaplikasikan pada konstruksi skala besar. Sedangkan untuk sistem skala kecil bisa dibuat dengan teknik deposisi, yaitu berbagai material ditempatkan di atas material kemudian direaksikan dan dihasilkan keramik di atas substrat.

Metode sintering

Keramik dibuat dengan pencampuran bahan baku, kemudian dibentuk. Senyawa penyusun keramik menjadi berikatan bersama, material ini yang disebut dengan *green body*. Proses selanjutnya adalah pembakaran dalam tungku. Pada proses ini terjadi difusi yang menyebabkan green body menyusut dan pori-porinya tertutup, sehingga menghasilkan produk keramik yang lebih kuat dan lebih padat. Pembakaran dilakukan pada temperatur di bawah titik leleh keramik. Keseluruhan proses ini merupakan prinsip dari **metode sintering**. Sintering didefinisikan sebagai pengeluaran pori-pori di antara partikel keramik yang disertai shrinkage (penyusutan komponen), kemudian dihasilkan pertumbuhan bersama partikel dan ikatan kuat antar partikel yang berdekatan.



Gambar 20.109 Furnace

Ada banyak cara yang dapat dilakukan dalam proses sintering agar hasil yang diperoleh lebih sempurna. Salah satunya melibatkan pressing pada green body untuk lebih memadatkannya sehingga akan mengurangi waktu sintering. Cara yang lain adalah dengan menambahkan binder, seperti polivinil alkohol, untuk mengikat green body. Binder akan hilang terbakar selama sintering (pada temperature 200 – 350 °C). Bisa juga selama pressing ditambahkan pelumas organik untuk meningkatkan densifikasi (pemadatan).

Selain powder, green body juga dapat dibentuk dari slurry, kemudian dicetak seperti bentuk yang diinginkan, dikeringkan, dan disintering. Metode ini dilakukan dalam pembuatan barang pecah-belah tradisional.

Jika keramik dibuat dari campuran beberapa material berbeda, temperatur sintering biasanya diset di atas titik leleh dari komponen minornya. Proses ini yang disebut dengan sintering *fase cair*. Waktu sintering yang diperlukan lebih cepat daripada sintering *fase padat*.

20.3.7 Kegunaan keramik

Penggunaan keramik sangat luas, mulai dari peralatan rumah tangga, hiasan, sampai peralatan elektronik.



Gambar 20.110 Keramik untuk gerabah



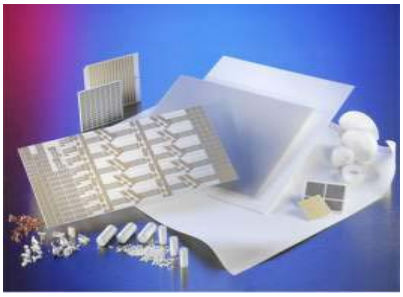
Gambar 20.111 Ubin terbuat dari keramik



Gambar 20.112 Peralatan rumah tangga



Gambar 20.113 Keramik untuk toaster



Gambar 20.114 Keramik untuk aplikasi elektronik



Gambar 20.115 Komponen alat elektronik dari keramik



Gambar 20.116 Televisi dan monitor dari keramik



Gambar 20.117 Keramik sebagai komponen komputer

20.3.8 Kemajuan aplikasi keramik

Material keramik advanced telah dikembangkan selama setengah abad terakhir ini. Aplikasi material ini antara lain :

- Keramik digunakan dalam pembuatan mata pisau. Ketajaman pisau keramik akan lebih tahan lama daripada pisau baja, meskipun pisau keramik ini lebih rapuh.



Gambar 20.118 Alat pemotong dari keramik



- Keramik seperti alumina dan boron karbida digunakan untuk melapisi kokpit pesawat militer, karena material tersebut ringan.

Gambar 20.119 Body pesawat militer dari keramik

- Mesin keramik digunakan dalam kendaraan bermotor, dapat bertahan pada temperature di atas 6000 F (3300 °C). Mesin keramik tidak memerlukan sistem pendingin, lebih ringan, dan memiliki efisiensi bahan bakar yang besar meskipun pada temperatur yang tinggi. Dalam mesin yang terbuat dari logam, sebagian energi yang dihasilkan oleh bahan bakar diubah menjadi panas. Akan tetapi karena pembuatan material keramik untuk mesin ini sangat sulit, maka mesin keramik tidak banyak diproduksi.



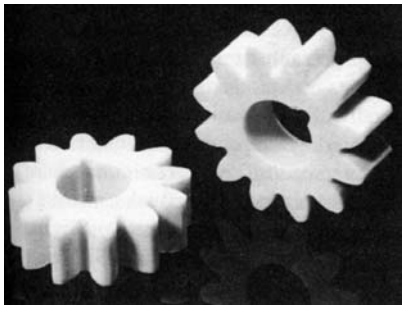
Gambar 20.120 Keramik untuk piringan rem

- Aplikasi pada mesin, meliputi silicon nitride (Si_3N_4), silikon karbida (SiC), zirconia (ZrO_2) dan alumina (Al_2O_3).

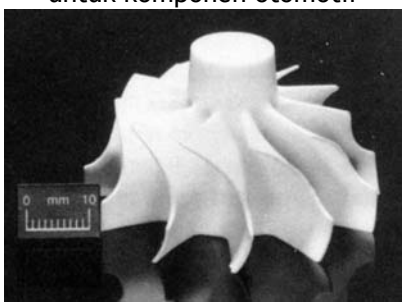
- Pembuatan keramik untuk mesin turbin gas juga sedang dikembangkan.



Gambar 20.121 Silikon karbida untuk komponen otomotif



Gambar 20.123 Gear (alumina)



Gambar 20.122 Rotor (alumina)

- Sifat keramik sangat menguntungkan, tahan panas dan sebagainya, sehingga banyak dikembangkan metode untuk memperkuat material melalui reinforcement dengan fiber atau whisker. Tentu saja aplikasi keramik pun menjadi berkembang.



Gambar 20.124 Komponen peralatan industri hasil reinforcement keramik

- Pengembangan material keramik juga meliputi bio-keramik, seperti implan gigi dan tulang sintetik. Hidroksiapatit, mineral alami penyusun tulang, telah berhasil disintesis dari sejumlah bahan kimia dan biologi menjadi material keramik. Implan ortopedi dari material

ini direkatkan pada tulang dan jaringan lain dalan tubuh tanpa diikuti reaksi peradangan atau penolakan.



Gambar 20.125 Material keramik untuk gigi

- *Zeromik*, merupakan sistem coating (pelapisan) material dengan keramik. Aplikasinya untuk lapisan panahan panas, melindungi permukaan logam, dan sebagainya.

	Fine Ceramics	ZEROMIC Liquid Fine Ceramics
(+)	Tahan suhu tinggi dan zat kimia, non-abrasi, cocok utk aplikasi elektrik dan optik	Bereaksi dengan material dalam larutan, dibuat sebagai keramik liquid
(-)	➢ Rapuh ➢ Sulit bertahan pada temperatur tinggi ➢ Permukaan tidak uniform ➢ Pengerjaannya harus pada ruang terbatas ➢ Aplikasi terbatas ➢ Harga mahal ➢ Sulit memproduksi dalam skala besar	➢ Mungkin membuat permukaan keramik apapun materialnya ➢ Bertahan pada temperatur rendah - ekonomis ➢ Permukaannya uniform ➢ Memungkinkan pengerjaan di lapangan, aplikasi tak terbatas ➢ Aplikasi lebih luas dengan menambah bahan fungsional ➢ Lebih murah dan ekonomis ➢ Mudah diproduksi skala besar
Proses	❖ Melelehkan powder pada temperatur tinggi	❖ Menggunakan metode sol-gel

SOAL LATIHAN

1. Bagaimana cara kita mengenali batu kapur ?
2. Batu kapur terbentuk dari calcite yang berwarna putih kekuningan. Tetapi kadang kita melihat batu kapur berwarna hitam atau kemerahan. Jelaskan alasannya !
3. Apa yang menyebabkan batu kapur banyak terdeposit di laut atau di daerah sekitar pantai ?
4. Sebutkan lima kegunaan batu kapur dan terangkan !
5. Apa yang kamu ketahui tentang :
    a. mortar
    b. concrete
    c. pozzolan
    d. stucco
    e. clinker
6. Jelaskan perbedaan antara semen hidrolik dan non-hidrolik !
7. Uraikan dengan jelas langkah-langkah pembuatan semen hidrolik sampai diperoleh semen yang siap dipasarkan !
8. Bagaimana reaksi kimia yang terjadi dalam semen hidrolik selama proses penggunaanya untuk bangunan ?
9. Terangkan pendapat Anda tentang kontradiksi industri pembuatan semen, yaitu antara kegunaanya yang sangat penting dan luas serta pengaruhnya terhadap lingkungan yang buruk ! Solusi apa yang dapat Anda usulkan untuk memecahkan masalah tersebut ?
10. Material apa saja yang terkandung dalam keramik dan bagaimana pengaruh penggunaannya terhadap sifat keramik ?
11. Keramik memiliki sifat yang unik bila dibandingkan dengan logam. Jelaskan perbedaan sifat-sifat tersebut terutama sifat fisik, mekanik, thermal, listrik, magnetik, dan optik !
12. Sebut dan uraikan secara singkat klasifikasi keramik yang Anda ketahui !
13. Teknik apa saja yang digunakan untuk pembentukan keramik ? Terangkan !
14. Pada masa ini, kemajuan keramik telah mencapai keramik advanced. Jelaskan yang Anda ketahui tentang keramik advanced ini !

SELAMAT MENGERJAKAN !!



21. LOGAM

Kompetesi yang diharapkan :

1. Siswa mampu mengenal logam alkali, alkali tanah, sifat dan reaktivitasnya.
2. Siswa mengenal bijih logam dan cara estraksi logamnya.

21.1 LOGAM DAN PERADABAN

Logam dan jaman

Lebih dari tiga perempat unsur-unsur adalah logam. Dalam susunan berkala, logam terutama ditemukan pada kolom pertama dan kedua (Golongan 1 dan 2), pada bagian tengah (unsur-unsur transisi), serta beberapa unsur pada Golongan 3 dan Golongan 4. Logam-logam dari Golongan 1 dan 2 bukan merupakan logam yang dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari karena logam-logam ini terlalu reaktif dan terlalu lunak untuk digunakan sebagai bahan. Aluminium, dari Golongan 3 serta timah dan timbal dari Golongan 4 adalah logam-logam yang dapat kita lihat digunakan sebagai obyek di sekitar kita, misalnya sebagai kerangka jendela aluminium, kaleng berlapis-timah dan baterei asam-timbal.

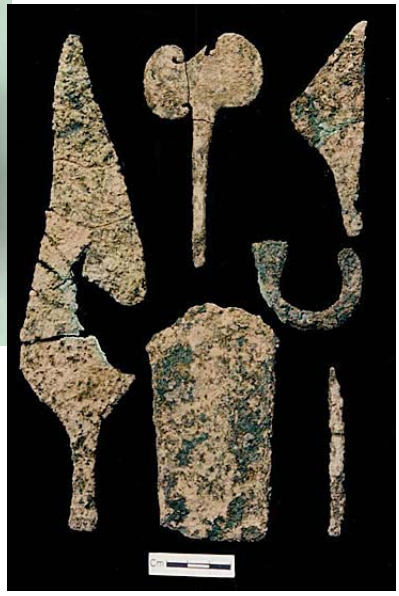
Sebagian besar logam dalam Susunan Berkala terletak dalam blok-d dari logam transisi. Logam-logam ini keras dan kuat dan beberapa diantaranya sudah sangat kita kenal. Logam transisi seperti tembaga dan paduannya, perunggu, memainkan peranan penting dalam kemajuan peradaban yang disebut Jaman Perunggu. Logam transisi besi dan paduannya, baja, telah mengubah kehidupan yang disebut Jaman Besi.

Perkembangan logam transisi dapat digambarkan dengan melihat apa yang terjadi di **Jaman Batu**, **Jaman Perunggu** dan **Jaman Besi**. Di Jaman Batu, kira-kira 5000 tahun SM, semua peralatan dan senjata yang dimiliki manusia terbuat dari batu. Kemudian secara tak sengaja mereka menemukan logam-logam murni - yaitu emas, perak dan tembaga - di antara bebatuan. Mereka menggunakan logam-logam tersebut untuk ornamen. Lambat laun, mereka mendapati bahwa di samping dapat digunakan untuk ornamen, tembaga ternyata juga berguna untuk membuat alat-alat tertentu, karena sifatnya yang lebih keras dari pada emas dan perak tetapi masih cukup lunak untuk dipukuli dengan palu dan dibentuk menjadi ujung anak panah, tombak dan pisau. Kemudian ternyata pula bahwa di samping ditemukan sebagai logam murni, tembaga juga ditemukan sebagai senyawa. Orang-orang kuno menemukan cara untuk memperoleh tembaga dengan memanasi bebatuan yang berisi tembaga dengan arang.





Gambar 21-1. Sebagian besar logam ditemukan dalam bentuk bijih (gabungan logam dan bukan logam)



Gambar 21-2. Tembaga sudah digunakan sejak jaman pra sejarah.

Tidak semua tembaga memiliki sifat yang sama. Sejumlah tembaga tertentu ternyata lebih keras dari yang lain dan memiliki kualitas yang lebih baik sebagai bahan untuk membuat peralatan dan senjata. Ini terjadi karena seringkali dalam bijih yang mengandung senyawa tembaga terdapat pula senyawa timah. Proses peleburan (*smelting*) dapat menghasilkan paduan antara tembaga dan timah yang disebut **paduan perunggu**. Perunggu bersifat lebih keras dari pada tembaga dan dapat diasah menjadi

sebuah sisi yang lebih tajam. Karena sifat-sifat ini, peralatan yang terbuat dari perunggu memiliki kualitas yang lebih baik dari pada yang terbuat dari tembaga. Sejak saat itu senjata yang terbuat dari perunggu menjadi alat perang yang sangat penting bagi manusia dan orang pun mulai hidup di **Jaman Perunggu**. Pada sekitar 3500 tahun SM beberapa bagian dunia telah mengenal peradaban dan pemicunya adalah proses peleburan (*smelting*) bijih tembaga.



Gambar 21-3. Matauang dari emas



Gambar 21-4. Ornamen dari emas

Jaman Perunggu diikuti oleh Jaman Besi. Besi memungkinkan untuk pembuatan sisi yang lebih tajam dari pada perunggu, sehingga merupakan bahan yang lebih baik untuk membuat peralatan dan senjata. Untuk waktu yang lama, orang belajar bagaimana meningkatkan kualitas besi dengan cara *quenching* (pendinginan secara cepat) yang menghasilkan logam yang keras dan rapuh, *annealing* (pendinginan secara lambat) yang menghasilkan logam yang lebih lunak dan mampu tempa serta penempaan/*tampering* (*quenching* diikuti oleh *annealing*). Besi tempa memiliki karakteristik paling baik, yaitu keras tetapi dapat dibentuk tanpa mengalami pecah. Di masa awal ditemukannya

proses peleburan, kualitas besi sangat beragam. Pedang yang terbuat dari besi kadang-kadang tidak dapat

diandalkan ketajaman dan kekerasannya dan para tukang pelebur besi tidak tahu penyebabnya. Pada saat itu tidak ada penjelasan mengapa besi tertentu lebih kuat dari yang lain. Ketika secara kebetulan diperoleh sebatang besi yang bagus dan dibuat menjadi sebilah pedang yang hebat biasanya orang percaya bahwa itu terjadi karena kekuatan magis (ingat cerita tentang keris dan senjata sakti). Sebilah pedang yang baik harus cukup keras namun cukup lentur, dua sifat yang sulit diperoleh sekaligus. Ini dapat dilakukan dengan cara memanasi besi dan mendinginkannya secara cepat agar dapat dibentuk lapisan besi murni yang lentur dan lapisan paduan besi-karbon yang keras. Sementara para ahli metalurgi primitif menggunakan cara coba-coba (*trial and error*), para ahli metalurgi modern menggunakan mikroskop elektron untuk melakukan hal ini.



Gambar 21..5. Perunggu merupakan paduan tembaga dan timah

Besi memegang peranan yang sangat penting dalam Revolusi Industri yang terjadi di Inggris antara tahun 1780 dan 1860. Tanpa besi, tidak mungkin dapat dibuat mesin-mesin yang merupakan alat produksi masal untuk menghasilkan benda-benda yang semula dibuat dengan tangan. Besi juga merupakan bagian penting dalam revolusi transportasi di jaman itu dengan memungkinkan dibangunnya jaringan kereta api dan dibuatnya lokomotif serta gerbong-gerbong kereta api. Dewasa ini, besi dan paduan-paduannya tetap merupakan tulang-punggung teknologi kita. Hampir tak ada satupun produk teknologi kita yang tidak menggunakan unsur besi baik di dalam proses pembuatannya maupun sebagai bagian dari bahan produk itu sendiri.

21.2 LOGAM ALKALI DAN ALKALI TANAH

Logam alkali dan alkali tanah

Logam-logam Golongan 1 dan 2 dalam Susunan Berkala berturut-turut disebut logam-logam alkali dan alkali tanah karena logam-logam tersebut membentuk oksida dan hidroksida yang larut dalam air menghasilkan larutan basa.

Logam-logam alkali dan alkali tanah disebut juga logam-logam blok-s karena hanya terdapat satu atau dua elektron pada kulit terluarnya. Elektron terluar ini menempati tipe orbital-s (sub kulit s) dan sifat logam-logam ini seperti energi ionisasi (IE) yang rendah, ditentukan oleh hilangnya elektron s ini membentuk kation. Golongan 1 Logam Alkali yang kehilangan satu elektron s^1 terluarnya menghasilkan ion M^+ dan Golongan 2 Logam Alkali Tanah yang kehilangan dua elektron s^2 terluarnya menghasilkan ion M^{2+}. Sebagai akibatnya, sebagian besar senyawa dari unsur-unsur Golongan 1 dan 2 cenderung bersifat ionik.

Logam Alkali

- Logam Alkali sangat reaktif, karena itu harus disimpan dalam minyak
- Sifat yang umum dimiliki oleh logam alkali adalah sebagai konduktorpanas yang baik, titik didih tinggi, permukaan berwarbna abu-abu keperakan.
- Atom logam alkali bereaksi dengan melepaskan 1 elektron membentuk ion bermuatan +1. $Na \rightarrow Na^+ + 1\ e^-$. Sususnan elektron dari 2.8.1 $\rightarrow$ 2.8, yang merupakan konfigurasi elektron gas mulia.
- Sifat lain lain logam alkali, memiliki titik leleh rendah, densitas rendah, sangat lunak.
- Kecenderungan golongan alkali dengan meningkatnya nomer atom adalah:

Titik leleh dan titik didih menurun
Unsur lebih reaktif
Ukuran Atom membesar (jari-jari makin besar)
Densitas meningkat proportional dengan meningkatnya massa atom.
Kekerasan menurun

- Jika dipanaskan diatas nyala api memberikan warna yang spesifik. Litium – merah, natrium – kuning, Kalium – lila/ungu, Cesium – biru.

Tabel data logam alkali						
Sifat\Z simbol, nama	$_{3}$Li Litium	$_{11}$Na Sodium	$_{19}$K Potasium	$_{37}$Rb Rubidium	$_{55}$Cs Cesium	$_{87}$Fr Francium
Titik leleh/^{o}C	181	98	64	39	29	27
Titik didih/^{o}C	1347	883	774	688	679	677
Densitas/gcm^{-3}	0.53	0.97	0.86	1.48	1.87	>1.87
IE pertama/kJmol^{-1}	513	496	419	403	376	400
IE kedua/kJmol^{-1}	7298	4562	3051	2632	2420	2100
Jari-jari atom /pm	152	186	231	244	262	270
Jari-jari ionik M^{+}/pm	78	98	133	149	165	180
Electronegativitas	0.98	0.93	0.82	0.82	0.79	0.70
Konfigurasi elektron	2,1	2,8,1	2,8,8,1	2,8,18,8,1	2,8,18,18,8,1	2,8,18,32,18,8,1
Konfigurasi elektron	[He]2s^{1}	[Ne]3s^{1}	[Ar]4s^{1}	[Kr]5s^{1}	[Xe]6s^{1}	[Rn]7s^{1}
potensial Electroda M/M^{+}	-3.04V	-2.71V	-2.92V	-2.92V	-2.92V	-2.92V
Simbol – warna nyala	Li - merah	Na - kuning	K - ungu	Rb - merah	Cs - biru	Fr – .

Logam Alkali Tanah

Dibandingkan dengan logam alkali pada periode yang sama :

- Titik leleh dan titik didih lebih tinggi, lebih keras, lebih kuat dan lebih padat. Hal ini disebabkan karena terdapat dua delokalisas elektron per ion dalam kristal yang memberikan gaya elektronik lebih besar dengan muatan ion . M^{2+} yang lebih tinggi.
- Sifat kimia sangat mirip misalnya dalam pembentukan senyawa ionik tetapi berbeda dalam rumus dan reaktivitas lebih rendah karena energi ionisasi (IE) pertama lebih tinggi dan terdapatnya energi ionisasi kedua membentuk ion M^{2+} yang stabil
- Bilangan oksidasi senyawa selalu +2 di dalam senyawa.
  - Dua elektron s terluar lepas. Sedangkan energi ionisasi ketiga sangat tinggi untuk membentu ion +3.

Golongan 2 yang stabil membentuk konfigurasi elektron gas mulia.

- Contoh : ion kalsium, Ca^{2+}, is 2,8,8 or $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ atau [Ar]

- Pada umumnya makin ke bawah dalam satu golongan nomer atom cenderung makin meningkat.
- Energi Ionisasi pertama atau kedua menurun
  - Karena jari-jari atom makin besar akibat adanya ekstra kulit yang terisi. Elektron terluar sangat jauh dari inti sehinga tertarik lemah oleh inti sehingga lebih sedikit energi yang diperlukan untuk melepaskannya.
  - Potensial energi selalu meningkat dengan urutan . ... ke 3 > 2 > 1, karena muatan inti yang sama menarik sedikit elektron yang rata-rata lebih dekat dengan inti. TETAPI dengan catatan IE ke 2 untuk golongan 1, IE ke 3 untuk golongan 2 menunjukkan menunjukkan peningkatan yang luar biasa dibandingkan IE sebelumnya.
- Jari-jari Atom atau ionik meningkat:
  - Disebabkan adanya kulit yang lebih banyak.
  - Jari-jari golongan 2 lebih kecil dari pada golongan 1.karena tarikan elektron dengan jumlah kulit yang sama.
  - Biasanya jari-jari ion holongan 2 M^{2+} lebih kecil dari pada golongan 1 M^+ pada periode yang sama karena muatan inti meningkat.
- Pada umumnya (tidak selalu) tistik didih dan titik leleh menurun
  - Disebabkan peningkatan jari-jari ion dan meningkatnya muatan .
- Lebih reaktif karena makin ke bawah makin mudah membentuk ion.
- Electronegativity cenderung menurun:
- Pola rumus molekul:
  - Rumus umum dapat ditulis $\mathbf{M_2O}$ atau rumus ionik $\mathbf{(M^+)_2O^{2-}}$ dimana M adalah Li sampai Fr atau Be samapai Ra.

Reaksi logam golongan s dengan oksigen

Oksida atau hidroksidanya merupakan padatan putih ionik.

Logam golongan 1 :

- $\mathbf{4M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2M_2O_{(s)}}$ (perubahan redoks)
  - Perubahan tingkat Oksidasi: M adalah 0 ke +1, Oxygen is 0 ke -2 dalam ion okside O^{2-}.
- $\mathbf{4M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2(M^+)_2O^{2-}{}_{(s)}}$
  - logam dioksidasi (0 ke +1), kehilangan electron , tingkat oksidasi meningkat
  - Molekul oksigen direduksi (0 ke -2), tingkat oxidasi menurun.
- Oksidanya dilarutkan dalam air membentuk alkali hidroksida. $\mathbf{M_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)}}$

Tabel data logam alkali tanah						
Sifat\ simbol, nama	$_4$Be Berilium	$_{12}$Mg Magnesium	$_{20}$Ca Calcium	$_{38}$Sr Stronsium	$_{56}$Ba Barium	$_{88}$Ra Radium
Titik leleh/^{o}C	1278	649	839	769	729	700
Titik didih/^{o}C	2970	1090	1484	1384	1637	1140
Densitas/gcm^{-3}	1.85	1.74	1.55	2.54	3.51	5.0
IE pertama/kJmol^{-1}	900	738	590	550	503	509?
IE kedua /kJmol^{-1}	1757	1451	1145	1064	965	979
IE ketiga /kJmol^{-1}	14848	7733	4910	4210	3600	3300
Jari-jari atom /pm	111	160	197	215	217	223
Jari-jari ionik M^{2+}/pm	34	78	106	127	143	152
Electronegativitas	1.57	1.31	1.00	0.95	0.89	0.89
Konfigurasi elektron	2,2	2,8,2	2,8,8,2	2,8,18,8,2	2,8,18,18,8,2	2,8,18,32,18,8,2
Konfigurasi elektron	[He]2s^2	[Ne]3s^2	[Ar]4s^2	[Kr]5s^2	[Xe]6s^2	[Rn]7s^2
potensial Electroda M/M^{2+}	-1.97V	-2.36V	-2.84V	-2.89V	-2.92V	-2.92V
Simbol – warna nyala	Be -	Mg -	Ca – merah bata	Sr -	Ba – hijau apel	Ra -

$(M^+)_2O^{2-}{}_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2M^+{}_{(aq)} + 2OH^-{}_{(aq)}$ (bukan perubahan redoks)

- Kecuali Litium (anomali) oksida yang lebih tinggi dapat terbentuk misalnya :
  - $2M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow M_2O_{2(s)}$ [perubahan redoks, M (0 ke +1), O (0 ke -1)]
- Menunjukkan pembentukan peroksida yang berwarnya oranye kekuningan oleh Na, K, Rb dan Cs
- Mudah terhidrolisis dengan air membentuk hirogen peroksida $M_2O_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_2O_{2(aq)}$ (bukan perubahan redoks) Masing-masing oksigen dalam tingkat oksidasi -1 dalam ion peroksida O_2^{2-}
- $M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow MO_{2(s)}$ menunjukkan pembentukan superoksida oleh K, Rb dan Cs. Perubahan bilangan oksidasi M adalah dari 0 ke +1
- $2MO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + O_{2(g)}$ (perubahan redoks)

- Perubahan tingkat oksidasi: M dan H tidak berubah (+1), empat O berubah dari $-^1/_2$ dalam ion superokside ke dua -1 dalam molekul peroksida dan dua pada nol dalam molekul oksigen.

- Oksida dilarutkan dalam asam membentuk garam netral.
  - $M_2O_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2MCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam klorida yang larut
  - $(M^+)_2O^{2-}{}_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow 2M^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ (bukan perubahan redoks)
  - $M_2O_{(s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow 2MNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam nitrat yang mudah larut
  - $M_2O_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam sulfat yang mudah larut
  - $M_2O_{(s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow 2CH_3COOM_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam etanoat yang mudah larut

Logam Golongan 2 :

- $2M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MO_{(s)}$ (perubahan redoks)
  - Perubahan tingkat oksidasi M dari 0 ke +2, dan oksigen dari 0 ke -2.
- Oksidanya, di luar Be, mudah larut dalam air membentuk hidroksida alakali yang meningkat kekuatan basanya dalam satu golongan ke bawah.
  - $MO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow M(OH)_{2(s=>aq)}$ (bukan perubahan redoks)
  - $iM^{2+}O^{2-}{}_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow M(OH)_{2(s \text{ or } aq)}$
- Semua oksida basa mudah ternetralisir oleh asam.
  - $MO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam klorida yang mudah larut.
  - $M^{2+}O^{2-}{}_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow M^{2+}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
  - $MO_{(s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow M(NO_3)_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam nitrat yang mudah larut.
  - $MO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow MSO_{4(aq \text{ or } s) \text{ or } s)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam sulfat yang sukar larut.
  - $MO_{(s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow (CH_3COO)_2M_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam etanoat
- Beryllium oksida BeO bersifat amfotir dan larut dalam basa kuat seperti NaOH membentuk ion kompleks hydroxo beryllat
  - $BeO_{(s)} + 2NaOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Na_2[Be(OH)_4]_{(aq)}$ (garam beryllat)
  - $Be^{2+}O^{2-}{}_{(s)} + 2OH^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow \rightarrow [Be(OH)_4]^{2-}{}_{(aq)}$ ±

Reaksi logam-logam blok s dan air & sifat kimia hidroksidanya

- **Reaksi logam golongan s dengan air**
- **Oksida atau hidroksidanya merupakan padatan putih ionik.**

Hidroksida Logam Golongan 1: $2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2M^+OH^-_{(aq)} + H_{2(g)}$ (perubahan redoks)

- Perubahan tingkat oksidasi: M dari 0 ke +1, satu H dalam air tetap, dan yang lain mengalami perubahan +1 ke 0 pada H_2.
- M = Li (lambat), Na (cepat), K (lebih cepat, menyala dengan hidrogen dengan warna lila) Rb, Cs, Fr (sangat eksplosif).

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

Hidroksida, MOH, adalah padatan ionik putih yang sangat larut (kecuali LiOH), basa kuat, semakin kuat dalam urutan menurun dalam golongan.

Hidroksida Golongan 1 larut dalam air memberikan larutan alkali, yang mudah ternetralisir dengan asam

$MOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam klorida yang mudah larut

$OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

$MOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow MNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam nitrat yang mudah larut

$2MOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ memberikan garam sulfat yang mudah larut

$MOH_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow CH_3COOM_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ memberikan garam etanoat yang mudah larut

Hidroksida Logam Golongan 2: $M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow M(OH)_{2(aq \text{ or } s)} + H_{2(g)}$ (reaksi redoks)

- Menunjukkan perubahan hidroksida dan hidrogen dengan air dingin.
- $M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow M^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + H_{2(g)}$
- Perubahan bilangan oksidasi, M adalah dari 0 ke +2, untuk H dalam air perubahans dari +1 ke 0 dalam H_2.
- M = Be (tidak bereaksi, anomali), Mg (reaksi sangat lambat), Ca, Sr, Ba (dari cepat ke sangat cepat).
- Kecenderungan reaktivitas untuk Golongan 2, dan penjelasannya, adalah mirip dengan penjelasan di atas seperti untuk Golongan 1 Logam Alkali.

Magnesium hidroksida dan **kalsium hidroksida** (**limewater**) sedikit larut, tetapi kelarutannya meningkat dalam urutan menurun dalam satu golongan, jadi barium hidroksida cukup larut.

Seperti yang disebutkan sebelumnya, campuran magne- sium oksida/hidroksida dan air kadang-kadang disebut susu magnesia (***milk of magnesia***) dan larutan jenuh aqueous kalsium hidroksida disebut air soda (***limewater***).

Jika logam dipanaskan dalam uap maka oksida akan terbentuk :

Misalnya $Mg_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow MgO_{(s)} + H_{2(g)}$

BUKAN percobaan yang akan kamu lakukan dengan Logam Alkali ! tetapi berilium memberikan sedikit reaksi.

Oksida terbentuk karena hidroksida tidak stabil secara thermal pada temperatur tinggi :

$M(OH)_{2(s)} \rightarrow MO_{(s)} + H_2O_{(g)}$

Semua hidroksida adalah basa dengan meningkatnya kekuatan dalam urutan menurun dalam satu golongan dan dapat dinetralisasi dengan asam (bukan reaksi redoks). Magnesium hidroksida kurang larut dalam air, kelarutannya meningkat dalam urutan menurun dalam satu golongan.

$M(OH)_{2(aq \text{ or } s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ memberikan garam klorida yang mudah larut*

Semua reaksi basa (OH^-) – asam (H^+) : $OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

$M^{2+}(OH^-)_{2(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow M^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

$M(OH)_{2(aq \text{ or } s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow M(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

Memberikan gram nitrat yang mudah larut

$M(OH)_{2(aq \text{ or } s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq \text{ or } s)} + 2H_2O_{(l)}$

Memberikan garam sulfat yang mudah larut

$M(OH)_{2(aq \text{ or } s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow (CH_3COO)_2M_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

Memberikan garam etanoat yang mudah larut

*Larutan kalsium hidroksida (limewater) dapat dititrasi dengan asam hidroklorida standard (burette, molaritas rendah) untuk menentukan kelarutannya. Normalnya menggunakan indikator phenolphthalein dan perubahan warna akhir dari pink ke tidak berwarna.

Golongan 2 hidroksida, $M(OH)_2$, dalam satu golongan semakin ke bawah akan semakin larut :

Jika lebih atau kurang tidak larut, dapat dibuat dengan menambahkan larutan sodium/potassium hidroksida **berlebih** ke larutan garam yang mudah larut dari logam Golongan 2 logam misalnya :

$CaCl_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(s)}$

$MgSO_{4(aq)} + 2KOH_{(aq)} \rightarrow K_2SO_{4(aq)} + Mg(OH)_{2(s)}$

$Ba(NO_3)_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ba(OH)_{2(s)}$

$M^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow M(OH)_{2(s)}$ untuk semua Golongan 2 logam M

Semua hidroksida adalah serbuk putih atau endapan gelatin putih.

Beryllium hidroksida adalah amfoter (anomali golongan), karena sebagian dari reaksi di atas, jika dilarutkan dalam alkali kuat seperti sodium hidroksida ke bentuk garam ion kompleks-hidrokso disebut 'beryllat' misalnya :

$Be(OH)_{2(s)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2[Be(OH)_4]_{(aq)}$ (tidak ada perubahan redoks)

Secara ionik : $Be(OH)_{2(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow [Be(OH)_4]^{2-}_{(aq)}$ menunjukkan bentuk ion kompleks

Reaksi logam blok s dengan asam

Logam Golongan 1 adalah sangat reaktif.

Logam Golongan 2, sebagian dari beryllium (yang lainnya anomali), dapat bereaksi dengan asam, dengan meningkatnya kekuatan dalam urutan menurun dalam satu golongan.

$M_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$ (reaksi redoks) ke bentuk garam klorida yang mudah larut

$M_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow M^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

perubahan tingkat oksidasi : satu M pada (0) dan dua H pada (+1) $\rightarrow$ satu M (+2) dan dua H pada (0)

logam teroksidasi, kehilangan elektron, keadaan oksidasinya meningkat, ion hidrogen tereduksi, elektron bertambah, keadaan oksidasinya berkurang berkurang

$M_{(s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow M(NO_3)_{2(aq)} + H_{2(g)}$ ke bentuk garam nitrat yang mudah larut

Lihat pada prinsip, dan dengan Mg ini dan asam nitrat yang sangat larut, tetapi jarang hal ini mudah, ion nitrat dapat mudah direduksi ke gas nitrogen(IV) oksida coklat tua (nitrogen dioksida, NO_2) dan hasil lainnya, gas NO ? ion NO_2^- ?

$M_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow MSO_{4(aq \text{ or } s)} + H_{2(g)}$ ke bentuk larut ¤ garam sulfat yang tidak mudah larut

Reaksi dari magnesium ke barium menjadi meningkat lebih pelan sedangkan sulfat menjadi kurang larut, hal ini akan melapisi logam, sehingga menghambat reaksi.

$M_{(s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow (CH_3COO)_2M_{(aq)} + H_{2(g)}$ ke bentuk garam etanoat

$M_{(s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow (CH_3COO)_2M_{(aq)} + H_{2(g)}$ memberikan garam etanoat yang larut

Reaksi ini lebih lambat dari pada sebelumnyakarena asam etanoat merupakan asam lemah(terisonisasi sekitar 2%).

Dalam larutan berair kation logam membentuk ion kompleks aquo.

$[M(H_2O)_6]^{n+}_{(aq)}$ jika n=1 untuk golongan 1 dan n=2 untuk golongan 2.

Sifat kimia garam klorida

Garam klorida merupakan padatan kristal putih atau tidak berwarna

Logam golongan 1 mudah bereaksi dengan halogen:

$2M_{(s)} + Cl_{2(g)} \pm 2MCl_{(s)}$ (reaksi redoks)

Produk garam , M^+X^-, padatan ionik kristal putih yang larut dalam air dan pH larutannya 7. Padatan kristal yang mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi.

Padatannya bukan merupakan penghantar listrik tetapi lelehan atau larutannya dapat menghantar listrik.

Halogen mempunya bilangan oksidasi **-1** oksidasi pada senyawa halida(ion X^-)

Logam golongan 2 (kecuali Be) mudah bereaksi dengan halogen panas.

$$M_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow MCl_{2(s)}$$

Produk garam, $M^{2+}(X^-)_2$, sama dengan sifat sama dengan senyawa Golongan 1 M^+X^-

Sifat kimia karbonat

Karbonat dan hidrogen- karbonat merupakan padatan putih

Karbonat golongan 1 M_2CO_3: terbentuk pembentukan CO_2 dalam larutan hidroksida berlebih

$$2MOH_{(aq)} + CO_{2(g)} \rightarrow M_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$2OH^-_{(aq)} + CO_{2(g)} \rightarrow CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

Larut dalam air

$Na_2CO_3.10H_2O$, dikenal sebagai soda pencuci.

hydrogencarbonat Golongan 1 $MHCO_3$: terbentuk pembentukan CO_2 yang berlebihan dalam larutan hidroksida berlebih

Reaksi terjadi melalui tahap:

$$M_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2MHCO_{3(aq)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2HCO_3^-{}_{(aq)}$$

Padatan putih yang sedikit larut dalam air

contoh 270^oC: $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

sodium hydrogencarbonat ('sodium bicarbonate' atau 'baking soda') digunakan untuk pembuatan kue.

Karbonat dan hydrogen- carbonat Golongan 1 mudah ternetralisasi oleh asam:

$M_2CO_{3(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2MCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam klorida yang larut

$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

$M_2CO_{3(aq)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow 2MNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam nitrat yang larut

$M_2CO_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam sulfat yang larut

$M_2CO_{3(aq)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow CH_3COOM_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam etanoat yang larut

$MHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam klorida yang larut

$HCO_3^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

$MHCO_{3(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow MNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam nitrat yang larut

$2MHCO_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam sulfat yang larut

$MHCO_{3(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow CH_3COOM_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam etanoat yang larut

Karbonates Golongan 2 MCO_3: terbentuk pembentukan CO_2 dalam larutan hidroksida berlebih atau berupa bubur, tetapi berilium karbonat tidak stabil.

$M(OH)_{2(aq)} + CO_{2(g)} \rightarrow MCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$

Jika M = Ca, reaksi pada air kapur positif jika terdapat CO_2

hydrogencarbonat $M(HCO_3)_2$ terbentuk jika Golongan 2 bereaksi dengan CO_2 dalam larutan hidroksida berlebih atau berupa bubur

$MCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow M(HCO_3)_{2(aq)}$

Karbonat Golongan 2 MCO_3 mudah ternetralisir dengan asam membentuk garam, air CO_2

$MCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam klorida yang larut

$M^{2+}CO_3^{2-}{}_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow M^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

$MCO_{3(s)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow M(NO_3)_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam nitrat yang larut

$MCO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow M_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam sulfat yang larut

$MCO_{3(s)} + 2CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow (CH_3COO)_2M_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ memberikan garam etanoat yang larut

kation\ anion	oksida	hidroksida	karbonat	hidrogenkarbonat
	O^{2-}	OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-
Rumus turunan dari kasi gol. 1 M^+	M_2O	MOH	M_2CO_3	$MHCO_3$
	$(M^+)_2O^{2-}$	M^+OH^-	$(M^+)_2CO_3^{2-}$	$M^+HCO_3^-$
Rumus turunan dari kation gol. 2 M^{2+}	MO	$M(OH)_2$	MCO_3	$M(HCO_3)_2$
	$M^{2+}O^{2-}$	$M^{2+}(OH^-)_2$	$M^{2+}CO_3^{2-}$	$M^{2+}(HCO_3^-)_2$

kation\ anion	halida	nitrata(V)	sulfate(VI)	etanoat
	X^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	CH_3COO^-
Rumus turunan dari kation gol. 1 M^+	MX	MNO_3	$M_2SO_4^{2-}$	CH_3COOM
	M^+X^-	$M^+NO_3^-$	$(M^+)_2SO_4^{2-}$	$CH_3COO^-M^+$
Rumus turunan dari kation gol. 2 M^{2+}	MX_2	$M(NO_3)_2$	MSO_4	$(CH_3COO)_2M$
	$M^{2+}(X^-)_2$	$M^{2+}(NO_3^-)_2$	$M^{2+}SO_4^{2-}$	$(CH_3COO^-)_2M^{2+}$

21.3 BIJIH LOGAM

Bijih logam dan Mineral

Kulit bumi mengandung banyak batu-batuan yang berbeda. Batuan adalah campuran mineral dimana dari beberapa batuan tersebut dapat dibuat senyawa-senyawa yang bermanfaat.

Mineral dapat berupa padatan logam atau nonlogam atau senyawa yang ditemukan secara alami di kulit bumi.

Bijih logam adalah mineral atau campuran mineral yang dapat diekstrak. Bijih logam biasanya berupa oksida, karbonat dan sulfida. Kesemuanya merupakan sumber daya yang terbatas jadi harus digunakan secara bijaksana.

Untuk mengekstrak logam, bijih atau senyawa logam harus mengalami proses reduksi (misalnya, ion logam positif menerima elektron negatif untuk membentuk atom logam netral, atau oksida yang kehilangan oksigen, untuk membentuk atom logam bebas).

Senyawa yang kehilangan oksigen dari oksidanya disebut agen pereduksi misalnya karbon,karbon monoksida atau kadang-kadang hidrogen.

Umumnya metode ekstraksi tergantung pada posisi logam dalam deret reaktivitas.

- Deret reaktivitas logam meliputi dua nonlogam, karbon dan hidrogen, untuk membantu memprediksi metode mana yang digunakan untuk mengekstrak logam.

Deret: rendah **Pt Au Ag Cu** (H) **Pb Sn Fe Zn** (C) **Al Mg Ca Na K** tinggi.

  - Aturan: Unsur-unsur yang lebih tinggi dalam deretdapat menggantikan unsur-unsur lain yang lebih rendah.

- Logam di atas seng dan karbon dalam deret reaktivitas biasanya tidak dapat diekstrak dengan karbon atau karbon monoksida. Logam tersebut biasanya diekstrak dengan elektrolisis lelehan bijih logam yang dimurnikan atau senyawa lain yang sesuai.

  - Misalnya, aluminium dari lelehan oksida aluminium atau natrium dari lelehan natrium klorida.
  - Bijih logam atau senyawa harus dilelehkan atau dilarutkan dalam larutan dalam sel elektrolisis untuk mengalirkan ion (arus listrik).

- Logam di bawah karbon dapat diekstrak dengan memanaskan oksida dengan karbon atau karbon monoksida. Unsur nonlogam karbon akan menggantikan logam yang kurang reaktif dalam *smelter* atau *blast furnace* misal besi atau seng dan logam yang lebih rendah dalam deret.
- Logam di bawah hidrogen tidak akan menggantikan hidrogen dari asam. Oksidanya mudah direduksi menjadi logam dengan pemanasan dalam aliran hidrogen, meskipun metode ekstraksi ini sangat jarang digunakan dalam industri. Faktanya hampir semua logam oksida di bawah karbon dapat direduksi ketika dipanaskan dalam hidrogen, meskipun logam direaksikan dengan asam.
- Beberapa logam sangat tidak reaktif sehingga tidak dapat dikombinasikan dengan oksigen di udara atau unsur lain yang ada di kulit bumi, dan ditemukan sebagai logam itu sendiri. Contohnya emas (dan kadang-kadang tembaga dan perak) dan tidak dibutuhkan pemisahan kimia atau ekstraksi. Faktanya semua logam di bawah hidrogen dapat ditemukan sebagai unsur 'bebas' atau 'asli'.
- Metode-metode lain dibutuhkan dalam kasus khusus menggunakan aturan penempatan (*displacement rules*). Logam yang lebih reaktif dapat digunakan untuk menggantikan dan mengekstrak logam yang kurang reaktif.
- Kadang-kadang elektrolisis digunakan untuk memurnikan logam yang kurang reaktif yang awalnya telah diekstrak menggunakan karbon atau hidrogen (misal tembaga an seng).
- Kebutuhan untuk material mentah mempunyai impikasi sosial, ekonomi dan lingkungan misal konservasi sumber mineral dengan mendaur ulang logam, mengurangi polusi, dsb.
- Reaktivitas adalah ukuran mudahnya pembentukan senyawa dan stabilitas (misal lebih reaktif, lebih mudah membentuk senyawa stabil, lebih sulit untuk mereduksi logam).

  - Logam yang paling tidak reaktif seperti emas, perak dan tembaga telah digunakan selama 10000 tahun yang lalu karena logam murni tersebut telah ditemukan secara alami.
  - Logam yang sedikit reaktif seperti besi dan timah telah diekstrak menggunakan karbon berbasis *smelting* selama 2000-3000 tahun yang lalu.
  - Tetapi dalam 200 tahun terakhir ini logam yang sangat reaktif seperti natrium atau aluminium telah diekstrak dengan elektrolisis.

21.3.1 Ekstraksi Besi

Bijih besi dan ekstraksi besi

- Bijih oksida besi ditambang di berbagai bagian dunia. Contohnya haematite Fe_2O_3 dan magnetite Fe_3O_4.
- Campuran padatan bijih haematite, coke dan limestone secara kontinu dimasukkan ke dalam blast furnace.

- Coke dibakar di dasar dan udara panas ditiupkan untuk membakar coke (karbon) untuk membentuk karbon dioksida dalam reaksi oksidasi (C menerima O).
- Energi panas dibutuhkan dalam reaksi eksotermik untuk meningkatkan suhu blast furnace hingga di atas 1000 ^{o}C untuk mempengaruhi reduksi bijih logam.

  - **karbon + oksigen $\rightarrow$ karbon dioksida**
  - **$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$**

- Pada suhu tinggi terbentuk karbon dioksida, bereaksi dengan coke (karbon) lain untuk membentuk karbon monoksida

  - **karbon dioksida + karbon $\rightarrow$ karbon monoksida**
  - **$CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightarrow 2CO_{(g)}$**
  - (catatan: CO_2 tereduksi dengan kehilangan O, C teroksidasi dengan menerima O)

- **Karbon monoksida adalah molekul yang** benar-benar mengusir oksigen dari bijih besi oksida. Ini adalah reaksi reduksi (Fe_2O_3 kehilangan O, atau Fe^{3+} menerima tiga elektron untuk membentuk Fe) dan **CO** dikenal sebagai **agen pereduksi** (pengusir O dan teroksidasi dalam proses).
- Logam besi dilelehkan pada suhu blast furnace tinggi dan menetes ke dasar blast furnace. Reaksi reduksi utama adalah ...

  - **Besi (III) oksida + karbon monoksida $\rightarrow$ besi + karbon dioksida**
  - **$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)}$**
  - Catatan, dalam kedua reaksi di atas, oksidasi dan reduksi selalu terjadi bersamaan!

Reaksi reduksi bijih logam yang lain adalah …

Besi (III) oksida + karbon $\rightarrow$ besi + karbon monoksida

$Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + 3CO_{(g)}$

atau

besi **(III) oksida + karbon $\rightarrow$ besi + karbon dioksida**

$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(g)} \rightarrow 4Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)}$

Bijih logam asli mengandung **acidic mineral impurities** seperti **silika** (SiO_2, silikon dioksida). Ini bereaksi dengan **kalsium karbonat**

(limestone) untuk membentuk **molten slag** missal dari kalium silikat.

- kalsium karbonat + silika → kalsium silikat + karbon dioksida
- **$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2$**
- Kadang-kadang ditunjukkan dalam dua langkah:

- **$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$**
- **$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$**
- Molten slag membentuk lapisan di atas lelehan besi yang lebih padat dan keduanya dapat dipisahkan, dan biasanya, disalurkan ke luar. Besi didinginkan dan dicetak ke dalam pig iron ingots atau ditransfer langsung ke furnace penghasil baja.
- **Limbah gas dan debu** dari blast furnace harus diperlakukan dengan baik untuk menghindari polusi lingkungan.

- **karbon monoksida yang sangat beracun** dapat dibakar untuk menghasilkan sumber energi panas, dan dalam reaksi eksoterm dikonversikan menjadi karbon dioksida yang tidak berbahaya.

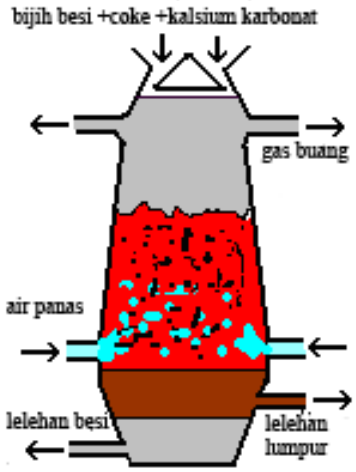
- **karbon monoksida + oksigen → karbon dioksida**
- **$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$**

- Gas asam seperti **sulfur dioksida** dari bijih sulfida, dapat dihilangkan dengan bubbling melalui larutan alkali seperti kalsium hidroksida ('limewater') yang dinetralkan dan dioksidasi menjadi kalsium sulfat yang tidak berbahaya. Pembersihan gas dengan cara ini disebut '**gas scrubbing**'.
- **Air yang terkontaminasi** harus dibersihkan dari bahan kimia berbahaya sebelum dilepaskan ke sungai atau didaur ulang melalui water treatment plant.
- **waste slag** digunakan untuk konstruksi jalan atau menimbun galian sehingga dapat ditanami.

- Besi dari blast furnace baik untuk o**byek cast iron yang sangat keras** tetapi terlalu rapuh untuk aplikasi lainnya karena kandungan karbon dari coke-nya terlalu tinggi. Jadi dikonversikan menjadi **steel alloy** untuk range yang lebih luas.

Material mentah:

- **bijih besi** misal bijih **haematite** [besi (III) oksida, **Fe_2O_3**]
- **coke** (karbon, **C**)
- **udara panas** (untuk **O_2** di dalamnya)
- **limestone** (kalsium karbonat, **$CaCO_3$**)

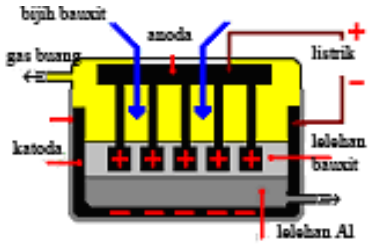


21.3.2 Ekstraksi Aluminium

Bijih aluminium dan ekstraksi aluminium

- Aluminium diperoleh dari mineral bauksit
- Pemurnian bijih bauksit dari aluminium oksida dilakukan secara kontinyu. *Cryolite* ditambahkan dalam titik leleh yang lebih rendah dan melarutkan bijih.
- Ion-ion harus bebas bergerak menuju elektroda yang disebut katoda (elektroda negatif) yang menarik ion positif, misalnya Al^{3+} dan anoda (elektroda positif) yang menarik ion negatif, misalnya O^{2-}
- Ketika arus DC dilewatkan melalui plat aluminium pada katoda (logam) maka aluminium akan diendapkan di bagian bawah tangki.
- Pada anoda, gas oksigen terbentuk (non-logam). Ini menimbulkan masalah. Pada suhu yang tinggi dalam sel elektrolit, gas oksigen akan membakar dan mengoksidasi elektroda karbon menjadi gas beracun karbon monoksida atau karbon dioksida. Sehingga elektrode harus diganti secara teratur dan gas buang dihilangkan.
- Hal tersebut merupakan proses yang memerlukan biaya relatif banyak (6x lebih banyak dari pada Fe) karena dalam proses ini membutuhkan energi listrik yang mahal dalam jumlah yang banyak.
- Dua aturan yang umum :

    - logam dan hidrogen (dari ion positif), terbentuk pada elektroda negatif (katoda).
    - Non-logam (dari ion negatif), terbentuk pada elektroda positif (anoda).



- Bijih bauksit dari aluminium oksida tidak murni (Al_2O_3 terbentuk dari ion Al^{3+} dan ion O^{2-}).
- Karbon (grafit) digunakan sebagai elektroda.
- *Cryolite* menurunkan titik leleh bijih dan menyimpan energi, karena ion-ion harus bergerak bebas untuk membawa arus.
- Elektrolisis adalah penggunaan energi listrik DC yang megakibatkan adanya perubahan kimia, misalnya dekomposisi senyawa untuk membentuk endapan logam atau membebaskan gas. Adanya energi listrik menyebabkan suatu senyawa akan terbelah.
- Sebuah elektrolit menghubungkan antara anoda dan katoda. Sebuah elektrolit adalah lelehan atau larutan penghubung dari ion-ion yang bergerak bebas yang membawa muatan dari sumber arus listrik.

Proses reaksi redoks yang terjadi pada elektroda :

- Pada elektroda negatif (katoda), terjadi proses reduksi (penagkapan elektron) dimana ion aluminiun yang bermuatan positif menarik elektron. Ion aluminuim tersebut menangkap tiga elektron untuk mengubah ion aluminuim menjadi atom
- aluminium dalam keadaan netral.

$$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$$

- Pada elektroda positif (anoda), terjadi proses oksidasi (pelepasan elektron) dimana ion oksida negatif melepaskannya. Ion oksida tersebut melepaskan dua elektron dan membentuk molekul oksigen yang netral.

$$2O_2^- \rightarrow O_2 + 4e^-$$

Atau $2O^{2-} - 4e^- \rightarrow O_2$

- Catatan : reaksi oksidasi maupun reduksi terjadi secara bersama-sama.
- Reaksi dekomposisi secara keseluruhan adalah :

Aluminium oksida $\rightarrow$ aluminium + oksigen

$2\ Al_2O_3 \rightarrow 4Al + 3O_2$

Dan reaksi diatas merupakan reaksi yang sangat endotermis, banyak energi listrik yang masuk.

21.3.3 Ekstraksi dan Pemurnian Seng

Bijih seng dan ekstraksi seng

- Seng diekstraksi dari seng blende/sphalerite (seng sulfide) atau calamine/Smithsonite (seng karbonat).
- (1) Seng sulfide dibakar di udara untuk menghasilkan seng oksida.
- $\mathbf{2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}}$
- Catatan: calamine dapat digunakan secara langsung dalam lelehan seng karena dalam pemanasannya akan menghasilkan **seng oksida.**

$\mathbf{ZnCO_{3(s)} \rightarrow ZnO_{(s)} + CO_{2(g)}}$ (dekomposisi termal endotermik)

- **(2)** Seng oksida tidak murni dapat dihilangkan dalam dua cara untuk mengekstrak seng :
- **(a)** Seng oksida di baker dalam smelting furnace dengan karbon (batu karang, agent pereduksi) dan limestone (untuk menghilangkan pengotor asam). Reaksi kimia hampir sama dengan besi dari blast furnace.

  - $\mathbf{C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}}$ (sangat oksidasi eksotermik, meningkatkan temperature)
  - $\mathbf{C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}}$ (C dioksidasi, CO_2 direduksi)
  - $\mathbf{ZnO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Zn_{(l)} + CO_{2(g)}}$ (seng oksida direduksi oleh CO, Zn kehilangan O)
  - Atau reduksi langsung oleh karbon : $\mathbf{ZnO_{(s)} + C_{(s)} \rightarrow Zn_{(l)} + CO_{(g)}}$ (ZnO direduksi, C dioksidasi)
  - Karbon monoksida bertindak sebagai agent pereduksi yaitu menghilangkan oksigen dari oksida.
  - Seng tidak murni kemudian didistilasi frasional dari campuran ampas biji dan logam lainnya seperti timah dan cadmium yang keluar dari pembakaran tinggi pada atmosfer yang kaya akan karbon monoksida dimana menghentikan seng dioksidasi kembali menjadi seng oksida.
  - Ampas biji dan timah (dengan logam lainnya seperti cadmium) dari dua lapisan dapat ditahan pada dasar furnace.
  - Seng kemudian dapat dimurnikan lebih lanjut melalui distilasi fraksional ke 2 atau dengan dilarutkan ke dalam larutan asam sulfat dan dimurnikan secara elektrolit seperti yang digambarkan sebelumnya

- **(b) Tahapan yang ke dua**

  - **(i)** Dilarutkan dan dinetralisasi dengan larutan asam sulfat untuk menghasilkan larutan tidak murni seng sulfat.
  - $ZnO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$
  - Atau menggunakan calamine/seng karbonat:

- $ZnCO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

  - **(ii)** Seng murni dihasilkan dari larutan melalui elektrolisis. Seng akan dapat terendapkan pada seng murni elektroda negative (katoda) dengan jalan yang sama tembaga dapat dimurnikan. Elektroda lainnya, harus inert, untuk percobaan laboratorium, karbon (grafit) dapat digunakan dan oksigen terbentuk.

- $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$
- Proses reduksi, electron terbentuk, sebagai logam seng yang terendapkan pada elektroda (-).
- Padatan seng oksida tidak dapat digunakan secara langsung karena tidak larut dan ion harus bebas untuk membawa arus dan pindah ke elektroda pada bagian lain larutan.
- Lebih jelasnya sistem elektrolisis digunakan, lihat pemurnian tembaga (hanya menukar Zn untuk Cu pada metoda/diagrktif)
- Harap dicatat: Pada produksi industri seng dengan elektrolisis (disebut **elektro-winning**) katoda negative (-) dibuat dari aluminium (Al, dimana seng terendapkan) dan elektroda positif(+) dibuat dari campuran timah-perak (Pb-Ag, dimana oksigen terbentuk). Kenapa elektroda ini digunakan dalam proses eletrowinning saya tidak yakin, tetapi aluminium tidak reaktif sehingga efektif inert, timah dan perak juga memiliki keaktifan rendah, tetapi

21.3.4 Ekstraksi Elektrolit Natrium

Ekstraksi Natrium

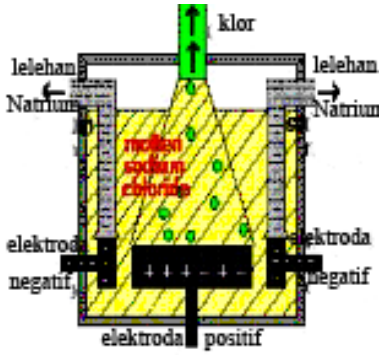
Natrium, sama seperti banyak logam reaktif lainnya, dapat diektrak dengan eletrolisis dari lelehan klorida. Hal ini dapat dilakukan pada 'Sel Down's' terlihat dalam diagram.

Ion natrium positif berpindah menuju elektroda katoda negative dan direduksi dengan bertambahnya electron untuk membentuk larutan atom natrium.

$Na^+ + e^- \rightarrow Na$

Ion negative klorida berpindah menuju elektrona anoda positif dan dioksidasi dengan kehilangan electron membentuk molekul gas klorida.

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$



RINGKASAN

- **Logam dapat diambil dari mineralnya melalui elektrolisis, reduksi mineral Karbon dengan pemanasan, penggantian logam yang lebih elektronegatif atau dekomposisi dengan pemanasan.**
- **Pemilihan metode ekstraksi tergantung pada kebutuhan energi selama proses, biaya dan kebutuhan logam lain sebelum digunakan.**
- **Hematite Fe_2O_3, magnetite Fe_3O_4 dan besi sulfida FeS merupakan mineral-mineral besi.**
- **Bijih Aluminium mengandung bauksit $Al_2O_3.2H_2O$.**
- **Titanium diekstraksi dari rutil TiO_2 dan ilmenit $FeTiO_3$.**

LATIHAN SOAL

Pilihan untuk mengisi titik :
+1 1 14 7 Na_2O NaCl NaOH alkali chlor dingin tid ak berwarna tidak berwarna densitas bawah ledakan lebih cepat berisik flame terapung terapung hijau hidrogen hidrogen hidroksida ionik litium rendah lebih rendah meleleh lebih ungu natrium lunak umum putih

Unsur-unsur dalam golongan……dalam tabel periodik dikenal sebagai logam ……..karena dapat membentuk oksida yang dilarutkan dengan air embentuk larutan alkali.

Unsur tersebut mempunyai titik ……rendah dan adatannya sangat.....
Unsur golongan tersebut bereaksi dengan non logam seperti oksigen dan …….membentuk senyawa yang mengandung ion logam yang bermuatan ……..
Garam klorida ini merupakan padatan……yang dilarutkan dalam air membentuklarutan dengan pH ……..
Oxidanya larut di dalam air membentuk larutan hidroksida dengan pH antara …… dan ……..
Logam alkali bereaksi eksotermis dengan air melepaskan …… dan membentuk larutan alkali hidroksida.

Pilihan untuk mengisi titik :
air aluminium aluminium bauksit dibakar karbon kimia jelaga pemekatan kriolit dekomposisi dioksida listrik elktrolisis eksotermis bebas emas hematit tinggi ion besi lebih kecil kapur lelehan monoksida lebih negatif oksidasi
oksida oksigen posisi positif murni reaktif reactivity redoks reduksi pengambilan digantikan sulfat

Kerak bumi mengandung logam dan persenyawaannya yang selalu ditemukan bercampu dengan zat lain.
Material padatan bahan baku yang digunakan dalam blast furnace adalah besi yang disebut ……., bahan baker dan zat pereduksi .....dan batu kapur. Ke 4 material baku adalah …….panas (supply oksigen) dialirkan ke daam furnace yang menyebabkan terbentuknya ……. Dan melepaskan energi (reaksi …….). Pada temperatur tinggi dalam furnace karbon dioksida bereaksi dengan coke atau jelaga membentuk …….
Logam reaktif seperti aluminium diekstrak melalui elektrolisis. Dimana substansi yang dibust dari …….dilarutkan dalam air atau…….yan dapat terpecah membentuk …… melalui aliran arus.
Bahan baku untuk memproduksi aluminium adalah …….. yang dimurnikan dari bijih aluminium yang disebut……

Tembaga dapat dimurnikan melalui elektrolisis menggunakan elektoda positif yang terbuat dari tembaga …….. dan elektroda negative tembaga …….

DAFTAR PUSTAKA

Nicholls L., Ratcliffe, M., (2000), **Chemistry**, 1st Ed., Collins Advanced Modular Sciences, London.

Ratcliff, B., Eccles, H., Johnson D., Nicholson, J., Raffan, J. (2002), **Chemistry 1**, 2nd Ed., Cambridge Advances, Sciences, Cambridges University Press, Cambridge.

Ratcliff, B., Eccles, H., (2001), **Chemistry 2**, 1st Ed., Cambridge Advances, Sciences, Cambridges University Press, Cambridge.

Brown, L. S., Holme, T. A., (2006), **Chemistry for Engineering Students**, Thomson Books/Cole, Canada.