



Zulfikar

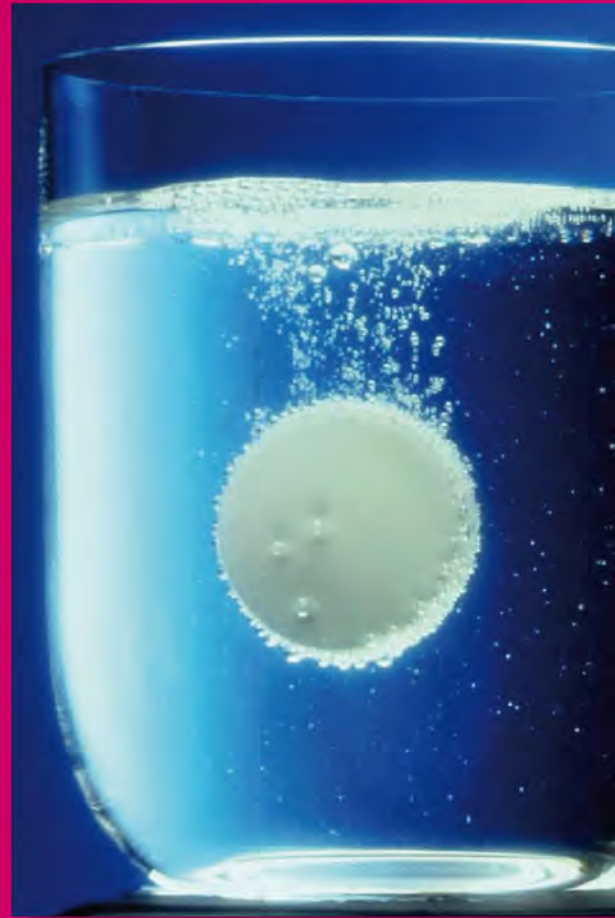


Zulfikar

Kimia Kesehatan

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 3



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

KIMIA KESEHATAN JILID 3

untuk SMK

Zulfikar

KIMIA KESEHATAN

JILID 3

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 KESEHATAN JILID 3

Untuk SMK

Penulis : Zulfikar

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

ZUL KIMIA KESEHATAN JILID 3 UNTUK SMK /OLEH ZULFIKAR ----
K Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
ix, 135 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Lampiran : Lampiran. B
Indeks : Lampiran. C
ISBN : 978-602-8320-48-1
ISBN : 978-602-8320-51-1

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 khususnya 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 ini ditulis untuk dipergunakan sebagai panduan belajar dan mengajar di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan, dengan ruang lingkup Kimia untuk bidang Kesehatan. Materi disajikan dengan pendekatan konsep kimia dan penerapannya dalam bidang kesehatan. Luasnya materi kajian yang diberikan juga menuntut agar pembaca perlu tambahan pengetahuan khususnya bidang kimia.

Teknik penyajian buku ditekankan pada penerapan konsep-konsep dasar bidang kimia dalam bidang kesehatan dibantu dengan gambar dan bagan sederhana yang diharapkan mampu membantu pembaca dalam memahami buku dengan mudah dan dapat disebarluaskan kepada pihak lain agar dapat dimanfaatkan.

Dalam menjabarkan isi buku, penulis juga memberikan arahan isi melalui alur fikir dan bagan konsep kimia. Materi disusun atas dasar Standar Kompetensi Kimia Kesehatan yang selanjutnya dikembangkan menjadi pokok-pokok bahasan yang mengacu pada Kompetensi Dasar.

Keberhasilan penulisan buku ini tidak lepas dari dukungan adik-adik kami, Ali Muhammad Yusuf Shofa dan Wahid Hasyim di Jurusan Kimia, serta dukungan keluarga tercinta. Tidak berlebihan jika penulis persembahkan buku ini untuk putra-putri penulis, Rizti Khairinnisa, Ahmad Reza Zulfi dan Ahmad Fikri Zulfi serta istri penulis Agustin Anita.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Pendidikan Menengah dan Kejuruan yang telah memberi kesempatan dan dukungan dalam penyelesaian buku ini.

Penulis dengan senang hati dan sangat berharap kritik dan saran yang membangun dan dapat dipergunakan sebagai bahan penyempurnaan dari buku ini. Mudah-mudahan karya sederhana ini dapat memberikan kontribusi yang berarti untuk pengembangan pendidikan di jenjang sekolah menengah kejuruan. Atas saran dan kritik yang diberikan pembaca, sebelumnya penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Penulis

Alur Fikir Buku

Buku Kimia kesehatan memberikan informasi sederhana tentang peran ilmu kimia dalam bidang kesehatan. Pemaparan dan penyajian konsep dilakukan dengan memvisualisasikan konsep dalam bentuk gambar-gambar. Dengan pola ini diharapkan mampu menyederhanakan konsep dan dapat diterima siswa dengan mudah.

Substansi dan materi buku disusun dengan tujuan untuk memberikan pengetahuan dasar ilmu kimia yang dapat dijadikan acuan atau kerangka dasar dalam mempelajari ilmu bidang kesehatan dengan pendekatan kimia. Atas dasar ini maka sajian difokuskan pada pemahaman

1. Konsep materi dan perubahannya, fenomena reaksi kimia yang terkait dengan kinetika, kesetimbangan, kekekalan masa dan kekekalan energy.
2. Tentang sifat berbagai larutan asam-basa, larutan koloid, larutan elektrolit-non elektrolit, termasuk cara pengukuran dan kegunaannya
3. Konsep reaksi oksidasi-reduksi dan elektrokimia serta penerapannya dalam fenomena pembentukan energi listrik, korosi logam, dan pemisahan bahan.
4. Tentang struktur molekul dan reaksi senyawa organik yang meliputi benzena dan turunannya, lemak, karbohidrat, protein, dan polimer serta kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari

Kekuatan pengetahuan dasar kimia diharapkan dapat berkembang dan dapat diartikulasikan kedalam perilaku hidup, oleh sebab itu keintegrasian materi juga dikembangkan yang dituangkan kedalam materi seperti;

1. Memahami konsep, prinsip, hukum, dan teori kimia serta saling keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.
2. Menggunakan pengetahuan dasar kimia dalam kehidupan sehari-hari, dan memiliki kemampuan dasar kimia sebagai landasan dalam mengembangkan kompetensi di bidang kesehatan.

Standar kompetensi kompetensi dasar yang dijabarkan diatas merupakan dasar bagi pengembangan isi buku. Dengan alur fikir yang sistematis diharapkan mampu memberikan arahan dalam pembelajaran untuk pencapaian kompetensi dasar dari Kimia kesehatan yang ditetapkan.

Daftar Isi

Kata pengantar.....	i
Alur fikir isi buku.....	ii
Daftar Isi	iii
JILID 1	
Bab 1. Ruang Lingkup Ilmu Kimia	1
1. Ilmu Kimia	1
2. Materi dan wujudnya	1
3. Sifat Materi	3
4. Perubahan Materi	4
5. Energi menyertai Perubahan Kimia	5
6. Klasifikasi Materi	6
7. Peran Ilmu Kimia	9
Rangkuman	11
Uji Kompetensi	12
Bab 2. Unsur dan Senyawa	14
2.1. Unsur	14
2.1.1 Nama unsur	15
2.1.2 Lambang unsur	15
2.1.3 Unsur di alam	16
2.1.4 Atom	18
2.1.5 Ion	19
2.2. Senyawa	19
2.2.1 Senyawa di alam	19
2.2.2 Molekul	22
2.2.3 Komposisi senyawa	23
2.2.4 Rumus Kimia	24
2.3. Persamaan reaksi	26
2.3.1 Penyetaraan reaksi	27
Rangkuman	29
Uji Kompetensi	31
Bab.3. Atom dan Molekul	33
3.1. Atom	33
3.1.1 Atom dan lambang atom	33
3.1.2 Perkembangan teori atom	36
3.1.3 Konfigurasi Elektron	42
Rangkuman	46
Uji Kompetensi	50
Bab 4 Tabel Periodik	52
4.1. Tabel Periodik	52
4.1.1 Sifat unsur merupakan fungsi masa atom	52
4.1.2 Tabel periodik panjang	53
4.1.2.1 Jalur horizontal	53
4.1.2.1 Jalur vertikal	52
4.2. Hubungan table periodic dengan konfigurasi elektron	56
4.2.1 Elektron valensi	56
4.2.2 Jari-jari atom	56
4.2.3 Energi ionisasi	57

4.2.4. Afinitas elektron.....	58
Rangkuman.....	59
UjiKompetensi	61
Bab 5 Ikatan Kimia	
5.1. Ikatan Kimia	62
5.1.1. Ikatan ion	63
5.1.2. Ikatan Kovalen	65
5.1.3. Hibridisasi dan bentuk molekul.....	69
5.1.4. Interaksi atom	71
5.1.4.1. Ikatan Logam	71
5.1.5. Gaya tarik menarik antar molekul	74
5.1.6. Ikatan Hidrogen	75
Rangkuman.....	77
Uji Kompetensi	80
Bab 6 Stoikiometri	
6.1. Tata nama senyawa sederhana	81
6.1.1. Penamaan senyawa biner	81
6.1.2. Penamaan senyawa ion.....	83
6.1.3. Penamaan senyawa terner	84
6.2. Hukum Dasar Kimia	85
6.2.1. Hukum kekekalan massa	85
6.2.2. Hukum perbandingan tetap	86
6.2.3. Hukum perbandingan berganda	87
6.2.4. Hukum perbandingan volume.....	87
6.2.5. Penentuan volume gas pereaksi dan hasil reaksi	88
6.3. Atomic relative (Ar) dan Molecule relative (Mr)	90
6.4. Konsep mol	91
6.5. Hubungan persamaan reaksi dan mol zat	92
6.6. Hitungan kimia.....	92
6.7. Perhitungan komposisi zat	95
Rangkuman	97
Uji Komptensi	99
Bab 7 Reaksi Kimia	
7.1. Reaksi kimia.....	101
7.2. Jenis reaksi kimia.....	102
7.2.1. Reaksi pembentukan	102
7.2.2. Reaksi penguraian	102
7.2.3. Reaksi pengendapan	103
7.2.4. Reaksi pertukaran.....	103
7.2.5. Reaksi netralisasi	104
7.2.6. Reaksi pembakaran	104
7.3. Reaksi oksidasi dan reduksi.....	104
7.4. Bilangan oksidasi.....	105
7.5. Bilangan oksidasi pada senyawa ion	106
7.6. Menyetarakan reaksi redoks.....	107
7.6.1. Cara ion elektron	108
7.6.2. Cara bilangan oksidasi	110
7.7. Sel elektrokimia.....	113

7.7.1. Sel volta	114
7.7.2. Sel Elektrolisa	115
7.8. Hukum Faraday	117
7.9. Sel elektrokimia komersial	118
7.9.1. Sel volta komersial.....	118
7.9.2. Sel elektrolisa dalam industri	119
7.10. Korosi	120
Rangkuman.....	122
Uji Kompetensi	124

JILID 2

Bab 8 Larutan	
8.1. Larutan	128
8.1.1. Larutan elektrolit dan elektrolit.....	129
8.1.2. Derajat ionisasi.....	129
8.2. Konsentrasi Larutan	131
8.2.1. Persen berat.....	131
8.2.2. Persen volume	132
8.2.3. Fraksi mol.....	132
8.2.4. Molalitas	133
8.2.5. Molaritas	133
8.2.6. Normalitas.....	133
8.3. Pengenceran	134
8.4. Sifat Larutan	135
8.4.1. Asam dan basa	135
8.4.2. Pembentukan asam dan basa.....	137
8.4.3. Derajat keasaman dan kebasaan	139
8.4.4. Keseimbangan air	141
8.5. Garam	142
8.5.1. Reaksi antara asam dengan basa.....	143
8.5.2. Asam dengan oksida basa.....	143
8.5.3. Basa dengan oksida asam	143
8.5.4. Logam dengan asam	144
8.5.5. Reaksi metatesis	144
8.6. Hidrolisis Garam.....	145
8.6.1. Garam yang berasal dari asam kuat basa kuat	145
8.6.2. Garam yang berasal dari asam kuat basa lemah	146
8.6.3. Garam yang berasal dari asam lemah basa kuat	146
8.6.4. Garam yang berasal dari asam lemah basa lemah	147
8.7. Larutan penyangga atau buffer	147
8.7.1. Garam dengan asam lemahnya	148
8.7.2. Garam dengan basa lemahnya	148
Rangkuman.....	151
Uji kompetensi bagian asam	155
Uji kompetensi bagian garam	157

Bab 9 Keseimbangan Kimia	
9.1. Keseimbangan	159
9.1.1. Sistem tertutup.....	160
9.1.2. Keseimbangan dinamis	160
9.1.3. Jenis reaksi keseimbangan	161
9.2. Tetapan Keseimbangan	162

9.3. Pergeseran Kesetimbangan	164
9.3.1. Pengaruh konsentrasi	164
9.3.2. Pengaruh suhu	164
9.3.3. Pengaruh volume dan tekanan	165
9.3.4. Katalisator	166
9.4. Disosiasi	167
9.5. Aplikasi kesetimbangan dalam industri	167
9.6. Kesetimbangan larutan	168
Rangkuman	170
Uji kompetensi	171

Bab 10 Kecepatan reaksi dan energi

10.1. Kecepatan reaksi	175
10.2. Tahap reaksi	177
10.3. Tingkat reaksi	178
10.4. Faktor-faktor kecepatan reaksi	179
10.4.1. Luas permukaan	180
10.4.2. Konsentrasi	180
10.4.3. Suhu	180
10.4.4. Katalisator	181
Rangkuman	183
Uji Kompetensi	184
10.5. Energi	187
10.5.1. Termokimia	187
10.5.2. Hukum-hukum dalam termokimia	188
10.5.3. ΔH pembentukan	190
10.5.4. ΔH penguraian	190
10.5.5. ΔH pembakaran	191
10.5.6. ΔH pelarutan	191
10.6. Energi ikatan	192
10.7. Kalor pembakaran berbagai bahan bakar	193
10.7.1. Komposisi Minyak bumi	193
10.7.2. Bahan bakar hasil pengolahan minyak bumi	194
10.7.3. Kalor pembakaran bahan bakar	195
10.8. Termodinamika	196
10.8.1. Hukum kedua termodinamika	197
10.8.2. Entropi	197
10.8.3. Hukum ketiga termodinamika	198
Rangkuman	200
Uji Kompetensi	203

Bab 11 Sifat Koligatif dan Koloid

11.1 Sifat Koligatif Larutan	206
11.1.1 Penurunan Tekanan uap jenuh	206
11.1.2 Jumlah partikel elektrolit dan non elektrolit	208
11.1.3 Kenaikan titik didih	208
11.1.4 Penurunan titik beku	210
11.2 Tekanan Osmotik	211
Rangkuman	212
Uji Kompetensi	213
11.3 Sistem Dispersi	215

11.3.1	Macam-macam Koloid	215
11.3.2	Pembuatan Koloid	218
11.3.3	Pemisahan Koloid	219
	Rangkuman	220
	Uji Kompetensi	222
Bab 12 Senyawa Hidrokarbon		
12.1.	Kekhasan atom karbon	224
12.2.	Senyawa hidrokarbon	225
12.2.1	Isomer	226
12.3.	Alkana	227
12.3.1	Penamaan alkana	228
12.4.	Alkena	229
12.4.1	Penamaan alkena	230
12.4.2.	Stereoisomer alkena	230
12.5.	Alkuna	234
12.5.1	Tata nama alkuna	234
	Rangkuman	238
	Uji Kompetensi	240
12.6.	Alkanon	244
12.6.1	Tata nama alkanon	244
12.6.2.	Beberapa senyawa alkanon penting	244
12.6.3.	Sifat fisika alkanon	245
12.6.4.	Sifat kimia alkanon	245
12.7.	Alkanal	245
12.7.1.	Tata nama aldehid	246
12.7.2.	Pembuatan aldehid	246
12.7.3.	Reaksi-reaksi aldehid	247
12.7.3.	Pemanfaatan aldehid	247
12.8.	Alkanol	247
12.8.1.	Tata nama alkohol	248
12.7.2.	Sifat-sifat alkohol	248
12.7.3.	Pemanfaatan alkohol	249
12.9.	Alkoksi Alkana	250
12.9.1.	Tata nama eter	250
12.9.2.	Sifat-sifat eter	251
12.9.3.	Pemanfaatan eter	251
12.10.	Asam Alkanoat	251
12.10.1.	Tata nama asam karboksilat	252
12.10.2.	Sifat-sifat asam karboksilat	252
12.10.3.	Pemanfaatan asam karboksilat	253
12.11.	Alkil alkanoat	253
12.11.1.	Tata nama ester	254
12.11.2.	Sifat-sifat ester	254
12.11.3.	Pemanfaatan ester	255
12.12.	Alkil amina	255
12.12.1.	Tata nama alkil amina	256
12.12.2.	Sifat-sifat alkil amina	256
12.13.	Siklo alkana	259
12.13.1.	Tata nama siklo alkana	259
12.14.	Benzena	260

12.14.1. Tata nama dan turunan benzena	260
12.14.2. Sifat-sifat benzena dan turunannya	261
12.14.3. Pemanfaatan senyawa benzena	261
Rangkuman	263
Uji kompetensi	266

JILID 3

Bab 13 Makromolekul	
13.1. Polimer	268
13.2. Klasifikasi polimer	269
13.2.1 Polimer Alam	269
13.2.2. Polimer sintetik	269
13.3. Monomer.....	270
13.4. Polimerisasi	270
13.4.1 Polimerisasi adisi.....	271
13.4.2. Polimerisasi kondensasi	271
13.5. Tata nama polimer	272
13.6. Sifat-sifat polimer	273
13.7. Polimer di sekeliling kita.....	274
Rangkuman	277
Uji Kompetensi	279
Bab 14 Biomolekul.....	
14.1. Makromolekul pada makhluk hidup	281
14.2. Air.....	281
14.3. Karbohidrat	283
14.3.1. Monosakarida	285
14.3.2. Oligosakarida.....	287
14.3.3. Polisakarida	289
14.4. Protein.....	292
14.4.1 Peptida sebagai rantai protein.....	295
14.5. Lipida	301
14.5.1 Asam lemak	301
14.5.2. Prostaglandin	303
14.5.3. Gliserol	304
14.5.4. Trigliserida.....	304
14.5.5. Wax	305
14.5.6. Membran sel	305
14.5.7. Gliseroposfolipida	306
14.5.8. Sfingolipid dan glikosfingolipid	306
14.5.9. Terpena	307
14.5.10. Steroida	307
14.6. Asam nukleat.....	309
14.6.1 Nukleosida.....	310
14.6.2. Nukleotida.....	311
Rangkuman	312
Uji Kompetensi	315
Bab 15 Pemisahan kimia dan analisis	
15.1. Pemisahan.....	319
15.1.1. Pengayakan	319
15.1.2. Filtrasi.....	320

15.1.3. Sentrifugasi	321
15.1.4. Kristalisasi.....	322
15.1.5. Destilasi	323
15.2. Analisis kuantitatif.....	324
15.2.1. Sampling.....	324
15.2.2. Sediaan sampel	324
15.2.3. Pengukuran sampel.....	325
15.3. Gravimetri	328
15.4. Volumetri	329
15.4.1. Titrasi asam basa.....	331
15.4.2. Titrasi redoks.....	332
15.4.3. Titrasi Argentometri.....	334
15.4.4. Nitrimetri.....	334
Rangkuman	336
Uji Kompetensi	338

LAMPIRAN. A

Daftar Pustaka	340
Glosarium	342

LAMPIRAN. B

Lampiran	356
1. Kunci Jawaban	356
2. Tabel Periodik.....	357
3. Daftar Unsur	358
4. Konfigurasi Elektron	359
5. Energi Ionisasi Kation	360
6. Tetapan Ionisasi Asam Lemah	361
7. Tetapan Ionisasi Basa Lemah	368
8. Data Hasil Kali Kelarutan	369
9. Potensial Reduksi Standar	373
10. Eltapi Pembentukan Std. (ΔH_f°), (ΔG_f°) dan (S°)	381

LAMPIRAN. C

Indeks	386
---------------------	------------

Bab 13. Makromolekul

Standar Kompetensi

Menjelaskan system klasifikasi dan kegunaan polimer

Kompetensi Dasar

Menjelaskan kegunaan polimer
Mengklasifikasikan polimer

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendefinisikan polimer
2. Siswa dapat mengklasifikasikan polimer
3. Siswa dapat menyebutkan jenis reaksi polimerisasi
4. Siswa dapat menyebutkan sifat-sifat polimer sintetik
5. Siswa dapat menggunakan tata penamaan polimer sintetik
6. Siswa dapat menyebutkan manfaat polimer sintetik dalam kehidupan sehari-hari.

13.1. Polimer

Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita jumpai beraneka ragam zat atau barang bukan sebagai senyawa sederhana melainkan sebagai molekul besar atau dengan berat molekul berkisar seribu bahkan ratusan ribu. Hal ini disebabkan karena senyawa tersebut tersusun dari molekul-molekul kecil yang saling bergabung membentuk struktur yang sangat besar, dan sifat-sifatnya berbeda dengan molekul-molekul penyusunnya. Molekul dengan ciri-ciri semacam ini disebut dengan makromolekul.

Beberapa senyawa makromolekul yang mudah kita temukan seperti kayu berupa lignin dan selulosa, bahan makanan seperti beras, tepung terigu berupa karbohidrat, daging, telur yang mengandung protein, bahan pakaian seperti polyester, peralatan yang terbuat dari plastik berupa polietilena teflon polivinilklorida dan polistirena, lihat Gambar 13.1.

Polimer adalah makromolekul yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unitnya. Molekul sederhana yang membentuk unit-unit ulangan ini dinamakan monomer. Sedangkan reaksi pembentukan polimer dikenal dengan istilah polimerisasi.



Gambar 13.1. Berbagai macam produk berupa senyawa polimer

Untuk lebih jelasnya bagaimana monomer membentuk sebuah polimer dapat kita perhatikan struktur molekul polimer pada Bagan 13.2.

13.2. Klasifikasi Polimer

Banyak cara yang diajukan oleh kimiawan dalam mengklasifikasikan polimer, seperti berdasarkan asal atau sumbernya, berdasarkan struktur molekulnya dan adapula yang didasari atas sifat panasnya. Namun demikian pengklasifikasian yang paling sederhana dan sering dipergunakan didasari atas asal atau sumbernya. Berdasarkan hal ini diketahui dua jenis polimer yaitu polimer alam dan polimer sintetik.

13.2.1. Polimer Alam

Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. Contoh sederhana polimer alam adalah karet alam, pati, selulosa dan protein. Jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Pembahasan polimer alam secara detil disajikan pada Bab 14.

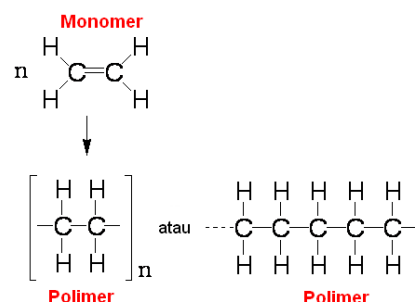
13.2.2. Polimer sintetik

Polimer sintetik merupakan jenis polimer yang dihasilkan melalui sintesis kimia, produksi umumnya dilakukan dalam skala besar untuk kepentingan hidup manusia. Bentuk polimer sintetik yang dihasilkan dapat berupa *plastik* dan *serat buatan*. *Plastik* merupakan polimer yang memiliki sifat mencair atau mudah mengalir jika dipanaskan, sehingga mudah dibentuk atau dicetak. Beberapa produk dari plastik misalnya pipa, mainan anak-anak, dapat pula berbentuk lembaran seperti pembungkus makanan atau bahan dan berupa cairan pelapis cat mobil, pernis perhatikan Gambar 13.3.

Polimer sintetik lainnya adalah *polimer termoset*, polimer ini dapat dilebur pada tahap tertentu selanjutnya menjadi keras selamanya, dan tidak dapat dicetak ulang. Bakelit adalah contoh yang mudah kita temukan sebagai casing pada peralatan elektronika, toilet, dan lain-lain.

Serat buatan merupakan produk polimer berupa untaian atau seperti benang yang dapat ditenun atau dijalin membentuk lembaran-lembaran tipis dan panjang yang kuat dan ulet. Produk polimer bentuk ini dapat dilihat pada Gambar 13.4.

Bagan 13.2. sejumlah n monomer membentuk polimer



Gambar 13.3. Produk polimer berupa plastik



Gambar 13.4. Produk polimer berupa serat buatan

13.3. Monomer

Seperti telah dibahas sebelumnya monomer adalah unit terkecil sebagai penyusun polimer. Penelitian di bidang monomer sangat pesat, mengingat banyak tantangan yang dihadapi oleh manusia, jika kita menggali terus menerus barang tambang, tentunya akan merusak lingkungan, para ahli mencari pengganti besi, sebagai pipa, tembaga sebagai penghantar listrik. Monomer pengganti tersebut masih dipelajari, misalnya polimer yang dapat menghantarkan listrik seperti polianilin, polipirol dan lainnya.

Beberapa monomer yang sudah banyak dimanfaatkan oleh kita dan telah dikomersialisasikan seperti, etilen, kloro etilen, tetrafloro etilen, isobutilena dan stirena.

Pada Table 13.1 disajikan beberapa monomer yang sudah kita kenal beserta nama polimer dan unit terkecil penyusun polimernya.

Tabel 13.1 Monomer, rumus molekul unit ulangnya dan nama polimer

No	Monomer	Unit ulangan	Nama polimer
1	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Polietilen
2	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$	$-\text{CH}_2\text{CHCl}-$	Poli (vinil klorida)
3	$\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	$\left[\text{CF}_2\text{CF}_2 \right]$	Politetraetilen/Teflon
4	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2 - \text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Poliisobutilena
5	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2 - \text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	Polistirena

13.4. Polimerisasi

Penggabungan molekul-molekul kecil atau monomer menjadi molekul yang sangat besar siberi istilah reaksi *polimerisasi*. Berdasarkan peristiwa yang terjadi selama reaksi, maka polimerisasi dibagi menjadi tiga jenis yaitu: polimerisasi adisi dan polimer kondensasi.

Polimerisasi adisi

Polimerisasi adisi terjadi pada monomer-monomer yang sejenis dan mempunyai ikatan tak jenuh (rangkap). Proses polimerisasi diawali dengan pembukaan ikatan rangkap dari setiap monomernya, dilanjutkan dengan penggabungan monomer-monomernya membentuk rantai yang lebih panjang dengan ikatan tunggal. Proses ini disederhanakan dalam Bagan 13.5.

Polimer yang terbentuk dari reaksi polimerisasi adisi hanya mengandung satu macam monomer saja, sehingga disebut *homopolimer*. Struktur homopolimer adalah $-A-A-A-A-$, dan A adalah monomer.

Beberapa senyawa yang mengikuti pola reaksi adisi, seperti etilen dalam membentuk polietilen, tetrafloro etilen dalam membentuk Teflon dan polimer lainnya.

Dalam polimerisasi adisi dari senyawa propilen akan terbentuk tiga jenis struktur polimer didasari pada kedudukan atau posisi dari gugus alkil atau fenil. Isotaktik propilen berbentuk jika gugus metil pada posisi yang sama didalam polimer tersebut. Untuk lebih mudahnya perhatikan Gambar 13.6.

Jika gugus alkil/fenil memiliki kedudukan yang tidak sama misalnya cis dan trans, namun kedudukan tersebut berubah secara beraturan, maka polimer tersebut dikatakan sebagai sindiotaktik, perhatikan Gambar 13.7, yang mengilustrasikan struktur ini.

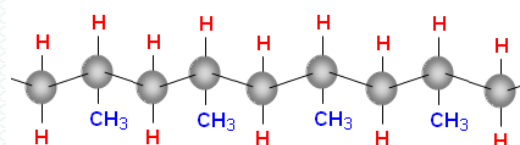
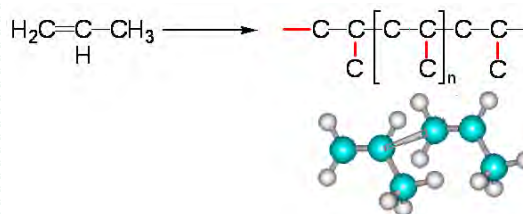
Jika gugus alkil/fenil yang berada pada rantai karbonnya berposisi secara random, maka polimer ini disebut dengan polimer ataktik. Perhatikan struktur ataktik pada Gambar 13.8.

13.4.2. Polimerisasi Kondensasi

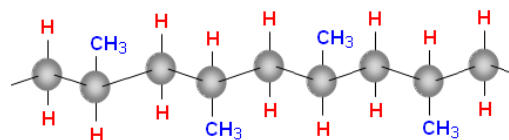
Pada polimerisasi kondensasi penggabungan monomer membentuk polimer dengan melepaskan molekul kecil seperti air (H_2O) atau ammonia (NH_3).

Untuk mempermudah ilustrasi dari reaksi polimerisasi kondensasi dapat kita amati pada persamaan reaksi dibawah ini :

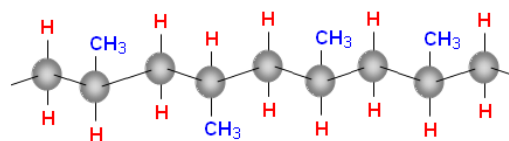
Bagan 13.5. Contoh polimerisasi adisi dari senyawa propilen



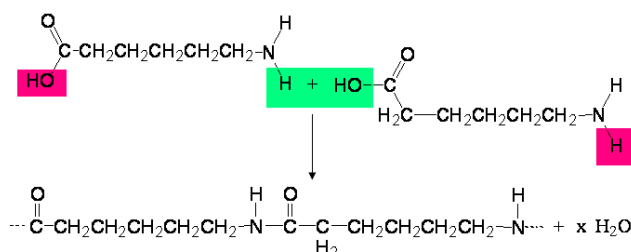
Gambar 13. 6. Struktur isotaktik propilen dimana kedudukan metil adalah sama



Gambar 13.7. Struktur sindiotaktik propilen dengan gugus metil yang berseberangan namun berubah secara teratur



Gambar 13.8. Struktur ataktik propilen dengan gugus metil yang berposisi random atau acak



Pada polimerisasi kondensasi, banyak monomer pembentuk polimer lebih dari satu jenis atau terbentuk dari bermacam-macam monomer, sehingga disebut *kopolimer*. Struktur umum kopolimer adalah $-A-B-A-B-A-B-A-B-$. Pembentukan polimer semacam ini ditunjukkan pada Bagan 13.9, pada pembuatan karet sintetik.

13.4. Tata Nama Polimer

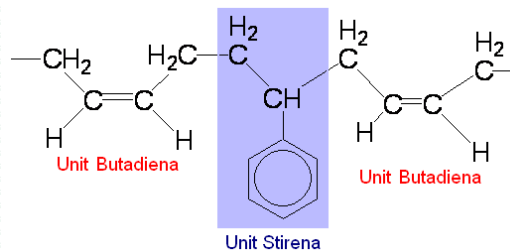
Begitu besar molekul-molekul penyusun polimer dan tidak hanya dari satu jenis polimer saja, namun dapat pula terdiri dari beberapa unit polimer seperti yang sudah kita bahas sebelumnya. Penamaan polimer didasari oleh atas nama monomernya baik dari nama sumber ataupun nama umum, yang kedua didasari atas taktisitas dan isomernya.

Untuk nama polimer yang didasari atas nama monomernya adalah polimer yang disusun oleh satu kata monomer. Penamaan dilakukan dengan memberikan awal kata poli pada nama monomernya. Misalnya untuk polimer dengan monomer stirena, maka nama polimer tersebut adalah polistirena. Untuk contoh lainnya perhatikan Tabel 13.2.

Penamaan berubah jika nama monomer lebih dari satu kata atau didahului sebuah huruf atau angka. Penamaan dilakukan dengan meletakkan nama monomer didalam kurung dan diawali dengan kata poli, sebagai contoh, jika monomernya adalah asam akrilat, maka penamaan polimer menjadi poli(asam akrilat). Untuk contoh yang lain perhatikan Tabel 13.3.

Penamaan berdasarkan taktisitas, diawali dengan huruf i untuk isotaktik atau huruf s untuk sindiotaktik. Sebagai contoh kita tuliskan nama senyawa i-polistiren, maka hal ini mengindikasikan

Bagan 13.9. Contoh kopolimer untuk senyawa stirena dengan butadiena



Tabel 13.2. Nama polimer yang didasari atas nama monomernya

Monomer	Polimer
etilen	Polietilen
propilen	Polipropilen
stiren	Polistiren
tetrafluoroetilena	Poli tetrafluoroetilena

Tabel 13.3. Nama polimer yang jumlah kata monomernya lebih dari satu kata

Monomer	Polimer
Asam akrilat	Poli(asam akrilat)
α -metil stiren	Poli(α -metil stiren)
1-pentena	Poli(1-pentena)
metil metakrilat	Poli(metil metakrilat)

bahwa, polimer disusun oleh monomer stiren dimana kedudukan atau posisi gugus fenilnya sama.

Penamaan berdasarkan isomer struktural dan geometriaknya ditunjukkan dengan menggunakan awalan *cis* atau *trans* serta dengan menyebutkan angka untuk posisi sebelum kata poli. Untuk lebih mudah memahaminya, kita ambil contoh nama berdasarkan isomer seperti *trans*-1,4-poli(1,3-butadiena).

Selain aturan penamaan diatas IUPAC juga merekomendasikan penamaan polimer yang diambil dari struktur unit dasar. Aturan tersebut adalah :

- Pengidentifikasian unit struktural terkecil (CRU)
- Sub unit CRU ditetapkan prioritasnya berdasarkan ikatan dan ditulis prioritasnya menurun dari kiri ke kanan
- Substituen-substituen diberi nomor dari kiri ke kanan
- Nama CRU diletakkan dalam kurung, dan diawali dengan poli.

Untuk lebih mudahnya perhatikan contoh penamaan seperti didalam Tabel 13.4.

13.5. Sifat-sifat Polimer

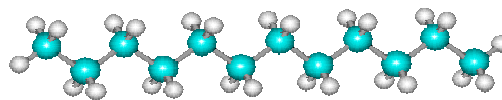
Perbedaan utama dari polimer alam dan Polimer sintetik adalah, mudah tidaknya sebuah polimer didegradasi atau dirombak oleh mikroba. Polimer sintetik sulit diuraikan oleh mikroorganisme.

Sifat-sifat polimer sintetik sangat ditentukan oleh struktur polimernya seperti; panjangnya rantai; gaya antar molekul, percabangan, dan ikatan silang antar rantai polimer.

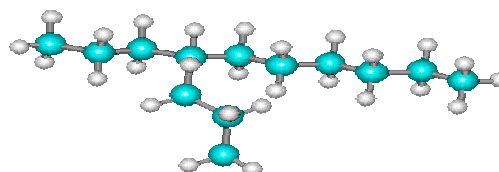
Pertambahan panjang rantai utama polimer diikuti dengan meningkatnya gaya antar molekul monomer. Hal ini yang menyebabkan meningkatnya kekuatan dan titik leleh sebuah polimer. Gambar 13.10, contoh polimer yang berantai panjang dan linier. Polimer yang memiliki banyak cabang, kekuatannya menurun dan hal ini juga menyebabkan titik lelehnya semakin rendah, contoh untuk polimer bercabang ditunjukkan oleh Gambar 13.11.

Tabel 13.4. Nama polimer rekomendasi IUPAC

Nama Sumber	Nama IUPAC
Poli(etilen)	Poli(metilena)
Politetrafluoroetilena	Poli(difluorometilena)
Polistirena	Poli(1-feniletilena)
Poli(asam akrilat)	Poli(1-karboksilatoetilena)



Gambar 13.10. Polimer polietilen yang memiliki rantai linier dan panjang



Gambar 13.11. Contoh polimer yang memiliki cabang

Beberapa polimer memiliki ikatan silang antar rantai, hal ini akan membuat polimer yang bersifat kaku dan membentuk bahan yang keras. Makin banyak ikatan silang makin kaku polimer yang dihasilkan dan polimer akan semakin mudah patah.

Jenis polimer yang memiliki ikatan silang ini merupakan plastik *termoseting*. Jenis plastik ini hanya dapat dipanaskan satu kali yaitu hanya pada saat pembuatannya. Jika plastik ini pecah atau rusak tidak dapat disambung kembali. Pemanasan selanjutnya menyebabkan rusaknya atau ter bongkarnya ikatan silang antar rantai polimer, sehingga susunan molekul polimer berubah atau rusak. Contoh untuk plastik termoseting adalah polimer bakelit yang memiliki ikatan silang antar rantai polimernya (Gambar 13.12).

Plastik jenis yang lain memiliki sifat sebagai termoplastik, yaitu plastik yang dapat dipanaskan secara berulang-ulang. Sifat ini disebabkan karena tidak adanya ikatan silang antar rantai polimernya. Jika polimer ini rusak atau pecah, kita dapat menyambungkannya kembali dengan cara dipanaskan, contoh polimer termoplastik adalah polietilen.

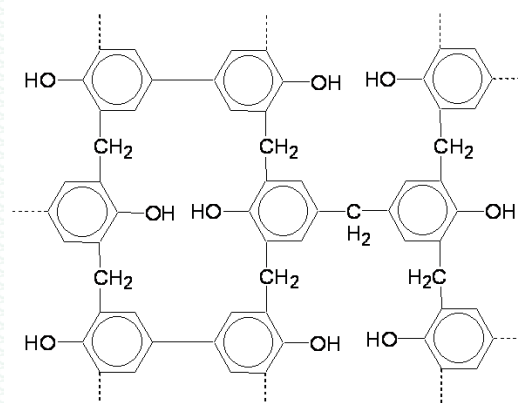
13.6. Polimer disekeling kita

Penggunaan polimer dalam kehidupan sehari-hari sudah menjadi bagian hidup kita dan jarang kita perhatikan. Beberapa polimer tersebut adalah :

Polietilena

Kita lebih sering menyebutnya dengan plastik. Polimer ini dibentuk dari reaksi adisi monomer-monomer etilena. Ada dua macam polietilena, yaitu yang memiliki densitas (kepadatan) rendah dan polietilena yang memiliki densitas tinggi. Perbedaan dari kedua polimer ini adalah cara pembuatannya dan agak berbeda sifat fisiknya.

Secara umum sifat polietilena adalah sebagai zat yang tidak berbau, tidak berwarna dan tidak beracun. Untuk polietilen dengan densitas rendah biasanya dipergunakan untuk lembaran tipis pembungkus makanan, kantung-kantung plastik, jas hujan, lihat Gambar 13.13.



Gambar 13.12. Polimer Bakelit yang memiliki ikatan silang antar rantai polimernya



Gambar 13.13. Berbagai produk yang menggunakan bahan polimer polietilen dengan densitas rendah

Sedangkan untuk polietilen yang memiliki densitas tinggi, polimernya lebih keras, namun masih mudah untuk dibentuk sehingga banyak dipakai sebagai alat dapur misal ember, panci, juga untuk pelapis kawat dan kabel.

Polipropilena,

Polimer ini mirip dengan polietilen, Monomer pembentuknya adalah propilena ($\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$), berbeda dalam jumlah atom C dengan etilen. Polipropilena lebih kuat dan lebih tahan dari polietilena, sehingga banyak dipakai untuk membuat karung, tali dan sebagainya. Karena lebih kuat, botol-botol dari polipropilena dapat dibuat lebih tipis dari pada polietilena. Botol minuman adalah salah satu contoh polimer propilena yang banyak dipergunakan, lihat Gambar 13.14.

Teflon

Nama Teflon merupakan nama dagang, nama ilmiahnya adalah politetrafluoroetilen dan disingkat dengan PTFE. Polimer dihasilkan dari proses polimerisasi adisi senyawa turunan etilen yaitu tetrafluoroetilen ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$). Teflon sangat tahan terhadap bahan kimia, panas dan sangat licin. Penggunaan teflon sebagai pelapis barang yang tahan panas seperti tangki di pabrik kimia, pelapis panci dan kuili anti lengket di dapur serta pelapis dasar seterika. Lihat Gambar 13.15.

Polivinil klorida (PVC)

Polimer ini merupakan polimer yang dibentuk oleh monomer kloro etilen ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Polimer ini memiliki sifat yang lebih kuat dibandingkan dengan etilen, tahan panas atau tidak mudah terbakar. Berdasarkan sifat inilah maka, polivinil klorida banyak dipergunakan untuk membuat pipa, selang keras, lapisan lantai, piringan hitam, dan lain-lain.

Bakelit

Polimer bakelit merupakan plastik termoseting, polimer ini dihasilkan dari suatu kopolimer kondensasi antara metanal dan fenol. Bakelit sudah banyak dibahas pada plastik termoseting. Polimer ini banyak digunakan untuk peralatan listrik, sebagai kotak isolator, danudukan lampu



Gambar 13.14. Contoh penggunaan propilena pada produk yang sering kita jumpai



Gambar 13.15. Kuili dan panci anti lengket yang dilapisi oleh teflon

Polimer Akrilat

Ada dua jenis polimer *Akrilat* yang banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu polimetil metakrilat dan serat akrilat atau *orlon*.

Polmetilmetakrilat (PMMA) merupakan senyawa homopolimer yang dibentuk dari reaksi polimerisasi adisi senyawa metil metakrilat. Senyawa ini juga dikenal dengan nama dagang *flexiglass* (gelas yang fleksibel). PMMA berupa plastik bening, keras dan kuat, namun ringan dan fleksibel. Pemanfaatannya sebagai bahan pencampur gelas dan pencampur logam, dan yang paling mudah kita amati adalah digunakan untuk lampu belakang mobil ataupun kaca jendela pesawat terbang.

Polimerisasi dari asam akrilat (asam 2-propenoat) atau turunannya menghasilkan serat akrilat seperti orlon, serat ini menyerupai wol, sehingga dipergunakan untuk jamper, kaos kaki, karpet dan lain-lain. Lihat Gambar 13.16. Serat sutra didapat dari ulat sutra sebagai bahan yang mengkilat dan halus serta lembut. Polimer sintetik dari sutra adalah serat sintetik *nylon 66* dan *nylon 6*, walaupun hasilnya tidak sebaik sutra namun sudah mendekati. Polimer ini merupakan poliimida, cocok untuk tekstil halus, misalnya untuk pakaian dan pakaian dalam.

Poliester

Poliester merupakan polimer yang disusun oleh monomer ester. Penggunaan dari polimer ini adalah pengganti bahan pakaian yang berasal dari kapas. Produk yang dikenal adalah Dacron dan tetoron nama dagang sebagai serat tekstil. Polimer ini juga dapat dikembangkan lagi dan dipergunakan sebagai pita perekam magnetic dengan nama dagang mylar.

Karet sintetik

Keterbatasan sumber daya karet dan sifatnya yang perlu ditingkatkan maka diteliti dan didapatkan karet sintetik. Karet sintetik merupakan kopolimer yang terbentuk dari dua monomer yaitu stirena dan 1,3 butadiena disingkat dengan SBR.

Rantai polimer senyawa ini dapat berikatan membentuk ikatan silang dengan atom belerang (sulfide) melalui proses vulkanisasi, sehingga karet sintetik memiliki sifat keras dan kuat. Cocok untuk ban mobil (Gambar 13.17).



Gambar 13.16. Serat dan jamper merupakan produk dari polimer akrilat



Gambar 13.17. Karet sintetik dan vulkanisasi untuk ban kendaraan bermotor

RANGKUMAN

1. Polimer adalah makromolekul yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unitnya.
2. Pengklasifikasian yang paling sederhana dan sering dipergunakan didasari atas asal atau sumbernya, yaitu polimer alam dan polimer sintetik.
3. Polimer sintetik merupakan jenis polimer yang dihasilkan melalui sintesis kimia.
4. Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup.
5. Monomer adalah unit terkecil sebagai penyusun polimer.
6. Penggabungan molekul-molekul kecil atau monomer menjadi molekul yang sangat besar siberi istilah reaksi *polimerisasi*.
7. Penamaan polimer didasari oleh atas nama monomernya baik dari nama sumber ataupun nama umum, yang kedua didasari atas taktisitas dan isomernya.
8. Isotaktik propilen berbentuk jika gugus metil pada posisi yang sama didalam polimer.
9. Sindiotaktik adalah polimer yang kedudukan atau posisi dari gugus alkil/fenil kedudukan tidak sama namun berubah secara beraturan.
10. Polimer ataktik adalah polimer yang posisi dari gugus alkil/fenil pada rantai karbonnya random.
11. Perbedaan utama dari polimer alam dan Polimer sintetik adalah, mudah tidaknya sebuah polimer didegradasi atau dirombak oleh mikroba.
12. Sifat-sifat polimer sintetik sangat ditentukan oleh struktur polimernya seperti; panjangnya rantai; gaya antar molekul, percabangan, dan ikatan silang antar rantai polimer.
13. Polimer yang memiliki ikatan silang antar rantai akan memiliki sifat kaku dan membentuk bahan yang keras dan dikenal dengan termoseting
14. Plastik termoplas adalah plastik yang dapat dipanaskan secara berulang-ulang.
15. Ada dua macam polietilena, yaitu yang memiliki densitas (kerapatan) rendah dan polietilena yang memiliki densitas tinggi.
16. Polipropilena ini mirip dengan polietilen, monomer pembentuknya adalah propilena ($\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$), berbeda dalam jumlah atom C dengan etilen.
17. PTFE adalah dihasilkan dari proses polimerisasi adisi senyawa turunan etilen yaitu tetrafluoroetilen ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$), polimer ini disebut juga dengan teflon.

18. Polimer ini merupakan polimer yang dibentuk oleh monomer kloro etilen ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$) dan polimer ini memiliki sifat yang lebih kuat dibandingkan dengan etilen.
19. Polimer bakelit merupakan plastik termoseting, polimer ini dihasilkan dari suatu kopolimer kondensasi antara metanal dan fenol.
20. Ada dua jenis polimer *Akrilat* yang banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu polimetil metakrilat dan serat akrilat atau *orlon*.
21. *Polimetilmetakrilat (PMMA)* merupakan senyawa homopolimer yang dibentuk dari reaksi polimerisasi adisi senyawa metil metakrilat.
22. Polimer sintetik dari sutra adalah serat sintetik *nylon 66* dan *nylon 6*, walaupun hasilnya tidak sebaik sutra namun sudah mendekati, polimer ini merupakan polimer dari poliimida.
23. Poliester merupakan polimer yang disusun oleh monomer ester. Penggunaan dari polimer ini adalah pengganti bahan pakaian yang berasal dari kapas.
24. Karet sintetik merupakan kopolimer yang terbentuk dari dua monomer yaitu stirena dan 1,3 butadiena disingkat dengan SBR.

UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar

1. Makromolekul yang memiliki bobot molekul tinggi, dan dibangun dari pengulangan unit-unitnya disebut dengan
 - A. Karbohidrat
 - B. Polietilen
 - C. Polipropilen
 - D. Polimer
2. Jika polimer dibentuk dari monomer tetrafloroetilen melalui reaksi didalam laboratorium, maka polimer dapat digolongkan sebagai
 - A. Polimer laboratorium
 - B. Polimer sintetik
 - C. Polemer alam
 - D. Benar semua
3. Contoh dibawah ini adalah polimer sintetik, kecuali
 - A. Nylon 66
 - B. Teflon
 - C. Karet stirena butadiene
 - D. Protein
4. Poli(metil metakrilat) adalah polimer yang disusun oleh monomer
 - A. Metakrilat
 - B. Metil metakrilat
 - C. Asam metakrilat
 - D. Akrilon
5. Dari senyawa dibawah ini yang mungkin membentuk polimer isotaktik adalah
 - A. Polietilen
 - B. Teflon
 - C. Polipropilen
 - D. Bakelit
6. Polimer ataktik memiliki ciri dimana gugus alkil atau fenil pada rantai utamanya berposisi
 - A. Sama
 - B. Beraturan
 - C. Random
 - D. Tidak sama namun beraturan
7. Perbedaan utama dari polimer alam dan Polimer sintetik adalah, mudah tidaknya sebuah polimer didegradasi atau dirombak oleh mikroba dan sering diistilahkan dengan
 - A. Biomolekul
 - B. Biodegradabel
 - C. Biodiesel
 - D. Biogas

8. Sifat-sifat polimer sintetik sangat dipengaruhi oleh beberapa factor kecuali :
 - A. panjangnya rantai
 - B. gaya antar molekul
 - C. ikatan silang antar rantai polimer
 - D. Titik leleh
9. Bakelit merupakan termoseting, yang memiliki sifat kaku dan keras. Hal ini disebabkan oleh
 - A. panjangnya rantai
 - B. gaya antar molekul
 - C. ikatan silang antar rantai polimer
 - D. Titik leleh
10. Polimer akrilat yang berbentuk serat ditunjukkan oleh
 - A. Polimetilmetakrilat
 - B. Orlon
 - C. Dakron
 - D. Tetoron
11. Polimer sintetik dari sutra adalah serat sintetik *nylon 66* dan *nylon 6*, polimer ini merupakan polimer dari poliimida.
 - A. Poliimina
 - B. Poliimida
 - C. Polilgita
 - D. Polimata
12. Karet sintetik merupakan kopolimer yang terbentuk dari dua monomer yaitu stirena dengan.
 - A. 1-pentena
 - B. 2 butena
 - C. 1,3 butadiena
 - D. 1,3 pentadiena

Bab 14. Biomolekul

Standar Kompetensi

Menjelaskan system klasifikasi dan kegunaan polimer

Kompetensi Dasar

Menjelaskan kegunaan polimer

Mengklasifikasikan polimer

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendefinisikan polimer alam
2. Siswa dapat menyebutkan definisi karbohidrat
3. Siswa dapat mendefinisikan monomer untuk karbohidrat
4. Siswa dapat mendefinisikan protein
5. Siswa dapat mengidentifikasi ikatan peptida pada rantai protein
6. Siswa dapat menyebutkan protein berdasarkan struktur molekulnya
7. Siswa dapat mendefinisikan lipida
8. Siswa dapat mengidentifikasi senyawa asam lemak
9. Siswa dapat membedakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh
10. Siswa mengenal senyawa isoprena sebagai monomer terpena
11. Siswa dapat mengidentifikasi molekul penyusun asam nukleat
12. Siswa dapat mendefinisikan nukleosida
13. Siswa dapat mendefinisikan nukleotida

14.1. Makromolekul pada makhluk hidup

Makromolekul atau molekul besar memiliki berat molekul berkisar seribu bahkan ratusan ribu. Molekul ini disusun molekul-molekul kecil yang saling bergabung membentuk struktur yang sangat besar, dan sifat-sifatnya berbeda dengan molekul-molekul penyusunnya. Banyak senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup, berupa makromolekul baik yang berbentuk polimer ataupun molekul besar yang memiliki struktur molekul yang kompleks. Molekul yang terdapat dalam makhluk hidup sering juga disebut dengan Biomolekul.

Biomolekul merupakan senyawa yang tersusun dari atom karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, sulfur dan posfor. Unit terkecil dari organisme hidup adalah sel dimana di dalamnya terdapat biomolekul seperti: air, karbohidrat, protein, lipida dan asam nukleat serta deoksiribosa dan ribosa asam nukleat. Dalam bab ini materi tersebut menjadi topik pembahasan kita.

14.2. Air

Air merupakan senyawa yang paling melimpah di muka bumi memiliki rumus kimia H_2O . Sebuah molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen, perhatikan Gambar 14.1.

Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu 1 atm dan 0°C . Air merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Air merupakan molekul yang spesifik, untuk molekul yang sejenis atau atom disekitar atom oksigen, seperti nitrogen, fluor, dan Fosfor, sulfur dan klor, jika berikatan dengan hidrogen membentuk senyawa dalam bentuk gas. Hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk air dalam fasa cair, karena oksigen lebih bersifat elektronegatif daripada elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor).

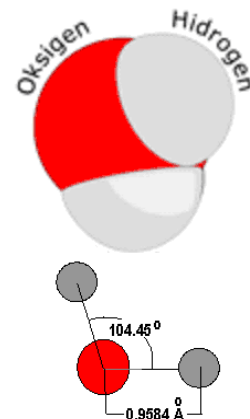
Atom oksigen menarik elektron-elektron ikatan jauh lebih kuat dari pada yang dilakukan oleh atom hidrogen, sehingga kedua atom hidrogen bermuatan parsial positif (δ^+) dan atom oksigen bermuatan parsial negatif (δ^-). Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki momen dipol. Proses terjadinya dipol dalam molekul air ditunjukkan pada Gambar 14.2.

Gaya tarik-menarik listrik antar molekul air ditimbulkan oleh dipol, hal membuat masing-masing molekul saling berdekatan, dan sulit untuk dipisahkan. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen.

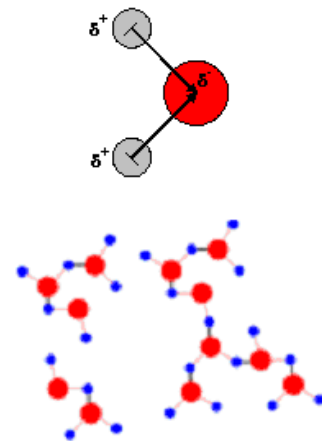
Dalam ilmu fisika gaya tarik antar molekul sejenis dikatakan sebagai kohesi. Sedangkan adhesi gaya tarik menarik antar molekul yang berbeda jenisnya.

Adanya kohesi juga menyebabkan tegangan permukaan air cukup besar. Hal ini dapat diamati jika kita meneteskan air pada permukaan yang tak dapat terbasahi atau terlarutkan, maka air tersebut akan berkumpul sebagai sebuah tetesan. Hal yang sama juga bisa kita amati bagaimana air di atas daun talas.

Pada kasus lain terjadi gaya adhesi yang sama kuatnya dengan gaya kohesinya.



Gambar 14.1. Molekul air dengan orientasi ruang dan sudut ikatannya



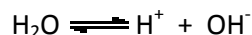
Gambar 14.2. Momen dipol dan ikatan hidrogen pada molekul air

Hal ini dapat kita amati, jika kita letakkan air pada permukaan gelas yang amat bersih atau permukaan amat halus air dapat membentuk suatu lapisan tipis (*thin film*).

Dalam sel-sel biologi dan organel-organel, air bersentuhan dengan membran dan permukaan protein yang bersifat hidrofilik; yaitu, permukaan-permukaan yang memiliki ketertarikan kuat terhadap air. Air juga berperan dalam pembentukan ikatan khususnya pada molekul-molekul polimer.

Dengan adanya sifat polaritas dan mudah terionisasi, air dapat berinteraksi dan melarutkan banyak senyawa kimia sehingga air sering dikatakan sebagai pelarut universal. Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh kemampuan suatu zat untuk menandingi kekuatan gaya tarik-menarik listrik (gaya intermolekul dipol-dipol) antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu menandingi gaya tarik-menarik antar molekul air, maka molekul-molekul tersebut tidak larut dalam air dan tetap sebagai endapan.

Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Air terionisasi menghasilkan sebuah ion hidrogen (H^+) dan sebuah ion hidroksida (OH^-), seperti persamaan reaksi di bawah ini.



Untuk interaksi dua molekul air dituliskan dalam persamaan:



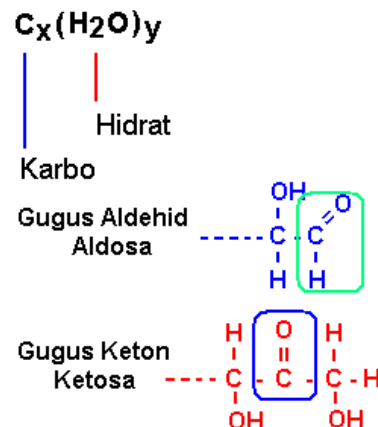
Sedangkan proses melarutkan dengan menggunakan air sebagai pelarut persamaan dituliskan :



14.3. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan molekul yang banyak terdapat di alam. Pembentukan karbohidrat melalui proses fotosintesis dan merupakan sumber energi hayati dari hasil konversi energi matahari ke dalam bentuk energi kimia. Karbohidrat selain sebagai sumber utama energi organisme hidup, juga merupakan sumber karbon untuk sintesis biomolekul dan sebagai bentuk energi polimerik.

Karbohidrat berasal dari hidrat suatu karbon dengan rumus empiris $C_x(H_2O)_y$, merupakan polihidroksi-aldehid ($-C=O$) polihidroksi-ke-ton ($-C-C=O(COH)$) dan turunannya lihat Gambar 14.3.



Gambar 14.3. Karbohidrat dan Gugus fungsional yang ada dalam karbohidrat

Karbohidrat yang dibangun oleh polihidroksi dan gugus aldehid disebut dengan aldosa, sedangkan yang disusun oleh polihidroksi dan gugus keton dikenal dengan ketosa.

Karbohidrat : Polihidroksi $\begin{cases} + \text{Aldehid} = \text{Aldosa} \\ + \text{Keton} = \text{Ketosa} \end{cases}$

Molekul karbohidrat yang paling sederhana adalah polihidroksi aldehida dan polihidroksi keton yang mempunyai tiga hingga enam atom karbon. Atom C memiliki kerangka tetrahedral yang membentuk sudut $105,9^\circ$, menyebabkan molekul karbohidrat cukup sulit berbentuk rantai lurus. Berdasarkan kerangka tetrahedral inilah, molekul polihidroksi ini lebih stabil dalam struktur siklik perhatikan Bagan 14.4.

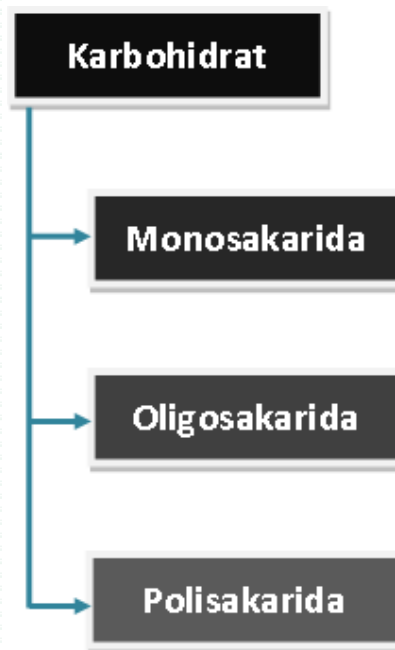
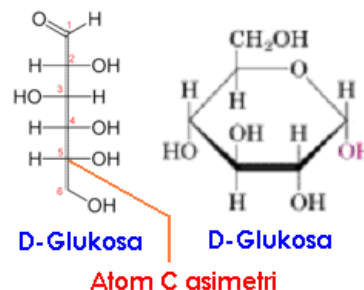
Karbohidrat sederhana dibangun oleh 5 (lima) atom C disebut dengan pentosa. Sedangkan yang dibangun oleh 6 (enam) atom C dikenal dengan heksosa.

Selain dibentuk oleh sejumlah atom C yang mengandung gugus polihidroksi, strukturnya karbohidrat semakin kompleks dengan adanya atom karbon asimetri, yaitu atom karbon yang mengikat empat atom atau molekul yang berbeda pada struktur tetrahedralnya. Kehadiran C asimetri menyebabkan molekul karbohidrat bersifat optik aktif, yaitu mampu memutar bidang cahaya terpolarisasi. Pada karbohidrat juga dijumpai keisomeran optik, molekul-molekul yang komposisinya identik tetapi berbeda orientasinya dalam ruang dan keaktifan optiknya.

Karbohidrat yang paling sederhana ditemukan di alam mengandung tiga atom C disebut triosa. Jika dengan gugus aldehida dinamakan aldotriosa ($\text{HOCH}_2\text{-CHOH-CHO}$) dan dengan gugus keton disebut dengan ketotriosa ($\text{HOCH}_2\text{-CO-CH}_2\text{OH}$).

Karbohidrat dapat berupa monosakarida atau gula sederhana atau berupa gabungan dari monosakarida yang dapat membentuk polisakarida dengan beberapa unit sampai beberapa ribu unit monosakarida. Atas dasar jumlah rantai monomernya maka karbohidrat dapat digolongkan menjadi tiga yaitu monosakarida, Oligosakarida dan polisakarida, lihat Gambar 14.5. Sebagai sumber energi utama bagi tubuh manusia, karbohidrat menyediakan energi sebesar 4 kalori atau 17 kilojoule per-gramnya.

Bagan 14.4. Rantai lurus dan bentuk siklik dari karbohidrat



Gambar 14.5. Klasifikasi karbohidrat

Pemecahan karbohidrat menghasilkan mono dan disakarida, terutama glukosa. Melalui proses glikolisis, glukosa segera terlibat dalam produksi adenosin triphosphat (ATP), pembawa energi sel.

14.3.1. Monosakarida

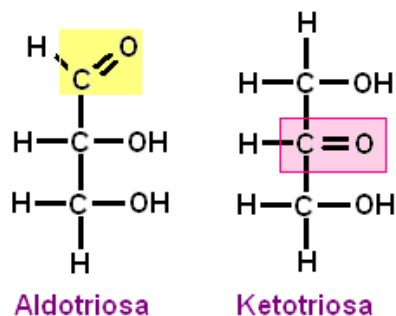
Monosakarida merupakan sakarida sederhana yang tidak dapat dihidrolisis menjadi satuan terkecil walaupun dalam suasana yang lunak sekalipun. Monosakarida paling sederhana adalah gliseraldehid atau aldotriosa dan isomerinya adalah dihidroksiaseton atau ketotriosa perhatikan Bagan 14.6. Kedua senyawa tersebut merupakan suatu triosa karena mengandung tiga atom karbon. Jadi suatu monosakarida, tidak hanya dapat dibedakan berdasarkan gugus-gugus fungsionalnya melainkan juga dari jumlah atom karbonnya.

Monosakarida yang paling banyak ditemukan dalam tubuh organisme adalah monosakarida yang dibangun dengan 6 (enam) atom C yang dikenal sebagai Glukosa. Pada molekul ini terdapat lima gugus hidroksil dan satu gugus aldehyd yang terikat pada atom karbon. Glukosa memiliki dua isomer yaitu manosa dan Galaktosa, perbedaan antara Glukosa dengan Manosa terletak pada gugus hidroksi pada atom C nomor 2. Demikian pula halnya perbedaan antara Glukosa dan Galaktosa terletak pada gugus hidroksinya, gugus OH disebelah kanan untuk galaktosa sedangkan glukosa terletak disebelah kiri, untuk lebih jelasnya perhatikan Bagan 14.7.

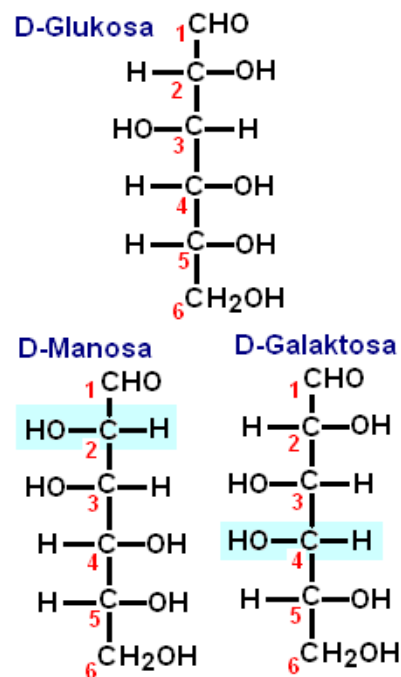
Glukosa dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$, adalah monosakarida yang mengandung enam atom karbon. Glukosa merupakan polihidroksi aldehyda (memiliki gugus CHO). Lima karbon dan satu oksigennya membentuk siklik yang disebut "cincin piranosa", bentuk siklik ini paling stabil untuk aldosa berat atom karbon enam.

Glukosa dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$, adalah monosakarida yang mengandung enam atom karbon. Glukosa merupakan polihidroksi aldehyda (memiliki gugus CHO). Lima karbon dan satu oksigennya membentuk siklik yang disebut "cincin piranosa", bentuk siklik ini paling stabil untuk aldosa berat atom karbon enam.

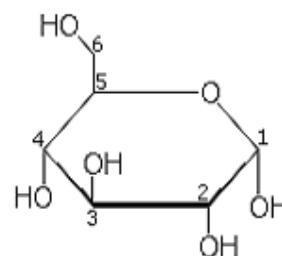
Bagan 14.6. Monosakarida sederhana aldotriosa dan ketotriosa



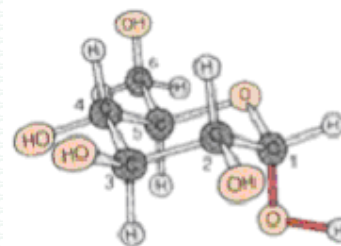
Bagan 14.7. Rumus bangun senyawa D-Glukosa, D-Manosa dan D-Galaktosa



Dalam cincin piranosa, atom karbon mengikat gugus samping hidroksil dan hidrogen kecuali untuk atom C no.5, yang terikat pada gugus CH_2OH sebagai atom karbon nomor 6. Struktur cincin ini berada dalam kesetimbangan pada pH 7, struktur D-Glukosa dalam bentuk cincin piranosa ditunjukkan pada Gambar 14.8. Selain memiliki isomer, Glukosa juga memiliki enansiomer yaitu isomer cermin terhadap dirinya yaitu D-glukosa dan L-glukosa. Namun kenyataannya yang ditemukan pada organisme, hanya yang dalam bentuk D-isomer. Dalam bentuk rantai lurus kita dapat dengan mudah membedakan Bentuk D atau L konformasi isomer pada karbon nomor 5 atau pada atom C asimetris. Notasi D berasal dari kata *Dextro* berarti kanan, dan notasi L berarti *levo* atau kiri, sebagai penanda digunakan gugus hidroksilnya.

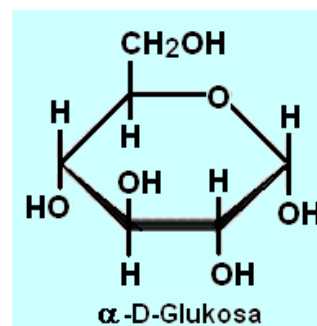


D-Glukopiranosa



Gambar 14.8. Bentuk cincin piranosa senyawa D-Glukosa

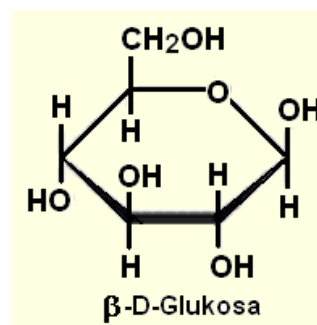
Sedangkan pada cincin piranosa juga memiliki dua bentuk yang khas, yaitu posisi dari gugus hidroksil pada atom karbon pertama. Jika gugus hidroksil berposisi di bawah hidrogennya, maka disebut dengan bentuk α (alfa). Demikian pula sebaliknya jika gugus hidroksilnya berposisi di atas hidrogennya, disebut dengan bentuk β (beta), perhatikan Gambar 14.9 dan Gambar 14.10. Glukosa di dalam air akan membentuk keseimbangan dalam dua bentuk, yaitu bentuk α -D-Glukosa dan β -D-Glukosa, dengan komposisi 36 : 64. Proses perubahan dari α -D-Glukosa ke β -D-Glukosa atau sebaliknya disebut dengan disebut mutarotasi.



Gambar 14.9. α -D-Glukosa

Glukosa merupakan sumber tenaga utama bagi makhluk hidup. Glukosa diserap ke dalam peredaran darah melalui saluran pencernaan. Sebagian glukosa ini kemudian langsung menjadi bahan bakar sel otak, sedangkan yang lainnya menuju hati dan otot, yang menyimpannya sebagai glikogen.

Glikogen merupakan sumber energi cadangan yang akan dikonversi kembali menjadi glukosa pada saat dibutuhkan kembali. Perombakan karbohidrat yang menghasilkan bentuk lain selain glukosa seperti: fruktosa dan galaktosa, akan diangkut ke hati, dan dikonversi atau diubah menjadi glukosa. Fruktosa merupakan monosakarida yang memiliki enam atom karbon merupakan isomer dari glukosa, namun memiliki gugus aldehid. Fruktosa terasa lebih manis dari glukosa dan banyak terdapat dalam buah-buahan. Untuk membedakan struktur molekul glukosa dengan



Gambar 14.10. β -D-Glukosa

fruktosa, dapat mencermati Bagan 14.11.

Glukosa juga memiliki keunggulan yaitu tidak mudah bereaksi secara nonspesifik dengan gugus amino suatu protein dengan cara mereduksinya. Reaksi ini dikenal dengan glikosilasi yang dapat merusak fungsi berbagai enzim. Hal ini disebabkan karena glukosa berada dalam bentuk isomer siklik yang kurang reaktif. Beberapa dampak glikosilasi protein adalah komplikasi akut seperti diabetes, gagal ginjal, dan kerusakan saraf perifer.

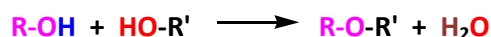
14.3.2. Oligosakarida

Oligosakarida merupakan gabungan dari molekul-molekul monosakarida yang jumlahnya antara 2 (dua) sampai dengan 8 (delapan) molekul monosakarida. Sehingga oligosakarida dapat berupa disakarida, trisakarida dan lainnya. Oligosakarida secara eksperimen banyak dihasilkan dari proses hidrolisa polisakarida dan hanya beberapa oligosakarida yang secara alami terdapat di alam. Oligosakarida yang paling banyak digunakan dan terdapat di alam adalah bentuk disakarida seperti maltosa, laktosa dan sukrosa.

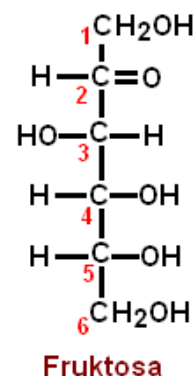
Sering terjadi salah kaprah dalam mengenal definisi gula, karena umumnya gula bagi masyarakat adalah gula pasir. Padahal gula pasir adalah suatu disakarida. Molekul disakarida yang disusun oleh dua molekul monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosida.

Ikatan glikosida terjadi dari kondensasi gugus hidroksil dua molekul monosakarida, yaitu berasal dari gugus hidroksil dari atom Carbon yang pertama dengan salah satu gugus hidroksil pada atom karbon nomor 2, 4, atau 6, yang berasal dari monosakarida yang kedua.

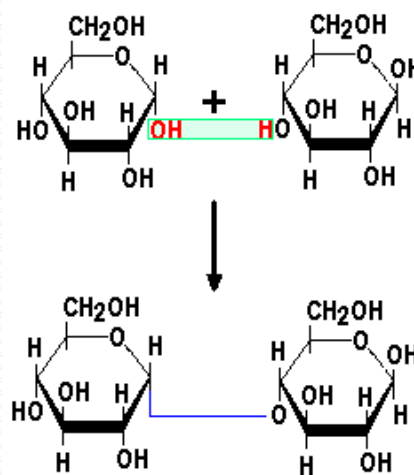
Kita ambil contoh bagaimana sebuah α -D-Glukosa dan β -D-Glukosa membentuk disakarida, Pada kedua molekul ini ikatan glikosida atom karbon nomor 1 dari α -D-glukosa dan atom karbon nomor 4 dari β -D-glukosa lain. Ikatan yang terbentuk dinamakan ikatan 1 $\rightarrow$ 4 glikosida, perhatikan Bagan 14.12. Secara umum reaksi ini dapat digambarkan dengan sederhana dengan pola reaksi berikut ini:



Bagan 14.11. Fruktosa



Bagan 14.12. Ikatan glikosida pada molekul maltosa



Pembentukan ikatan glikosida merupakan jembatan oksigen yaitu R-OR, reaksi ini juga selalu diikuti dengan pelepasan molekul air.

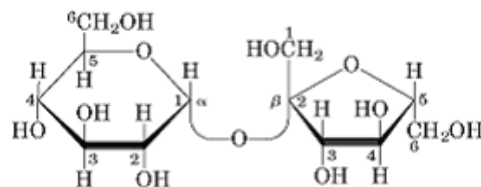
Disakarida yang banyak terdapat di alam seperti maltosa yang terbentuk dari 2 molekul glukosa melalui ikatan glikosida. Pada maltosa, jembatan oksigen terbentuk antara atom karbon nomor 1 dari D-glukosa dan atom karbon nomor 4 dari D-glukosa lain. Ikatan yang terbentuk dinamakan ikatan α (1 $\rightarrow$ 4) glikosida, secara lengkap dinyatakan dengan α -D-glukopiranosil (1 $\rightarrow$ 4) β -D-glukopiranosida. Dalam bentuk sederhana Glc(α 1 $\rightarrow$ 4 β)Glc, perhatikan lagi Bagan 14.12. Maltosa diperoleh dari hasil hidrolisa pati dan banyak dimanfaatkan sebagai pemanis.

Sukrosa (gula pasir) terbentuk dari satu molekul α -D-glukosa dan β -D-fruktosa, yaitu β -D-fruktofuranosil (2 $\rightarrow$ 1) α -D-glukopiranosida atau Fru(α 2 $\leftrightarrow$ 1 β)Glc seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.13.

Sukrosa biasa diperoleh di alam sebagai gula tebu dan gula bit. Khususnya pada ekstrak gula dari bit, sukrosa tidak murni melainkan bercampur dengan oligosakarida yang lain seperti rafinosa dan stakiosa.

Secara alami, laktosa terdapat pada air susu dan sering disebut dengan gula susu. Molekul ini tersusun dari satu molekul D-glukosa dan satu molekul D-galaktosa melalui ikatan β (1 $\rightarrow$ 4) glikosidik, untuk struktur ikatannya dapat dilihat pada Gambar 14.14. Laktosa yang terfermentasi akan berubah menjadi asam laktat. Dalam tubuh Laktosa dapat menstimulasi penyerapan kalsium.

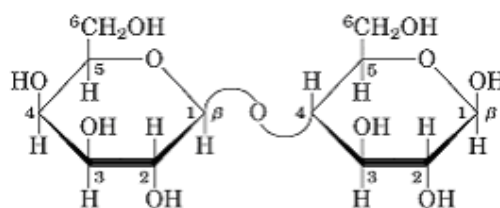
Monosakarida dan oligosakarida serta poli alkohol lainnya umumnya memiliki rasa manis. Sukrosa memiliki rasa manis dan terasa nyaman di lidah kita, walaupun kita menggunakannya dalam konsentrasi tinggi. Berbeda dengan β -D mannosa memiliki terasa manis dan pahit. Sedangkan gentiobiosa memiliki rasa pahit.



Sukrosa

β -D-fruktofuranosil α -D-glukopiranosida
Fru (β 2 $\leftrightarrow$ 1 α)Glc

Gambar 14.13. Ikatan glikosida pada molekul sukrosa



Laktosa

β -D-Galaktopiranosil β -D-glukopiranosida
Fru (β 1 $\rightarrow$ 4)Glc

Gambar 14.14. Ikatan glikosida pada molekul laktosa.

Bahan untuk pemanis yang sering digunakan oleh industri adalah sukrosa, starch syrup (campuran glukosa, maltosa dan malto oligosakarida), glukosa, gula invert, fruktosa, laktosa dan gula alkohol (sorbitol, mannitol, xylitol). Jika kita membandingkan rasa manis diantara molekul oligosakarida dan monosakarida, apabila kita gunakan standart 100 adalah sukrosa maka dapat kita susun tabel tingkat kemanisan sebagai berikut.

Tabel 14.1 Tingkat Kemanisan Relatif beberapa Gula terhadap Sukrosa.

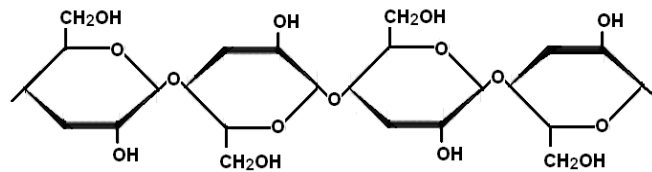
Gula	Tingkat kemanisan	Gula	Tingkat kemanisan
Sukrosa	100	D-Mannitol	69
Galactitol	41	D-Mannosa	59
D-Fruktosa	114	Raffinosa	22
D-Galaktosa	63	D-Rhamnosa	33
D-Glukosa	69	D-Sorbitol	51
Gula invert	95	Xylitol	102
Laktosa	39	D-Xylose	67
Maltosa	46		

14.3.3. Polisakarida

Polisakarida merupakan polimer yang disusun oleh rantai monosakarida. Berdasarkan fungsinya polisakarida dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu polisakarida struktural dan polisakarida nutrien.

Sebagai komponen struktural, polisakarida berperan sebagai pembangun dan penyusun komponen organel sel serta sebagai molekul pendukung intrasel. Polisakarida yang termasuk golongan ini adalah *selulosa* (ditemukan dalam dinding sel tanaman), *kitin* yang dibangun oleh turunan glukosa yaitu glukosamin diketemukan pada cangkang udang, kepiting dan lainnya.

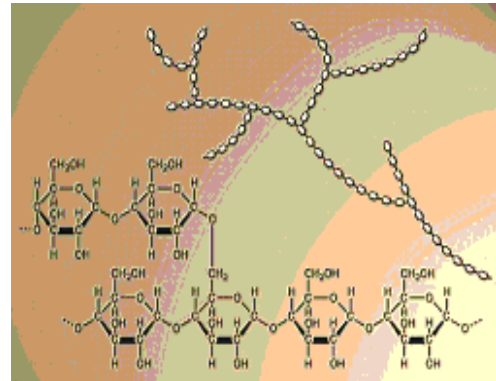
Selulosa sebagai salah satu polisakarida struktural merupakan polimer yang tidak bercabang, terbentuk dari monomer β -D-glukosa yang terikat bersama-sama dengan ikatan β (1 $\rightarrow$ 4) glikosida. Jumlah rantai atau β -D-glukosa beraneka ragam, untuk beberapa jenis mencapai ribuan unit glukosa. Ikatan β (1 $\rightarrow$ 4) glikosida yang dimiliki selulosa membuatnya lebih cenderung membentuk rantai lurus, hal ini disebabkan ikatan glikosida yang terbentuk hanya sejenis yaitu β (1 $\rightarrow$ 4) glikosida, perhatikan Gambar 14.15.



Gambar 14.15. Struktur Selulosa cenderung membentuk rantai lurus

Polisakarida struktural lainnya seperti glikogen memiliki struktur yang lebih kompleks dan tersusun atas rantai glukosa homopolimer dan memiliki cabang. Setiap rantai glukosa berikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$ dan ikatan silang $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glikosida pembentuk cabang, dengan adanya cabang bentuk Glikogen menyerupai batang dan ranting pepohonan seperti ditunjukkan Gambar 14.16.

Polisakarida nutrisi merupakan sumber dan cadangan monosakarida. Polisakarida yang termasuk kelompok ini adalah pati, selulosa dan glikogen. Setiap jenis polisakarida memiliki jumlah monomer atau monosakarida yang berbeda, demikian pula dengan ikatan yang menghubungkan setiap monosakarida yang satu dengan yang lainnya, perhatikan Tabel 14.2.



Gambar 14.16. Rantai glikogen membentuk cabang

Tabel 14.2. Polisakarida dengan monomer dan jenis ikatan glikosidanya.

Polisakarida	Monomer	Jenis ikatan
Glikogen	D-Glukosa	$\alpha(1 \rightarrow 6)$ bercabang
Selulosa	D-Glucose	$\beta(1 \rightarrow 4)$
kitin	N-Asetil-D-glukosamina	$\beta(1 \rightarrow 4)$
Amilopektin	D-Glukosa	$\alpha(1 \rightarrow 6)$ bercabang
Amilum	D-Glukosa	$\alpha(1 \rightarrow 4)$

Pati adalah polisakarida nutrisi yang tersedia melimpah pada sel tumbuhan dan beberapa mikroorganisme. Pati umumnya berbentuk granula dengan diameter beberapa mikron. Granula pati mengandung campuran dari dua polisakarida berbeda, yaitu amilum dan amilopektin. Jumlah kedua polisakarida ini tergantung dari jenis pati. Pati yang ada dalam kentang, jagung dan tumbuhan lain

mengandung amilopektin sekitar 75 – 80% dan amilum sekitar 20-25%.

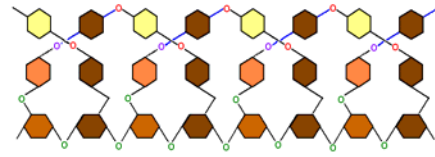
Komponen amilum merupakan polisakarida rantai lurus tak bercabang terdiri dari molekul D-Glukopiranososa yang berikatan α (1 $\rightarrow$ 4) glikosida. Struktur rantai lurus ini membentuk untai heliks, seperti tambang perhatikan Gambar 14.17.

Jika kita mereaksikan amilum dengan Iodium akan menghasilkan warna biru terang. Hal ini disebabkan terjadinya kompleks koordinasi antar ion Iodida di antara heliks. Intensitas warna biru akan dihasilkan dari interaksi tersebut dan bergantung pada kandungan amilum yang terdapat dalam pati. Sehingga teknik ini sering digunakan untuk menguji keberadaan amilum dalam sebuah sampel. Amilopektin merupakan polimer yang tersusun atas monomer D-glukopiranososa yang berikatan α (1 $\rightarrow$ 4) glikosida dan juga mengandung ikatan silang α (1 $\rightarrow$ 6) glikosida. Adanya ikatan silang ini menyebabkan molekul amilopektin bercabang-cabang, perhatikan Gambar 14.18.

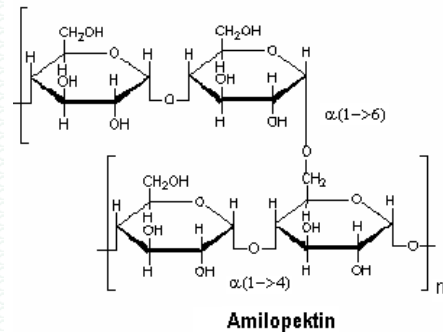
Polisakarida yang banyak digunakan dalam industri makanan adalah *agar*, *alginate*, *carragenan* dan *Carboxymethyl Cellulose (CMC)*. *Agar* merupakan hasil isolasi polisakarida yang terdapat dalam rumput laut dan banyak dimanfaatkan sebagai media biakan mikroba. *Agar* juga merupakan bahan baku/tambahan dalam industri pangan. Hal ini dikarenakan adanya beberapa sifat dan kegunaan agar seperti; tidak dapat dicerna, membentuk gel, tahan panas serta dapat digunakan sebagai emulsifier (pengemulsi) dan stabilizer (penstabil) adonan yang berbentuk koloid.

Alginat diperoleh dari ekstraksi alga coklat (*Phaeophyceae*) dalam kondisi alkali. *Alginat* berfungsi sebagai penstabil dan pembentuk gel.

Carrageenan banyak digunakan untuk menaikkan kekentalan dan menstabilkan emulsi. Sejumlah 0,03 % carrageenan biasanya ditambahkan pada coklat untuk mencegah pemisahan lemak dan menstabilkan suspensi partikel kakao.



Gambar 14.17. Rantai heliks molekul amilum



Gambar 14.18. Struktur Amilopektin.

Carboxymethyl Cellulose (CMC) merupakan hasil modifikasi selulosa dengan menambahkan gugus karboksi metil, CMC disintesa dari selulosa dengan menambahkan kloroasetat dalam suasana basa. CMC berfungsi sebagai pengikat dan dipergunakan untuk memperbaiki tekstur produk-produk seperti : jelly, pasta, keju, dan *ice cream*.

14.4. Protein

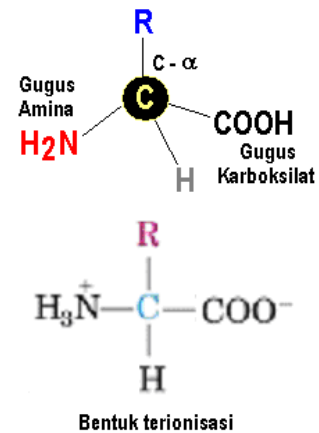
Protein merupakan komponen utama dalam sel hidup yang memegang peranan penting dalam proses kehidupan. Protein berperan dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus. Protein dalam bentuk enzim berperan sebagai katalis dalam bermacam-macam proses biokimia. Sebagai alat transport, yaitu protein hemoglobin mengikat dan mengangkut oksigen dalam bentuk (Hb-O) ke seluruh bagian tubuh.

Protein juga berfungsi sebagai pelindung, seperti antibodi yang terbentuk jika tubuh kemasukan zat asing, serta sebagai sistem kendali dalam bentuk hormon,

Protein pembangun misalnya glikoprotein terdapat dalam dinding sel, keratin yang terdapat pada kulit, kuku dan rambut. Sebagai komponen penyimpanan dalam biji-bijian. Protein juga merupakan sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme yang tidak mampu membentuk asam amino.

Dalam tinjauan kimia protein adalah senyawa organik yang kompleks berbobot molekul tinggi berupa polimer dengan monomer asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur serta Posfor. Untuk pembahasan protein kita kaji terlebih dahulu monomer penyusun protein yaitu asam amino.

Asam amino adalah senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksilat (COOH) dan amina (NH₂) yang terikat pada satu atom karbon (C α) yang sama, atom ini juga umumnya merupakan C asimetris. Secara rinci struktur asam amino dibangun oleh sebuah atom C yang mengikat empat gugus yaitu; gugus amina (NH₂), gugus karboksilat (COOH), atom hidrogen (H), dan satu gugus sisa R. Gugus ini yang membedakan satu asam amino dengan asam amino lainnya, coba perhatikan Gambar 14.19.



Gambar 14.19. Molekul asam amino, gugus penyusun serta bentuk ionnya

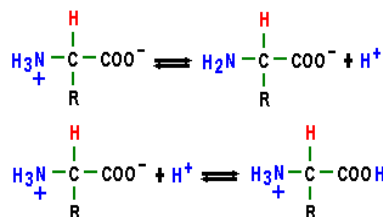
Gugus karboksilat menyebabkan asam amino bersifat asam gugus amina bersifat basa. Dalam larutan, asam amino bersifat amfoter, sebagai asam pada media basa dan menjadi basa pada suasana asam. Hal ini dikarenakan protonasi, gugus amina menjadi $-\text{NH}_3^+$ dan gugus karboksilat menjadi ion $-\text{COO}^-$, sehingga asam amino memiliki dua muatan dan disebut dengan zwitter-ion (Bagan 14.20).

Keberadaan C asimetrik menjadi pusat kiral dan molekul asam amino memiliki isomer optik yang umumnya diberi notasi dextro (D) dan levo (L), ingat pembahasan isomer optik pada karbohidrat, struktur kedua isomer dapat ditunjukkan oleh alanin, perhatikan Gambar 14.21.

Penggolongan Asam amino didasari pada sifat dan struktur gugus sisa (R), seperti gugus R yang bersifat asam, basa, gugus R yang mengandung belerang atau hidroksil, R sebagai senyawa aromatik, alifatik dan yang siklik. Namun penggolongan yang umum dipergunakan adalah sifat polaritas dari gugus R.

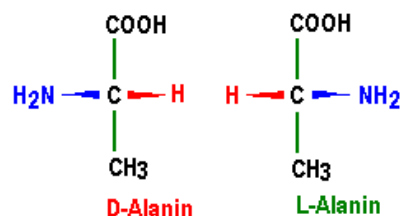
1. Asam amino dengan R yang bersifat non polar. Gugus R dalam golongan asam amino merupakan senyawa hidrokarbon, dengan karakteristik hidrofobik. Golongan ini terdiri dari lima senyawa asam amino yang memiliki gugus R alifatik yaitu alanin, valin, leusin, isoleusin dan prolin, sedangkan gugus R yang mempunyai struktur aromatik meliputi fenil alanin dan triptopan, serta satu molekul yang mengandung belerang yaitu methionin. Golongan ini memiliki struktur seperti pada Bagan 14.22.
2. Asam amino dengan R polar tapi tidak bermuatan, asam amino ini bersifat polar, dan hidrofilik atau lebih mudah larut dalam air dibandingkan dengan asam amino jenis pertama. Golongan ini memiliki gugus fungsional yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Beberapa asam amino yang masuk dalam golongan ini adalah; glisin, serin, treonin, sistein, tirosin, asparagin dan glutamin. Senyawa dalam kelompok ini ditampilkan oleh Bagan 14.23.

Asam Amino sebagai asam



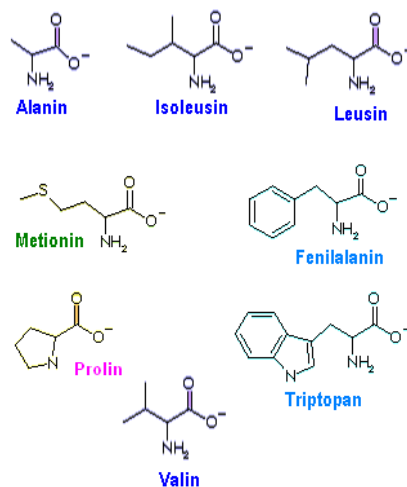
Asam Amino sebagai basa

Gambar 14.20. Molekul Asam amino sebagai asam dan sebagai basa



Gambar 14.21 Isomer optik asam amino dari senyawa alanin

Bagan 14.22. Asam amino dengan gugus R non-polar

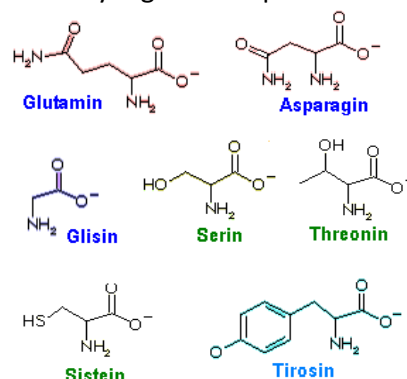


3. Asam amino dengan gugus R yang bermuatan negatif, kelompok ini hanya terdiri dari dua asam amino yang memiliki gugus bermuatan total negatif, yaitu asam aspartat dan asam glutamat. Kedua molekul ini memiliki gugus tambahan yang bermuatan negatif yaitu gugus karboksilat. Asam amino ini disajikan pada Bagan 14.24, pada halaman berikut.
4. Asam amino dengan gugus R bermuatan positif. Lysin merupakan asam amino yang masuk dalam golongan ini, akan memiliki muatan total positif pada pH 14. Sedangkan arginin mengandung gugus guanidine yang bermuatan positif dan histidin mengandung gugus imidazol yang sedikit mengion. Kelompok asam amino ini memiliki struktur seperti pada Gambar 14.25.

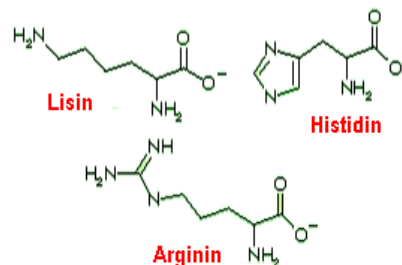
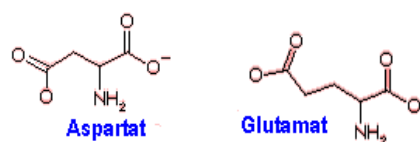
Dalam tubuh manusia terdapat beberapa asam amino yang tidak disintesa dalam tubuh yaitu asam amino esensial. Kebutuhan akan asam amino ini di dapat dari makanan. Ada sepuluh macam amino esensial yaitu Arginin, (Arg), Histidin (His), Isoleusin (Ile), Leusin (Leu), Lysin (Lys), Methionin (Met), Phenilalanin (Phe), Threonin (Thr), Triptofan (Trp) dan Valin (Val).

Asam amino esensial dapat diperoleh dari makanan seperti telur, daging, susu. Hampir seluruh protein tersedia dalam susu, beberapa biji-bijian dan sayuran mengandung protein yang tidak lengkap, mengkombinasikan makanan sangat baik, dalam Tabel 14.3, terdapat beberapa sumber protein yang dapat dijadikan rujukan.

Bagan 14.23. Gugus R asam amino yang bersifat polar



Bagan 14.24. Asam amino dengan gugus R yang bermuatan total negatif



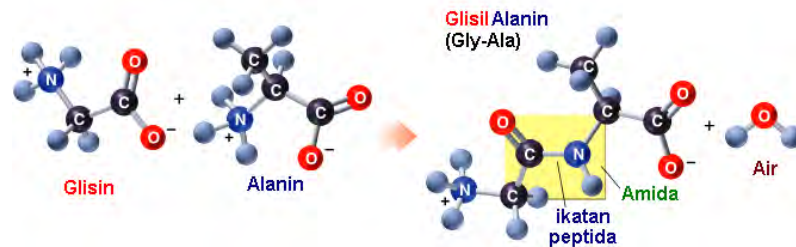
Gambar 14.25. Asam amino dengan gugus R yang bermuatan total positif

Tabel 14.3. Kandungan asam amino esensial dalam sumber makanan

Sumber makanan	Asam amino yang tidak ada
Telur, susu, daging, ikan unggas	-
Gandum dan beras	Lysin
Jagung	Lysin dan triptofan
Kedelai	Metinin rendah
Kacang almond	Lysin dan triptofan
Kacang beans	Metionin dan triptofan

14.4.1. Peptida sebagai rantai protein

Dua molekul asam amino dapat saling berikatan membentuk ikatan kovalen melalui suatu ikatan amida yang disebut dengan ikatan peptida. Ikatan kovalen ini terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus α amino dari molekul asam amino lainnya dengan melepas molekul air. Secara sederhana mekanisme reaksi pembentukan ikatan kovalen dapat dilihat Gambar 14.26.



Gambar 14.26. Mekanisme pembentukan ikatan peptida sebagai rantai protein

Tiga molekul asam amino dapat bergabung membentuk dua ikatan peptida, begitu seterusnya sehingga dapat membentuk rantai polipeptida.

Peptida memberikan reaksi kimia yang khas, dua tipe reaksi yang terpenting yaitu hidrolisis ikatan peptida dengan pemanasan polipeptida dalam suasana asam atau basa kuat (konsentrasi tinggi). Sehingga dihasilkan asam amino dalam bentuk bebas.

Hidrolisa ikatan peptida dengan cara ini merupakan langkah penting untuk menentukan komposisi asam amino dalam sebuah protein dan sekaligus dapat menetapkan urutan asam amino pembentuk protein tersebut.

Peptida atau polipeptida bebas juga merupakan molekul aktif penyusun hormon yang memiliki aktifitas biologis dalam tubuh manusia, seperti pada hormon insulin, glukagon dan kortikotropin.

Insulin mengandung dua rantai polipeptida, satu polipeptida mengandung 30 residu asam amino dan yang lain mengandung 21 residu asam amino. Kortikotropin mengandung 39 residu asam amino dan hormon oksitosin hanya mengandung 9 residu asam amino.

Protein sebagai makromolekul (molekul besar) mampu menunjukkan berbagai fungsi biologi. Atas dasar peran ini maka protein dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Gambar 14.27) ; enzim, protein transport, protein nutrient dan penyimpan, protein kontraktile atau motil, protein struktural, protein pertahanan dan protein pengatur.

Enzim, merupakan protein yang dapat berfungsi sebagai katalisator. Hampir seluruh reaksi kimia yang terjadi di tingkat sel dikatalisis oleh enzim.

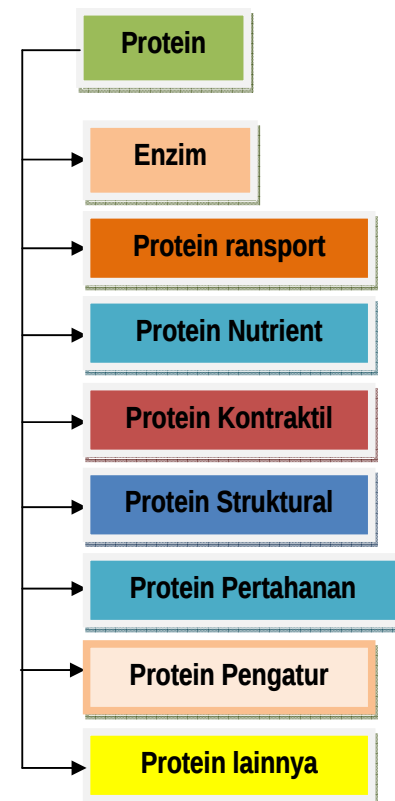
Beberapa contoh enzim yang banyak dimanfaatkan saat ini seperti, glukosa oksidase yang mengkatalisis glukosa menjadi asam glukonat, urikase yaitu enzim yang dapat membongkar asam urat menjadi alantoin. Saat ini sudah ditemukan lebih dari 2000 jenis macam enzim yang mengkatalisis reaksi kimia yang spesifik dan ditemukan dalam berbagai bentuk kehidupan.

Protein transport adalah protein yang dapat mengikat dan membawa molekul atau ion yang khas dari satu organ ke organ lainnya. Contoh protein transport yang mudah adalah mioglobin yang menyimpan dan mendistribusikan oksigen ke dalam otot, perhatikan Gambar 14.28.

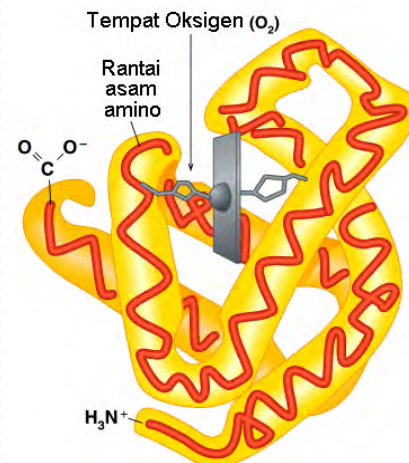
Hemoglobin juga merupakan protein transport yang terdapat dalam sel darah merah. Hemoglobin dapat mengikat oksigen ketika darah melalui paru-paru. Oksigen dibawa dan dilepaskan pada jaringan periferi yang dapat dipergunakan untuk mengoksidasi nutrient (makanan) menjadi energi. Pada plasma darah terdapat lipoprotein yang berfungsi mengangkut lipida dari hati ke organ. Protein transport lain yang terdapat dalam membran sel berperan untuk membawa beberapa molekul seperti glukosa, asam amino dan nutrient lainnya melalui membran menuju sel.

Protein nutrient sering disebut juga protein penyimpanan, protein ini merupakan cadangan makanan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan. Beberapa contoh protein ini, sering kita temukan dalam kehidupan sehari-hari seperti ovalbumin merupakan protein utama putih telur, kasein sebagai protein utama dalam susu. Contoh lainnya adalah protein yang menyimpan zat besi yaitu ferritin yang terdapat di dalam jaringan hewan.

Protein kontraktile juga dikenal sebagai protein motil, di dalam sel organisme protein ini berperan untuk bergerak seperti aktin dan myosin. Kedua protein ini merupakan filament yang berfungsi untuk bergerak di dalam sistem kontraktile dan otot kerangka. Contoh lainnya adalah tubulin pembentuk mikrotubul merupakan zat utama penyusun flagel dan silia yang menggerakkan sel.



Gambar 14.27. Skema penggolongan Protein berdasarkan fungsinya



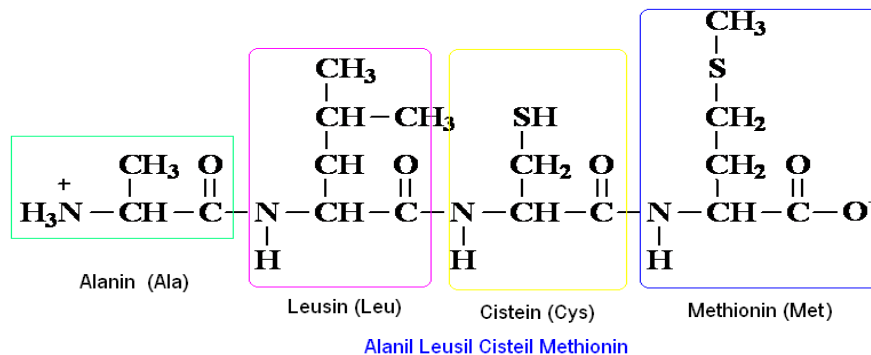
Gambar 14.28. Mioglobin yang mendistribusikan oksigen ke otot

Protein struktural, jenis protein ini berperan untuk menyangga atau membangun struktur biologi makhluk hidup. Misalnya kolagen adalah protein utama dalam urat dan tulang rawan yang memiliki kekuatan dan liat. Persendian mengandung protein elastin yang dapat meregang dalam dua arah. Jenis lain adalah kuku, rambut dan bulu-buluan merupakan protein keratin yang liat dan tidak larut dalam air.

Protein juga dapat digolongkan berdasarkan bentuk dan proses pembentukan serta sifat fisiknya. Terdapat empat struktur protein yaitu struktur primer, sekunder, tersier dan kuartener. Selain penggolongan juga sering dilakukan sebagai sebagai protein serabut atau dan protein globular.

Struktur primer adalah rantai polipeptida sebuah protein terdiri dari asam-asam amino yang dihubungkan satu sama lain secara kovalen melalui ikatan peptida yang membentuk rantai lurus dan panjang sebagai untaian polipeptida tunggal, seperti pada Bagan dibawah.

Bagan 14.29. Struktur primer sederhana yang disusun oleh 4 jenis asam amino



Struktur yang kedua adalah struktur sekunder. Pada struktur sekunder, protein sudah mengalami interaksi intermolekul, melalui rantai samping asam amino. Ikatan pembentuk struktur ini didominasi oleh ikatan hidrogen antar rantai samping yang membentuk pola tertentu bergantung pada orientasi ikatan hidrogennya. Ada dua jenis struktur sekunder, yaitu: α -heliks dan β -sheet (lembaran).

Gambar 14.30 menunjukkan protein dengan struktur sekunder dengan bentuk α -heliks.

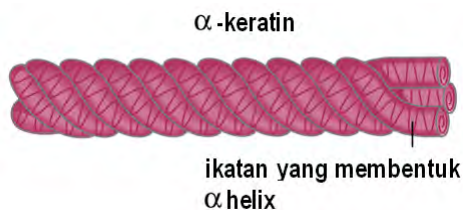
Struktur protein sekunder dalam bentuk β -sheet. Untuk mengenal dan mudah dalam mengidentifikasi dan membedakan kedua struktur, maka bentuk disajikan pada Gambar 14.31 pada halaman berikut.

Struktur tersier merupakan struktur yang dibangun oleh struktur primer atau sekunder dan distabilkan oleh interaksi hidrofobik, hidrofilik, jembatan garam, ikatan hidrogen dan ikatan disulfida (antar atom S) sehingga strukturnya menjadi kompleks. Protein globular dan protein serabut/serat atau fiber merupakan contoh struktur tersier.

Protein Globular, merupakan protein yang larut dalam pelarut air dan dapat berdifusi dengan cepat, dan bersifat dinamis lihat Gambar 14.32, dimana seluruh interaksi antar struktur sekunder atau primer tervisualisasi dengan baik.

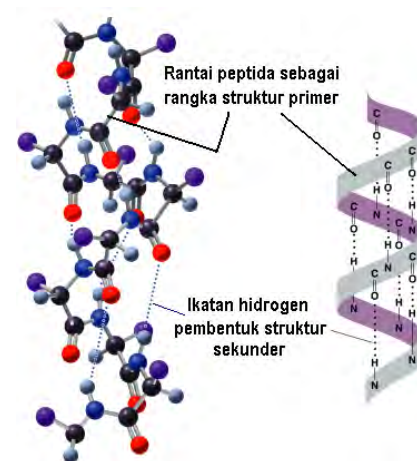
Protein serabut bersifat tidak larut dalam air merupakan molekul serabut panjang dengan rantai polipeptida yang memanjang pada satu sumbu dan tidak berlipat menjadi bentuk globular.

Jenis protein ini memiliki peran sebagai penyangga dan sebagai pelindung. Untuk struktur fiber disajikan pada Gambar 14.33, di bawah ini.



Gambar 14.33 Struktur tersier untuk protein fiber

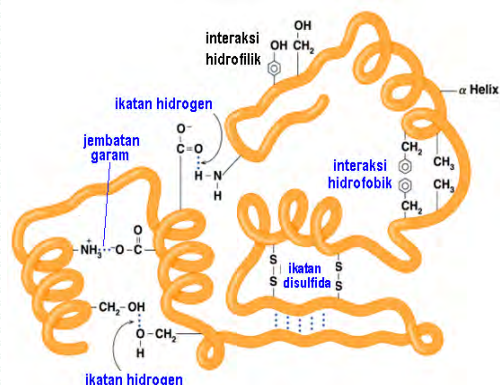
Struktur kuartener merupakan hasil interaksi dari beberapa molekul protein tersier, setiap unit molekul tersier disebut dikenal dengan subunit.



Gambar 14.30. Protein dengan struktur α -heliks



Gambar 14.31. Protein dengan struktur sekunder

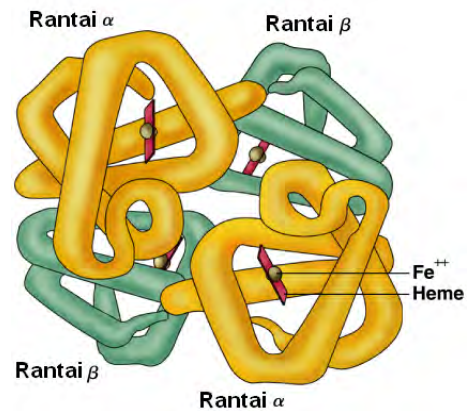


Gambar 14.32. Struktur tersier dari protein Globular

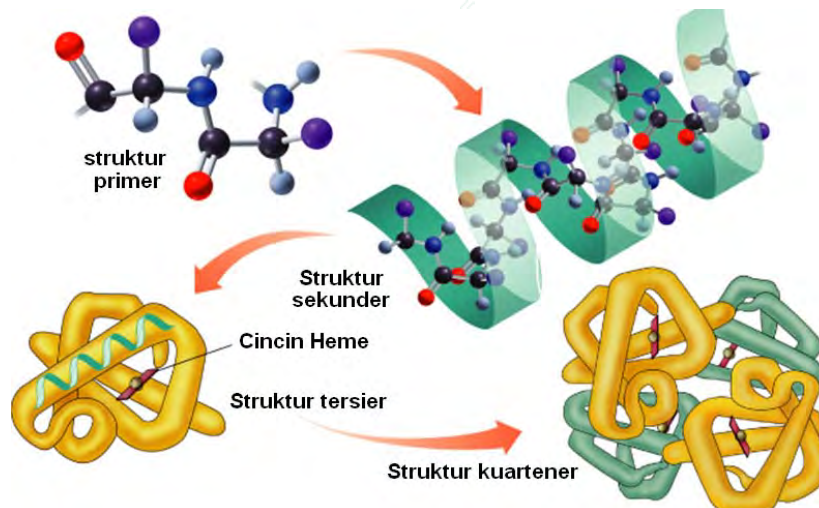
Setiap subunit protein struktur tersier dapat berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain, interaksi tersebut dapat mengubah struktur maupun peran dan fungsinya. Molekul protein kuartener ditampilkan pada Gambar 14.34. Pembentukan struktur kuartener protein menyebabkan bagian nonpolar protein tidak terpapar pada lingkungan yang berair.

Sehingga protein yang memiliki bagian nonpolar yang panjang dapat larut dalam air. Hemoglobin merupakan contoh protein yang membentuk struktur kuartener dengan 4 subunit (2 sub unit α dan 2 subunit β). Beberapa protein menjadi aktif ketika membentuk struktur kuartener, namun ada juga protein yang aktif ketika struktur kuarternya terdisosiasi menjadi subunitnya.

Pembentukan keempat struktur protein dapat disarikan ke dalam bagan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 14.34. Gambar struktur kuartener yang diwakili oleh molekul hemoglobin



Gambar 14.35. Mekanisme pembentukan struktur tersier dari tahapan yang sederhana

Denaturasi protein merupakan suatu keadaan dimana protein mengalami perubahan atau kerusakan struktur sekunder, tersier dan kuarternya. Denaturasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya pemanasan, suasana asam atau basa yang ekstrim, kation logam berat dan penambahan garam jenuh.

Pemanasan dapat menyebabkan pemutusan ikatan hidrogen yang menopang struktur sekunder dan tersier suatu protein sehingga menyebabkan sisi hidrofobik dari gugus samping polipeptida akan terbuka.

Hal ini menyebabkan kelarutan protein semakin turun dan akhirnya mengendap dan menggumpal peristiwa ini dinamakan koagulasi.

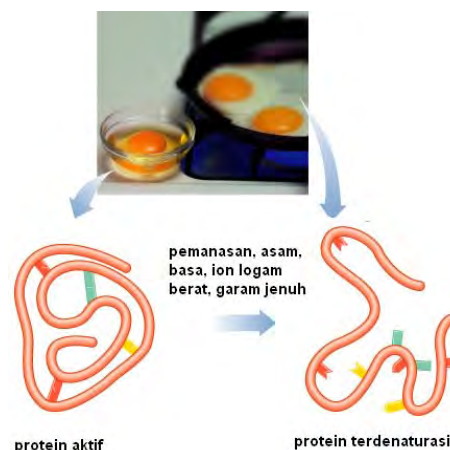
Perubahan pH yang sangat ekstrim akibat penambahan asam kuat atau basa kuat akan merusak interaksi ionik yang terbentuk antar gugus R polar dari asam amino penyusun protein. Hal ini juga berakibat sama pada perusakan struktur protein. Kehadiran ion logam berat dapat memutuskan ikatan disulfida (S-S) yang menstabilkan tekukan – tekukan yang dibentuk oleh polipeptida dalam membangun struktur protein, lihat Gambar 14.36.

Penambahan larutan garam encer pada protein globular akan meningkatkan kelarutan protein. Beberapa interaksi hidrofilik antara molekul protein dan air akan semakin kuat dengan kehadiran garam pada konsentrasi rendah peristiwa ini dinamakan *salting in*. Namun apabila larutan garam pekat yang ditambahkan maka kelarutan protein akan menurun. Kehadiran garam pada konsentrasi tinggi menyebabkan peristiwa solvasi air pada molekul protein berpindah ke garam sehingga menurunkan tingkat kelarutan protein. peristiwa ini disebut *salting out*.

Beberapa jenis protein fungsional seperti enzim dan hormon yang telah terdenaturasi akan kehilangan sifat dalam biokatalisisnya. Hal ini menyebabkan terhambatnya beberapa jenis reaksi biokimia yang dikatalisis oleh enzim atau hormon yang bersangkutan.

Apabila berada pada kondisi yang sesuai, protein yang telah terdenaturasi akan dapat mengalami renaturasi atau penyusunan kembali struktur protein yang meliputi struktur sekunder, tersier dan kuaternernya.

Peristiwa denaturasi protein dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari – hari, seperti saat kita memanaskan putih telur, sterilisasi peralatan gelas dengan *autoclave*, dan sebagainya perhatikan kembali Gambar 14.36 di atas.

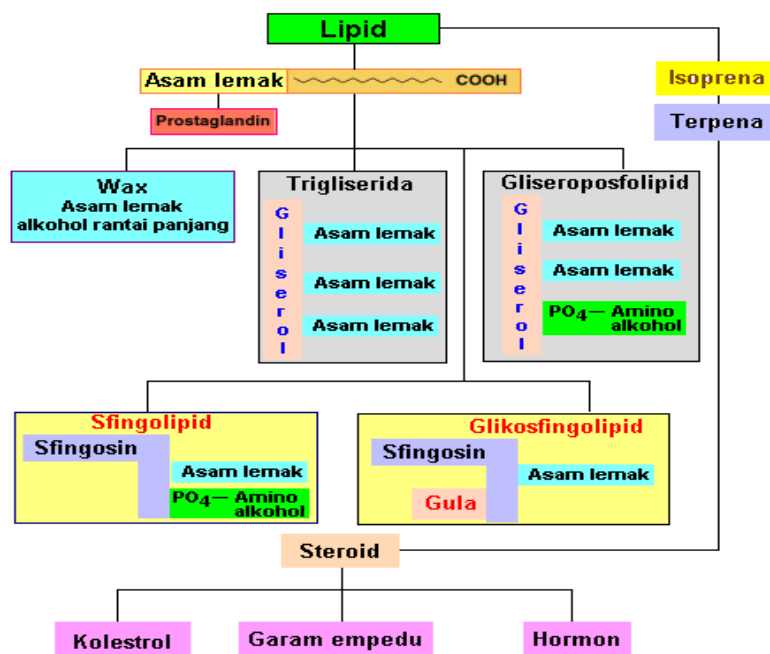


Gambar 14.36. Pemanasan telur ayam merupakan contoh denaturasi protein

14.5. Lipida

Lipida berasal dari kata lipos (bahasa Yunani) yang berarti lemak. Lipida memiliki sifat kelarutan yang berbeda dengan tiga golongan utama biomolekul yang lain yaitu karbohidrat, protein dan asam nukleat, yang umumnya larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik. Lipida memiliki sifat kebalikannya yaitu mudah larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air.

Struktur kimia lipida sangat bervariasi meskipun sifat kelarutannya mirip. Lipida ada yang berupa persenyawaan ester dan hidrokarbon rantai lurus, berbentuk siklik atau bahkan bentuk polisiklik. Lipida jenis lain memiliki struktur terpena yang mengandung berbagai gugus fungsi ($C=C$, OH , $C=O$) dan struktur steroid (lipida tetrasiklik). Penggolongan lipida secara sederhana disajikan dalam bagan di bawah ini.



Gambar 14.37. Bagan penggolongan lipida

14.5.1. Asam lemak

Asam lemak merupakan asam lemah, yang di dalam air akan terdisosiasi sebagian. Umumnya asam lemak berfase cair atau padat pada suhu ruang (27°C). Semakin panjang rantai karbon penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut. Asam lemak dapat bereaksi dengan senyawa lain membentuk persenyawaan lipida.

Persenyawaan lipida tersebut sering dijumpai di dalam tubuh organisme yang memiliki fungsi khusus dalam penyusunan sel organism. Beberapa jenis persenyawaan lipida tersebut antara lain prostaglandin, wax, trigliserida, gliserofosfolipida, sfingolipida dan glikofosfolipida, perhatikan kembali gambar 14.37, di atas.

Asam lemak tidak jenuh adalah asam alkanoat atau asam karboksilat berderajat tinggi (memiliki rantai karbon lebih dari 6). Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan rangkap diantara atom-atom karbon penyusunnya. Kedua jenis ikatan dalam asam lemak inilah yang menyebabkan perbedaan sifat fisik antara asam lemak satu dengan lainnya.

Keberadaan ikatan rangkap dan panjang rantai ini menyebabkan asam lemak penyusun lipida memiliki dua jenis wujud yang berbeda pada suhu ruang. Dua wujud lipida yang sering kita temukan adalah lemak dan minyak. Lemak pada suhu ruang berwujud padat sedangkan minyak pada suhu ruang berwujud cair. perhatikan Gambar 14.38.



Gambar 14.38. Bentuk lipida dalam kehidupan sehari-hari

Lemak umumnya disusun oleh asam lemak rantai panjang yang memiliki ikatan tunggal atau jenuh sedangkan minyak banyak disusun oleh asam lemak rantai panjang dengan ikatan rangkap atau tak jenuh.

Kedua asam lemak tersebut jelas memiliki perbedaan sifat fisik dan kimianya, beberapa struktur dan sifat dari kedua senyawa tersebut disajikan dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 14.4. Sifat fisik dan struktur asam lemak jenuh dan tidak jenuh

Nama	Jumlah atom Carbon	Struktur	Titik leleh oC	Sumber
JENUH				
Stearat	18		0	Butter
TIDAK JENUH				
Oleic acid	18		13	Olives, corn
Linoleic acid	18		-9	Soybean, safflower, sunflower
Linolenic acid	18		-17	Corn

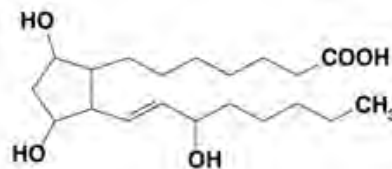
Beberapa asam lemak yang telah dikenal dan telah teridentifikasi dengan baik ditunjukkan pada Tabel 14.5.

Tabel 14.5 Daftar nama asam lemak yang telah teridentifikasi

Jumlah atom C, ikatan dan posisi ikatan rangkap	Nama Trivial (umum)	Nama sistematik
6:0	caproic	hexanoic
8:0	caprylic	octanoic
10:0	capric	Decanoic
12:0	lauric	dodecanoic
14:0	mystiric	tetradecanoic
16:0	palmitic	Hexadecanoic
16:1 (9)	palmitoleic	cis-9-hexadecenoic
18:0	stearic	octadecanoic
18:1 (9)	oleic	cis-9-octadecenoic
18:1 (11)	vaccenic	cis-11-octadecenoic
18:2 (9,12)	linoleic	all cis-9,12-octadecadienoic
18:3 (9,12,15)	linolenic	all cis-9,12,15-octadecatrienoic
20:0	arachidic	eicosanoic
20:4 (5,8,11,14)	arachidonic	all cis-5,8,11,14-eicosatetraenoic

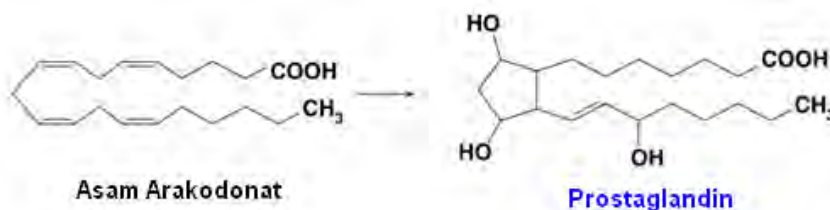
14.5.2. Prostaglandin

Prostaglandin merupakan lipida yang dibangun oleh 20 atom karbon pembentuk rantai utamanya. Prostaglandin merupakan lipida yang mengandung gugus hidroksil (OH) di posisi atom C nomor 11 dan C nomor 15, dan memiliki ikatan rangkap pada atom C no 13, lihat Gambar 14.39.



Gambar 14.39. Molekul prostaglandin

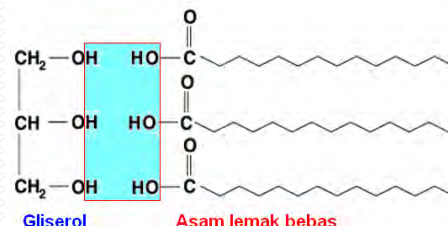
Prostaglandin dihasilkan oleh jaringan yang sedang terluka atau sakit yang disintesis dari asam lemak tak jenuh rantai panjang yaitu asam arakidonat. Kehadiran obat penghilang rasa sakit seperti aspirin dapat menghambat proses pembentukan molekul ini. Proses pembentukan prostaglandin dari asam arakidonat, ditunjukkan oleh persamaan reaksi di bawah ini (Gambar 14.40).



Gambar 14.40. Proses pembentukan Prostaglandin dari asam arakidonat

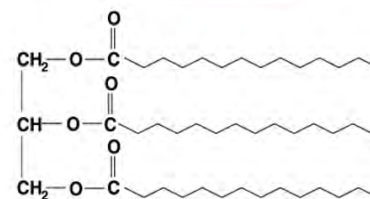
14.5.3. Gliserol

Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki 3 gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanatriol. Senyawa ini berwujud cair, tidak berwarna dengan titik didih 290°C. Titik didih tinggi yang dimiliki oleh senyawa dengan bobot molekul 92,09 g/mol ini disebabkan adanya ikatan hidrogen yang sangat kuat antar molekul gliserol. Gliserol merupakan bahan baku pembentuk trigliserida, yang dapat membentuk ikatan ester dengan asam lemak.



14.5.4. Trigliserida

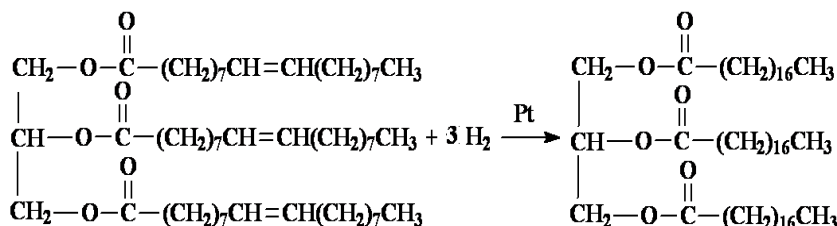
Trigliserida merupakan lipida yang memiliki struktur ester, yang tersusun oleh tiga molekul asam lemak bebas dan satu molekul gliserol seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.41.



Triasil gliserol atau trigliserida

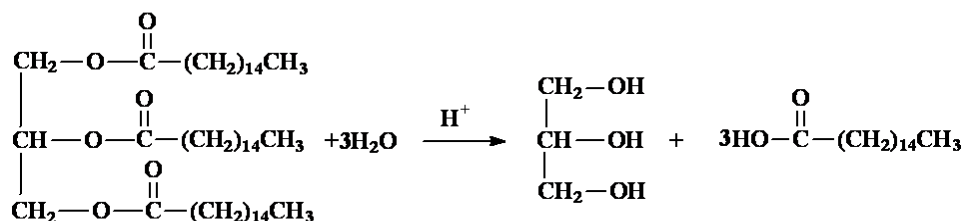
Reaksi kimia untuk trigliserida pada prinsipnya memiliki kesamaan dengan senyawa alkena dan ester, misalnya trigliserida dapat terhidrogenasi oleh gas Hidrogen yang dikatalisis oleh logam Nikel atau Platina, reaksi untuk senyawa tersebut disajikan dalam persamaan reaksi pada Bagan 14.42.

Gambar 14.41. Struktur trigliserida yang disusun oleh molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak bebas



Bagan 14.42. Reaksi hidrogenasi trigliserida

Reaksi hidrolisis pada trigliserida akan menghasilkan gliserol dan asam lemak. Reaksi ini dapat berlangsung dalam suasana asam atau basa atau dapat pula dengan bantuan enzim. Reaksi hidrolisis dari trigliserida dapat dilihat pada persamaan di bawah ini

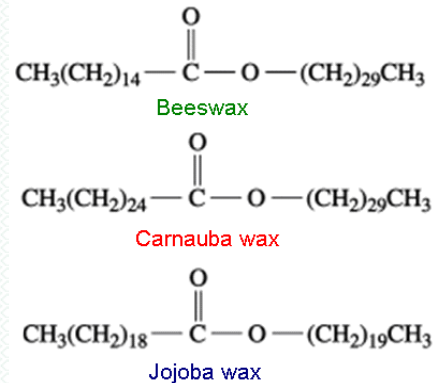


Gambar 14.43. Reaksi Hidrolisi trigliserida

14.5.5. Wax

Wax merupakan jenis lipida yang dibentuk oleh senyawa asam lemak jenuh dengan alkohol yang memiliki rantai karbon panjang. Sehingga senyawa ini berbentuk ester, perhatikan Gambar 14.44. Senyawa ini dapat diamati pada daun yang mengandung lilin. Fungsi lapisan wax pada daun ini tidak lain untuk mengurangi penguapan, demikian pula yang ditemukan pada permukaan buah.

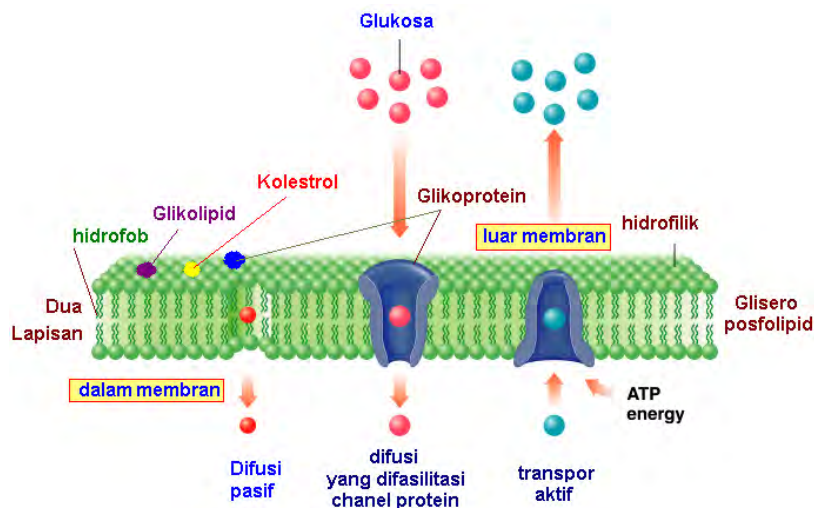
Senyawa wax yang pertama atau Beeswax dapat ditemukan pada lilin, semir sepatu atau juga dimanfaatkan untuk kertas yang berlilin atau memiliki permukaan yang licin. Carnauba wax dipergunakan untuk lantai maupun peralatan kayu pelitur, sedangkan Jojoba wax dapat dipergunakan sebagai bahan kosmetika dan juga lilin.



Gambar 14.44. Struktur molekul wax

14.5.6. Membran sel

Membran sel merupakan lapisan pembatas yang bersifat permeabel dan selektif yang hanya bisa dilewati oleh zat-zat tertentu saja. Membran sel dibentuk oleh dua lapisan posfolipida yang memisahkan bagian dalam dan bagian luar sel. Dua lapisan posfolipida ini berisi protein, karbohidrat dan kolesterol. Bagian dalam membran sel terdiri dari bagian dalam yang merupakan ekor dari posfolipida dan bersifat non-polar, sedangkan bagian kepala bersifat polar berada pada permukaan luar dan dalam sel. Bagian asam lemak tidak jenuh pada dapat membuat membran lebih rigit. Pori-pori, *channel* protein memainkan peran penting yang merupakan bagian pengatur keluar masuknya glukosa melalui proses difusi. Demikian juga pada ion transpor energi yang terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi, lihat Gambar 14.45.

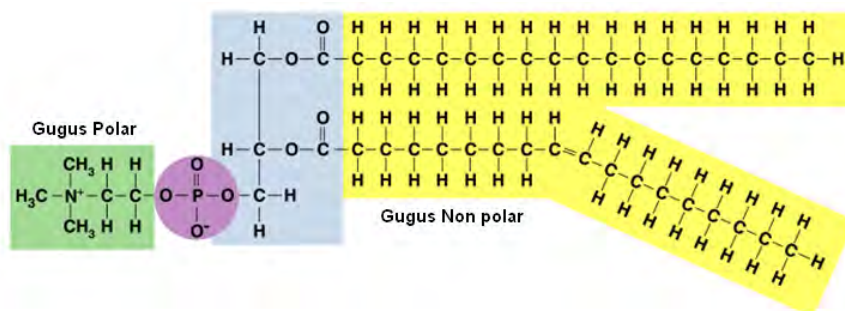


Gambar 14.45. Komposisi membran sel dan perannya

14.5.7. Gliseroposfolipida

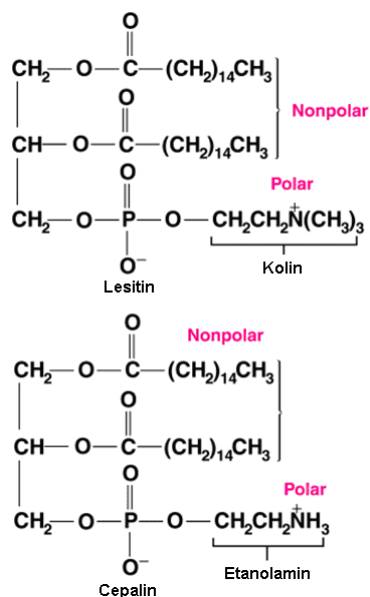
Merupakan jenis lipida yang banyak terdapat dalam membran sel yang dibangun oleh molekul asam lemak, posfat, gliserol, amino dan alkohol. Atas dasar penyusun molekulnya maka, Gliseroposfolipida memiliki gugus polar dan non polar.

Gugus polar terletak pada gugus amina dan gugus non-polar berasal dari rantai atom Carbon senyawa asam lemak, untuk lebih jelas amati Gambar 14.46.



Gambar 14.46. Senyawa Gliseroposfolipid

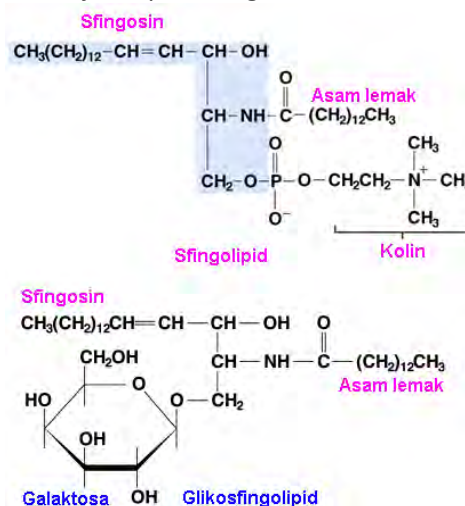
Senyawa Gliseroposfolipida yang banyak terdapat dalam makhluk hidup adalah *lecithin* dan *cephalin*, senyawa ini terdapat pada otak dan jaringan saraf, selain itu juga ditemukan di dalam telur dan ragi. Kedua senyawa tersebut dapat dilihat pada Bagan 14.47.



Bagan 14.47. Gliseroposfolipida untuk senyawa lecithin dan cephalin

14.5.8. Sfingolipid dan glikosfingolipid

Sfingolipida adalah posfolipida yang memiliki ikatan amida antara asam lemak dengan sfingosin dan memiliki alkohol dengan jumlah atom C 18 buah. Sedangkan senyawa glikosfingolipida mengandung monosakarida yang terikat pada gugus OH gugus sfingosin melalui ikatan glikosida. Kedua molekul tersebut disajikan pada Bagan 14.48.

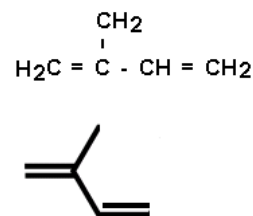


Gambar 14.48. Struktur molekul senyawa Sfingolipida dan Glikosfingolipida

14.5.9. Terpena

Terpena ditemukan para ahli kimia dalam bentuk minyak atau pewangi. Hasil isolasinya juga telah memberikan petunjuk bahwa terpena dibangun oleh dua atau lebih unit isoprena. Isoprena merupakan senyawa yang dibangun oleh lima atom karbon dengan satu cabang pada atom C nomor 2. Perhatikan struktur molekul isoprena seperti pada Gambar 14.49.

Senyawa dengan satu unit isoprena sangat jarang ditemui, sedangkan senyawa dengan dua unit isoprena sangat umum dijumpai. Senyawa terpena yang banyak ditemui di alam ditampilkan pada Tabel di bawah ini.



Gambar 14.49. Struktur molekul isoprena

Tabel 14.6. Beberapa jenis terpena yang umum dijumpai

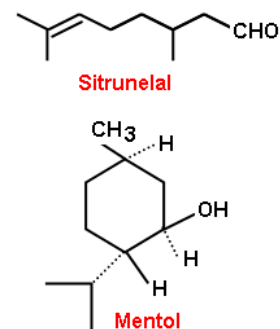
Jumlah atom C	Jenis terpena
10	Monoterpena
15	Sesquiterpena
20	Diterpena
30	Triterpena

Senyawa yang pertama dinamakan monoterpena yang diketemukan mengandung oksigen dalam bentuk gugus aldehid, selanjutnya senyawa ini dikenal dengan istilah terpenoid. Contoh monoterpena adalah sitranelal (minyak jeruk). Molekul isoprena dapat membentuk siklis seperti yang ditunjukkan pada senyawa mentol, kedua molekul tersebut seperti pada Bagan 14.50.

14.5.10. Steroid

Steroid merupakan senyawa yang memiliki kerangka dasar triterpena asiklik. Ciri umum steroid ialah sistem empat cincin yang tergabung. Cincin A, B dan C beranggotakan enam atom karbon, dan cincin D beranggotakan lima. Perhatikan Gambar 14.51 pada halaman berikut.

Kolesterol merupakan steroid yang terbanyak di dalam tubuh manusia.

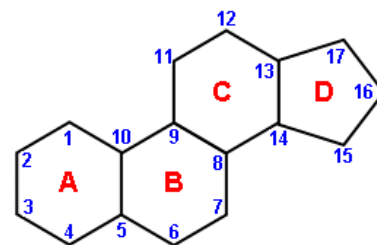


Bagan 14.50. Lipida yang berstruktur Terpena

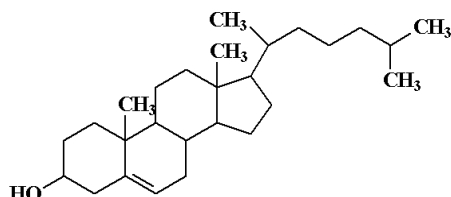
Kolesterol memiliki struktur dasar inti steroid yang mengandung gugus metil, gugus hidroksi yang terikat pada cincin pertama, dan rantai alkil.

Kandungan kolesterol dalam darah berkisar 200-220 mg/dL, meningkatnya kadar kolesterol dalam darah dapat menyempitkan pembuluh darah di jantung, sehingga terjadi gangguan jantung koroner. Pengobatan yang sering dilakukan adalah melebarkan pembuluh darah seperti, memasang ring atau melakukan operasi.

Kolesterol dalam tubuh dibentuk di dalam liver dari makanan. Struktur kolesterol dapat dilihat pada Gambar 14.52.



Gambar 14.51. Struktur Steroid dan Penomorannya



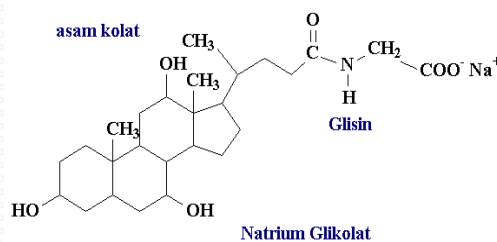
Gambar 14.52. Struktur molekul kolesterol

Kolesterol dalam makan perlu kita waspadai mengingat tren penyakit jantung cukup tinggi di Indonesia. Beberapa makanan yang banyak mengandung kolesterol disajikan dalam Tabel 14.7 di bawah ini.

Tabel 14.14. Sumber makanan dan ukuran sajian serta kandungan kolesterolnya

Makanan	Ukuran sajian	kolesterol (mg)
Hati (sapi)	3 ons	370
Telur	1	250
Lobster	3 ons	175
Ayam goreng	3.5 ons	130
Ayam (tanpa kulit)	3 ons	75
Ikan	3 ons	40
Butter	1 sendok makanan	30
Susu full cream	1 cup	35
Susu skim	1 cup	5
Margarine	1 sendok makanan	0

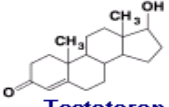
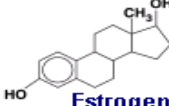
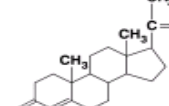
Garam empedu merupakan hasil sintesa kolesterol dan disimpan dalam *bladder*, peran senyawa ini adalah untuk mengemulsikan asam lemak dan minyak sehingga memperluas permukaan lipida yang akan dibongkar secara enzimatis. Struktur molekul garam empedu dapat dilihat pada Gambar 14.53.



Gambar 14.53. Struktur molekul Garam empedu

Contoh lain dari lipida jenis steroid adalah hormon seks bagi kaum laki-laki dan perempuan seperti testosteron, estradiol dan progesteron. Struktur molekul dan fungsinya dapat dilihat dalam Tabel 14.8.

Tabel 14.8. Jenis hormon dan fungsi fisiologisnya

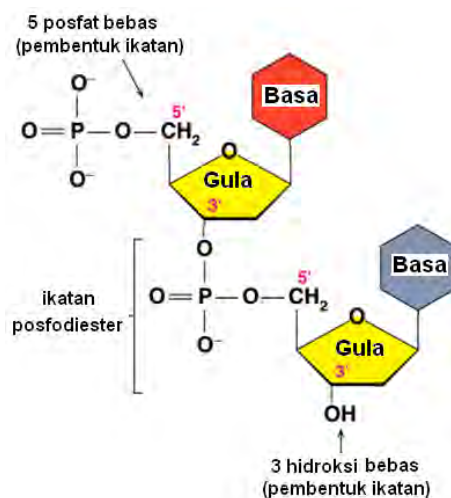
Hormon	Fungsi fisiologis
 Testosteron	Berperan dalam pengembangan organ laki-laki; otot, rambut dan pembentukan sperma
 Estrogen	Berperan dalam pengembangan organ kewanitaan, seperti ovulasi
 Progesteron	Mempersiapkan uterus untuk menyuburkan indung telur

14.6. Asam Nukleat

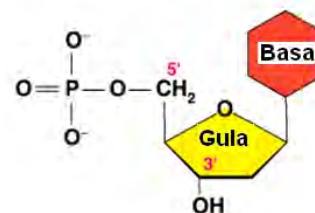
Asam nukleat adalah makromolekul pertama yang berhasil diisolasi dari dalam inti sel. Asam nukleat berbentuk rantai linier yang merupakan gabungan monomer nukleotida sebagai unit pembangunnya. Molekul ini menyimpan informasi pertumbuhan sel dan reproduksi.

Monomer nukleotida sebagai struktur primer asam nukleat diperoleh dari hasil hidrolisis asam nukleat. Proses hidrolisis lebih lanjut dari monomer nukleotida akan dihasilkan asam fosfat dan nukleosida. Proses hidrolisis ini dilakukan dalam suasana basa. Jika hidrolisis dilanjutkan kembali terhadap senyawa nukleosida dalam larutan asam berair akan dihasilkan molekul gula dan basa nitrogen dengan bentuk heterosiklik. Sehingga komposisi molekul penyusun asam nukleat diketahui dengan jelas, seperti yang ditunjukkan gambar 14.54 hingga bagan pada Gambar 14.57.

Dari Gambar 14.54 tampak bahwa struktur utama asam nukleat adalah molekul gula yang mengandung asam posfat dan basa Nitrogen yang dihubungkan dengan ikatan posfodiester membentuk rantai panjang. Monomer nukleotida dapat dilihat pada Gambar 14.55 dan 14.56.

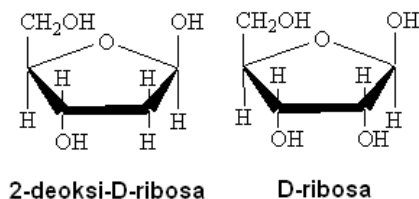


Gambar 14.54. Molekul sederhana asam nukleat

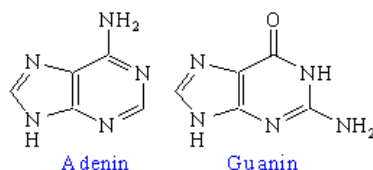


Gambar 14.55. Molekul Nukleotida

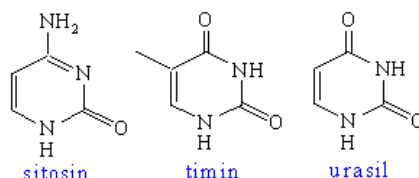
Senyawa gula penyusun nukleotida merupakan gula dengan atom Karbon 5 (lima) yaitu 2-deoksi-D-ribosa dan D-ribosa, lihat Bagan dibawah ini.



Basa Pirimidin



Basa Purin



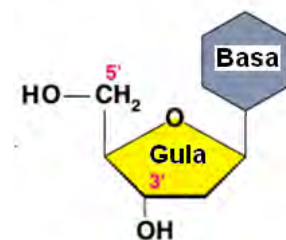
Bagan 14.58. Molekul penyusun Asam nukleat

Basa nukleosida yang ditemukan pada asam nukleat adalah adenin (dilambangkan A), sitosin (C, dari *cytosine*), guanin (G), timin (T) dan urasil (U), lihat Bagan 14.58.

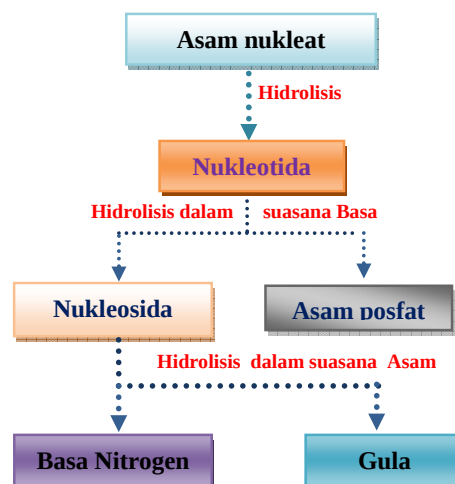
Asam nukleat dalam sel terdiri dari DNA (*DeoxyriboNucleic Acid*) dan RNA (*RiboNucleic Acid*). Kedua jenis asam nukleat ini memiliki perbedaan basa purin yang merupakan molekul penyusunnya. Untuk RNA disusun oleh gula D-ribosa dan basa urasil. Sedangkan untuk DNA disusun oleh gula 2-**deoksi-D-ribosa** yaitu gula D-ribosa yang kehilangan gugus OH pada atom C nomor 2 dan basa timin.

14.6.1. Nukleosida

Molekul nukleosida merupakan suatu N-glikosida yaitu ikatan pada atom N dari sebuah basa yang terikat pada molekul gula pada atom C nomor 1. Basa Nitrogen yang terikat dapat berupa purin atau pirimidin.



Gambar 14.56. Molekul Nukleosida



Gambar 14.57. Skema hidrolisis Asam nukleat

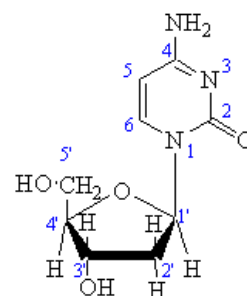
Ikatan N-glikosida untuk purin dan gula terjadi pada atom N nomor 9 dengan atom C nomor 1 dari gula. Sedangkan pirimidin terjadi pada atom N nomor 1 dengan atom C nomor 1 dari gula, perhatikan Gambar 14.59.

Nukleotida merupakan ester fosfat dari nukleosida, dimana gugus hidroksil pada gula pentosa diesterifikasi dengan fosfat anorganik lihat Gambar 14.59. Gugus hidroksil yang teresterifikasi pada nukleotida DNA dan RNA adalah pada posisi 3' maupun 5' pada gula pentosa. Nukleotida DNA dinamai sebagai ester 3' atau 5'-monofosfat dari nukleosida.

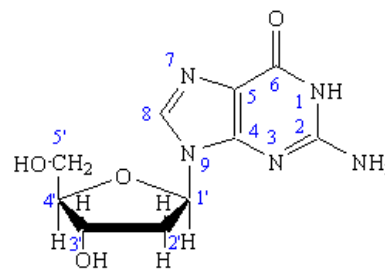
14.6.2. Nukleotida

Gugus fosfat pada nukleotida bersifat asam dan dapat dihidrolisis oleh basa berair maupun enzim yang akan menghasilkan nukleosida dan asam fosfat penyusunnya. Penamaan asam nukleat, mengikuti pola unit penyusun dari nukleosida dan nukleotidanya. Untuk nukleosida dengan mengganti akhiran basa nitrogennya meunjadi -osin untuk basa purin dan akhiran -idin untuk pirimidin. Untuk nukleotida dengan menambahkan 5-monoposfat pada nukleosidanya.

Penamaan untuk beberapa nukleosida dan nukleotida disajikan dalam Tabel 14.9.



2-deoksiguadin



2-deoksi sistidin

Gambar 14.59. Ikatan N-glikosida

Tabel 14.9. Penamaan nukleosida dan nukleotida

Basa	Nukleosida	Nukleotida
RNA		
Adenine (A)	Adenosine (A)	Adenosine 5'-monophosphate (AMP)
Guanine (G)	Guanosine (G)	Guanosine 5'-monophosphate (GMP)
Cytosine (C)	Cytidine (C)	Cytidine 5'-monophosphate (CMP)
Uracil (U)	Uridine (U)	Uridine 5'-monophosphate (UMP)
DNA		
Adenine (A)	Deoxyadenosine (A)	Deoxyadenosine 5'-monophosphate (dAMP)
Guanine (G)	Deoxyguanosine (G)	Deoxyguanosine 5'-monophosphate (dGMP)
Cytosine (C)	Deoxycytidine (C)	Deoxycytidine 5'-monophosphate (dCMP)
Thymine (T)	Deoxythymidine (T)	Deoxythymidine 5'-monophosphate (dTMP)

RANGKUMAN

1. Unit terkecil dari organisme hidup adalah sel yang di dalamnya terdapat biomolekul seperti: Air, Karbohidrat, Protein, Lipida dan Asam nukleat serta deoksiribosa dan ribosa asam nukleat.
2. Air merupakan komponen utama penyusun sitoplasma sel. Dalam sel-sel biologi dan organel-organel, air bersentuhan dengan membran dan permukaan protein yang bersifat hidrofilik. Air juga berperan dalam pembentukan ikatan khususnya pada molekul-molekul polimer.
3. Karbohidrat selain sebagai sumber utama energi organisme hidup, juga merupakan sumber karbon untuk sintesis biomolekul dan sebagai bentuk energi polimerik.
4. Karbohidrat dapat digolongkan menjadi tiga yaitu monosakarida, Oligosakarida dan polisakarida.
5. Monosakarida merupakan sakarida sederhana yang tidak dapat dihidrolisis menjadi satuan terkecil walaupun dalam suasana yang lunak sekalipun.
6. Monosakarida yang paling banyak ditemukan adalah Glukosa yang merupakan sumber tenaga utama bagi makhluk hidup.
7. Oligosakarida merupakan gabungan dari molekul-molekul monosakarida yang jumlahnya antara 2 (dua) sampai dengan 8 (delapan) molekul monosakarida dengan membentuk ikatan glikosida. contoh dari oligosakarida adalah maltosa, sukrosa dan laktosa.
8. Polisakarida merupakan polimer yang disusun oleh rantai monosakarida.
9. Polisakarida digolongkan menjadi polisakarida struktural dan polisakarida nutrien.
10. Polisakarida struktural berperan sebagai pembangun dan penyusun komponen organel sel serta sebagai molekul pendukung intrasel, yang termasuk golongan ini adalah *selulosa* dan *kitin*.
11. Polisakarida nutrien berfungsi sebagai sumber dan cadangan monosakarida, yang termasuk kelompok ini adalah pati, selulosa dan glikogen.
12. Protein merupakan komponen utama dalam sel hidup yang berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus.
13. Protein dapat diklasifikasikan menjadi 7 (tujuh) macam fungsi yaitu: enzim, protein transport, protein nutrient dan penyimpan, protein kontraktil atau motil, protein struktural, protein pertahanan dan protein pengatur.

14. Protein adalah senyawa organik kompleks dengan berat molekul tinggi dan berupa polimer dengan monomer asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida.
15. Asam amino dapat digolongkan menjadi empat yaitu Asam amino dengan R yang bersifat non polar misalnya alanin, valin, leusin, isoleusin dan prolin, fenil alanin, metionin dan triptopan.
16. Asam amino dengan R polar tapi tidak bermuatan misalnya glisin, serin, treonin, sistein, tirosin, asparagin dan glutamin.
17. Asam amino dengan gugus R yang bermuatan negatif misalnya asam aspartat dan asam glutamat.
18. Asam amino dengan gugus R bermuatan positif misalnya lisin, arginin dan histidin.
19. Ada empat struktur protein yaitu struktur primer, sekunder, tersier dan kuartener.
20. Struktur primer adalah rantai polipeptida sebuah protein terdiri dari asam-asam amino yang dihubungkan satu sama lain secara kovalen melalui ikatan peptida.
21. Struktur sekunder, tersier dan kuartener membentuk konformasi tiga dimensi protein sesuai dengan bentuk fungsinya di dalam sel. protein dapat mengalami perubahan ketiga strukturnya (sekunder, tersier dan kuartener) yang dinamakan denaturasi.
22. Lipida merupakan biomolekul yang mudah larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air.
23. Beberapa persenyawaan lipida dan turunannya antara lain:
24. *Asam lemak* adalah asam karboksilat yang berderajat tinggi. Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh.
25. *Prostaglandin* merupakan lipida yang dibangun oleh 20 atom karbon sebagai pembentuk rantai utamanya.
26. *Trigliserida* merupakan lipida yang memiliki struktur ester, yang tersusun oleh tiga molekul asam lemak bebas dan satu molekul gliserol.
27. *Wax* merupakan jenis lipida yang dibentuk oleh senyawa asam lemak jenuh dengan alkohol yang memiliki rantai karbon panjang.
28. *Gliseroposfolipida* merupakan jenis lipida yang dibangun oleh molekul asam lemak, posfat, gliserol, amino dan alkohol.
29. *Terpena* merupakan lipida yang dibangun oleh dua atau lebih unit isoprena.
30. *Steroid* merupakan senyawa yang memiliki kerangka dasar triterpena asiklik.
31. Asam nukleat adalah makromolekul yang menyimpan informasi pertumbuhan sel dan reproduksi.

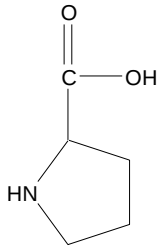
32. Asam nukleat dalam sel terdiri dari DNA (*DeoxyriboNucleic Acid*) dan RNA (*RiboNucleic Acid*). *Nukleosida* merupakan suatu N-glikosida yaitu ikatan pada atom N dari sebuah basa yang terikat pada molekul gula pada atom C nomor 1.
33. *Nukleotida* merupakan ester fosfat dari nukleosida, dimana gugus hidroksil pada gula pentosa diesterifikasi dengan fosfat anorganik.

**UJI
KOMPETENSI**

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar

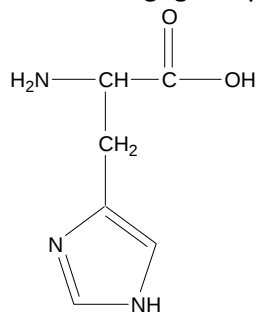
1. Berikut ini merupakan molekul yang tidak memegang peranan penting dalam sel
 - a. air
 - b. protein
 - c. karbon monoksida
 - d. karbohidrat
2. Molekul karbohidrat terkecil yang tersusun oleh tiga atom karbon disebut
 - a. trigliserida
 - b. teobromin
 - c. triosa
 - d. galaktos
3. Berikut ini merupakan contoh monosakarida, *kecuali*
 - a. glukosa
 - b. galaktosa
 - c. fruktosa
 - d. maltosa
4. Berikut ini yang termasuk polisakarida struktural adalah
 - a. kitin
 - b. insulin
 - c. glutamin
 - d. amilum
5. Berikut ini yang termasuk polisakarida nutrien adalah
 - a. glukagon
 - b. glikogen
 - c. amilase
 - d. histidin
6. Berikut ini yang bukan klasifikasi protein berdasarkan fungsinya adalah
 - a. protein transport
 - b. protein kontraktile dan motil
 - c. protein pengatur
 - d. protein globular
7. Asam amino yang memiliki gugus R polar kecuali
 - a. serin
 - b. glutamin
 - c. alanin
 - d. asparagin
8. Ikatan yang dibentuk oleh dua buah asam amino atau lebih dalam membangun struktur primer protein disebut
 - a. glikosida
 - b. fosfodiester
 - c. peptida
 - d. rangkap

9. Nama yang sesuai untuk asam amino berikut



- a. isoleusin
- b. histidin
- c. prolin
- d. triptofan

10. Asam amino berikut memiliki gugus R yang bersifat



- a. polar
- b. non polar
- c. bermuatan positif
- d. bermuatan negatif

11. Denaturasi protein disebabkan oleh perlakuan berikut kecuali

- a. penambahan ion Hg^{2+}
- b. penambahan larutan buffer
- c. penambahan asam pekat
- d. penambahan larutan NaOH 10M

12. Senyawa berikut tidak termasuk golongan asam lemak kecuali

- a. asam palmitat
- b. asam asetat
- c. asam propanoat
- d. propil butanoat

13. Lipida yang dibangun oleh 20 atom karbon sebagai pembentuk rantai utamanya disebut

- a. prostaglandin
- b. steroid
- c. glikoprotein
- d. terpenoid

14. Hidrolisis trigliserida akan menghasilkan
 - a. gliserol dan asam amino
 - b. asam amino dan terpenoid
 - c. gliserol dan asam lemak bebas
 - d. glukosamin dan sfingolipid
15. Lipida yang memiliki kerangka dasar triterpena asiklik disebut
 - a. asam lemak jenuh
 - b. fosfolipida
 - c. sfingolipida
 - d. steroid
16. Contoh dari steroid adalah
 - a. terpena
 - b. kolesterol
 - c. insulin
 - d. glukosamina
17. Suatu N-glikosida yaitu ikatan pada atom N dari sebuah basa yang terikat pada molekul gula pada atom C nomor 1 disebut
 - a. asam nukleat
 - b. nukleosida
 - c. nukleotida
 - d. ribosa
18. Jenis gula yang terdapat pada molekul DNA
 - a. aldosa
 - b. fruktosa
 - c. ribosa
 - d. deoksiribosa
19. Basa – basa berikut yang merupakan penyusun RNA, kecuali
 - a. Urasil
 - b. Adenin
 - c. Guanin
 - d. Timin
20. Jenis ikatan yang menghubungkan unit – unit nukleotida dalam RNA adalah
 - a. Glikosida
 - b. Fosfodiester
 - c. peptida
 - d. amida

Bab 15. Pemisahan kimia dan analisis

Standar Kompetensi

Melakukan pemisahan dan analisis

Kompetensi Dasar

Memisahkan zat dari campuran
Menentukan kadar suatu zat, unsure atau senyawa secara gravimetric, volumetric dan teknik lainnya

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendefinisikan pemisahan
2. Siswa dapat menjelaskan proses pengayakan
3. Siswa dapat menjelaskan proses filtrasi
4. Siswa mengenal proses kristalisasi
5. Siswa mengenal proses distilasi
6. Siswa dapat mendefinisikan analisis kuantitatif
7. Siswa dapat menjelaskan kriteria metode analisis kuantitatif
8. Siswa dapat menjelaskan teknik gravimetri
9. Siswa dapat mengklasifikasikan teknik volumetri
10. Siswa dapat melakukan titrasi

Di alam, sebagian besar zat atau benda yang kita temukan tidak dalam keadaan murni atau tunggal, sebagian besar zat-zat merupakan campuran dari berbagai macam senyawa atau unsur.

Dalam banyak hal senyawa atau unsur dibutuhkan oleh kita dalam keadaan murni. Senyawa atau unsur dalam keadaan murni diperlukan untuk pembuatan obat. Hal ini diperlukan agar reaksi dapat berjalan dengan sempurna dan hasil reaksi juga memiliki kemurnian yang tinggi. Untuk mendapatkan senyawa-senyawa yang murni diperlukan proses pemisahan. Kita juga sering melakukan proses pemisahan, misalnya air yang bercampur dengan kotoran kita saring agar air menjadi lebih jernih, perhatikan Gambar 15.1.

Proses pemisahan lain juga dapat kita amati, misalnya pemisahan air dari garam-garam yang dilakukan petani garam. Air laut diuapkan dan didapat kristal garam. Garam yang dihasilkan bukan NaCl murni masih berupa campuran, selanjutnya mereka mengirimnya ke pabrik untuk proses lebih lanjut.

Dalam kimia, proses pemisahan digunakan untuk mendapatkan satu atau lebih produk yang lebih murni dari suatu campuran senyawa kimia.



Gambar 15.1. Proses penyaringan air yang keruh menjadi air yang lebih jernih

15.1. Pemisahan

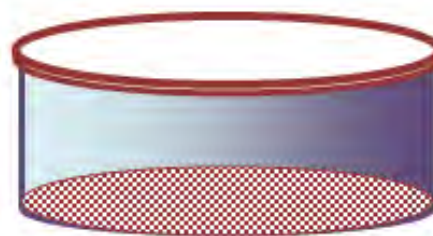
Proses pemisahan merupakan proses perpindahan masa, perpindahan dapat terjadi jika senyawa-senyawa yang ada dalam campuran memiliki sifat fisika atau sifat kimia yang berbeda. Perbedaan sifat inilah yang menyebabkan kita dapat memisahkannya. Sebagai contoh kita dapat pisahkan satu zat karena berbeda dalam hal ukuran partikelnya, pemisahan dapat kita lakukan dengan pengayakan. Beberapa sifat fisika zat yang dapat dipergunakan misalnya berat jenis, muatan listrik, titik didih, titik beku dan lainnya. Selain itu sifat-sifat kimia juga dapat dipergunakan khususnya adalah interaksi kimia antara satu zat dengan zat lainnya.

Secara teknis, pemisahan suatu campuran dapat dilakukan dengan berbagai metode. Umumnya pemisahan dilakukan dengan mempertimbangkan fasa komponen dari campuran tersebut. Suatu campuran dapat berupa campuran homogen (satu fasa) atau campuran heterogen (lebih dari satu fasa). Campuran heterogen dapat dibentuk dari beberapa fasa misalnya padat-padat, padat-cair, padat-gas, cair-cair, cair-gas, gas-gas, atau campuran ketiganya padat-cair-dan gas. Sehingga dalam proses pemisahan seringkali kita melakukan beberapa kali proses pemisahan serta mengkombinasikan berbagai teknik pemisahan agar mendapatkan hasil pemisahan yang diinginkan.

Teknik pemisahan, secara umum dapat kita klasifikasikan sebagai pemisahan secara mekanik atau berdasarkan sifat fisika dan pemisahan secara kimia. Atas dasar ini teknik pemisahan kita bahas.

15.1.1. Pengayakan

Teknik pemisahan ini merupakan teknik yang tertua, teknik ini dapat dilakukan untuk campuran heterogen khususnya campuran dalam fasa padat. Proses pemisahan didasari atas perbedaan ukuran partikel didalam campuran tersebut. Sehingga ayakan memiliki ukuran pori atau lubang tertentu, ukuran pori dinyatakan dalam satuan mesh, contoh ayakan dapat dilihat pada Gambar 15.2. Sebagai contoh sederhana kita dapat lakukan pemisahan pasir dari sebuah campuran pasir dan batu kerikil, menggunakan ayakan yang porinya cukup halus. Begitu pula, jika kita ingin memisahkan beras yang bercampur dengan katul yang halus.



Saringan dengan ukuran pori dalam mesh

Gambar 15.2. Saringan yang memiliki ukuran pori tertentu

Teknik lain pemisahan campuran dalam fasa padat juga dapat dilakukan dengan cara flotasi (pengapungan). Pemisahan dengan cara ini didasari pada sifat permukaan dari senyawa atau partikel. Senyawa atau partikel ada yang memiliki sifat suka air (hidrofilik) dan ada yang tidak suka air (hidrofobik). Bila kedua sifat ini muncul maka pemisahan dapat dilakukan dengan memberikan air kedalam campuran tersebut. Untuk senyawa atau partikel yang suka air, zat ini akan tetap berada dalam fasa air. Sedangkan yang hidrofobik menempel pada gelembung udara, dan akan naik ke permukaan, dan dapat dipisahkan, lihat Gambar 15.3.

15.1.2. Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan dari campuran heterogen yang mengandung cairan dan partikel-partikel padat dengan menggunakan media filter yang hanya meloloskan cairan dan menahan partikel-partikel padat.

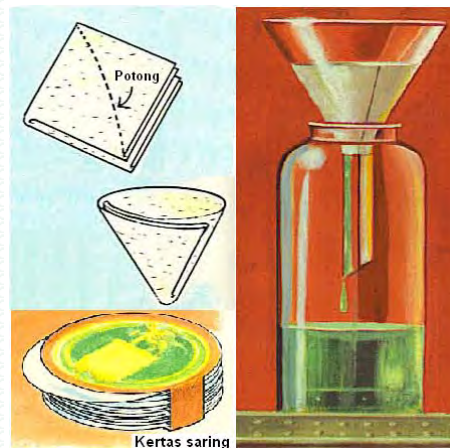
Proses filtrasi yang sederhana adalah proses penyaringan dengan dengan media filter kertas saring (Gambar 15.4). Kertas saring kita potong melingkar jika masih bentuk lembaran empat persegi panjang atau kubus, jika telah berbentuk lingkaran lipat dua, sebanyak tiga atau empat kali. Selanjutnya buka dan letakkan dalam corong pisah sehingga tepat melekat dengan corong pisah. Tuangkan campuran heterogen yang akan dipisahkan, sedikit demi sedikit, kira-kira banyaknya campuran tersebut adalah sepertiga dari tinggi kertas. Lakukan berulang-ulang, sehingga kita dapat memisahkan partikel padat dengan cairannya. Hasil filtrasi adalah zat padat yang disebut residu dan zat cairnya disebut dengan filtrat.

Proses pemisahan dengan cara filtrasi dapat kita bedakan berdasarkan adanya tekanan dan tanpa tekanan. Contoh diatas merupakan proses pemisahan tanpa tekanan, dimana cairan mengalir karena adanya gaya gravitasi. Pemisahan ini sangat cocok untuk campuran heterogen dimana jumlah cairannya lebih besar dibandingkan partikel zat padatnya.

Proses pemisahan dengan tekanan, umumnya dengan cara di vakumkan (disedot dengan pompa vakum). Proses pemisahan dengan teknik ini sangat tepat dilakukan, jika jumlah partikel padatnya lebih besar dibandingkan dengan cairannya. Perhatikan Gambar 15.5, pada halaman berikut.



Gambar 15.3. Prinsip pemisahan dengan cara flotasi



Gambar 15.4. Pemisahan dengan kertas saring tanpa tekanan (adanya gravitasi)

15.1.3. Sentrifugasi

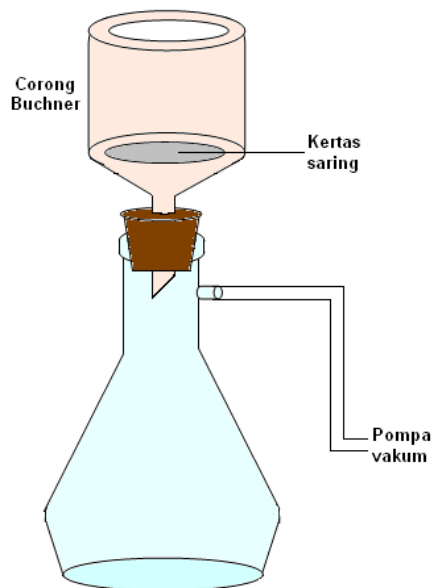
Campuran heterogen terdiri dari senyawa-senyawa dengan berat jenis berdekatan sulit dipisahkan. Membiarkan senyawa tersebut terendapkan karena adanya gravitasi berjalan sangat lambat. Beberapa campuran senyawa yang memiliki sifat seperti ini adalah koloid, seperti emulsi.

Salah satu teknik yang dapat dipergunakan untuk memisahkan campuran ini adalah teknik sentrifugasi, yaitu metode yang digunakan dalam untuk mempercepat proses pengendapan dengan memberikan gaya sentrifugasi pada partikel-partikelnya.

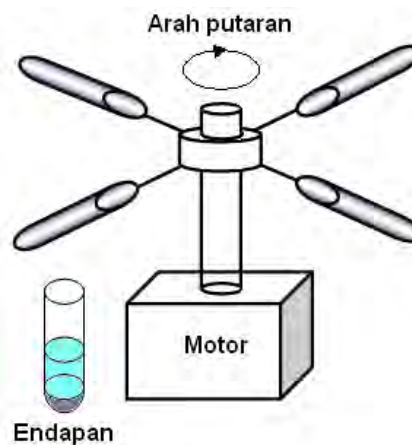
Pemisahan sentrifugal menggunakan prinsip dimana objek diputar secara horizontal pada jarak tertentu. Apabila objek berotasi di dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cairan dan partikel, maka campuran tersebut dapat bergerak menuju pusat rotasi, namun hal tersebut tidak terjadi karena adanya gaya yang berlawanan yang menuju kearah dinding luar silinder atau tabung, gaya tersebut adalah gaya sentrifugasi. Gaya inilah yang menyebabkan partikel-partikel menuju dinding tabung dan terakumulasi membentuk endapan (Gambar 15.6).

Mari kita perhatikan proses pembuatan minyak kelapa, dimana teknik pemisahan sentrifugasi cukup berperan. Buah kelapa dihancurkan, dan diperas sehingga didapat bagian santan. Didalam santan terdapat campuran minyak dengan air. Dengan melakukan sentrifugasi dengan kecepatan antara 3000-3500 rpm, maka terjadi pemisahan dan terdapat dua bagian yaitu fraksi kaya minyak (krim) dan fraksi miskin minyak (skim). Selanjutnya krim diasamkan, kemudian diberi perlakuan sentrifugasi sekali lagi untuk memisahkan minyak dari bagian bukan minyak.

Dalam pengolahan minyak kelapa, sering juga dilakukan modifikasi khususnya dalam pemisahan krim untuk mendapatkan bagian minyak. Modifikasi tersebut dilakukan dengan cara pemanasan krim, dan akan dihasilkan padatan dan minyak, selanjutnya dengan penyaringan kita dapatkan minyak kelapa yang bersih dan jernih.



Gambar 15.5. Pemisahan dengan cara meningkatkan tekanan



Gambar 15.6. Pengendapan dengan teknik sentrifugasi

15.1.4. Kristalisasi

Pemisahan dengan teknik kristalisasi didasari atas pelepasan pelarut dari zat terlarutnya dalam sebuah campuran homogen atau larutan, sehingga terbentuk kristal dari zat terlarutnya. Proses ini adalah salah satu teknik pemisahan padat-cair yang sangat penting dalam industri, karena dapat menghasilkan kemurnian produk hingga 100%.

Kristal dapat terbentuk karena suatu larutan dalam keadaan atau kondisi lewat jenuh (*supersaturated*). Kondisi tersebut terjadinya karena pelarut sudah tidak mampu melarutkan zat terlarutnya, atau jumlah zat terlarut sudah melebihi kapasitas pelarut. Sehingga kita dapat memaksa agar kristal dapat terbentuk dengan cara mengurangi jumlah pelarutnya, sehingga kondisi lewat jenuh dapat dicapai. Proses pengurangan pelarut dapat dilakukan dengan empat cara yaitu, penguapan, pendinginan, penambahan senyawa lain dan reaksi kimia.

Pemisahan dengan pembentukan kristal melalui proses penguapan merupakan cara yang sederhana dan mudah kita jumpai, seperti pada proses pembuatan garam.

Air laut dialirkan kedalam tambak dan selanjutnya ditutup. Air laut yang ada dalam tambak terkena sinar matahari dan mengalami proses penguapan, semakin lama jumlah berkurang, dan mengering bersamaan dengan itu pula kristal garam terbentuk. Biasanya petani garam mengirim hasilnya ke pabrik untuk pengolahan lebih lanjut.

Pabrik gula juga melakukan proses kristalisasi, tebu digiling dan dihasilkan nira, nira tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam alat *vacuum evaporator*. Dalam alat ini dilakukan pemanasan sehingga kandungan air di dalam nira menguap, dan uap tersebut dikeluarkan dengan melalui pompa, sehingga nira kehilangan air berubah menjadi Kristal gula.

Ketiga teknik yang lain pendinginan, penambahan senyawa lain dan reaksi kimia pada prinsipnya adalah sama yaitu mengurangi kadar pelarut didalam campuran homogen.



Gambar15.7. Alat destilasi sederhana

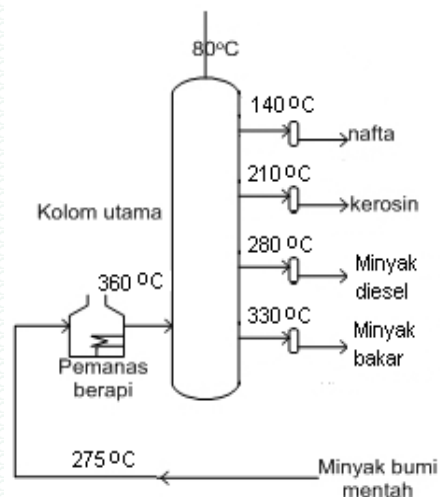
15.1.5. Destilasi

Destilasi merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogen. Dalam proses destilasi terdapat dua tahap proses yaitu tahap penguapan dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan kembali uap menjadi cair atau padatan. Atas dasar ini maka perangkat peralatan destilasi menggunakan alat pemanas dan alat pendingin (Gambar 15.7).

Proses destilasi diawali dengan pemanasan, sehingga zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap. Uap tersebut bergerak menuju kondenser yaitu pendingin (perhatikan Gambar 15.7), proses pendinginan terjadi karena kita mengalirkan air kedalam dinding (bagian luar condenser), sehingga uap yang dihasilkan akan kembali cair. Proses ini berjalan terus menerus dan akhirnya kita dapat memisahkan seluruh senyawa-senyawa yang ada dalam campuran homogen tersebut.

Contoh dibawah ini merupakan teknik pemisahan dengan cara destilasi yang dipergunakan oleh industri. Pada skala industri, alcohol dihasilkan melalui proses fermentasi dari sisa nira (tebu) myang tidak dapat diproses menjadi gula pasir. Hasil fermentasi adalah alcohol dan tentunya masih bercampur secara homogen dengan air. Atas dasar perbedaan titik didih air (100°C) dan titik didih alcohol (70°C), sehingga yang akan menguap terlebih dahulu adalah alcohol. Dengan menjaga destilasi maka hanya komponen alcohol saja yang akan menguap. Uap tersebut akan melalui pendingin dan akan kembali cair, proses destilasi alcohol merupakan destilasi yang sederhana, dan mempergunakan alat seperti pada Gambar 15.7.

Proses pemisahan yang lebih kompleks terjadi pada minyak bumi. Dalam minyak bumi banyak terdapat campuran (lihat Bab 10). Atas dasar perbedaan titik didihnya, maka dapat dipisahkan kelompok-kelompok produk dari minyak bumi. Proses pemanasan dilakukan pada suhu cukup tinggi, berdasarkan perbedaan titik didih dan system pendingin maka kita dapat pisahkan beberapa kelompok minyak bumi. Proses ini dikenal dengan destilasi fraksi, dimana terjadi pemisahan-fraksi-fraksi dari bahan bakar lihat Gambar 15.7. proses pemisahan minyak bumi.



Gambar 15.8 Destilasi yang dilakukan secara bertahap dari minyak bumi

15.2. Analisis Kuantitatif

Bila kita telah mengenal bagaimana kita memisahkan senyawa dari sebuah campuran, maka kita juga akan bertanya berapa banyak senyawa yang ada dalam campuran tersebut. Sehingga kita harus mengenal bagaimana cara menetapkan berat atau volume dari sebuah senyawa yang ingin kita ketahui. Cara ini dikenal dengan istilah analisis kuantitatif. Dalam melakukan analisis kuantitatif terhadap empat tahapan yang harus dikerjakan secara hati-hati. Lihat Gambar 15.8.

15.2.1. Sampling

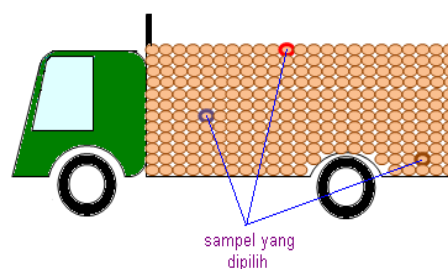
Pengambilan sampel atau pencuplikan sampel (sampling), adalah teknik atau cara memilih sebuah sampel yang dapat mewakili dari bahan yang kita analisis. Untuk mempermudah, perhatikan contoh di bawah ini. Jika ada sebuah truk yang berisi jeruk, dan dikatakan penjual bahwa jeruk tersebut manis, dan kita harus mengujinya. Apakah cukup kita mengambil bagian atasnya saja? Kita sangat khawatir jika yang diambil hanya bagian atas, jangan-jangan bagian tengah dan bawah jeruknya masam atau sudah busuk. Cara yang paling tepat kita mengambil secara acak untuk bagian atas bagian tengah dan bagian bawah, diharapkan cara ini jeruk yang kita ambil dapat mewakili jeruk yang ada dalam truk tersebut, perhatikan Gambar 15.9.

15.2.2. Sediaan sampel

Untuk mempermudah menganalisa sampel maka sampel kita ubah ke dalam bentuk larutan. Dari contoh diatas, maka tiga buah jeruk yang kita ambil, dikupas kulitnya dan dibuang bijinya, selanjutnya dihaluskan sehingga kita dapat bentuk jus, setelah itu kita encerkan selanjutnya kita ambil sampel jus tersebut di timbang beratnya atau diukur volemnya kita encerkan, misalkan menjadi 1 liter larutan jeruk. Sampel ini kita letakan dalam Erlenmeyer tertutup dan sebaiknya kita letakkan pada tempat yang sejuk agar tidak rusak. Larutan inilah yang kita sebut dengan sediaan sampel. Untuk lebih terjaminnya proses analisis sampel, maka sediaan sampel disarankan dibuat sebelum analisis dilakukan.



Gambar 15.8. Skema tahapan dalam melakukan analisis kuantitatif



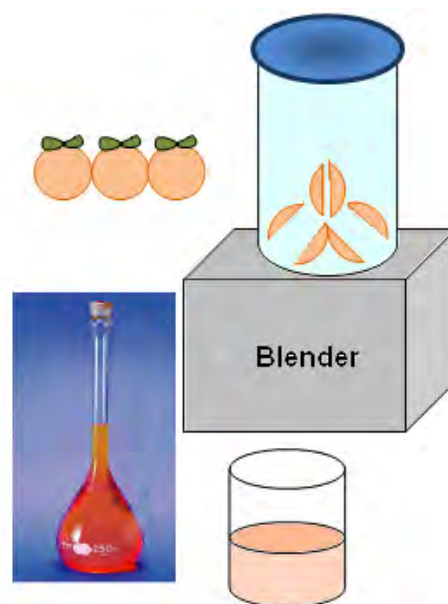
Gambar 15.9. Jeruk yang dipilih secara acak dari berbagai posisi truk

Proses penyiapan sampel, dalam hal ini sampel jeruk diilustrasikan pada Gambar 15.10.

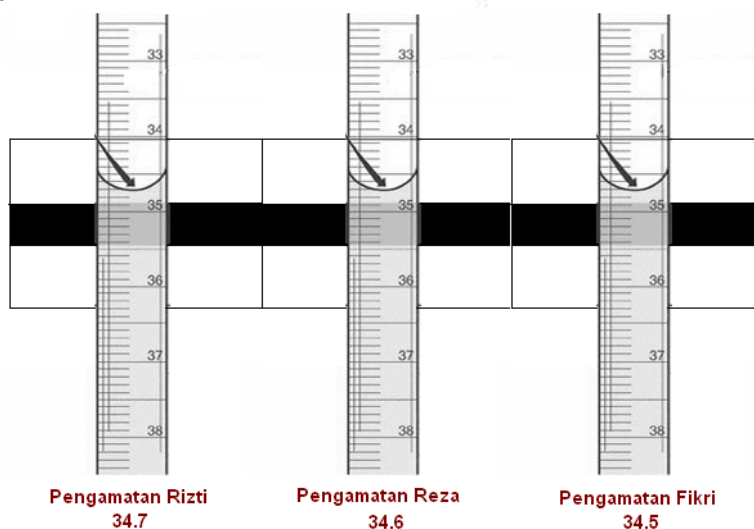
15.2.3. Pengukuran Sampel

Dalam melakukan pengukuran sampel, banyak hal yang harus kita perhatikan, pertama apa yang ingin kita ukur?. Berdasarkan percobaan diatas yang ingin diketahui adalah jeruk tersebut manis atau asam, sehingga yang kita ukur adalah jumlah gula yang ada dalam jeruk tersebut. Kedua teknik atau cara apa yang dipilih untuk mengukur jumlah atau kadar gula yang ada dalam sampel. Teknik yang dipergunakan adalah teknik yang standar untuk mengukur kadar gula, teknik standar tersebut adalah teknik yang sudah direkomendasi oleh para ahli kimia. Dalam pengukuran kita selalu melakukan pengamatan untuk mendapatkan data-data hasil pengukuran. Selama melakukan pengamatan, kita selalu tidak terlepas dari kesalahan. Perhatikan kasus dibawah ini, Rizti, Reza dan Fikri volume dari sebuah buret yang dipergunakan untuk melakukan analisa kadar gula. Dari eksperimen yang dilakukan secara bersama mereka memiliki pendapat yang berbeda.

Menurut Rizti volume yang dipergunakan adalah 34.7 mL, Reza berpendapat volume yang dipergunakan adalah 34.6 mL. Sedangkan pengamatan Fikri volumenya adalah



Gambar 15.10. Pembuatan sediaan sampel jeruk



Gambar 15.11. Hasil pengamatan yang dilakukan oleh Rizti, Reza dan Fikri dari sebuah pengukuran

Selain munculnya kesalahan pengamatan dari faktor manusia, kesalahan juga dapat muncul dari alat yang kita gunakan. Jika Rizti mengukur volume dari buret, dimana buret yang dipergunakan berbeda-beda. Pada pengamatan pertama menggunakan buret A, dan Rizti menyimpulkan volumenya sebanyak 34.5 mL, pada pengukuran dengan buret B volumenya adalah 34.6. Sedangkan pengamatan ketiga yang menggunakan buret C, volumenya adalah 34.7. Hal ini menunjukkan kesalahan terjadi pada pengukuran yang disebabkan oleh faktor alat, kesalahan ini sering disebut dengan *instrumental error*. Untuk mengurangi kedua kesalahan tersebut, maka setiap pengukuran harus dilakukan dengan ulangan. Pengukuran volume atau berat sampel tidak cukup dengan satu kali pengukuran, namun harus dilakukan beberapa kali misalnya, tiga, enam atau sepuluh kali ulangan.

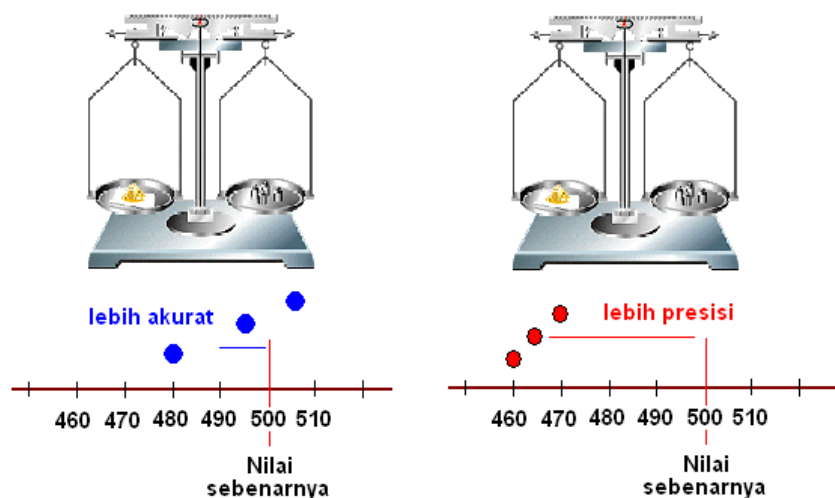
Pada pengukuran kita selalu menggunakan teknik atau metode yang standar, metode tersebut telah memenuhi beberapa kriteria seperti peka, presisi, akurat, selektif dan praktis.

Metode yang dipilih harus peka atau sensitif, memiliki makna bahwa metode ini dapat menetapkan kadar atau konsentrasi dengan daya beda yang baik, misalnya metode ini dapat membedakan konsentrasi 0.0001 M dengan 0.00012 M. Hal ini berbeda jika metode hanya dapat membedakan perubahan konsentrasi dari 0.001 M dengan 0.0001 M. jika kita mendapat sampel dengan hasil pengukuran 0.0005 M, hasilnya sangat meragukan kebenarannya.

Metode yang dipergunakan harus memiliki presisi yang baik, memiliki arti bahwa dalam satu seri pengukuran, metode yang dipergunakan selalu memberikan hasil pengukuran yang memiliki nilai berdekatan atau hampir sama. Misalnya dari tiga kali pengukuran didapat data 10.10 mm, 10.08 mm dan 10.09 mm.

Metode yang kita gunakan harus memiliki akurasi yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan mendekati nilai sebenarnya. Untuk lebih mudah memahami presisi dan akurasi dapat kita perhatikan kasus dibawah ini.

Jika kita melakukan penimbangan hasil pemisahan satu sampel obat, dengan dua alat timbangan. Dari tiga kali penimbangan dengan menggunakan timbangan pertama didapat data 480, 495 dan 505 mg, dengan timbangan kedua didapat data 460, 465 dan 470. Padahal nilai sebenarnya dari kadar parasetamol dalam obat tersebut adalah 500 mg, sesuai dengan label obat tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa timbangan pertama lebih akurat dibandingkan timbangan kedua, namun timbangan kedua memiliki presisi yang lebih baik dibanding timbangan pertama, perhatikan Gambar 15.12.



Gambar 15.12 Contoh presisi dan akurasi hasil penimbangan sampel

Metode memiliki sifat selektif artinya metode tersebut memang tepat dan hanya cocok untuk proses analisis sampel. Kehadiran zat-zat lain tidak berpengaruh terhadap proses analisis sampel. Sebagai contoh misalnya analisis boraks. Pertama dilakukan test pendahuluan untuk mengetahui bahwa didalam sampel terdapat senyawa boraks yaitu Natrium tetra borat, sampel ditambahkan asam sulfat pekat dan methanol.

Selanjutnya dilakukan uji reaksi nyala, keberadaan boraks diketahui dengan adanya nyala yang berwarna hijau.

Jika kita tidak yakin dengan percobaan ini, maka dapat kita lakukan percobaan lain, seperti mereaksikan sampel dengan perak nitrat, jika terjadi endapan putih dari senyawa perak metaborat, menunjukkan adanya boraks dalam sampel.

Analisis secara kuantitatif dapat dilakukan dengan mentitrasi larutan sampel dengan HCl. Reaksi pendahuluan dan analisis harus memberikan kepastian bahwa zat yang kita uji adalah boraks, misalnya endapan putih yang terjadi memang spesifik karena adanya senyawa perak metaborat dalam sampel. Selektifitas dari metoda analisis umumnya sangat ditentukan oleh kespesifikan reaksi, jika terjadi reaksi yang spesifik antara sampel dengan pereaksi maka otomatis metode sangat selektif, untuk mempermudah selektifitas reaksi perhatikan ilustrasinya dalam Gambar 15.13.



Gambar 15.13. Selektifitas yang ditunjukkan oleh pereaksi=R yang hanya bereaksi dengan sampel=S

Kriteria terakhir adalah metode bersifat praktis, artinya percobaan mudah dikerjakan, prosedur dan teknik yang dipergunakan sederhana. Waktu yang diperlukan melakukan analisis relative cepat, mengingat banyak senyawa kimia yang mudah berubah karena waktu penyimpanan sampel terlalu lama.

Untuk mendapatkan teknik atau metode yang ideal atau memenuhi seluruh kriteria diatas cukup sulit, sehingga kita juga perlu mempertimbangkan aspek sampel seperti macam dan jumlah sampel yang akan dianalisis, tujuan analisis dan peralatan yang tersedia. Kriteria utama yang harus dipenuhi dalam analisis adalah ketepatan, ketelitian, dan selektifitas.

15.3. Gravimetri

Dalam analisis kuantitatif selalu memfokuskan pada jumlah atau kuantitas dari sebuah sampel, pengukuran sampel dapat dilakukan dengan menghitung berat zat, menghitung volume atau menghitung konsentrasi. Gravimetri merupakan penetapan kuantitas atau jumlah sampel melalui penghitungan berat zat. Sehingga dalam gravimetri produk harus selalu dalam bentuk padatan (solid).

Alat utama dalam gravimetri adalah timbangan dengan tingkat ketelitian yang baik. Umumnya reaksi kimia tidak dalam ukuran besar seperti kilogram, namun dalam satuan yang lebih kecil seperti gram dan mili gram. Timbangan yang dipergunakan memiliki ketelitian yang tinggi atau kepekaan yang tinggi dan disebut dengan neraca analitik atau *analytical balance*.

Dalam melakukan analisis dengan teknik gravimetric, kemudahan atau kesukaran dari suatu zat untuk membentuk endapan dapat diketahui dengan melihat kelarutannya atau melihat harga dari hasil kali kelarutan yaitu Ksp. Jika harga Ksp suatu zat kecil maka kita dapat mengetahui bahwa zat tersebut sangat mudah membentuk endapan. Ingat definisi kelarutan; kelarutan suatu zat dalam suatu pelarut adalah jumlah zat tersebut sebanyak-banyaknya yang dapat larut dalam pelarut pada suhu tertentu sehingga larutan tepat jenuh. Untuk hal tersebut perhatikan harga konstanta hasil kali kelarutan atau Ksp pada Table 15.1.

Tabel 15.1. Harga Ksp dari beberapa senyawa

Rumus ion	Harga Ksp
Ag^+Cl^-	1.8×10^{-10}
$\text{Pb}^{2+}\text{SO}_4^{2-}$	1.6×10^{-8}
$\text{Pb}^{2+}\text{S}^{2-}$	1.0×10^{-28}
$\text{Ba}^{2+}\text{SO}_4^{2-}$	1.3×10^{-10}
$\text{Fe}^{2+}\text{S}^{2-}$	6.0×10^{-18}
$\text{Cu}^{2+}\text{S}^{2-}$	6.0×10^{-36}
$\text{Ca}^{2+}\text{CO}_3^{2-}$	4.8×10^{-9}

Dalam reaksi pembentukan endapan, dimana endapan merupakan sampel yang akan kita analisis, maka dengan cermat kita dapat memisahkan endapan dari zat-zat lain yang juga turut mengendap. Proses ini cukup sulit dilakukan, namun cara yang paling umum adalah mengoksidasi beberapa zat yang mungkin mengganggu sebelum reaksi pengendapan dilakukan.

Pencucian endapan merupakan tahap selanjutnya, proses pencucian umumnya dilakukan dengan menyaring endapan, yang dilanjutkan dengan membilasnya dengan air. Tahap akhir dari proses ini adalah memurnikan endapan, dengan cara menguapkan zat pelarut atau air yang masih ada didalam sampel, pemanasan atau mengeringkan dalam oven lazim dilakukan. Akhirnya penimbangan sampel dapat dilakukan dan hasil penimbangan adalah kuantitas sampel yang dianalisis.

15.4. Volumetri

Analisis volumetri merupakan teknik penetapan jumlah sampel melalui perhitungan volume. Sehingga dalam teknik alat pengukur volume menjadi bagian terpenting, dalam hal ini buret adalah alat pengukur volume yang dipergunakan dalam analisis volumetric (Gambar 15.14).

Penetapan sampel dengan analisa volumetri didasari pada hubungan stoikiometri sederhana dari reaksi-reaksi kimia, seperti dibawah ini cara ini sering disebut juga dengan titrasi.

Untuk proses titrasi zat analit (A) dengan pereaksi (S) atau larutan standar, mengikuti reaksi :



dimana a adalah molekul analit (A) yang bereaksi dengan b molekul pereaksi (S) atau larutan standar.

Pereaksi (S), disebut juga dengan titran. Posisi titran atau larutan standar ada didalam buret, yang selanjutnya kita tambahkan sedikit demi sedikit ke dalam larutan analit (A) yang ada dalam Erlenmeyer, dengan cara membuka kran yang ada dalam buret.

Dalam larutan analit (A) kita menambahkan zat indikator yang berfungsi untuk menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi sempurna dari analit dengan



Ambar 15.14. Alat dan cara melakukan titrasi

pereaksi dengan adanya perubahan warna dari indikator.

Indikator adalah suatu senyawa organik kompleks merupakan pasangan asam basa konjugasi dalam konsentrasi yang kecil indikator tidak akan mempengaruhi pH larutan. Indikator memiliki dua warna yang berbeda ketika dalam bentuk asam dan dalam bentuk basanya. Perubahan warna ini yang sangat bermanfaat, sehingga dapat dipergunakan sebagai indikator pH dalam titrasi. Indikator yang sering dipergunakan dalam titrasi disajikan dalam Tabel 15.2.

Pada saat perubahan warna, maka telah terjadi reaksi sempurna antara analit dengan pereaksi dan pada kondisi ini terjadi kesetaraan jumlah molekul zat yang bereaksi sesuai dengan persamaan reaksinya. Dari percobaan seperti ini kita dapat informasi awal, yaitu konsentrasi dan volume dari pereaksi atau larutan standar.

Perhitungan atau penetapan analit didasari pada keadaan ekuivalen dimana ada kesetaraan zat antara analit dengan pereaksi, sesuai dengan koefisien reaksinya. Kesetaraan tersebut dapat disederhanakan kedalam persamaan :

$$N(s) \times \text{Volume}(s) = N(A) \times \text{Volume}(A)$$

dimana,

$N(s)$: Normalitas dari larutan standart (titran)

$\text{Volume}(s)$: Volume larutan standar (titran) yang dipergunakan dan terbaca dari buret.

$N(A)$: Normalitas dari analit (yang dicari)

$\text{Volume}(A)$: Volume analit, diketahui karena kita persiapkan

Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan. Secara sederhana gram ekuivalen adalah jumlah gram zat untuk mendapat satu muatan, lihat kembali bahasan pada Bab 8, jika kita substitusikan dengan persamaan diatas kita dapat menetapkan berat zat berdasarkan kesetaraan mol zat dalam keadaan ekuivalen seperti pada Bagan 15.15.

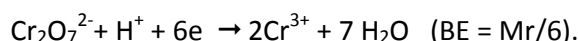
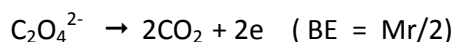
Tabel 15.2. Indikator dan perubahan warnanya pada pH tertentu

Indikator	Perubahan warna	Kisaran pH
Thymol blue	Merah ke kuning	1,2-2,8
Methyl yellow	Merah ke kuning	2,9-4,0
Bromphenol blue	Kuning ke biru	3,0-4,6
Jingga metil	Merah ke kuning	3,1-4,4
Hijau bromkresol	Kuning ke biru	3,8-5,4
Methyl orange	Merah ke kuning	4,2-6,2
Litmus	Merah ke biru	5,0-8,0
Phenol red	Kuning ke merah	6,8-8,4
Phenolftalein	tak berwarna ke merah	8,0-9,6
Thymolftalein	tak berwarna ke biru	9,3-10,6

Bagan 15.15. Penetapan berat zat pada titik ekivalen

$$\begin{aligned}
 \text{grek titran} &= \text{grek titrat} \\
 N_{\text{titran}} \times V_{\text{titran}} &= \text{mol} \times \text{ekivalensi} \\
 N_{\text{titran}} \times V_{\text{titran}} &= \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \text{ekivalensi} \\
 \text{gram} &= \frac{N_{\text{titran}} \times V_{\text{titran}} \times \text{Mr}}{\text{ekivalensi}} \\
 \text{gram}_{\text{zat}} &= N_{\text{titran}} \times V_{\text{titran}} \times \text{BE} \\
 \text{miligram}_{\text{zat}} &= N_{\text{titran}} \times \text{mL titran} \times \text{BE}
 \end{aligned}$$

Dalam reaksi redoks, kita dapat memodifikasi definisi dari berat ekivalen, yaitu berat dalam gram (dari) suatu zat yang diperlukan untuk memberikan atau bereaksi dengan 1 mol elektron.



Jika Mr Na₂C₂O₄ : 134, maka BE = 67 gram/ekivalen

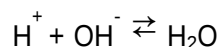
Jika Mr K₂Cr₂O₇ : 294, maka BE = 49 gram/ekivalen

Analisis volumetri ini sering diistilahkan dengan titrimetri dengan satu dasar yaitu penetapan sebuah sampel merujuk pada jumlah volume titran yang diperlukan untuk mencapai titik ekivalensi. Istilah ini untuk menghindari kerancuan, mengingat pengukuran volume tidak hanya terjadi pada reaksi dalam bentuk larutan, namun juga untuk reaksi-reaksi yang menghasilkan dimana titrasi tidak dilakukan.

Titrimetri dapat diklasifikasikan ke dalam empat jenis yang didasari pada jenis reaksinya.

15.4.1. Titrasi asam basa

Titrasi asam-basa sering disebut juga dengan titrasi netralisasi. Dalam titrasi ini, kita dapat menggunakan larutan standar asam dan larutan standar basa. Pada prinsipnya, reaksi yang terjadi adalah reaksi netralisasi yaitu :



Reaksi netralisasi terjadi antara ion hidrogen sebagai asam dengan ion hidroksida sebagai basa dan membentuk air yang bersifat netral. Berdasarkan konsep lain reaksi netralisasi dapat juga dikatakan sebagai reaksi antara donor proton (asam) dengan penerima proton (basa).

Dalam menganalisis sampel yang bersifat basa, maka kita dapat menggunakan larutan standar asam, metode ini dikenal dengan istilah asidimetri. Sebaliknya jika kita menentukan sampel yang bersifat asam, kita akan menggunakan larutan standar basa dan dikenal dengan istilah alkalimetri.

Dalam melakukan titrasi netralisasi kita perlu secara cermat mengamati perubahan pH, khususnya pada saat akan mencapai titik akhir titrasi, hal ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan dimana akan terjadi perubahan warna dari indikator lihat Gambar 15.16.

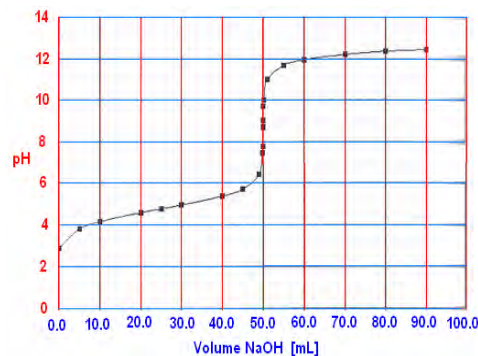
Analit bersifat asam pH mula-mula rendah, penambahan basa menyebabkan pH naik secara perlahan dan bertambah cepat ketika akan mencapai titik ekuivalen ($\text{pH}=7$). Penambahan selanjutnya menyebabkan larutan kelebihan basa sehingga pH terus meningkat. Dari Gambar 15.16, juga diperoleh informasi indikator yang tepat untuk digunakan dalam titrasi ini dengan kisaran pH 7 – 10 (Tabel 15.2).

Pemanfaatan teknik ini cukup luas, untuk alkalimetri telah dipergunakan untuk menentukan kadar asam sitrat. Titrasi dilakukan dengan melarutkan sampel sekitar 300 mg kedalam 100 ml air. Titrasi dengan menggunakan larutan NaOH 0.1 N dengan menggunakan indikator phenolftalein. Titik akhir titrasi diketahui dari larutan tidak berwarna berubah menjadi merah muda. Selain itu alkalimetri juga dipergunakan untuk menganalisis asam salisilat, proses titrasi dilakukan dengan cara melarutkan 250 mg sampel kedalam 15 ml etanol 95% dan tambahkan 20 ml air. Titrasi dengan NaOH 0.1 N menggunakan indikator phenolftalein, hingga larutan berubah menjadi merah muda.

Teknik asidimetri juga telah dimanfaatkan secara meluas misalnya dalam pengujian boraks yang sering dipergunakan oleh para penjual bakso. Proses analisis dilakukan dengan melarutkan sampel seberat 500 mg kedalam 50 mL air dan ditambahkan beberapa tetes indikator metal orange, selanjutnya dititrasi dengan HCl 0.1 N.

15.4.2. Titrasi Redoks

Reaksi redoks secara luas digunakan dalam analisa titrimetri baik untuk zat anorganik maupun organik.



Gambar 15.16. Titrasi alkalimetri dengan larutan standar basa NaOH

Reaksi redoks dapat diikuti dengan perubahan potensial, sehingga reaksi redoks dapat menggunakan perubahan potensial untuk mengamati titik akhir satu titrasi. Selain itu cara sederhana juga dapat dilakukan dengan menggunakan indikator.

Berdasarkan jenis oksidator atau reduktor yang dipergunakan dalam titrasi redoks, maka dikenal beberapa jenis titrimetri redoks seperti iodometri, iodimetri dan permanganometri.

Iodimetri dan Iodometri

Teknik ini dikembangkan berdasarkan reaksi redoks dari senyawa iodine dengan natrium tiosulfat. Oksidasi dari senyawa iodine ditunjukkan oleh reaksi dibawah ini :

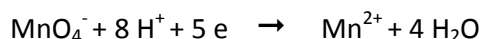


Sifat khas iodine cukup menarik berwarna biru didalam larutan amilosa dan berwarna merah pada larutan amilopektin. Dengan dasar reaksi diatas reaksi redoks dapat diikuti dengan menggunakan indikator amilosa atau amilopektin.

Analisa dengan menggunakan iodine secara langsung disebut dengan titrasi iodimetri. Namun titrasi juga dapat dilakukan dengan cara menggunakan larutan iodida, dimana larutan tersebut diubah menjadi iodine, dan selanjutnya dilakukan titrasi dengan natrium tiosulfat, titrasi tidak iodine secara tidak langsung disebut dengan iodometri. Dalam titrasi ini digunakan indikator amilosa, amilopektin, indikator carbon tetraklorida juga digunakan yang berwarna ungu jika mengandung iodine.

Permanganometri

Permanganometri merupakan titrasi redoks menggunakan larutan standar Kalium permanganat. Reaksi redoks ini dapat berlangsung dalam suasana asam maupun dalam suasana basa. Dalam suasana asam, kalium permanganat akan tereduksi menjadi Mn^{2+} dengan persamaan reaksi :



Berdasarkan jumlah elektron yang ditangkap perubahan bilangan oksidasinya, maka berat ekuivalen Dengan demikian berat ekuivalennya seperlima dari berat molekulnya atau 31,606.

Dalam reaksi redoks ini, suasana terjadi karena penambahan asam sulfat, dan asam sulfat cukup baik karena tidak bereaksi dengan permanganat.

Larutan permanganat berwarna ungu, jika titrasi dilakukan untuk larutan yang tidak berwarna, indikator tidak diperlukan. Namun jika larutan permanganat yang kita gunakan encer, maka penambahan indikator dapat dilakukan. Beberapa indikator yang dapat dipergunakan seperti ferroin, asam N-fenil antranilat.

Analisa dengan cara titrasi redoks telah banyak dimanfaatkan, seperti dalam analisis vitamin C (asam askorbat). Dalam analisis ini teknik iodimetri dipergunakan. Pertama-tama, sampel ditimbang seberat 400 mg kemudian dilarutkan kedalam air yang sudah terbebas dari gas karbondioksida (CO_2), selanjutnya larutan ini diasamkan dengan penambahan asam sulfat encer sebanyak 10 mL. Titrasi dengan iodine, untuk mengetahui titik akhir titrasi gunakan larutan kanji atau amilosa.

15.4.3. Titrasi Argentometri (pengendapan)

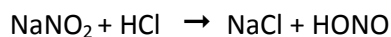
Titrasi argentometri merupakan teknik khusus yang digunakan untuk menetapkan perak dan senyawa halida. Penetapan kadar zat analit didasari oleh pembentukan endapan. Empat teknik argentometri telah dikembangkan yaitu metode Mohr, Volhard, Fajans dan Liebig.

Mohr mengembangkan titrasi argentometri untuk menetapkan kadar klorida dan bromida dalam suasana netral. Larutan standar yang dipergunakan adalah perak nitrat, dengan indikator kalium kromat. Pada penambahan perak nitrat akan terbentuk endapan berwarna putih sampai mencapai titik ekuivalen, penambahan sedikit saja perak nitrat akan menyebabkan terjadi endapan merah yang berasal dari perak kromat. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh klorida atau bromida sudah bereaksi.

Teknik Volhard, dikembangkan untuk menetapkan kadar perak, sedangkan Fajans dan Liebig kedua-duanya mengembangkan teknik penetapan titik ekuivalensi titrasi. Fajans mengembangkan indikator adsorpsi, dimana warna teradsorpsi pada permukaan endapan sehingga terjadi perubahan warna pada endapan sebagai titik akhir titrasi. Sedangkan Liebig terbentuknya larutan yang keruh karena adanya senyawa kompleks sianida.

15.4.4. Titrasi Nitrimetri

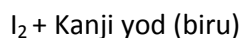
Titrasi nitrimetri merupakan titrasi yang dipergunakan dalam analisa senyawa-senyawa organik, khususnya untuk persenyawaan amina primer. Penetapan kuantitas zat didasari oleh reaksi antara fenil amina primer (aromatic) dengan natrium nitrit dalam suasana asam membentuk garam diazonium. Reaksi ini dikenal dengan reaksi diazotasi, dengan persamaan yang berlangsung dalam dua tahap seperti dibawah ini :



Reaksi ini tidak stabil dalam suhu kamar, karena garam diazonium yang terbentuk mudah tergedradasi membentuk senyawa fenol dan gas nitrogen. Sehingga reaksi dilakukan pada suhu dibawah 15°C . Reaksi diazotasi dapat dipercepat dengan penambahan garam kalium bromida.

Reaksi dilakukan dibawah 15°C , sebab pada suhu yang lebih tinggi garam diazonium akan terurai menjadi fenol dan nitrogen. Reaksi diazonasi dapat dipercepat dengan menambahkan kalium bromida.

Titik ekivalensi atau titik akhir titrasi ditunjukkan oleh perubahan warna dari pasta kanji iodide atau kertas iodida sebagai indikator luar. Kelebihan asam nitrit terjadi karena senyawa fenil sudah bereaksi seluruhnya, kelebihan ini dapat bereaksi dengan yodida yang ada dalam pasta kanji atas kertas, reaksi ini akan mengubah yodida menjadi iodine diikuti dengan perubahan warna menjadi biru. Kejadian ini dapat ditunjukkan setelah larutan didiamkan selama beberapa menit. Reaksi perubahan warna yang dijadikan indikator dalam titrasi ini adalah :



Penetapan titik akhir dapat juga ditunjukkan dengan campuran tropiolin dan metilen blue sebagai indikator dalam larutan. Titik akhir titrasi juga dapat ditentukan dengan teknik potensiometri menggunakan platina sebagai indikator elektroda dan *saturated calomel elektroda* sebagai elektroda acuan.

RANGKUMAN

1. Pemisahan merupakan proses perpindahan masa, karena senyawa-senyawa yang ada dalam campuran memiliki sifat fisika atau sifat kimia yang berbeda.
2. Sifat zat sebagai dasar pemisahan seperti, berat jenis, muatan listrik, titik didih, titik beku dan lainnya. Sedangkan sifat kimia ditunjukkan oleh interaksi kimia antara satu zat dengan zat lainnya.
3. Pengayakan merupakan proses pemisahan yang didasari atas perbedaan ukuran partikel didalam campuran tersebut.
4. Pemisahan dengan cara flotasi didasari pada sifat permukaan dari senyawa atau partikel. Untuk senyawa yang tidak suka air (hidrofobik) akan terapung.
5. Filtrasi adalah proses pemisahan dari campuran heterogen yang mengandung cairan dan partikel-partikel padat dengan menggunakan media filter dimana fasa cair akan lolos dan partikel padat akan tertahan pada filter.
6. Proses pemisahan dengan cara filtrasi dapat kita bedakan berdasarkan adanya tekanan dan tanpa tekanan.
7. Proses pemisahan dengan tekanan dilakukan dengan memvakumkan sehingga fasa cair lebih mudah menembus filter. Proses pemisahan dengan teknik ini sangat tepat dilakukan, jika jumlah partikel padatnya lebih besar dibandingkan dengan cairannya.
8. Sentrifugasi, merupakan metode yang digunakan untuk mempercepat proses pengendapan dengan memberikan gaya sentrifugasi pada partikel-partikelnya.
9. Pemisahan dengan teknik kristalisasi didasari atas pelepasan pelarut dari zat terlarutnya dalam sebuah campuran homogen atau larutan.
10. Destilasi merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogen.
11. Teknik sampling adalah cara memilih sebuah sampel yang dapat mewakili bahan (populasi) yang akan analisis.
12. Dalam pengukuran terjadi kesalahan pengamatan yang dilakukan oleh manusia (human error)
13. Kesalahan dalam pengukuran dapat terjadi karena keterbatasan peralatan disebut dengan *instrumental error*
14. Akurasi adalah kemampuan alat untuk mengukur secara yang hasilnya mendekati nilai sebenarnya.
15. Metode yang selektif memiliki kemampuan untuk membedakan antara sampel dan zat-zat pengganggu.
16. Presisi adalah kemampuan alat atau metode untuk mengukur analit dengan hasil yang nilainya hampir sama.

17. Gravimetri merupakan penetapan kuantitas atau jumlah sampel melalui penghitungan berat zat.
18. Dalam melakukan analisis dengan teknik gravimetri ada empat tahap yang harus kita lakukan yaitu mengetahui dengan cermat bahwa zat ada dalam bentuk padatan atau endapan, hasil reaksi dapat dipisahkan dari zat lainnya, pencucian endapan dan memurnikan endapan.
19. Analisis volumetri merupakan teknik penetapan jumlah sampel melalui perhitungan volume. Buret adalah alat pengukur volume yang dipergunakan dalam analisis volumetri.
20. Perhitungan atau penetapan analit didasari pada keadaan ekuivalen dimana ada kesetaraan zat antara analit dengan pereaksi, sesuai dengan koefisien reaksinya.
21. Titrimetri dapat diklasifikasikan ke dalam empat jenis yang didasari pada jenis reaksinya.
22. Dalam titrasi asam basa merupakan titrasi yang menggunakan asam atau basa sebagai larutan standarnya.
23. Analisa iodimetri adalah titrasi yang menggunakan iodine sebagai larutan standar untuk mengukur sampel secara langsung.
24. Iodometri adalah titrasi yang menggunakan larutan iodida, dimana larutan tersebut diubah menjadi iodine, dan selanjutnya dilakukan titrasi dengan natrium tiosulfat. Dengan kata lain iodometri adalah titrasi yang menggunakan larutan iodine secara tidak langsung.
25. Permanganometri merupakan titrasi redoks menggunakan larutan standar Kalium permanganat.
26. Titrasi argentometri merupakan teknik khusus yang digunakan untuk menetapkan perak dan senyawa halida. Penetapan kadar zat analit didasari oleh pembentukan endapan
27. Titrasi nitrimetri merupakan titrasi yang dipergunakan dalam analisa persenyawaan amina primer. Penetapan kuantitas zat didasari oleh reaksi antara fenil amina primer (aromatic) dengan natrium nitrit dalam suasana asam membentuk garam diazonium.

UJI KOMPETENSI

1. Teknik Pemisahan yang didasari pada sifat permukaan zat yang hidrofilik atau hidrofobik adalah
 - A. Pengayakan
 - B. Penyaringan
 - C. Flotasi
 - D. Sedimentasi
2. Teknik pemisahan yang didasari pada konstanta solubility product adalah
 - A. Pengayakan
 - B. Penyaringan
 - C. Flotasi
 - D. Pengendapan
3. Teknik pemisahan yang didasari atas titik didih adalah
 - A. Filtrasi
 - B. Kristalisasi
 - C. Sublimasi
 - D. Distilasi
4. Jika suatu campuran terdiri dari fasa padat dan fasa cair, dan fasa cairnya dipakasa untuk lepas fasa padatnya, merupakan prinsip dasar teknik pemisahan..
 - A. Filtrasi
 - B. Kristalisasi
 - C. Sublimasi
 - D. Distilasi
5. Dalam teknik Sentrifugasi terjadi pemisahan karena partikel memiliki gaya
 - A. Grafitasi
 - B. Elektrostatika
 - C. Sentrifugasi
 - D. Van der Waals
6. Kemampuan suatu alat yang dapat mengukur analit mendekati nilai sebenarnya disebut dengan
 - A. Akurasi
 - B. Presisi
 - C. Peka
 - D. Selektif
7. Jika kita melakukan pengukuran dengan tiga alat ukur yang sama dan hasilnya berbeda, maka ini merupakan jenis kesalahan
 - A. Pabrik
 - B. Alat
 - C. Manusia
 - D. Benar semua

8. Jika kita melakukan titrasi menggunakan larutan I_2 dengan Natrium tiosulfat, maka titrasi ini termasuk titrasi
 - A. Iodometri
 - B. Iodimetri
 - C. Permanganometri
 - D. Nitrimetri
9. Gravimetri merupakan penetapan kuantitas atau jumlah sampel melalui didasari oleh pengukuran
 - A. Volume
 - B. Berat
 - C. Konsentrasi
 - D. gas
10. Untuk mengukur volume dalam analisis volumetric dipergunakan
 - A. Buret
 - B. Gelas ukur
 - C. Labu ukur
 - D. Sendok ukur
11. Dalam titrasi pengukuran sampel didasari pada kesetaraan mol pada saat
 - A. Awal reaksi
 - B. Pertengahan reaksi
 - C. Titik ekuivalen
 - D. Benar semua
12. Dibawah ini bukan merupakan teknik titrimetri
 - A. Argentometri
 - B. Iodometri
 - C. Netralisasi
 - D. gravimetri
13. Dibawah ini merupakan titrasi redoks kecuali
 - A. Argentometri
 - B. Iodometri
 - C. iodimetri
 - D. asam-basa
14. Kalium permanganat merupakan lartan standar yang dipergunakan pada
 - A. Permanganometri
 - B. Manganometri
 - C. Kalium metri
 - D. Kalium permanganometri
15. Titrasi nitrimetri didasari oleh reaksi pembentukan
 - A. Garam klorida
 - B. Garam azo
 - C. Garam dapur
 - D. Endapan

DAFTAR PUSTAKA

- Anastas and Warner, 2000. *Green Chemistry Theory and Practice*, Oxford University Press.
- Byce C.F.A, 1991, *The Structure and Function of Nucleic Acid*, Revised Ed, Ports Mouth: Biochemical Society.
- Cotton FA, Darlington, Lawrence D, Lynch, 1973, *Chemistry an investigative Approach*, Boston, HoughtonMifflin Company.
- Darrel D Ebbink and Mark S Wrigton, 1987, *General Chemistry*, Boston, HoughtonMifflin Company.
- Davis Alison, 2006, *Chemitry of Health*, London:, national Institute of General Medical Science.
- Donal C Gregg, 1971, *Principle of Chemistry*. Third edition, Boston, Allyin and Beacon.
- Graham T.W, and Solomon. 1984, *Organic Chemistry*, Third edition, New York, John willey and Sons.
- Hutagalung, H. 2004, *Karboksilat*, USU digital library.
- Hassi R dan Abzeni, 1984, *Intisari Kimia*, Bandung Empat Saudara.
- Indah M, 2004, *Mekanisme kerja hormone*. USU dgital library.
- James E Brady, 1990, *General chemistry: Principle and Structure*. Fifth edition, New York, John Willey and Sons.
- Keenan, C.W. D.C. Klienfilte and JH Wood, 1984, *Kimia untuk Universitas, Jilid I*, Jakarta, Erlangga.
- Kumalasari, L. 2006, *Pemanfaatan Obat tradisional dengan Pertimbangan Manfaat dan Keamanannya*. Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol.III, No.1, April 2006.
- Lehninger., 1995, *Dasar-dasar Biokimia, Jilid I*, terjemahan, Thenawijaya Maggy, terjemahan dari Principle of Biochemistry (1982). Jakarta Erlangga.
- Liska, Ken, Pryde Lucy T. 1984, *Chemistry for Health Care Proffesionals*, Mc Millan publishing Company.
- Mardiani, 2004. *Metabolisme Heme*, USU digital Library.
- Nuijten H., 2007. *Air dan Sifat dari air, Pontianak* : PDAM Pontianak-Oasen 604 DA.
- Peraturan Mentri Pendidikan Nasional Indonesia, No. 22, tahun 2006 *tentang Standar Isi Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Indonesia, No. 23, tahun 2006 tentang *Standar Kompetensi Lulusan Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

Rusdiyana, 2004. *Metabolisme Asam Lemak*, USU digital Library.

Simanjuntak, M.T. dan Silalahi J. 2004, *Biokimia* USU digital Library

Sudarmaji dkk, 2006: *Toksikologi Logam Berat B3 dan dampaknya bagi Kesehatan*, Surabaya: FKM Universitas Airlangga.

Suharsono, 2006, *Struktur dan Ekspresi Gen*, Bogor: IPB

Timberlake, Karen, C. 2000, *Cemistry: An Introduction to General Organic and Biological Chemistry*, London,: Pearso education Inc.

Wahyuni Sri ST. 2003, *Materi Ringkas dan Soal Terpadu Kimia SMA*, Jakarta : Erlangga.

GLOSSARIUM

ΔG°	Perubahan energi bebas standar
2-Deoksi-D-Ribosa	Gula pentosa penyusun DNA
Accumulator	Lihat Aki
Adenosin	Nukleosida yang terdiri atas gugus adenin dan ribosa
Adsorben	Zat penyerap
Adsorpsi	Penyerapan secara fisika, dengan mengikat molekul yang diserap pada permukaan adsorben
Aerob	Keadaan yang kontak langsung dengan udara atau oksigen
Aerosol Cair	Koloid dengan fasa terdispersi cair dan medium pendispersinya gas
Aerosol Padat	Koloid yang disusun oleh fasa terdispersi padat dengan medium pendispersinya berupa gas
Affinitas Elektron	Energi yang dibebaskan oleh sebuah atom untuk menerima elektron
Air	Substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen, bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kpa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C), merupakan suatu pelarut universal
Aki	Salah satu aplikasi sel volta yang tersusun atas elektroda Pb dan PbO , dalam larutan asam sulfat yang berfungsi sebagai elektrolit
Aldolase Fruktosa Difosfat	Enzim yang mengkatalisis penguraian fruktosa 1,6-bifosfat membentuk senyawa gliseraldehida 3-fosfat dan dihidroksiaseton fosfat melalui reaksi kondensasi aldol
Aldosa	Polihidroksi dengan gugus aldehyd
Alkalosis	Kelebihan oksigen pada sistem respirasi yang mengakibatkan penurunan kadar CO_2 , yang memberi dampak pada kenaikan pH darah
Alkana	Senyawa karbon yang memiliki ikatan tunggal
Alkanal	Aldehyda
Alkanol	Senyawa monohidroksi turunan alkana
Alkanon	Senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi karbonil diantara alkil
Alkena	Senyawa karbon yang memiliki ikatan rangkap dua
Alkil Alkanoat	Senyawa turunan asam karboksilat hasil reaksi dengan alkohol
Alkohol Primer	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C primer
Alkohol Sekunder	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C sekunder

Alkohol Tersier	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C tersier
Alkoksi Alkana	Senyawa yang memiliki gugus fungsi alkoksi yang mengikat gugus alkil atau aril
Alkuna	Suatu hidrokarbon dengan minimal satu ikatan rangkap tiga
Amfoterik	Sifat suatu molekul yang dapat berperilaku sebagai asam yang dapat mendonasikan proton pada basa kuat, atau dapat juga berperilaku sebagai basa yang dapat menerima proton dari asam kuat
Amilase	Enzim penghidrolisis pati
Amilopektin	Polisakarida yang terdiri dari molekul D-Glukopiranososa yang berikatan α (1 $\rightarrow$ 4) glikosidik dan juga mengandung ikatan silang α (1 $\rightarrow$ 6) glikosidik
Amilosa	Polisakarida tak bercabang terdiri dari molekul D-Glukopiranososa yang berikatan α (1 $\rightarrow$ 4) glikosidik dalam struktur rantai lurus
Anhidrat	Kedadaan senyawa yang kehilangan molekul air
Anoda	Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi
Apoenzim	Yaitu bagian enzim yang tersusun dari protein, yang akan rusak bila suhu terlampaui panas
Ar	Berat atom relatif yang menggunakan berat atom C sebagai pembanding
Asam	Zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, misalnya memiliki rasa asam, dapat merusak permukaan logam juga lantai marmer atau sering juga disebut dengan korosif
Asam Alkanoat	Asam organik yang memiliki gugus fungsi karboksilat
Asam Amino	Gugus fungsional karboksilat (COOH) dan amina (NH ₂) yang terikat pada satu atom karbon (C α) yang sama
Asam Cuka	Asam asetat
Asam Konyugasi	Molekul yang dapat mendonorkan protonnya, sehingga berperan sebagai asam
Asam Lemak	Asam alkanoat atau asam karboksilat berderajat tinggi (memiliki rantai C lebih dari 6)
Asam Lemak Jenuh	Asam lemak yang hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya
Asam Lemak Tidak jenuh	asam lemak yang hanya memiliki minimal memiliki satu ikatan rangkap di antara atom-atom karbon penyusunnya
Asam Nukleat	Polinukleotida
Asetilena	Alkuna yang paling sederhana
Aseton	Senyawa alkanon paling sederhana
Asidosis	Peningkatan jumlah CO ₂ dalam darah, sehingga jumlah H ₂ CO ₃ semakin besar dan terjadi penurunan pH
Atom	Bagian terkecil dari sebuah unsure

ATP	<i>Adenosine triphosphate</i> , suatu nukleotida yang dikenal di dunia biokimia sebagai zat yang paling bertanggung jawab dalam perpindahan energi intraseluler
Aturan Aufbau	Aturan ini menyatakan bahwa elektron-elektron dalam suatu atom akan mengisi orbital yang memiliki energi paling rendah dilanjutkan ke orbital yang lebih tinggi
Aturan Hund	Aturan ini menyatakan bahwa elektron dalam mengisi orbital tidak membentuk pasangan terlebih dahulu
Aturan Pauli	Aturan ini menyatakan bahwa dua elektron didalam sebuah atom tidak mungkin memiliki ke empat bilangan kuantum yang sama
Autokatalis	Katalisator yang terbentuk dengan sendirinya dalam suatu reaksi
Basa	Zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, seperti licin jika mengenai kulit dan terasa getir serta dapat merubah kertas lakmus biru menjadi merah
Basa Konyugasi	Molekul yang menerima proton dan berperan sebagai basa
Batere	Sel kering yang merupakan salah satu sel volta yang tidak dapat diisi kembali
Benzena	Senyawa heksatriena yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi
Bilangan Avogadro	Bilangan yang sebanding dengan $6,023 \times 10^{23}$ partikel
Bilangan Kuantum Azimut	Bilangan yang menentukan bentuk dan posisi orbital sebagai kebolehjadian menemukan tempat kedudukan elektron dan merupakan sub tingkat energi
Bilangan Kuantum Magnetik	Bilangan yang menentukan bagaimana orientasi sudut orbital dalam ruang
Bilangan Kuantum Spin	Bilangan yang menggambarkan ciri dari elektron yang berotasi terhadap sumbunya dan menghasilkan dua arah spin yang berbeda
Bilangan Kuantum Utama	Bilangan ini menentukan tingkat energi satu elektron yang menempati sebuah ruang tertentu dalam atom, hal ini juga menjelaskan kedudukan elektron terhadap inti atom
Bilangan Oksidasi	Sebuah bilangan yang ada dalam sebuah unsur dan menyatakan tingkat oksidasi dari unsur tersebut
Biomolekul	Molekul yang menyokong aktivitas kehidupan yang tersusun atas atom-atom: karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, sulfur dan fospor.
Buih	Koloid yang dibentuk oleh fasa terdispersi gas dan medium pendispersinya cair
Busa Padat	Koloid yang fasa terdispersinya gas dan medium pendispersinya padat
C Asimetri	Atom C yang mengikat atom atau molekul yang berbeda
Cincin Piranosa	Bentuk siklik dari monosakarida dengan lima karbon dan satu oksigennya

CMC	<i>Carboxymethyl cellulose</i>
Coulomb	Satuan muatan listrik
Deaminasi	Proses penghilangan gugus amino dari suatu molekul
Defisiensi Vitamin	Kekurangan vitamin
Dehidrogenase	Enzim yang mengkatalisi reaksi dehidrogenasi
Dehidrohalogenasi	Reaksi yang menyebabkan hilangnya hidrogen dan halogen dari suatu molekul
Dekarboksilasi	Reaksi pelepasan molekul CO ₂
Denaturasi Protein	Proses pemecahan atau merusak ikatan-ikatan kimia yang lemah dalam protein akibat perlakuan tertentu yang menyebabkan rusaknya struktur kuartener, tersier bahkan struktur sekunder protein
Derajat Disosiasi	Perbandingan antara banyaknya zat yang terurai dengan jumlah zat awalnya
Deret Actinida	Deret yang seluruh unsurnya memiliki kemiripan sifat dengan actinium
Deret Lantanida	Deret yang seluruh unsurnya memiliki kemiripan yang sama dan menyerupai unsur lantanum.
Dialisis	Pemurnian medium pendispersi dari elektrolit, dengan cara penyaringan koloid dengan menggunakan kertas perkamen atau membran yang ditempatkan di dalam air yang mengalir
Dicer	Enzim pemotong RNA
Disakarida	Sakarida yang tersusun dari dua cincin monosakarida
Disosiasi	Peristiwa penguraian zat secara spontan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana
DNA	<i>Deoxyribonucleic Acid</i> , material genetik yang menyimpan cetak biru seluruh aktivitas sel
DNA Polimerase	Enzim yang mengkatalisis replikasi DNA
D-Ribosa	Gula pentosa penyusun RNA
Efek Tyndall	Penghamburan cahaya oleh partikel-partikel yang terdapat dalam sistem koloid sehingga berkas cahaya dapat dilihat jelas walaupun partikelnya tidak tampak
Ektoenzim	Enzim yang bekerja di luar sel
Elektroforesa	Proses pemisahan koloid yang bermuatan dengan bantuan arus listrik
Elektrokimia	Cabang ilmu yang mempelajari hubungan energi listrik dengan reaksi kimia
Elektrolisis Air	Penguraian molekul air menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirkan arus listrik
Elektron	Partikel penyusun atom yang bermuatan negatif
Elektron Valensi	Elektron pada orbital terluar
Elektronegatifitas	Kemampuan suatu atom untuk menarik elektron
Elektroplating	Proses pelapisan permukaan logam dengan logam lain

Emulsi	Koloid yang dibentuk oleh fasa terdispersi cair didalam medium pendispersi cair
Emulsi Padat	Koloid yang disusun oleh fasa terdispersi cair dalam medium pendispersi padat
Endoenzim	Enzim yang bekerja di dalam sel
Energi Aktivasi	Energi kinetik minimum yang harus dimiliki atau diberikan kepada partikel agar tumbukannya menghasilkan sebuah reaksi
Energi Bebas Gibbs	Energi yang menyertai reaksi yang merupakan ukuran pasti kecenderungan reaksi
Energi Ikatan	Energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan antar atom dari satu mol senyawa dalam bentuk gas dan dihasilkan atom-atom gas
Energi Ionisasi	Energi terendah yang dibutuhkan sebuah atom untuk dapat melepaskan elektron valensinya
Enol	Senyawa alkohol yang memiliki ikatan rangkap pada atom karbon yang mengikat gugus hidroksil
Enolase	Enzim yang mengkatalisis proses dehidrasi molekul 2-fosfoglisarat menjadi fosfoenol piruvat
Entalpi	Kandungan energi suatu zat pada tekanan tetap
Entalpi Pelarutan	Entalpi reaksi pelarutan dari satu mol senyawa kedalam pelarut dan menjadi larutan encer
Entalpi Pembakaran	Entalpi reaksi pembakaran sempurna satu mol senyawa dengan oksigen
Entalpi Pembentukan	Entalpi reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya
Entalpi penguraian	Entalpi reaksi penguraian dari satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya
Enzim	Satu atau beberapa gugus polipeptida (protein) yang berfungsi sebagai katalis
Enzimologi	Ilmu yang mempelajari tentang enzim
Essense	Senyawa ester yang digunakan sebagai penambah aroma sintetis
Eter	Lihat alkoksi alkana
Fermi	Satuan yang setara dengan 10^{-5} Å
Formaldehida	Senyawa paling sederhana dari aldehida
Fosfatase	Enzim yang mengkatalisis reaksi pelepasan gugus fosfat dari suatu senyawa
Fosfofruktokinase	Enzim yang mengkatalisis fosforilasi fruktosa 6-fosfat menjadi fruktosa 1,6-bisfosfat
Fraksi Mol	Bilangan yang menyatakan rasio jumlah mol zat terlarut dan pelarut dalam sebuah larutan
Garam	Senyawa yang bersifat elektrolit, dibentuk dari sisa basa atau logam yang bermuatan positif dengan sisa asam yang bermuatan negative

Gaya Adhesi	Gaya tarik-menarik antar molekul yang tidak sejenis
Gaya Kohesi	Gaya tarik antar molekul sejenis
Gaya London	Lihat gaya Van der Waals
Gel	Lihat emulsi padat
Gaya Van Der Waals	Gaya tarik menarik antar dipol dalam suatu zat yang disebabkan distorsi pada distribusi elektronnya sehingga terjadi dispersi muatan positif atau dispersi muatan negatifnya membentuk dipol yang bersifat temporer dalam setiap atom
Gerak Brown	Pergerakan yang tidak teratur (zig-zag) dari partikel-partikel koloid
Glikogen	Homopolimer dari glukosa yang bercabang, terdiri dari satuan glukosa yang berikatan α (1 $\rightarrow$ 4) dan ikatan silang α (1 $\rightarrow$ 6) glikosidik, mirip amilopektin
Glikogenesis	Pelepasan insulin oleh pankreas akibat peningkatan kadar gula darah, sehingga hati mengubah glukosa menjadi glikogen dan asam piruvat, bersamaan dengan pengangkutan glukosa ke dalam otot.
Glikogenolisis	Katabolisme glikogen menjadi glukosa
Glikogenosis	Penyakit penimbunan glikogen akibat tidak adanya 1 atau beberapa enzim yang diperlukan untuk mengubah glikogen menjadi glukosa (untuk digunakan sebagai energi)
Glikol	Dialkohol dengan dua gugus hidroksil saling bersebelahan
Glikolisis	Reaksi pemecahan glukosa menghasilkan 2 ATP dan 2 molekul piruvat
Glikosfingolipid	Lipid mengandung monosakarida yang terikat pada gugus OH gugus sfingosin melalui ikatan glikosida
Glikosida	Senyawa asetal yang terbentuk dari proses penggantian gugus hidroksil (OH) dengan gugus alkoksi (OR)
Gliserol	Senyawa alkohol yang memiliki 3 gugus hidroksil yang saling bersebelahan
Gliseroposfolipid	Lipida yang dibangun oleh molekul asam lemak, posfat, gliserol, amino dan alkohol
Glukokinase	Enzim yang mengkatalisis fosforilasi D-glukosa yang terdapat di dalam hati
Glukoneogenesis	Reaksi pembentukan glukosa dari molekul non karbohidrat
Glukosa	Suatu gula monosakarida, salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi hewan dan tumbuhan dan merupakan salah satu hasil utama fotosintesis
Gugus Alkoksi	Gugus -OR
Gugus Karbonil	Gugus yang terdiri dari sebuah atom karbon sp^2 yang dihubungkan sebuah atom oksigen oleh satu ikatan sigma dan satu ikatan pi
Hasil Kali Kelarutan	Lihat Ksp

Heksokinase	Enzim yang mengkatalisis fosforilasi heksosa
Hibrid Resonansi	Bentuk stabil yang dibentuk dari proses hibridisasi dan resonansi ikatan, sehingga memiliki tingkat energi minimum
Hibridisasi	Proses perpindahan elektron dari tingkat orbital yang rendah ke yang lebih tinggi
Hidrasi	Reaksi Penyisipan molekul air ke dalam suatu senyawa
Hidrolisis	Reaksi penguraian zat oleh air
Hidrolisis Garam	Lihat hidrolisis
Hukum Avogadro	Pada tekanan dan suhu yang sama, gas-gas yang memiliki volume yang sama mengandung jumlah molekul yang sama pula
Hukum Faraday	Hukum ini menjelaskan hubungan massa suatu zat yang berhasil diendapkan oleh energi listrik
Hukum Gay Lussac	Lihat hukum perbandingan volume
Hukum Hess	Hukum ini menyatakan bahwa entalpi reaksi (ΔH) hanya tergantung pada keadaan awal reaksi dan hasil reaksi dan tidak bergantung pada jalannya reaksi
Hukum Kekekalan Energi	Hukum ini menyatakan bahwa dalam perubahan kimia atau fisika energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya
Hukum Kekekalan Massa	Hukum ini menyatakan bahwa dalam sebuah reaksi, massa zat-zat sebelum bereaksi sama dengan massa zat sesudah bereaksi
Hukum Laplace	Hukum ini menyatakan bahwa jumlah kalor yang dilepaskan dalam pembentukan sebuah senyawa dari unsur-unsurnya sama dengan jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa tersebut menjadi unsur-unsurnya
Hukum Lavoiser	Lihat hukum kekekalan massa
Hukum Le Cathelier	Hukum ini menyatakan jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang, dan kedalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi
Hukum Perbandingan Beganda	Hukum ini menyatakan bahwa dapat terjadi dua macam unsur membentuk dua senyawa atau lebih, jika unsur pertama memiliki massa yang sama, maka unsur kedua dalam senyawa-senyawa tersebut memiliki perbandingan sebagai bilangan bulat dan sederhana
Hukum Perbandingan Tetap	Perbandingan massa unsur-unsur penyusun sebuah senyawa adalah tetap
Hukum Perbandingan Volume	Hukum ini menyatakan bahwa volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi, jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama, akan berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana
Hukum Proust	Lihat hukum perbandingan tetap

IDDM	<i>Insulin-dependent diabetes mellitus</i> , diabetes melitus akibat rusaknya sel beta penghasil insulin dalam pankreas yang menyebabkan penderitanya sangat tergantung pada pasokan insulin dari luar
Ikatan Glikosida	Ikatan yang menghubungkan dua monosakarida, terbentuk dengan cara kondensasi gugus hidroksil dari atom karbon pertama pada monosakarida pertama dengan salah satu atom karbon nomor 2, 4, atau 6 pada monosakarida kedua
Ikatan Hidrogen	Ikatan yang terjadi akibat gaya tarik antarmolekul antara dua muatan listrik parsial dengan polaritas yang berlawanan dengan H sebagai atom bermuatan parsial positif.
Ikatan Ion	Ikatan yang terjadi karena adanya gaya listrik elektrostatis antara ion yang bermuatan positif (kation) dengan ion yang bermuatan negatif (anion)
Ikatan Kovalen	Ikatan yang bentuk dengan cara penggunaan elektron secara bersama
Ikatan Logam	Interaksi antar atom di dalam sebuah logam
Ikatan Peptida	Ikatan yang terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus α amino dari molekul asam amino lainnya dengan melepas molekul air
Ilmu Kimia	Ilmu yang mempelajari tentang materi terkait dengan struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya
Isobar	Unsur yang memiliki nomor massa yang sama, namun memiliki jumlah proton dan neutron yang berbeda
Isomer	Dua molekul yang memiliki kesamaan rumus molekul namun berbeda dalam penataan atom dalam molekulnya
Isoton	Kondisi dimana dua unsur memiliki jumlah neutron yang sama
Isotop	Unsur yang memiliki jumlah elektron dan proton yang sama namun berbeda jumlah neutronnya
IUPAC	<i>International Union of Pure and applied Chemistry</i>
Jari-Jari Atom	Jarak dari inti atom sampai dengan elektron pada kulit terluar
Jembatan Fosfo Diester	Molekul yang menghubungkan unit-unit nukleotida membentuk DNA atau RNA
Ka	Tetapan ionisasi asam
Kalorimeter	Alat yang digunakan untuk mengukur kalor yang diserap atau dilepas suatu zat
Karbohidrat	Hidrat suatu karbon: $C_x(H_2O)_y$, berupa polihidroksi aldehida atau polihidroksi keton, turunan senyawa tersebut, dan berbagai bahan yang bila dihidrolisis menghasilkan senyawa tersebut
Katabolisme	Proses pembongkaran molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana
Katalisator	Zat yang berperan untuk menurunkan Energi aktivasi dalam suatu reaksi kimia

Katoda	Elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi
Kb	Tetapan ionisasi basa
Kecepatan Reaksi	Berkurangnya atau bertambahnya konsentrasi zat A dalam selang waktu tertentu
Keseimbangan Kimia	Reaksi dua arah dimana kecepatan pembentukan produk sama dengan kecepatan penguraian produk
Keton	Lihat alkanon
Ketosa	Polihidroksi dengan gugus keton
Ketosis	Peristiwa peningkatan senyawa keton dalam darah, jaringan dan urin, secara abnormal
Km	Konstanta Michaelis
Koagulasi	Pengumpulan
Kodon	Kode urutan basa nitrogen tersusun dalam bentuk 'triplet', yang menyandikan asam amino tertentu atau kode berhenti
Koenzim	Bagian enzim yang tidak tersusun dari protein, tetapi dari ion-ion logam atau molekul-molekul organik
Kolesterol	Steroid yang memiliki 27 atom karbon dengan satu gugus hidroksi pada atom C3 pada cincin A.
Koloid	Bagian dari campuran yang memiliki sifat khas karena memiliki ukuran partikel dengan diameter antara 1 -100 nm
Koloid Dispersi	Koloid yang dihasilkan dari proses memperkecil partikel suspensi
Koloid Kondensasi	Partikel koloid yang dibentuk dari partikel larutan
Koloid Liofil	Koloid yang memiliki gaya tarik menarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi cairan
Koloid Liofob	Koloid yang memiliki gaya tarik menarik yang lemah antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi cairan
Koloid Pelindung	Koloid yang dapat melindungi koloid lain agar tidak terkoagulasikan
Kondensasi Aldol	Reaksi pembentukan senyawa yang mengandung gugus hidroksil dan gugus karbonil
Konjugasi	Deretan ikatan rangkap yang dipisahkan oleh satu ikatan tunggal
Konsentrasi	Besaran yang menyatakan perbandingan zat terlarut dengan pelarutnya
Korosi logam	Proses oksidasi sebuah logam dengan udara atau elektrolit lainnya, dimana udara atau elektrolit akan mengalami reduksi
Kp	Tetapan keseimbangan (dalam fase gas)
Ksp	Hasil kali konsentrasi ion-ion dalam larutan tepat jenuh dan tiap konsentrasinya dipangkatkan dengan koefisien reaksinya
Larutan	Campuran homogen (serba sama) antara dua zat atau lebih
Larutan Buffer	Larutan yang terdiri dari garam dengan asam lemahnya atau garam dengan basa lemahnya

Larutan Elektrolit	Larutan yang zat terlarutnya mengalami ionisasi, atau zat terlarutnya terurai menjadi ion positif dan negatif
Lipase	Enzim yang mengkatalisis reaksi penguraian ester lipid menjadi asam lemak dan gliserol
Lipid	Berasal dari kata lipos (bahasa Yunani) yang berarti lemak
Lipolisis	Reaksi hidrolisis triasilgliserol oleh lipase yang akan menghasilkan gliserol dan asam lemak
Massa	Jumlah partikel yang dikandung setiap benda
Materi	Segala sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa
Meta	Posisi substituen dalam cincin benzene pada posisi 1,3
Metabolisme	Reaksi kimia yang terjadi di dalam makhluk hidup, mulai dari makhluk bersel satu yang sangat sederhana seperti bakteri, jamur, tumbuhan, hewan sampai manusia dengan tujuan memperoleh, mengubah, dan memakai senyawa kimia dari sekitarnya untuk kelangsungan hidupnya.
Mol	Satuan yang sebanding dengan partikel sebanyak $6,023 \times 10^{23}$ dalam setiap 1 satuannya
Molalitas	Satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah mol zat yang terdapat didalam 1000 gram pelarut
Molaritas	Satuan konsentrasi yang didefinisikan sebagai banyak mol zat terlarut dalam 1 liter (1000 ml) larutan
Molekul	Bagian terkecil dari suatu senyawa
Monosakarida	Sakarida sederhana yang tidak dapat dihidrolisis menjadi sakarida yang lebih kecil walaupun dalam suasana yang lunak sekalipun
Mr	Berat molekul relatif yang menggunakan berat atom C sebagai pembanding
mRNA	RNA kurir
NAD	Nikotinamida adenin dinukleotida, koenzim yang memiliki gugus nikotinamida yang berfungsi sebagai pembawa atom hidrogen dan elektron dalam reaksi redoks intraseluler
NADP	Nikotinamida adenin dinukleotida fosfat, fungsi lihat NAD
NADPH	Merupakan bentuk tereduksi dari NADP
Netron	Partikel penyusun inti yang tidak bermuatan
Normalitas	Didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan
Nukleosida	Suatu N-glikosida, yang tersusun atas basa purina atau pirimidina yang terhubung pada atom karbon anomerik (C-1') gula pentosa
Nukleotida	Ester fosfat dari nukleosida
Oksidasi	Reaksi dari suatu unsur atau senyawa yang mengikat oksigen
Oligosakarida	Gabungan dari molekul-molekul monosakarida yang jumlahnya antara 2 (dua) sampai dengan 8 (delapan) molekul monosakarida

Orbital	Sub tingkat energi
Orto	Posisi substituen dalam cincin benzena pada posisi 1,2
Osmosa	Lihat osmosis
Osmosis	Proses merembesnya atau mengalirnya pelarut ke dalam larutan melalui selaput semipermeabel
Para	Posisi substituen dalam cincin benzena pada posisi 1,4
Pati	Merupakan campuran dari dua polisakarida berbeda, yaitu amilum dan amilopektin
Pelarut	Bagian terbesar dalam larutan
Pelarut Universal	Pelarut yang dapat berinteraksi dan melarutkan banyak senyawa kimia
Pemekatan	Bertambahnya rasio konsentrasi zat terlarut didalam larutan akibat penambahan zat terlarut
Pengenceran	Berkurangnya rasio zat terlarut didalam larutan akibat penambahan pelarut
Peptipasi	Pemecahan partikel kasar menjadi partikel koloid yang dilakukan dengan penambahan molekul spesifik
Pereaksi Fehling	Reagen yang digunakan untuk membedakan aldehida dan keton berdasarkan pembentukan endapan merah Cu_2O
Pereaksi Tollens	Reagen yang digunakan untuk membedakan aldehida dan keton berdasarkan pembentukan cermin perak
Persen Berat	Satuan konsentrasi yang menyatakan banyaknya zat terlarut dalam 100 gram larutan
Persen Volume	Satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah volume (ml) dari zat terlarut dalam 100 ml larutan
pH	Derajat keasaman
pH Meter	Alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH
Pi	Senyawa fosfat anorganik
pOH	Derajat kebasaan
Polimerisasi	Pembentukan rantai yang panjang dari molekul sederhana
Polisakarida	Molekul yang tersusun dari rantai monosakarida, yang dapat digolongkan ke dalam dua kelompok besar secara fungsional, yaitu struktural polisakarida dan nutrien polisakarida. Sebagai komponen struktural, berperan sebagai pembangun komponen organel sel dan sebagai unsur pendukung intrasel
Polusi	Pencemaran yang terjadi akibat perubahan komposisi penyusun lingkungan tertentu
Potensial Reduksi	Beda potensial elektroda yang ukur menggunakan pembanding SHE
PPi	Senyawa pirofosfat anorganik
Prostaglandin	Lipid yang mengandung gugus hidroksil (OH) diposisi atom C nomor 11 dan atom C nomor 15, dan memiliki ikatan rangkap pada atom C no 13

Protein	Senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida
Protein Kontraktil	Dikenal sebagai protein motil, didalam sel dan organisme protein ini berperan untuk bergerak seperti aktin dan myosin
Protein Nutrient	Sering disebut protein penyimpanan, merupakan protein yang sebagai cadangan makanan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan
Protein Pengatur	Protein yang membantu pengaturan aktifitas seluler atau fisiologis, contoh: hormon dan repressor.
Proton	Partikel penyusun inti yang bermuatan positif
Protein Pertahanan	Protein yang memiliki fungsi untuk membangun sistem pertahanan makhluk hidup dari berbagai bentuk serangan dari kuman atau organisme lain
Protein Struktural	Protein yang berperan untuk menyangga atau membangun struktur biologi makhluk hidup
Protein Transport	Protein yang dapat mengikat dan membawa molekul atau ion yang khas dari satu organ ke organ lainnya
PVC	Poli(vinil klorida)
Reaksi Adisi	Reaksi pemutusan ikatan rangkap dengan cara penambahan unsur baru
Reaksi Dehidrasi	Reaksi penghilangan molekul H ₂ O
Reaksi Eksoterm	Reaksi yang diikuti dengan pelepasan energi atau menghasilkan energi,
Reaksi Endoterm	Reaksi terjadi apabila kedalamnya diberikan energi atau reaksi membutuhkan energi
Reaksi Esterifikasi	Reaksi pembentukan senyawa ester dari molekul asam karboksilat dan alkohol
Reaksi Hidrasi	Reaksi adisi alkena menggunakan air (H ₂ O) dengan menggunakan katalis asam
Reaksi Irreversibel	Reaksi tidak dapat balik, reaksi yang hanya berlangsung kearah pembentukan produk
Reaksi Metatesis	Reaksi pertukaran ion dari dua buah elektrolit pembentuk garam
Reaksi Pembakaran	Reaksi zat dengan oksigen
Reaksi Reversibel	Reaksi dapat balik, reaksi yang dapat berjalan pada dua arah (pembentukan produk sekaligus penguraian kembali produk menjadi reaktan)
Redoks	Reduksi oksidasi
Reduksi	Peristiwa pengeluaran atau pelepasan oksigen dari senyawa yang mengandung oksigen
Reduksi Alkena	Penambahan hidrogen dari gas hidrogen H ₂ menghasilkan suatu alkana
RNA	<i>Ribonucleic Acid</i> , material genetik yang berperan dalam ekspresi gen yang diwujudkan dalam bentuk protein

RNAi	RNA <i>interference</i>
rRNA	RNA ribosomal
Rumus Empiris	Rumus kimia yang mencirikan jenis atom dan rasio dari jumlah atom-atom penyusunnya
Rumus Kimia	Lambang dari sebuah zat yang mencerminkan jenis zat dan jumlah atom-atomnya yang menyusun suatu zat
Rumus Molekul	Lambang sebuah molekul yang memberikan informasi tentang jenis dan jumlah atom-atom secara akurat dari molekul tersebut
Sabun	Garam natrium atau kalium dari asam karboksilat
SCE	<i>Saturated Calomel Electrode</i> , elektroda air raksa
Sel Elektrolisa	Sel elektrokimia yang membutuhkan energi agar terjadi reaksi kimia didalamnya
Sel Eukariotik	Sel yang telah memiliki membran inti
Sel Leclanche	Lihat baterai
Sel Volta	Sel elektrokimia yang menghasilkan energi ketika terjadi reaksi atau reaksi kimia menghasilkan energi listrik
Selaput Permeabel	Selaput yang hanya dapat dilewati oleh partikel-partikel dengan ukuran tertentu
Senyawa Karbon	Senyawa yang tersusun atas atom C sebagai atom utamanya
Sfingolipida	Posfolipida yang memiliki ikatan amida antara asam lemak dengan sfingosin
SHE	<i>Standart hydrogen electrode</i> , elektroda hidrogen standar
Sifat Kimia	Sifat yang timbul akibat adanya perubahan materi yang relatif lebih kekal atau terbentuknya materi yang baru
Sikloalkana	Senyawa alkana siklik
Sistem Dispersi	Lihat koloid
sma	Satuan massa atom, merupakan satuan yang sebanding dengan 1/12 berat atom ^{12}C
Sol	Koloid yang fasa terdispersinya berwujud padat dengan medium pendispersinya berwujud cair
Sol Padat	Koloid yang memiliki fasa terdispersi dan medium pendispersinya zat padat
Stereoisomer	Isomer akibat gugus yang sejajar (<i>cis</i>) atau yang berseberangan atau (<i>trans</i>)
Steroid	Lipid yang memiliki sistem empat cincin yang tergabung. Cincin A, B dan C beranggotakan enam atom karbon, dan cincin D beranggotakan lima atom karbon.
Struktur Kekulé	Struktur benzena dengan 3 ikatan rangkap yang saling terkonjugasi
Struktur Primer Protein	Rantai polipeptida sebuah protein yang terdiri dari asam-asam amino yang dihubungkan satu sama lain secara kovalen melalui ikatan peptida membentuk rantai lurus dan panjang sebagai untaian polipeptida tunggal

Struktur Sekunder Protein	Protein yang sudah mengalami interaksi intermolekul, melalui rantai samping asam amino.
Struktur Tersier Protein	Struktur yang dibangun oleh struktur primer atau sekunder dan distabilkan oleh interaksi hidrofobik, hidrofilik, jembatan garam, ikatan hidrogen dan ikatan disulfida (antar atom S)
Struktur Kuartener Protein	Hasil interaksi dari beberapa molekul protein tersier, setiap unit molekul tersier disebut dikenal dengan subunit
Substrat	Reaktan dalam reaksi enzimatik
Tabel Periodik	Tabel yang berisi nama-nama unsur yang disusun berdasarkan kenaikan nomor atomnya.
Termokimia	Cabang ilmu yang mempelajari hubungan kalor dengan reaksi kimia
Termolabil	Tidak tahan panas tinggi
Terpena	Lipid yang memiliki jumlah atom karbon kelipatan 5, dan tersusun dari unit isoprena yang memiliki 4 atom karbon dan satu cabang pada C2
Tetrahedral	Bentuk 3 dimensi dengan sudut 105
Tingkat Reaksi	Kecepatan reaksi pada sistem homogen (satu fase) berbanding langsung dengan konsentrasi zat-zat yang bereaksi dipangkatkan dengan koefisien masing-masing zat yang bereaksi sesuai dengan persamaan reaksinya
TNT	2,4,6-Trinitro toluena, senyawa turunan benzena yang digunakan sebagai bahan peledak
Toksik	Bersifat racun
Toluena	Senyawa turunan benzena dengan gugus samping metil
Vitamin C	Asam askorbat
Volatil	Mudah menguap
Voltmeter	Alat elektronik yang digunakan untuk mengukur beda potensial
Wax	Lipid yang dibentuk oleh senyawa asam lemak jenuh dengan alkohol yang memiliki rantai atom karbon yang panjang
Zat Terlarut	Bagian terkecil dalam larutan
Zwitter Ion	Senyawa yang memiliki sekaligus gugus yang bersifat asam dan basa. Pada pH netral bermuatan positif (kation) maupun bermuatan negatif (anion), mudah larut dalam air karena bermuatan (air adalah pelarut polar) dan sukar larut dalam pelarut nonpolar

Lampiran 1

Kunci Jawaban

Sub Bab	Ruang lingkup ilmu Kimia	Unsur dan Senyawa	Atom dan Perkembangan	Tabel Periodik	Ikatan Kimia	Stoikiometri
Hal	11	29	48	59	78	96
No	Jawaban					
1	A	D	B	B	C	D
2	D	D	C	A	D	C
3	C	C	D	B	B	B
4	C	E	C	D	A	D
5	D	E	C	C	D	A
6	C	C	A	B	A	A
7	C	C	A	B	B	A
8	D	D	C	C	C	D
9	A	A	C	D	B	B
10	C	C	A	C	B	A

Sub Bab	Reaksi Kimia	Redoks dan Elektrokimia	Larutan Bagian asam	Larutan Bagian garam	Laju reaksi reaksi	Energi
Hal	120	139	150	152	178	197
No	Jawaban					
1	A	D	C	D	B	B
2	D	A	C	C	B	B
3	C	C	D	C	A	A
4	A	A	C	A	D	D
5	D	A	D	B	B	D
6	A	C	B	D	D	A
7	B	D	B	C	C	B
8	C	D	D	A	A	D
9	A	C	B	B	C	D
10	A	D	C	C	A	C

Sub Bab	Koloid	Senyawa Hidrokarbon	Aldehid Keton	Polimer	Biomolekul	Pemisahan Kimia
Hal	216	234	260	273	308	331
No	Jawaban					
1	D	B	C	D	C	C
2	B	C	A	B	C	D
3	C	C	B	D	D	D
4	A	C	D	A	A	B
5	B	B	B	C	B	C
6	B	B	C	C	D	A
7	C	C	C	B	C	B
8	C	D	A	D	C	B
9	D	D	A	D	C	B
10	C	A	A	B	C	A

Lampiran 2 Tabel Periodik

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1 H Hydrogen 1.008	4 Be Beryllium 9.012	13 Al Aluminium 26.98	14 Si Silicon 28.09	15 P Phosphorus 30.97	16 S Sulfur 32.07	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.95
3 Li Lithium 6.941	12 Mg Magnesium 24.31	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.58	33 As Arsenic 74.92	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.90	36 Kr Krypton 83.80
11 Na Sodium 22.99	20 Ca Calcium 40.08	49 In Indium 114.8	50 Sn Tin 118.7	51 Sb Antimony 121.8	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.9	54 Xe Xenon 131.3
19 K Potassium 39.10	38 Sr Strontium 87.62	81 Tl Thallium 204.4	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.9	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
37 Rb Rubidium 85.47	56 Ba Barium 137.3	112 Uub Ununbium (277)	113 Uuh Ununhium (288)	114 Uuq Ununquadium (289)	115 Uuh Ununhexium (290)	116 Uuh Ununseptium (291)	117 Uuo Ununoctium (292)
55 Cs Cesium 132.9	88 Ra Radium (226)	118 Uuo Ununoctium (294)	119 Uuh Ununennium (295)	120 Uuq Ununquadium (296)	121 Uuh Ununseptium (297)	122 Uuo Ununoctium (298)	123 Uuo Ununoctium (299)
87 Fr Francium (223)	104 Rf Rutherfordium (261)	124 Uuq Ununquadium (290)	125 Uuh Ununhexium (291)	126 Uuh Ununseptium (292)	127 Uuo Ununoctium (293)	128 Uuo Ununoctium (294)	129 Uuo Ununoctium (295)
57 La* Lanthanum 138.9	89 Ac~ Actinium (227)	125 Uuh Ununseptium (291)	126 Uuo Ununoctium (292)	127 Uuo Ununoctium (293)	128 Uuo Ununoctium (294)	129 Uuo Ununoctium (295)	130 Uuo Ununoctium (296)
58 Ce Cerium 140.1	90 Th Thorium 232.0	126 Uuh Ununseptium (291)	127 Uuo Ununoctium (292)	128 Uuo Ununoctium (293)	129 Uuo Ununoctium (294)	130 Uuo Ununoctium (295)	131 Uuo Ununoctium (296)
59 Pr Praseodymium 140.9	91 Pa Protactinium 231.0	127 Uuh Ununseptium (291)	128 Uuo Ununoctium (292)	129 Uuo Ununoctium (293)	130 Uuo Ununoctium (294)	131 Uuo Ununoctium (295)	132 Uuo Ununoctium (296)
60 Nd Neodymium 144.2	92 U Uranium 238.0	128 Uuh Ununseptium (291)	129 Uuo Ununoctium (292)	130 Uuo Ununoctium (293)	131 Uuo Ununoctium (294)	132 Uuo Ununoctium (295)	133 Uuo Ununoctium (296)
61 Pm Promethium (147)	93 Np Neptunium (237)	129 Uuh Ununseptium (291)	130 Uuo Ununoctium (292)	131 Uuo Ununoctium (293)	132 Uuo Ununoctium (294)	133 Uuo Ununoctium (295)	134 Uuo Ununoctium (296)
62 Sm Samarium 150.4	94 Pu Plutonium (242)	130 Uuh Ununseptium (291)	131 Uuo Ununoctium (292)	132 Uuo Ununoctium (293)	133 Uuo Ununoctium (294)	134 Uuo Ununoctium (295)	135 Uuo Ununoctium (296)
63 Eu Europium 152.0	95 Am Americium (243)	131 Uuh Ununseptium (291)	132 Uuo Ununoctium (292)	133 Uuo Ununoctium (293)	134 Uuo Ununoctium (294)	135 Uuo Ununoctium (295)	136 Uuo Ununoctium (296)
64 Gd Gadolinium 157.3	96 Cm Curium (247)	132 Uuh Ununseptium (291)	133 Uuo Ununoctium (292)	134 Uuo Ununoctium (293)	135 Uuo Ununoctium (294)	136 Uuo Ununoctium (295)	137 Uuo Ununoctium (296)
65 Tb Terbium 158.9	97 Bk Berkelium (247)	133 Uuh Ununseptium (291)	134 Uuo Ununoctium (292)	135 Uuo Ununoctium (293)	136 Uuo Ununoctium (294)	137 Uuo Ununoctium (295)	138 Uuo Ununoctium (296)
66 Dy Dysprosium 162.5	98 Cf Californium (250)	134 Uuh Ununseptium (291)	135 Uuo Ununoctium (292)	136 Uuo Ununoctium (293)	137 Uuo Ununoctium (294)	138 Uuo Ununoctium (295)	139 Uuo Ununoctium (296)
67 Ho Holmium 164.9	99 Es Einsteinium (252)	135 Uuh Ununseptium (291)	136 Uuo Ununoctium (292)	137 Uuo Ununoctium (293)	138 Uuo Ununoctium (294)	139 Uuo Ununoctium (295)	140 Uuo Ununoctium (296)
68 Er Erbium 167.3	100 Fm Fermium (257)	136 Uuh Ununseptium (291)	137 Uuo Ununoctium (292)	138 Uuo Ununoctium (293)	139 Uuo Ununoctium (294)	140 Uuo Ununoctium (295)	141 Uuo Ununoctium (296)
69 Tm Thulium 168.9	101 Md Mendelevium (258)	137 Uuh Ununseptium (291)	138 Uuo Ununoctium (292)	139 Uuo Ununoctium (293)	140 Uuo Ununoctium (294)	141 Uuo Ununoctium (295)	142 Uuo Ununoctium (296)
70 Yb Ytterbium 173.0	102 No Nobelium (259)	138 Uuh Ununseptium (291)	139 Uuo Ununoctium (292)	140 Uuo Ununoctium (293)	141 Uuo Ununoctium (294)	142 Uuo Ununoctium (295)	143 Uuo Ununoctium (296)
71 Lu Lutetium 175.0	103 Lr Lawrencium (260)	139 Uuh Ununseptium (291)	140 Uuo Ununoctium (292)	141 Uuo Ununoctium (293)	142 Uuo Ununoctium (294)	143 Uuo Ununoctium (295)	144 Uuo Ununoctium (296)

Deret Lantanida*

Deret Actinida~

Unsur berwarna biru berwujud cair pada suhu kamar
 Unsur berwarna merah berwujud gas pada suhu kamar
 Unsur berwarna hitam berwujud padatan pada suhu kamar



Lampiran 3 Daftar Unsur

Nama	Simbol	Nomor Atom	Masa Atom
Aktinium	Ac	89	227.028
Alumunium	Al	13	26.992
Antimon	Sb	51	121.75
Argon	Ar	18	39.948
Arsen	As	33	74.922
Astatin	At	85	210
Barium	Ba	56	137.327
Belerang	S	16	32.066
Berilium	Be	4	9.012
Berkelium	Bk	97	247
Besi	Fe	26	55.847
Bismut	Bi	83	208.908
Boron	B	5	10.811
Cerium	Ce	58	140.115
Curium	Cm	96	247
Disprosium	Dy	66	162.50
Dubnium	Ha	105	262
Einsteinium	Es	99	252
Emas	Au	79	196.967
Erbium	Er	68	167.26
Europium	Eu	63	151.965
Fermium	Fm	100	257
Fluorin	F	9	18.998
Fosforus	P	15	30.974
Fransium	Fr	87	223
Gadolinium	Gd	64	157.25
Galium	Ga	31	69.923
Germanium	Ge	32	72.61
Hafnium	Hf	72	178.49
Helium	He	2	4.003
Hidrogen	H	1	1.008
Holmium	Ho	67	164.930
Indium	In	49	114.818
Iodin	I	53	126.904
Iridium	Ir	77	173.04
Iterbium	Yb	70	192.22
Itrium	Y	39	88.906
Kadmium	Cd	48	112.41
Kalium	K	19	39.906
Kalsium	Ca	20	40.078
Karbon	C	6	12.011
Klorin	Cl	17	35.453
Kobal	Co	27	58.933
Kripton	Kr	36	83.8
Kromium	Cr	24	51.996
Lanthanum	La	57	138.906
Lawrencium	Lr	103	260
Litium	Li	3	6.941
Lutenium	Lu	71	174.967
Magnesium	Mg	12	24.305
Seng	Zn	30	65.39

Nama	Simbol	Nomor Atom	Masa Atom
Mangan	Mn	25	54.938
Meitnerium	Mt	109	266
Molibdenum	Mo	42	95.940
Mendelevium	Md	101	258
Natrium	Na	11	22.989
Neodinium	Nd	60	144.24
Neon	Ne	10	20.197
Neptunium	Np	93	237.048
Nikel	Ni	28	58.69
Niobium	Nb	41	92.906
Nitrogen	N	7	14.007
Nobelium	No	102	259
Oksigen	O	8	15.999
Osmium	Os	76	190.23
Paladium	Pd	46	106.42
Perak	Ag	47	107.968
Platina	Pt	78	195.08
Plutonium	Pu	94	244
Polonium	Po	84	209
Praseodimium	Pr	59	140.908
Prometium	Pm	61	145
Protactinium	Pa	91	231.036
Radium	Ra	88	226.025
Radon	Rn	86	222
Raksa	Hg	80	200.59
Renium	Re	75	186.207
Rhodium	Rh	45	102.906
Rubidium	Rb	37	85.468
Ruthenium	Ru	44	101.07
Samarium	Sm	62	150.36
Scandium	Sc	21	44.956
Selenium	Se	34	78.96
Sesium	Cs	55	132.905
Silikon	Si	14	28.086
Stronsium	Sr	38	87.62
Talium	Tl	81	204.383
Tantalum	Ta	73	180.984
Teknisium	Tc	43	98
Tembaga	Cu	29	63.546
Timah	Sn	50	118.71
Timbal	Pb	82	207.22
Titanium	Ti	22	47.88
Telurium	Te	52	127.60
Terbium	Tb	65	158.925
Thorium	Th	90	232.038
Tulium	Tm	69	168.934
Uranium	U	92	238.029
Vanadium	V	23	50.942
Wolfram	W	74	183.85
Xenon	Xe	54	131.29
Zirkonium	Zr	40	91.224

Lampiran 4 Konfigurasi Elektron

Z	Unsur	Konfigurasi
1	H	1s1
2	He	1s2
3	Li	(He) 2s1
4	Be	(He) 2s2
5	B	(He) 2s2, 2p1
6	C	(He) 2s2, 2p2
7	N	(He) 2s2, 2p3
8	O	(He) 2s2, 2p4
9	F	(He) 2s2, 2p5
10	Ne	(He) 2s2, 2p6
11	Na	(Ne), 3s1
12	Mg	(Ne), 3s2
13	Al	(Ne), 3s2, 3p1
14	Si	(Ne), 3s2, 3p2
15	P	(Ne), 3s2, 3p3
16	S	(Ne), 3s2, 3p4
17	Cl	(Ne), 3s2, 3p5
18	Ar	(Ne), 3s2, 3p6
19	K	(Ar), 4s1
20	Ca	(Ar), 4s2
21	Sc	(Ar), 4s2, 3d1
22	Ti	(Ar), 4s2, 3d2
23	V	(Ar), 4s2, 3d3
24	Cr	(Ar), 4s2, 3d4
25	Mn	(Ar), 4s2, 3d5
26	Fe	(Ar), 4s2, 3d6
27	Co	(Ar), 4s2, 3d7
28	Ni	(Ar), 4s2, 3d8
29	Cu	(Ar), 4s1, 3d10
30	Zn	(Ar), 4s2, 3d10
31	Ga	(Ar), 4s2, 3d10, 4p1
32	Ge	(Ar), 4s2, 3d10, 4p2
33	As	(Ar), 4s2, 3d10, 4p3
34	Se	(Ar), 4s2, 3d10, 4p4
35	Br	(Ar), 4s2, 3d10, 4p5
36	Kr	(Ar), 4s2, 3d10, 4p6
37	Rb	(Kr), 5s1
38	Sr	(Kr), 5s2
39	Y	(Kr), 5s2, 4d1
40	Zr	(Kr), 5s2, 4d2
41	Nb	(Kr), 5s1, 4d4
42	Mo	(Kr), 5s1, 4d5
43	Tc	(Kr), 5s2, 4d5
44	Ru	(Kr), 5s2, 4d6
45	Rh	(Kr), 5s2, 4d7
46	Pd	(Kr), 5s2, 4d8
47	Ag	(Kr), 5s1, 4d10
48	Cd	(Kr), 5s2, 4d10
49	In	(Kr), 5s2, 4d10, 5p1
50	Sn	(Kr), 5s2, 4d10, 5p2
51	Sb	(Kr), 5s2, 4d10, 5p3

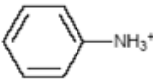
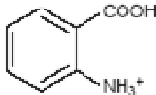
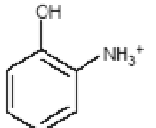
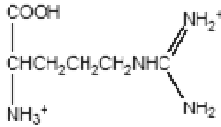
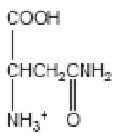
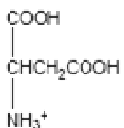
Z	Unsur	Nomor Atom
52	Te	(Kr), 5s2, 4d10, 5p4
53	I	(Kr), 5s2, 4d10, 5p5
54	Xe	(Kr), 5s2, 4d10, 5p6
55	Cs	(Xe), 6s1
56	Ba	(Xe), 6s2
57	La	(Xe), 6s2, 5d1
58	Ce	(Xe), 6s2, 4f2
59	Pr	(Xe), 6s2, 4f3
60	Nd	(Xe), 6s2, 4f4
61	Pm	(Xe), 6s2, 4f5
62	Sm	(Xe), 6s2, 4f6
63	Eu	(Xe), 6s2, 4f7
64	Gd	(Xe), 6s2, 4f7, 5d1
65	Tb	(Xe), 6s2, 4f9
66	Dy	(Xe), 6s2, 4f10
67	Ho	(Xe), 6s2, 4f11
68	Er	(Xe), 6s2, 4f12
69	Tm	(Xe), 6s2, 4f13
70	Yb	(Xe), 6s2, 4f14
71	Lu	(Xe), 6s2, 4f14, 5d1
72	Hf	(Xe), 6s2, 4f14, 5d2
73	Ta	(Xe), 6s2, 4f14, 5d3
74	W	(Xe), 6s2, 4f14, 5d4
75	Re	(Xe), 6s2, 4f14, 5d5
76	Os	(Xe), 6s2, 4f14, 5d6
77	Ir	(Xe), 6s2, 4f14, 5d7
78	Pt	(Xe), 6s1, 4f14, 5d9
79	Au	(Xe), 6s1, 4f14, 5d10
80	Hg	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10
81	Tl	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p1
82	Pb	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p2
83	Bi	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p3
84	Po	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p4
85	At	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p5
86	Rn	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p6
87	Fr	(Rn), 7s1
88	Ra	(Rn), 7s2
89	Ac	(Rn), 7s2, 6d1
90	Th	(Rn), 7s2, 6d2
91	Pa	(Rn), 7s2, 5f2, 6d1
92	U	(Rn), 7s2, 5f3, 6d1
93	Np	(Rn), 7s2, 5f4, 6d1
94	Pu	(Rn), 7s2, 5f6
95	Am	(Rn), 7s2, 5f7
96	Cm	(Rn), 7s2, 5f7, 6d1
97	Bk	(Rn), 7s2, 5f9
98	Cf	(Rn), 7s2, 5f10
99	Es	(Rn), 7s2, 5f11
100	Fm	(Rn), 7s2, 5f12
101	Md	(Rn), 7s2, 5f13
102	No	(Rn), 7s2, 5f14

Lampiran 5 Daftar Energi Ionisasi Kation

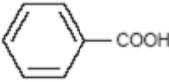
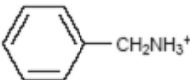
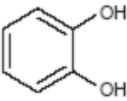
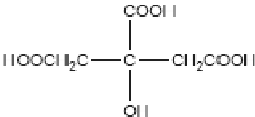
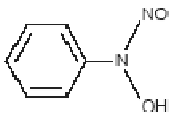
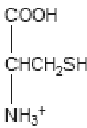
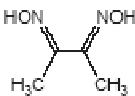
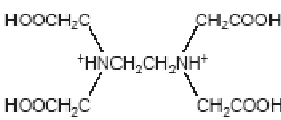
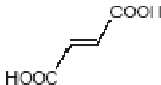
IONIZATION POTENTIALS*

Z	Element	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
1	H	13.598																				
2	He	24.587	54.416																			
3	Li	5.392	75.638	122.451																		
4	Be	9.322	18.211	153.893	217.713																	
5	B	8.298	25.154	37.930	259.368	340.217																
6	C	11.260	24.383	47.887	64.492	392.077	489.981															
7	N	14.534	29.601	47.448	77.472	97.888	138.116	739.315	871.387													
8	O	13.618	35.116	54.934	77.412	113.896	157.161	185.182	953.886	1103.089	1382.164											
9	F	17.422	34.970	62.707	87.138	114.340	157.161	185.182	953.886	1103.089	1382.164											
10	Ne	21.564	40.962	63.45	97.11	126.21	157.93	207.27	299.09	1195.797	1648.659											
11	Na	5.139	47.286	71.64	98.91	138.39	172.15	208.47	264.18	299.87	1465.091	1648.659										
12	Mg	7.646	15.035	80.143	109.24	141.26	186.50	224.94	265.90	327.95	367.53	1761.802	1962.613									
13	Al	5.986	18.828	28.447	119.99	153.71	190.47	241.43	284.59	330.21	398.57	442.07	2085.983	2304.080								
14	Si	8.151	16.345	33.492	45.141	166.77	205.05	246.52	303.17	351.10	401.43	476.06	523.50	2437.676	2673.108							
15	P	10.486	19.725	30.18	51.37	65.023	230.43	263.22	309.41	371.73	424.50	479.57	560.41	611.85	2816.943	3069.762						
16	S	10.360	23.33	34.83	47.30	72.68	88.049	280.93	328.23	379.10	447.09	504.78	564.65	611.63	707.14	3223.836	3484.099					
17	Cl	12.967	23.81	39.61	53.46	67.8	98.03	114.193	348.28	400.05	455.62	529.26	591.97	666.69	749.74	869.39	3658.425	3946.193				
18	Ar	15.759	27.629	40.74	59.81	75.02	91.007	124.319	143.456	422.44	478.68	538.95	618.24	686.09	755.73	854.75	918	4120.778	4426.114			
19	K	4.341	31.625	45.72	60.91	82.66	100.0	117.56	154.86	175.814	203.44	249.832	291.497	338.25	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
20	Ca	6.113	11.871	50.908	67.10	84.41	108.78	127.7	147.24	188.54	211.270	249.832	291.497	338.25	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
21	Sc	6.54	12.80	24.76	73.47	91.66	111.1	138.0	158.7	180.02	225.32	249.832	291.497	338.25	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
22	Ti	6.82	13.58	27.491	43.266	99.22	119.36	140.8	168.5	193.2	215.91	265.23	291.497	338.25	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
23	V	6.74	14.65	29.310	46.707	65.23	128.12	150.17	173.7	203.8	230.5	255.04	298.0	355	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
24	Cr	6.766	16.50	30.96	49.1	69.3	90.56	161.1	184.7	209.3	244.4	270.8	298.0	355	384.30	435.3	489.5	512	1403.0			
25	Mn	7.435	15.640	33.667	51.2	72.4	95	119.27	196.46	221.8	248.3	286.0	314.4	343.6	404	435.3	489.5	512	1403.0			
26	Fe	7.870	16.18	30.651	54.8	75.0	99	125	151.06	235.04	262.1	290.4	330.8	361.0	392.2	457	489.5	512	1403.0			
27	Co	7.86	17.06	33.50	51.3	79.5	102	129	157	186.13	276	305	336	379	411	444	499	571	607.2			
28	Ni	7.635	18.168	35.17	54.9	75.5	108	133	162	193	224.5	321.2	352	384	430	464	499	571	607.2			
29	Cu	7.726	20.292	36.83	55.2	79.9	103	139	166	199	232	266	308.8	352	384	430	464	499	571	607.2		
30	Zn	9.394	17.964	39.722	59.4	82.6	108	134	174	203	238	274	310.8	352	384	430	464	499	571	607.2		
31	Ga	5.999	20.51	30.71	64																	
32	Ge	7.899	15.934	34.22	45.71	93.5	127.6															
33	As	9.81	18.633	28.351	50.13	62.63	81.70	155.4														
34	Se	9.752	21.19	30.820	42.944	68.3	81.70	155.4														
35	Br	11.814	21.8	36	47.3	59.7	88.6	103.0	192.8													
36	Kr	13.999	24.359	36.95	52.5	64.7	78.5	111.0	126	230.39												
37	Rb	4.177	27.28	40	52.6	71.0	84.4	99.2	136													
38	Sr	5.695	11.030	43.6	57	71.6	90.8	106	122.3	162	177	324.1										
39	Y	6.38	12.24	20.52	61.8	77.0	93.0	116	129	146.52	191	206										
40	Zr	6.84	13.13	22.99	34.34	81.5																
41	Nb	6.88	14.32	25.04	38.3	50.55	102.6	125														
42	Mo	7.099	16.15	27.16	46.4	61.2	68	126.8	153													
43	Tc	7.28	15.26	28.47																		
44	Ru	7.37	16.76	28.47																		
45	Rh	7.46	18.08	31.06																		
46	Pd	8.34	19.43	32.93																		
47	Ag	7.576	21.49	34.83																		

Lampiran 6 Daftar Tetapan Ionisasi Asam lemah pada 25°C

Compound	Conjugate Acid	pK _a	K _a
acetic acid	CH ₃ COOH	4.757	1.75×10^{-5}
adipic acid	HOOC(CH ₂) ₄ COOH	4.42	3.8×10^{-5}
		5.42	3.8×10^{-6}
alanine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.348 (COOH) 9.867 (NH ₃)	4.49×10^{-3} 1.36×10^{-10}
aminobenzene		4.601	2.51×10^{-5}
4-aminobenzene sulfonic acid		3.232	5.86×10^{-4}
2-aminobenzoic acid		2.08 (COOH) 4.96 (NH ₃)	8.3×10^{-3} 1.1×10^{-5}
2-aminophenol		4.78 (NH ₃); (T = 20 °C) 9.97 (OH); (T = 20 °C)	1.7×10^{-5} 1.05×10^{-10}
ammonia	NH ₄ ⁺	9.244	5.70×10^{-10}
arginine		1.823 (COOH) 8.991 (NH ₃) (12.48) (NH ₂)	1.50×10^{-2} 1.02×10^{-9} 3.3×10^{-13}
arsenic acid	H ₃ AsO ₄	2.24 6.96 11.50	5.8×10^{-3} 1.1×10^{-7} 3.2×10^{-12}
asparagine		2.14 (COOH); (μ = 0.1 M) 8.72 (NH ₃); (μ = 0.1 M)	7.2×10^{-3} 1.9×10^{-9}
aspartic acid		1.990 (α-COOH) 3.900 (β-COOH) 10.002 (NH ₃)	1.02×10^{-2} 1.26×10^{-4} 9.95×10^{-11}

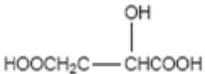
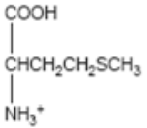
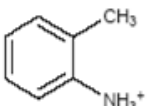
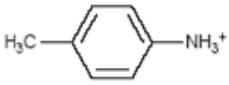
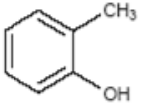
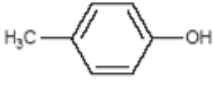
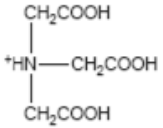
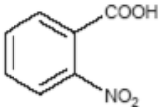
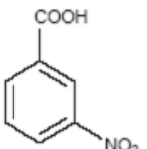
Lampiran 6

benzoic acid		4.202	6.28×10^{-5}
benzylamine		9.35	4.5×10^{-10}
boric acid	H_3BO_3	9.236 (12.74); ($T = 20^\circ\text{C}$) (13.80); ($T = 20^\circ\text{C}$)	5.81×10^{-10} 1.82×10^{-13} 1.58×10^{-14}
carbonic acid	H_2CO_3	6.352 10.329	4.45×10^{-7} 4.69×10^{-11}
catechol		9.40 12.8	4.0×10^{-10} 1.6×10^{-13}
chloroacetic acid	ClCH_2COOH	2.865	1.36×10^{-3}
chromic acid	H_2CrO_4	-0.2; ($T = 20^\circ\text{C}$) 6.51	1.6 3.1×10^{-7}
citric acid		3.128 (COOH) 4.761 (COOH) 6.396 (COOH)	7.45×10^{-4} 1.73×10^{-5} 4.02×10^{-7}
cupferron		4.16; ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	6.9×10^{-4}
cysteine		(1.71) (COOH) 8.36 (SH) 10.77 (NH3)	1.9×10^{-2} 4.4×10^{-6} 1.7×10^{-11}
dichloroacetic acid	Cl_2CHCOOH	1.30	5.0×10^{-2}
diethylamine	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}_2^+$	10.933	1.17×10^{-11}
dimethylamine	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$	10.774	1.68×10^{-11}
dimethylgloxime		10.66 12.0	2.2×10^{-11} 1×10^{-12}
ethylamine	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+$	10.636	2.31×10^{-11}
ethylenediamine	$^+\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+$	6.848 9.928	1.42×10^{-7} 1.18×10^{-10}
ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)		0.0 (COOH); ($\mu = 1.0 \text{ M}$) 1.5 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 2.0 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 2.68 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 6.11 (NH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 10.17 (NH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	1.0 3.2×10^{-2} 1.0×10^{-2} 2.1×10^{-3} 7.8×10^{-7} 6.8×10^{-11}
formic acid	HCOOH	3.745	1.80×10^{-4}
fumaric acid		3.053 4.494	8.85×10^{-4} 3.21×10^{-5}

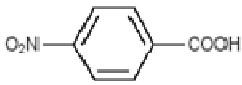
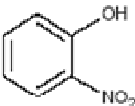
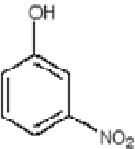
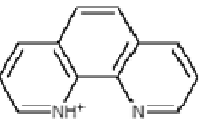
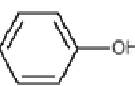
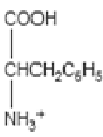
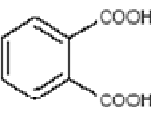
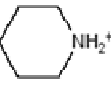
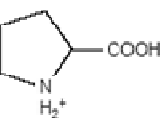
Lampiran 6

glutamic acid	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.23 (α -COOH) 4.42 (β -COOH) 9.95 (NH_3)	5.9×10^{-3} 3.8×10^{-5} 1.12×10^{-10}
glutamine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CNH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.17 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 9.01 (NH_3); ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	6.8×10^{-3} 9.8×10^{-10}
glycine	$\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}$	2.350 (COOH) 9.778 (NH_3)	4.47×10^{-3} 1.67×10^{-10}
glycolic acid	HOCH_2COOH	3.831 (COOH)	1.48×10^{-4}
histidine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2 - \text{Imidazole} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	1.7 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 6.02 (NH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 9.08 (NH_3); ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	2×10^{-2} 9.5×10^{-7} 8.3×10^{-10}
hydrogen cyanide	HCN	9.21	6.2×10^{-10}
hydrogen fluoride	HF	3.17	6.8×10^{-4}
hydrogen peroxide	H_2O_2	11.65	2.2×10^{-12}
hydrogen sulfide	H_2S	7.02	9.5×10^{-8}
		13.9	1.3×10^{-14}
hydrogen thiocyanate	HSCN	0.9	1.3×10^{-1}
8-hydroxyquinoline	$\begin{array}{c} \text{Quinoline} \\ \text{OH at position 8} \\ \text{N}^+ \end{array}$	4.91 (NH) 9.81 (OH)	1.23×10^{-5} 1.55×10^{-10}
hydroxylamine	HONH_3^+	5.96	1.1×10^{-6}
hypobromous	HOBr	8.63	2.3×10^{-9}
hypochlorous	HOCl	7.53	3.0×10^{-6}
hypoiodous	HOI	10.64	2.3×10^{-11}
iodic acid	HIO_3	0.77	1.7×10^{-1}
isoleucine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.319 (COOH) 9.754 (NH_3)	4.80×10^{-3} 1.76×10^{-10}
leucine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.329 (COOH) 9.747 (NH_3)	4.69×10^{-3} 1.79×10^{-10}
lysine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+ \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.04 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 9.08 (α - NH_3); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 10.69 (ϵ - NH_3); ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	9.1×10^{-3} 8.3×10^{-10} 2.0×10^{-11}

Lampiran 6

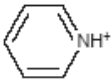
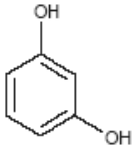
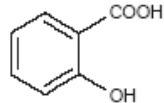
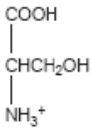
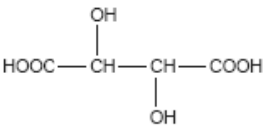
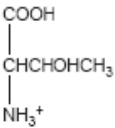
maleic acid		1.910 6.332	1.23×10^{-2} 4.66×10^{-7}
malic acid		3.459 (COOH) 5.097 (COOH)	3.48×10^{-4} 8.00×10^{-6}
malonic acid		2.847 5.696	1.42×10^{-3} 2.01×10^{-6}
methionine		2.20 (COOH); ($\mu = 0.1$ M) 9.05 (NH ₃); ($\mu = 0.1$ M)	6.3×10^{-3} 8.9×10^{-10}
methylamine		10.64	2.3×10^{-11}
2-methylaniline		4.447	3.57×10^{-5}
4-methylaniline		5.084	8.24×10^{-6}
2-methylphenol		10.28	5.2×10^{-11}
4-methylphenol		10.26	5.5×10^{-11}
nitrilotriacetic acid		1.1 (COOH); ($T = 20$ °C, $\mu = 1.0$ M) 1.650 (COOH); ($T = 20$ °C) 2.940 (COOH); ($T = 20$ °C) 10.334 (NH ₃); ($T = 20$ °C)	8×10^{-2} 2.24×10^{-2} 1.15×10^{-3} 4.63×10^{-11}
2-nitrobenzoic acid		2.179	6.62×10^{-3}
3-nitrobenzoic acid		3.449	3.56×10^{-4}

Lampiran 6

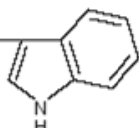
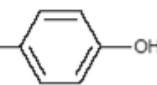
4-nitrobenzoic acid		3.442	3.61×10^{-4}
2-nitrophenol		7.21	6.2×10^{-4}
3-nitrophenol		8.39	4.1×10^{-4}
4-nitrophenol		7.15	7.1×10^{-4}
nitrous acid	HNO_2	3.15	7.1×10^{-4}
oxalic acid	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	1.252	5.60×10^{-2}
1,10-phenanthroline		4.266 4.86	5.42×10^{-5} 1.38×10^{-5}
phenol		9.98	1.05×10^{-10}
phenylalanine		2.20 (COOH) 9.31 (NH ₃)	6.3×10^{-3} 4.9×10^{-10}
phosphoric acid	H_3PO_4	2.148 7.199 12.35	7.11×10^{-3} 6.32×10^{-8} 4.5×10^{-13}
phthalic acid		2.950 5.408	1.12×10^{-3} 3.91×10^{-6}
piperidine		11.123	7.53×10^{-12}
proline		1.952 (COOH) 10.640 (NH)	1.12×10^{-2} 2.29×10^{-11}

continued

Lampiran 6

propanoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	4.874	1.34×10^{-5}
propylamine	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+$	10.566	2.72×10^{-11}
pyridine		5.229	5.90×10^{-6}
resorcinol		9.30 11.06	5.0×10^{-10} 8.7×10^{-12}
salicylic acid		2.97 (COOH) 13.74 (OH)	1.07×10^{-3} 1.8×10^{-14}
serine		2.187 (COOH) 9.209 (NH ₃)	6.50×10^{-3} 6.18×10^{-10}
succinic acid	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	4.207 5.636	6.21×10^{-5} 2.31×10^{-6}
sulfuric acid	H_2SO_4	strong	strong
sulfurous acid	H_2SO_3	1.99 1.91 7.18	1.0×10^{-2} 1.2×10^{-2} 6.6×10^{-8}
D-tartaric acid		3.036 (COOH) 4.366 (COOH)	9.20×10^{-4} 4.31×10^{-5}
threonine		2.088 (COOH) 9.100 (NH ₃)	8.17×10^{-3} 7.94×10^{-10}
thiosulfuric acid	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0.6 1.6	3×10^{-1} 3×10^{-2}
trichloroacetic acid	Cl_3CCOOH	0.66; ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	2.2×10^{-1}
triethanolamine	$(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{NH}^+$	7.762	1.73×10^{-8}
triethylamine	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{NH}^+$	10.715	1.93×10^{-11}

Lampiran 6

trimethylamine	$(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$	9.800	1.58×10^{-10}
tris(hydroxymethyl)- aminomethane (TRIS or THAM)	$(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_3^+$	8.075	8.41×10^{-9}
tryptophan	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ 	2.35 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 9.33 (NH_3); ($\mu = 0.1 \text{ M}$)	4.5×10^{-3} 4.7×10^{-10}
tyrosine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ 	2.17 (COOH); ($\mu = 0.1 \text{ M}$) 9.19 (NH_3) 10.47 (OH)	6.8×10^{-3} 6.5×10^{-10} 3.4×10^{-11}
valine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.286 (COOH) 9.718 (OH)	5.18×10^{-3} 1.91×10^{-10}

Sumber: Harvey, David. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw Hill Companies

Lampiran 7 Daftar Tetapan Ionisasi Basa lemah pada 25 °C

Base	pK_a	Base	pK_a
Ammonia	9.24	Hydrazine	7.93
Methylamine	10.64	Hydroxylamine	5.82
Ethylamine	10.63	Benzylamine	9.35
Propylamine	10.57	Aniline	4.58
Butylamine	10.62	<i>o</i> -Toluidine	4.39
Cyclohexylamine	10.64	<i>m</i> -Toluidine	4.68
Dimethylamine	10.77	<i>p</i> -Toluidine	5.09
Diethylamine	10.93	2-Chloroaniline	2.62
Monoethanolamine	9.50	3-Chloroaniline	3.32
Triethanolamine	7.77	4-Chloroaniline	3.81
Trimethylamine	9.80	<i>N</i> -Methylaniline	4.85
Triethylamine	10.72	<i>NN</i> -Dimethylaniline	5.15
Tris(hydroxymethyl)aminomethane	8.08	Pyridine	5.17
Piperidine	11.12	2-Methylpyridine	5.97
Ethylenediamine K_1	7.50	3-Methylpyridine	5.68
K_2	10.09	4-Methylpyridine	6.02
1,3-Propylenediamine K_1	8.64	Benzidine K_1	4.97
K_2	10.62	K_2	3.75
1,4-Butylenediamine K_1	9.35	1,10-Phenanthroline	4.86
K_2	10.80		

Mengingat nilai pK_w pada 25 °C adalah 14, nilai $pK_b = 14 - pK_a$.

Sumber: Vogel, A.I. 1989. *Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. 5th Edition. London: Longman Group.

Lampiran 8 Data Hasil kali Kelarutan dari beberapa Bahan Kimia.

Bromide (Br⁻)	pK_{sp}	K_{sp}
CuBr	8.3	5×10^{-9}
AgBr	12.30	5.0×10^{-13}
Hg ₂ Br ₂	22.25	5.6×10^{-23}
HgBr ₂ ($\mu = 0.5$ M)	18.9	1.3×10^{-19}
PbBr ₂ ($\mu = 4.0$ M)	5.68	2.1×10^{-6}
Carbonate (CO₃²⁻)	pK_{sp}	K_{sp}
MgCO ₃	7.46	3.5×10^{-8}
CaCO ₃ (calcite)	8.35	4.5×10^{-9}
CaCO ₃ (aragonite)	8.22	6.0×10^{-9}
SrCO ₃	9.03	9.3×10^{-10}
BaCO ₃	8.30	5.0×10^{-9}
MnCO ₃	9.30	5.0×10^{-10}
FeCO ₃	10.68	2.1×10^{-11}
CoCO ₃	9.98	1.0×10^{-10}
NiCO ₃	6.87	1.3×10^{-7}
Ag ₂ CO ₃	11.09	8.1×10^{-12}
Hg ₂ CO ₃	16.05	8.9×10^{-17}
ZnCO ₃	10.00	1.0×10^{-10}
CdCO ₃	13.74	1.8×10^{-14}
PbCO ₃	13.13	7.4×10^{-14}
Chloride (Cl⁻)	pK_{sp}	K_{sp}
CuCl	6.73	1.9×10^{-7}
AgCl	9.74	1.8×10^{-10}
Hg ₂ Cl ₂	17.91	1.2×10^{-18}
PbCl ₂	4.78	1.7×10^{-5}
Chromate (CrO₄²⁻)	pK_{sp}	K_{sp}
BaCrO ₄	9.67	2.1×10^{-10}
CuCrO ₄	5.44	3.6×10^{-6}
Ag ₂ CrO ₄	11.92	1.2×10^{-12}
Hg ₂ CrO ₄	8.70	2.0×10^{-9}

Lampiran 8

Cyanide (CN ⁻)	pK _{sp}	K _{sp}
AgCN	15.66	2.2×10^{-16}
Zn(CN) ₂ ($\mu = 3.0$ M)	15.5	3×10^{-16}
Hg ₂ (CN) ₂	39.3	5×10^{-40}
Ferrocyanide ([Fe(CN) ₆ ⁴⁻])	pK _{sp}	K _{sp}
Zn ₂ [Fe(CN) ₆]	15.68	2.1×10^{-16}
Cd ₂ [Fe(CN) ₆]	17.38	4.2×10^{-18}
Pb ₂ [Fe(CN) ₆]	18.02	9.5×10^{-19}
Fluoride (F ⁻)	pK _{sp}	K _{sp}
MgF ₂	8.18	6.6×10^{-9}
CaF ₂	10.41	3.9×10^{-11}
SrF ₂	8.54	2.9×10^{-9}
BaF ₂	5.76	1.7×10^{-6}
PbF ₂	7.44	3.6×10^{-8}
Hydroxide (OH ⁻)	pK _{sp}	K _{sp}
Mg(OH) ₂	11.15	7.1×10^{-12}
Ca(OH) ₂	5.19	6.5×10^{-6}
Ba(OH) ₂ · 8H ₂ O	3.6	3×10^{-4}
La(OH) ₃	20.7	2×10^{-21}
Mn(OH) ₂	12.8	1.6×10^{-13}
Fe(OH) ₂	15.1	8×10^{-16}
Co(OH) ₂	14.9	1.3×10^{-15}
Ni(OH) ₂	15.2	6×10^{-16}
Cu(OH) ₂	19.32	4.8×10^{-20}
Fe(OH) ₃	38.8	1.6×10^{-39}
Co(OH) ₃ (T = 19 °C)	44.5	3×10^{-45}
Ag ₂ O (+H ₂ O ⇌ 2Ag ⁺ + 2OH ⁻)	15.42	3.8×10^{-16}
Cu ₂ O (+ H ₂ O ⇌ 2Cu ⁺ + 2OH ⁻)	29.4	4×10^{-30}
Zn(OH) ₂ (amorphous)	15.52	3.0×10^{-16}
Cd(OH) ₂ (β)	14.35	4.5×10^{-15}
HgO (red) (+ H ₂ O ⇌ Hg ²⁺ + 2OH ⁻)	25.44	3.6×10^{-26}
SnO (+ H ₂ O ⇌ Sn ²⁺ + 2OH ⁻)	26.2	6×10^{-27}
PbO (yellow) (+ H ₂ O ⇌ Pb ²⁺ + 2OH ⁻)	15.1	8×10^{-16}
Al(OH) ₃ (α)	33.5	3×10^{-34}

Lampiran 8

Iodate (IO_3^-)	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	6.15	7.1×10^{-7}
$\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$	8.81	1.5×10^{-9}
AgIO_3	7.51	3.1×10^{-8}
$\text{Hg}_2(\text{IO}_3)_2$	17.89	1.3×10^{-18}
$\text{Zn}(\text{IO}_3)_2$	5.41	3.9×10^{-6}
$\text{Cd}(\text{IO}_3)_2$	7.64	2.3×10^{-8}
$\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$	12.61	2.5×10^{-13}
Iodide (I^-)	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
AgI	16.08	8.3×10^{-17}
Hg_2I_2	28.33	4.7×10^{-29}
HgI_2 ($\mu = 0.5 \text{ M}$)	27.95	1.1×10^{-28}
PbI_2	8.10	7.9×10^{-9}
Oxalate ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
CaC_2O_4 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20^\circ\text{C}$)	7.9	1.3×10^{-8}
BaC_2O_4 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20^\circ\text{C}$)	6.0	1×10^{-6}
SrC_2O_4 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20^\circ\text{C}$)	6.4	4×10^{-7}
Phosphate (PO_4^{3-})	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	36.0	1×10^{-36}
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	35.3	5×10^{-36}
Ag_3PO_4	17.55	2.8×10^{-18}
$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ ($T = 38^\circ\text{C}$)	43.53	3.0×10^{-44}
Sulfide (S^{2-})	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
MnS (green)	13.5	3×10^{-14}
FeS	18.1	8×10^{-19}
CoS (β)	25.6	3×10^{-26}
NiS (γ)	26.6	3×10^{-27}
CuS	36.1	8×10^{-37}
Cu_2S	48.5	3×10^{-49}
Ag_2S	50.1	8×10^{-51}
ZnS (α)	24.7	2×10^{-25}
CdS	27.0	1×10^{-27}
Hg_2S (red)	53.3	5×10^{-54}
PbS	27.5	3×10^{-28}

Lampiran 8

Sulfate (SO_4^{2-})	$\text{p}K_{\text{sp}}$	K_{sp}
CaSO_4	4.62	2.4×10^{-5}
SrSO_4	6.50	3.2×10^{-7}
BaSO_4	9.96	1.1×10^{-10}
Ag_2SO_4	4.83	1.5×10^{-5}
Hg_2SO_4	6.13	7.4×10^{-7}
PbSO_4	7.79	1.6×10^{-8}
Thiocyanate (SCN^-)		
CuSCN ($\mu = 5.0 \text{ M}$)	13.40	4.0×10^{-14}
AgSCN	11.97	1.1×10^{-12}
$\text{Hg}_2(\text{SCN})_2$	19.52	3.0×10^{-20}
$\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ($\mu = 1.0 \text{ M}$)	19.56	2.8×10^{-20}

Sumber: Harvey, David. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw Hill Companies

Lampiran 9 Potensial Reduksi Standar

Aluminum	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1.676	
$\text{Al}(\text{OH})_4^{-} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Al}(s) + 4\text{OH}^{-}$	-2.310	
$\text{AlF}_6^{3-} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Al}(s) + 6\text{F}^{-}$	-2.07	
Antimony	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Sb}(s) + 3\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{SbH}_3(g)$	-0.510	
$\text{Sb}_2\text{O}_5(s) + 6\text{H}^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons 2\text{SbO}^{+} + 3\text{H}_2\text{O}$	0.605	
$\text{SbO}^{+} + 2\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Sb}(s) + \text{H}_2\text{O}$	0.212	
Arsenic	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{As}(s) + 3\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{AsH}_3(g)$	-0.225	
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.560	
$\text{HAsO}_2 + 3\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{As}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	0.240	
Barium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ba}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ba}(s)$	-2.92	
$\text{BaO}(s) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ba}(s) + \text{H}_2\text{O}$	2.365	
Beryllium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Be}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Be}(s)$	-1.99	
Bismuth	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Bi}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Bi}(s)$	0.317	
$\text{BiCl}_4^{-} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Bi}(s) + 4\text{Cl}^{-}$	0.199	
Boron	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{B}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{B}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.890	
$\text{B}(\text{OH})_4^{-} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{B}(s) + 4\text{OH}^{-}$	-1.811	

Lampiran 9

Bromine	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{Br}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1.087	
$\text{HOBr} + \text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.341	
$\text{HOBr} + \text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Br}_2(\ell) + \text{H}_2\text{O}$	1.604	
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$		0.76 1 M NaOH
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Br}_2(\ell) + 3\text{H}_2\text{O}$	1.5	
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1.478	
Cadmium	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0.4030	
$\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s) + 4\text{CN}^-$	-0.943	
$\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s) + 4\text{NH}_3$	-0.622	
Calcium	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2.84	
Carbon	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}$	-0.106	
$\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HCO}_2\text{H}$	-0.20	
$2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0.481	
$\text{HCHO} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$	0.2323	
Cerium	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{Ce}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ce}(s)$	-2.336	
$\text{Ce}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	1.72	1.70 1 M HClO_4 1.44 1 M H_2SO_4 1.61 1 M HNO_3 1.28 1 M HCl
Chlorine	E^0 (V)	$E^{0'}$ (V)
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1.396	
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Cl}_2(g) + 2\text{OH}^-$		0.421 1 M NaOH
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$		0.890 1 M NaOH
$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{H}_2\text{O}$	1.64	
$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}$	1.175	
$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.181	
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1.201	

Lampiran 9

Chromium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Cr}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0.424	
$\text{Cr}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0.90	
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} + 6e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1.36	
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_4^{-} + 4\text{OH}^{-}$		0.13 1 M NaOH
Cobalt	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Co}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Co}(s)$	-0.277	
$\text{Co}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	1.92	
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	0.1	
$\text{Co}(\text{OH})_3(s) + e^{-} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_2(s) + \text{OH}^{-}$	0.17	
$\text{Co}(\text{OH})_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Co}(s) + 2\text{OH}^{-}$	-0.746	
Copper	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Cu}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0.520	
$\text{Cu}^{2+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{+}$	0.159	
$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0.3419	
$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^{-} + e^{-} \rightleftharpoons \text{CuI}(s)$	0.86	
$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^{-} + e^{-} \rightleftharpoons \text{CuCl}(s)$	0.559	
Fluorine	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{F}_2(g) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{HF}$	3.053	
$\text{F}_2(g) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{F}^{-}$	2.87	
Gallium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ga}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Ga}(s)$	-0.529	
Gold	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Au}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(s)$	1.83	
$\text{Au}^{3+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Au}^{+}$	1.36	
$\text{Au}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(s)$	1.52	
$\text{AuCl}_4^{-} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(s) + 4\text{Cl}^{-}$	1.002	
Hydrogen	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0.00000	
$\text{H}_2\text{O} + e^{-} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \text{OH}^{-}$	-0.828	

Lampiran 9

Iodine	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	0.5355	
$I_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3I^-$	0.536	
$HIO + H^+ + 2e^- \rightleftharpoons I^- + H_2O$	0.985	
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_2(s) + 3H_2O$	1.195	
$IO_3^- + 3H_2O + 6e^- \rightleftharpoons I^- + 6OH^-$	0.257	

Iron	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-0.44	
$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	-0.037	
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	0.771	0.70 1 M HCl 0.767 1 M HClO ₄ 0.746 1 M HNO ₃ 0.68 1 M H ₂ SO ₄ 0.44 0.3 M H ₃ PO ₄
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	0.356	0.71 1 M HCl
$Fe(phen)_3^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe(phen)_3^{2+}$	1.147	
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	0.356	

Lanthanum	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$La^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons La(s)$	-2.38	

Lead	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$	-0.126	
$PbO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	1.46	
$PbO_2(s) + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + 2H_2O$	1.690	
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s) + SO_4^{2-}$	-0.356	

Lithium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	-3.040	

Magnesium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	-2.356	
$Mg(OH)_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s) + 2OH^-$	-2.687	

Lampiran 9

Manganese	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Mn}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-1.17	
$\text{M}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	1.5	
$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.23	
$\text{MnO}_4^{-} + 4\text{H}^{+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	1.70	
$\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5e^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.51	
$\text{MnO}_4^{-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 4\text{OH}^{-}$	0.60	
Mercury	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	0.8535	
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	0.911	
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\ell)$	0.7960	
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\ell) + 2\text{Cl}^{-}$	0.2682	
$\text{HgO}(s) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell) + \text{H}_2\text{O}$	0.926	
$\text{Hg}_2\text{Br}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\ell) + 2\text{Br}^{-}$	0.1392	
$\text{Hg}_2\text{I}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\ell) + 2\text{I}^{-}$	-0.0405	
Molybdenum	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Mo}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Mo}(s)$	-0.2	
$\text{MoO}_2(s) + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons \text{Mo}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.152	
$\text{MoO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^{-} \rightleftharpoons \text{Mo}(s) + 8\text{OH}^{-}$	-0.913	
Nickel	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0.257	
$\text{Ni}(\text{OH})_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ni}(s) + 2\text{OH}^{-}$	-0.72	
$\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ni}(s) + 6\text{NH}_3$	-0.49	
Nitrogen	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{N}_2(g) + 5\text{H}^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^{+}$	-0.23	
$\text{N}_2\text{O}(g) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + \text{H}_2\text{O}$	1.77	
$2\text{NO}(g) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(g) + \text{H}_2\text{O}$	1.59	
$\text{HNO}_2 + \text{H}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}$	0.996	
$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(g) + 3\text{H}_2\text{O}$	1.297	
$\text{NO}_3^{-} + 3\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0.94	

Lampiran 9

Oxygen	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	0.695	
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.229	
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.763	
$O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	0.401	
$O_3(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons O_2(g) + H_2O$	2.07	
Phosphorus	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$P(s, \text{white}) + 3H^+ + 3e^- \rightleftharpoons PH_3(g)$	-0.063	
$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_3PO_2 + H_2O$	-0.499	
$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_3PO_3 + H_2O$	-0.276	
Platinum	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt(s)$	1.188	
$PtCl_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons Pt(s) + 4Cl^-$	0.758	
Potassium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$K^+ + e^- \rightleftharpoons K(s)$	-2.924	
Ruthenium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Ru^{3+} + e^- \rightleftharpoons Ru^{2+}$	0.249	
$RuO_2(s) + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons Ru(s) + 2H_2O$	0.68	
$Ru(NH_3)_6^{3+} + e^- \rightleftharpoons Ru(NH_3)_6^{2+}$	0.10	
$Ru(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Ru(CN)_6^{4-}$	0.86	
Selenium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Se(s) + 2e^- \rightleftharpoons Se^{2-}$		-0.670 1 M NaOH
$Se(s) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2Se(g)$	-0.115	
$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons Se(s) + 3H_2O$	0.74	
$SeO_4^{3-} + 4H^+ + e^- \rightleftharpoons H_2SeO_3 + H_2O$	1.151	
Silicon	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$SiF_6^{2-} + 4e^- \rightleftharpoons Si(s) + 6F^-$	-1.37	
$SiO_2(s) + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons Si(s) + 2H_2O$	-0.909	
$SiO_2(s) + 8H^+ + 8e^- \rightleftharpoons SiH_4(g) + 2H_2O$	-0.516	

Lampiran 9

Silver	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ag}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	0.7996	
$\text{AgBr}(s) + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Br}^{-}$	0.071	
$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Ag}(s) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	0.47	
$\text{AgCl}(s) + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Cl}^{-}$	0.2223	
$\text{AgI}(s) + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{I}^{-}$	-0.152	
$\text{Ag}_2\text{S}(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Ag}(s) + \text{S}^{2-}$	-0.71	
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + 2\text{NH}_3$	0.373	
Sodium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Na}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2.713	
Strontium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Sr}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Sr}(s)$	-2.89	
Sulfur	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{S}(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0.407	
$\text{S}(s) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$	0.144	
$\text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{SO}_3$	0.569	
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$	1.96	
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0.080	
$2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^{-}$	-1.13	
$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^{-} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^{-}$	-0.576	1 M NaOH
$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.25	
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^{-}$	-0.936	
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0.172	
Thallium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Tl}^{3+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Tl}^{+}$	1.25	1 M HClO_4
	0.77	1 M HCl
$\text{Tl}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Tl}(s)$	0.742	
Tin	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0.19	1 M HCl
$\text{Sn}^{4+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	0.154	0.139 1 M HCl

Lampiran 9

Titanium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ti}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Ti}(s)$	-1.63	
$\text{Ti}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+}$	-0.37	
Tungsten	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{WO}_2(s) + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons \text{W}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.119	
$\text{WO}_3(s) + 6\text{H}^{+} + 6e^{-} \rightleftharpoons \text{W}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.090	
Uranium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{U}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{U}(s)$	-1.66	
$\text{U}^{4+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{U}^{3+}$	-0.52	
$\text{UO}_2^{+} + 4\text{H}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.27	
$\text{UO}_2^{2+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{UO}_2^{+}$	0.16	
$\text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.327	
Vanadium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{V}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{V}(s)$	-1.13	
$\text{V}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{V}^{2+}$	-0.255	
$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0.337	
$\text{VO}_2^{+} + 2\text{H}^{+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.000	
Zinc	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0.7618	
$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{OH}^{-}$	-1.285	
$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{NH}_3$	-1.04	
$\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{CN}^{-}$	-1.34	

Sumber: Harvey, David. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw Hill Companies

Lampiran 10 Eltalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°), Energi Bebas Pembentukan Standar (ΔG_f°) dan Entropi Absolut (S°).

Substance	ΔH_f° (kJ/mol _{rxn})	ΔG_f° (kJ/mol _{rxn})	S° (J/mol _{rxn} ·K)
Aluminum			
Al (s)	0	0	28.33
Al ³⁺ (aq)	-531	-485	-321.7
Al ₂ O ₃ (s)	-1675.7	-1582.3	50.92
AlCl ₃ (s)	-704.2	-628.8	110.67
Barium			
Ba (s)	0	0	62.8
Ba ²⁺ (aq)	-537.64	-560.77	9.6
BaO (s)	-553.5	-525.1	70.42
Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O (s)	-3342.2	-810.4	123.68
BaCl ₂ (s)	-871.95	-823.21	122.6
BaSO ₄ (s)	-1473.2	-1362.2	132.2
Ba(NO ₃) ₂ (s)	-992.07	-769.59	213.8
Beryllium			
Be (s)	0	0	9.50
Be ²⁺ (aq)	-382.8	-379.73	-129.7
BeO (s)	-609.6	-508.3	-129.7
BeCl ₂ (s)	-490.4	-445.6	82.68
Bismuth			
Bi (s)	0	0	56.74
Bi ₂ O ₃ (s)	-573.88	-493.7	151.5
BiCl ₃ (s)	-379.1	-315.0	177.0
Boron			
B (s)	0	0	5.86
B ₂ H ₆ (g)	35.6	86.7	232.11
Bromine			
Br ₂ (l)	0	0	152.231
Br ₂ (g)	30.907	3.110	245.463
Br ⁻ (aq)	-121.55	-103.96	82.4
HBr (g)	-36.40	-53.45	198.695
Calcium			
Ca (s)	0	0	41.42
Ca ²⁺ (aq)	-542.83	-553.58	-53.1
CaO (s)	-653.09	-604.03	39.75
Ca(OH) ₂ (s)	0986.09	-898.49	83.39
CaCl ₂ (aq)	-795.8	-748.1	104.6

Lampiran 10

Substance	ΔH_f° (kJ/mol _{rxn})	ΔG_f° (kJ/mol _{rxn})	S° (J/mol _{rxn} ·K)
CaSO ₄ (s)	-1434.11	-1321.79	106.7
CaSO ₄ ·2H ₂ O (s)	-2022.63	-1797.28	194.1
Ca(NO ₃) ₂ (s)	-938.39	-743.07	193.3
CaCO ₃ (s)	-1206.92	-1128.79	92.9
Ca ₃ (PO ₄) ₂ (s)	-4120.8	-3884.7	236.0
Carbon			
C (s, graphite)	0	0	5.74
C (s, diamond)	1.895	2.900	2.377
CO (g)	-110.525	-137.168	197.764
CO ₂ (g)	-393.509	-394.359	213.74
CH ₄ (g)	-74.81	-50.752	186.264
H ₂ CO ₃ (aq)	-699.65	-623.08	187.4
HCO ₃ ⁻ (aq)	-691.99	-586.77	91.2
CO ₃ ²⁻ (aq)	-677.14	-527.81	-56.9
CH ₃ COOH (aq)	-485.76	-396.46	178.7
CH ₃ COO ⁻ (aq)	-486.01	-369.31	86.6
Chlorine			
Cl ₂ (g)	0	0	223.066
Cl ⁻ (aq)	-167.159	-131.228	56.5
Chromium			
Cr (s)	0	0	23.77
CrO ₄ ²⁻ (aq)	-881.15	-727.75	50.21
Cr ₂ O ₇ ²⁻ (aq)	-1490.3	-1301.1	261.9
Cobalt			
Co (s)	0	0	30.04
Co ²⁺ (aq)	-58.2	-54.4	-113
Co ³⁺ (aq)	92	134	-305
Co(NH ₃) ₆ ²⁺ (aq)	-584.9	-157.0	146
Copper			
Cu (s)	0	0	33.150
Cu ⁺ (aq)	71.67	49.98	40.6
Cu ²⁺ (aq)	64.77	65.49	-99.6
CuO (s)	-157.3	-129.7	42.63
CuS (s)	-53.1	-53.6	66.5
CuSO ₄ (s)	-771.36	-66.69	109
Cu(NH ₃) ₄ ²⁺ (aq)	-384.5	-110.07	273.6
Fluorine			
F ₂ (g)	0	0	202.78
F ⁻ (aq)	-332.63	-278.79	-13.8
HF (aq)	-320.08	-296.82	88.7

Lampiran 10

Substance	ΔH_f° (kJ/mol _{rxn})	ΔG_f° (kJ/mol _{rxn})	S° (J/mol _{rxn} ·K)
Hydrogen			
H ₂ (g)	0	0	130.684
H ⁺ (aq)	0	0	0
OH ⁻ (aq)	-229.994	-157.244	-10.75
H ₂ O (l)	-285.830	-237.129	69.91
H ₂ O (g)	-241.818	-228.572	188.25
H ₂ O ₂ (aq)	-191.17	-134.03	143.9
Iodine			
I ₂ (s)	0	0	116.135
Iron			
Fe (s)	0	0	27.28
Fe ²⁺ (aq)	-89.1	-78.90	-137.7
Fe ³⁺ (aq)	-48.5	-4.7	-315.9
Fe ₂ O ₃ (s)	-824.2	-742.2	87.40
Fe ₃ O ₄ (s)	-1118.4	-1015.4	146.4
Fe(OH) ₂ (s)	-569.0	-486.5	88
Fe(OH) ₃ (s)	-823.0	-696.5	106.7
FeS ₂ (s)	-178.2	-166.9	52.93
Lead			
Pb (s)	0	0	64.81
Pb ²⁺ (aq)	-1.7	-24.43	10.5
PbO (s)	-217.32	-187.89	68.7
PbO ₂ (s)	-277.4	-217.33	68.6
PbS (s)	-100.4	-98.7	91.2
PbSO ₄ (s)	-919.94	-813.14	148.57
Lithium			
Li (s)	0	0	29.12
Li ⁺ (aq)	-278.49	-293.31	13.4
Magnesium			
Mg (s)	0	0	32.68
Mg ²⁺ (aq)	-466.85	-454.8	-138.1
Mg(OH) ₂ (s)	-924.54	-833.58	63.18
MgCO ₃ (s)	-1095.8	-1012.1	65.7
MgSO ₄ (s)	-1284.9	-1170.6	91.6
Manganese			
Mn (s)	0	0	32.01
Mn ²⁺ (aq)	-220.75	-228.1	-73.6
MnO ₂ (s)	-520.03	-465.14	53.05
KMnO ₄ (s)	-837.2	-737.6	171.76
MnS (s)	-214.2	-218.4	78.2

Lampiran 10

Substance	ΔH_f° (kJ/mol _{rxn})	ΔG_f° (kJ/mol _{rxn})	S° (J/mol _{rxn} ·K)
Mercury			
Hg (l)	0	0	76.02
Hg ²⁺ (aq)	171.1	164.40	-32.2
HgO (s)	-90.83	-58.539	70.29
HgCl ₂ (s)	-224.3	-178.6	146.0
Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.22	-210.745	192.5
HgS (s)	-58.2	-50.6	82.4
Nitrogen			
N ₂ (g)	0	0	191.61
NO ₃ ⁻ (aq)	-205.0	-108.74	146.4
HNO ₂ (aq)	-119.2	-50.6	135.6
NH ₃ (aq)	-80.92	-26.50	111.3
NH ₄ ⁺ (aq)	-132.51	-79.31	113.4
NH ₄ NO ₃ (s)	-365.56	-183.87	151.08
NH ₄ Cl (s)	-314.43	-203.87	94.6
Oxygen			
O ₂ (g)	0	0	205.138
Phosphorous			
P (s, white)	0	0	41.09
PO ₄ ³⁻ (aq)	-1277.4	-1018.7	-222
Potassium			
K (s)	0	0	64.18
K ⁺ (aq)	-252.38	-283.27	102.5
KOH (s)	-424.764	-379.08	78.9
KCl (s)	-436.747	-409.14	82.59
KNO ₃ (s)	-494.63	-394.86	133.05
K ₂ Cr ₂ O ₇ (s)	-2061.5	-1881.8	291.2
Silicon			
Si (s)	0	0	18.83
SiO ₂ (s)	-910.94	-856.64	41.84
Silver			
Ag (s)	0	0	42.55
Ag ⁺ (aq)	105.579	77.107	72.68
Ag(NH ₃) ₂ ⁺ (aq)	-111.29	-17.12	245.2
AgCl (s)	-127.068	-109.789	96.2
AgBr (s)	-100.37	-96.90	107.1
AgI (s)	-61.84	-66.19	-115.5
Sodium			
Na (s)	0	0	51.21
Na ⁺ (aq)	-240.13	-261.905	59.0
NaOH (s)	-425.609	-379.494	64.555
NaCl (s)	-411.153	-384.138	72.13

Lampiran 10

Substance	ΔH_f° (kJ/mol _{rxn})	ΔG_f° (kJ/mol _{rxn})	S° (J/mol _{rxn} ·K)
Sodium			
NaNO ₃ (s)	-467.85	-367.00	116.52
Na ₃ PO ₄ (s)	-1917.40	-1788.80	173.80
Na ₂ SO ₄ (s)	-1387.08	-1270.16	149.58
Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.68	-1044.44	134.98
NaHCO ₃ (s)	-950.81	-851.0	101.7
NaCH ₃ COO (s)	-708.81	-607.18	123.0
Sulfur			
S ₈ (s)	0	0	31.80
S ²⁻ (aq)	33.1	85.8	-14.6
SO ₂ (g)	-296.830	-300.194	248.22
SO ₃ (g)	-395.72	-371.06	256.76
SO ₄ ²⁻ (aq)	-909.27	-744.53	20.1
SCN ⁻ (aq)	76.44	92.71	144.3
Tin			
Sn (s)	0	0	44.14
SnO (s)	-285.5	-256.9	56.5
SnO ₂ (s)	-580.7	-519.76	52.3
Zinc			
Zn (s)	0	0	41.63
Zn ²⁺ (aq)	-153.89	-147.06	-112.1
ZnO (s)	-348.28	-318.30	43.64
ZnCl ₂ (s)	-415.05	-369.39	111.46
ZnS (s)	-205.98	-201.29	57.7
ZnSO ₄ (s)	-982.8	-871.5	110.5

Sumber: Harvey, David. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw Hill Companies

INDEX

2-Deoksi-D-Ribosa	309,312	Atom	33
Accumulator	113,114,118	Aturan Aufbau	42,45
Adenin	310,311	Aturan Hund	42,45
Aerosol Cair	215	Aturan Pauli	42,45
Aerosol Padat	215	Autokatalis	166,181
Affinitas Elektron	58	Basa	135
Air	161, 281	Basa Konyugasi	135
Aki	113,114,118	Basa Nitrogen	311,312
Aldosa	283	Basa Pirimidin	311, 312
Alkana	250	Basa Purin	311, 312
Alkanal	245	Batere	114,118
Alkanol	247	Benzena	260,261
Alkanon	244	Bilangan Avogadro	87,92
Alkena	229	Bilangan Kuantum Azimut	42,45
Alkil Alkanoat	251	Bilangan Kuantum Magnetik	42,45
Alkohol Primer	247	Bilangan Kuantum Spin	42,45
Alkohol Sekunder	247	Bilangan Kuantum Utama	42-45
Alkohol Tersier	247	Bilangan Oksidasi	105
Alkoksi Alkana	250	Biomolekul	281
Alkuna	234	Bohr	135
Amfoterik	292	Bronsted	135
Amilase	289	Buih	215
Amilopektin	289	Busa Padat	2.5
Anoda	113	C-Asimetri	224
Apoenzim	294	Cincin Piranosa	285
Ar	90	CMC	289
Arrhenius	82, 84	Coulomb	118
Asam	135	De Broglie	43
asam alkanoat	301	Dehidrohalogenasi	187
Asam amino	292	Denaturasi Protein	292
Asam Cuka	135, 301	Dendrit	18

Asam Konyugasi	135	Derajat Disosiasi	154, 156
Asam Lemak	301	Deret Actinida.	53
Asam Lemak Jenuh	301	Deret Lantanida	53
Asam Lemak Tidak Jenuh	301	<i>Dextro</i>	287
Asam Stearat	301	Dialisis	175 – 176
Asetilena	234	Disakarida	223, 225
Asetofenon	244	Disosiasi	287
Aseton	244	Gliseroposfolipid	306
DNA	247, 250, 253	Glikol	304
DNA Polimerase	255	Glikosfingolipid	306
Efek Tyndall	172	Glikosida	283
Elektroforesis	175, 177	Gliserol	304
Elektrokimia	103, 112	Glukosa	285
Elektron	25 – 36	Guanin	310
Elektron Valensi	40 – 43, 46 - 51	Gugus Alkoksi	250
Elektronegatifitas	44, 47, 55 – 56	Gugus Karbonil	244, 254
Elektroplating	130	Guldenberg	160
Emulsi	206	Hasil Kali Kelarutan	168
Emulsi Padat	207	Heliks Ganda	294
Emulsifier	228	Hemoglobin	293
Endoenzim	259	Hibridisasi	69
Energi Aktivasi	139, 142	Hidrolisis	147
Energi Bebas Gibbs	110 – 111	Hidrolisis Garam	145
Energi Ikatan	192	Hukum Avogadro	85, 87
Energi Ionisasi	43, 44	Hukum Faraday	117
Entalpi Pelarutan	191	Hukum Gay Lussac	86
Entalpi Pembakaran	191	Hukum Hess	85
Entalpi Pembentukan	190	Hukum kekekalan energi	85, 87
Entalpi Penguraian	190	Hukum Kekekalan massa	85
Entalpi	188	Hukum Laplace	104
Entropi	197	Hukum Le Cathelier	151
Enzim	293, 295	Hukum Perbandingan Berganda	62, 63

Eter	250,251	Hukum Perbandingan Tetap	62, 63
Fasa Dispersi	215	Hukum Perbandingan Volume	62, 64
Fermi	18	Ikatan Glikosida	225 – 228, 242
Formaldehida	246	Ikatan Hidrogen	54 – 56
Fraksi Mol	78	Ikatan Ion	46 – 47, 51, 55
Garam	142	Ikatan Kovalen	48 – 51, 55
Gaya Adhesi	221	Ikatan Logam	53
Gaya Kohesi	221	Ikatan Peptida	232
Gaya London	54	Inti Atom	25 – 26, 28
Gaya Van Der Waals	54	Isobar	28, 35
Gel	215	Kp	150, 153
Isomer	227	Ksp	159
Isoton	27, 28	Larutan	77 – 90
Isotop	27	Larutan Buffer	147
IUPAC	104, 197, 203, 212	Larutan Elektrolit	129
Jari-jari atom	43 - 44	Ka	85
Jembatan Fosfodiester	253	Kalorimeter	107
John Tyndall	172	Karbohidrat	220 - 241
Julius Thomson	40	Lothar Matheus	40
Katabolisme	20	Lowry	83
Katalisator	140, 142	Lavoiser	62
Katoda	117, 124 – 133	Levo	224
Kayu Manis	200	Lewis	83
Kb	135	Lipid	237 - 245
Kecepatan Reaksi	175	Medium Pendispersi	171
Kelenjar Keringat	13, 16	Membran Sel	19
Kenaikan Titik Didih	163 – 165, 168	Mendelleyev	40
Keseimbangan Kimia	150 – 154, 155	Mentol	237, 243
Keton	244	Meta	260
Ketosa	242	Mikroskop Elektron	25
Koagulasi	294	Mol	64, 66 – 70
Kodon	309	Molalitas	132

Koenzim	294	Molaritas	132
Kolagen	307	Molekul	25, 34 – 35
Kolesterol	307	Monosakarida	285
Koloid	171 – 175	Mr	65 – 66
Koloid Asosiasi	175	mRNA	310
Koloid Dispersi	215	Mutarotasi	224
Koloid Kondensasi	215	Netron	26, 28, 29
Koloid Liofil	216	Normalitas	79, 89
Koloid Liofob	216	Nukleosida	311
Koloid Pelindung	217	Nukleotida	312
Konsentrasi	180	Nukleus	18, 19, 20
Orbital	40	Oksidasi	104
Orto	260	Reaksi Dehidrasi	205
Osmosa	167, 168	Reaksi Eksoterm	187
Osmosis	167	Reaksi Asam Halida	230
Para	212	Oligosakarida	287
Pati	226, 228	Reaksi Endoterm	187
Pelarut	77 – 81	Reaksi Esterifikasi	254
Pelarut Universal	221	Reaksi Halogenasi	230, 234
Pemekatan	134	Reaksi Hidrasi	188, 192
Pengenceran	134	Reaksi Metatesis	144
Penurunan Tekanan Uap	206	Reaksi Pembakaran	104
Penurunan Titik Beku	210	Redoks	104
Pepsin	295	Reduksi	104
Peptipasi	284	Reduksi Alkena	229
Pereaksi Fehling	247	Rumus Kimia	24
Pereaksi Tollens	247	Rumus Molekul	23
Persen Berat	131	Rutherford	36
Persen Volume	131	Sabun	254
pH	135	Sel	113
pH Meter	137	Sel Elektrokimia	114, 118

pOH	135	Tingkat Reaksi	178
Polimerisasi	270	TNT	259
Polisakarida	289	Toluena	260
Potensial Reduksi	113	Trigliserida	304
Proses Kontak	167	Unsur	15
Prostaglandin	303	Urea	168
Protein	293,294	Sel Elektrolisa	115, 119
Protein Globular	293	Sel Leclanche	114
Protein Kontraktil	293	Senyawa	81
Protein Nutrient	293	Senyawa Hidrokarbon	224
Protein Pengatur	293	Sfingolipida	306
Protein Pertahanan	293	SHE	114
Protein Serabut	293,294	Sifat Koligatif Larutan	206
Protein Struktural	293,294	Sikloalkana	259
Protein Transport	293,294	sma	91
Proton	18	Sol	215
Proust	86	Sol Padat	216
Ribosa	285	Stabilizer	217
RNA	285	Stereoisomer	230
Robert Brown	215	Steroid	307
Roult	162	Struktur Kekulé	285
Rumus Empiris	25	Struktur Kuartener Protein	293,295
SCE	125	Struktur Primer Protein	293, 295
Tabel Periodik	52	Struktur Sekunder Protein	293,295
Tahap Reaksi	177	Struktur Tersier Protein	293,295
Tekanan Osmotik	211	Van Het Hoff	206
Tekanan Osmotik	211	Volatil	247,249
Teknik Busur Bredig	218	Voltmeter	113
Termodinamika	196	Wax	305
Termokimia	187	Zat Terlarut	128
Terpena	307	Zwitter Ion	293
Tetrahedral	224		
Timin	311-312		

ISBN 978-602-8320-48-1
ISBN 978-602-8320-51-1

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 15,906.00