

Zulfikar

KIMIA KESEHATAN

JILID 2

SMK



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

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

KIMIA

KESEHATAN

JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Zulfikar

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,5 x 25 cm

ZUL ZULFIKAR
k Kimia Kesehatan Jilid 2 untuk SMK /oleh Zulfikar ----
Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
ix, 219 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Lampiran : Lampiran. B
Indeks : Lampiran. C
ISBN : 978-602-8320-48-1
ISBN : 978-602-8320-50-4

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

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

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

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat 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.

Zulfikar

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

<i>Kata pengantar</i>	<i>i</i>
<i>Alur fikir isi buku</i>	<i>ii</i>
<i>Daftar Isi</i>	<i>iii</i>
JILID 1	
Bab 1. Ruang Lingkup Ilmu Kimia	
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	
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	
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	
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 kebasaaan	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. Gliseropofolipida	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	
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 8 Larutan

Standar Kompetensi

Memahami konsep larutan elektrolit dan elektrokimia

Kompetensi Dasar

Membedakan larutan elektrolit dan non elektrolit
Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan berbagai larutan
Menggunakan satuan konsentrasi dalam membuat larutan

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendefinisikan larutan
2. Siswa mampu membedakan jenis larutan berdasarkan daya hantar listrik
3. Siswa dapat membedakan larutan berdasarkan tingkat ionisasi larutan
4. Siswa mampu mendefinisikan konsentrasi atau rasio kuantitas zat terlarut di dalam pelarut
5. Siswa mampu membedakan satuan-satuan konsentrasi larutan
6. Siswa dapat membuat dan mengencerkan larutan
7. Siswa dapat mendeskripsikan larutan asam
8. Siswa dapat mendefinisikan basa
9. Siswa dapat mendeskripsikan berbagai macam garam berdasarkan reaksi pembentukannya
10. Siswa dapat menentukan konsentrasi asam, basa dan garam
11. Siswa dapat mendeskripsikan larutan penyangga
12. Siswa dapat menghitung konsentrasi larutan buffer, berdasarkan komposisi zat-zat penyusunnya

8.1 Larutan

Kita telah mengenal Unsur dan senyawa, dan kita juga sudah mengetahui bahwa setiap unsur dan senyawa tersebut dapat bereaksi. Setiap zat dalam bereaksi dapat berupa padatan, gas dan larutan, dan yang paling umum reaksi kimia dilakukan dalam bentuk larutan.

Larutan merupakan campuran homogen (serbasama) antara dua zat atau lebih. Berdasarkan jumlah dalam larutan maka dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian terkecil adalah zat terlarut dan yang terbesar adalah pelarut. Contoh, jika kita ambil 1 gram kalium bicromat ($K_2Cr_2O_7$) dan dimasukkan kedalam labu ukur yang berisi 100 mL air, diaduk dan akan dihasilkan larutan kalium bicromat, dimana kalium bicromat sebagai zat terlarutnya dan air adalah sebagai pelarutnya. Lihat Gambar 8.1.



Gambar 8.1. Cara membuat larutan, 1 gram kalium bicromat ditambahkan 100 mL air dalam labu ukur

Di dalam proses melarut tentunya terjadi pemecahan ukuran partikel zat terlarut dan terjadi interaksi antara zat partikel terlarut dengan partikel pelarutnya. Apakah partikel memiliki muatan. Atas dasar sifat kelistrikkannya kita larutan menjadi dua bagian yaitu larutan elektrolit dan larutan non-elektrolit.

8.1.1. Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit

Pada tahun 1887, seorang ahli kimia dari Swedia Svante August Arrhenius berhasil melakukan pengamatan terhadap sifat listrik larutan. Dia menyatakan bahwa larutan dapat menghantarkan arus listrik jika larutan tersebut mengandung partikel-partikel yang bermuatan listrik (ion-ion) dan bergerak bebas didalam larutannya.

Pembuktian adanya larutan elektrolit dapat kita lakukan dengan percobaan sederhana. Persiapkan larutan garam dapur (NaCl), asam cuka dapur (CH₃COOH), larutan gula (C₁₂H₂₂O₁₁) dan larutan alkohol C₂H₅OH (etanol), larutan ini mudah kita sediakan, kemudian kita tuang kedalam beker gelas.

8.1.2. Derajat Ionisasi (α)

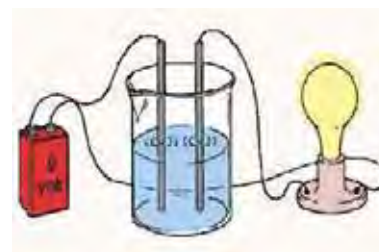
Persiapkan juga peralatannya yaitu bola lampu kecil, kabel, batangan logam besi atau tembaga, selanjutnya dirangkai seperti Gambar 8.2

Jika kita lakukan pengamatan, dan hasil pengamatan disederhanakan seperti Table 8.1 di bawah ini :

Tabel 8.1. Pengamatan daya hantar listrik pada larutan

Senyawa	Rumus	Lampu menyala	Lampu tidak menyala
Garam dapur	NaCl	√	
Asam cuka	CH ₃ COOH	√	
Gula	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁		√
Alkohol (etanol)	C ₂ H ₅ OH		√

Dari hasil pengamatan percobaan dapat disimpulkan bahwa larutan dapat dibagi menjadi dua bagian. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik adalah larutan elektrolit. Sedangkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik adalah larutan non-elektrolit, dan kita simpulkan pada Tabel 8.2.



Gambar 8.2. Rangkaian peralatan untuk uji sifat daya hantar listrik larutan

Percobaan berikutnya dapat kita lakukan terhadap beberapa larutan elektrolit misalnya, larutan natrium klorida (NaCl), tembaga (II) sulfat (CuSO₄), asam nitrat (HNO₃), asam cuka (CH₃COOH), asam oksalat (C₂H₂O₄) dan asam sitrat (C₆H₈O₇).

Dengan cara yang sama dengan percobaan diatas, hasil pengamatan disederhanakan dalam Tabel 8.3 dibawah ini.

Tabel 8.3. Pengamatan daya hantar terhadap beberapa larutan elektrolit

Larutan	Nyala lampu	
	Terang	Kurang terang
NaCl	√	
CuSO ₄	√	
HNO ₃	√	
CH ₃ COOH		√
C ₂ H ₂ O ₄		√
C ₆ H ₈ O ₇		√

Hasil ini mengindikasikan bahwa terdapat dua larutan elektrolit yaitu larutan elektrolit kuat dan lemah yang ditunjukkan dengan nyala lampu, Lihat Tabel 8.4.

Kuat lemahnya larutan elektrolit sangat ditentukan oleh partikel-partikel bermuatan di dalam larutan elektrolit. Larutan elektrolit akan mengalami ionisasi, dimana zat terlarutnya terurai menjadi ion positif dan negatif, dengan adanya muatan listrik inilah yang menyebabkan larutan memiliki daya hantar listriknya.

Proses ionisasi memegang peranan untuk menunjukkan kemampuan daya hantarnya, semakin banyak zat yang terionisasi semakin kuat daya hantarnya. Demikian pula sebaliknya semakin sulit terionisasi semakin lemah daya hantar listriknya.

Kekuatan ionisasi suatu larutan diukur dengan derajat ionisasi dan dapat disederhanakan dalam persamaan dibawah ini:

$$\alpha = \frac{\text{mol zat yang terionisasi}}{\text{mol zat mula-mula}}$$

Untuk larutan elektrolit besarnya harga $0 < \alpha \leq 1$, untuk larutan non-elektrolit maka nilai $\alpha = 0$.

Tabel 8.2. Contoh larutan yang bersifat elektrolit dan non-elektrolit

No	Elektrolit	Non Elektrolit
1	NaCl	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
2	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OH

Tabel 8.4. Dua jenis larutan elektrolit, yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah

Elektrolit kuat	Elektrolit lemah
NaCl	CH ₃ COOH
CuSO ₄	C ₂ H ₂ O ₄
HNO ₃	C ₆ H ₈ O ₇

Dengan ukuran derajat ionisasi untuk larutan elektrolit memiliki jarak yang cukup besar, sehingga diperlukan pembatasan larutan elektrolit dan dibuat istilah larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah. Untuk elektrolit kuat harga $\alpha = 1$, sedangkan elektrolit lemah harga derajat ionisasinya, $0 < \alpha < 1$. Untuk mempermudah kekuatan elektrolit skala derajat ionisasi pada Gambar 3.3.

8.2. Konsentrasi Larutan

Sangat sulit bagi kita tentunya, jika kita ingin mereaksikan sebuah larutan dengan menyebutkan berat zatnya dan juga adanya penambahan berat oleh air, sehingga perlu kita menyederhanakan besaran yang memberikan pengertian tentang jumlah zat terlarut dan pelarut, besaran tersebut adalah konsentrasi.

Besaran konsentrasi banyak memiliki rujukan sesuai dengan kebutuhan dan informasi apa yang dibutuhkan oleh pengguna. Misalnya didalam botol obat sakit maag, dituliskan "didalam setiap satu sendok (5 mL) mengandung Magnesium trisilicate 325 mg, aluminium hidroksida bentuk koloid 325 mg dan dimethicone aktif 25 mg.

Pada obat atau racun serangga, perusahaan juga menuliskan bentuk yang lain seperti, obat ini mengandung transflurin 0.2 g/L, imiprottrin 0.32 g/L dan sipermetrin 0.4 g/L.

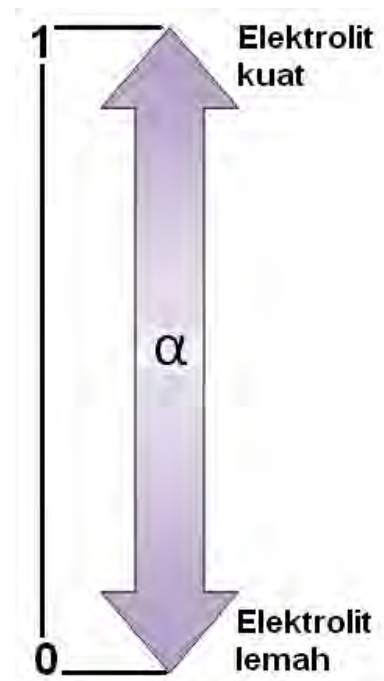
Bentuk penulisan konsentrasi yang juga mudah kita temukan adalah dalam botol minuman, misalnya konsentrasi mengacu pada Angka Kebutuhan Kalori (AKG), sehingga dalam botol minuman tertera, dalam kemasan ini mengandung karbohidrat 6%, Natrium 8%, Kalium 3%, Magnesium 5%, Kalsium 5%, vitamin B3 50%, vitamin B6 260% dan vitamin B12 200%.

Dalam ilmu kimia satuan konsentarsi lebih mudah dan sederhana.

8.2.1. Persen Berat (%)

Satuan konsentrasi ini menyatakan banyaknya zat terlarut dalam 100 gram larutan.

Dalam sebuah botol tertera 20% HCl (% berat) dalam air, hal ini berarti didalam botol terdapat 20 gram HCl dan 80 gram air.



Gambar 8.3. Skala derajat ionisasi untuk larutan elektrolit

8.2.2. Persen Volume (%)

Sama halnya dengan persen berat, dalam persen volume yang dinyatakan adalah jumlah volume (mL) dari zat terlarut dalam 100 mL larutan.

Dalam sebuah botol tertera 14 % Asam Cuka CH_3COOH (% volume) dalam air, hal ini berarti didalam botol terdapat 14 mL CH_3COOH dan 86 mL air, perhatikan Gambar 8.4.

8.2.3. Fraksi Mol (x)

Bilangan yang menyatakan rasio jumlah mol zat terlarut dan pelarut dalam sebuah larutan. Secara umum jika terdapat larutan AB dimana A mol zat terlarut dan B mol zat pelarut, fraksi mol A (X_A)

$$X_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B}}$$

Fraksi mol zat B adalah (X_B)

$$X_B = \frac{\text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B}}$$

Untuk jumlah kedua fraksi

$$\begin{aligned} X_A + X_B &= \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B}} + \frac{\text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B}} \\ &= \frac{\text{mol A} + \text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B}} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Untuk lebih mudah memahami konsep fraksi mol, cermati contoh dibawah ini.

Jika sebuah larutan terdiri dari 2 mol H_2SO_4 dan 8 mol air, maka ada dua fraksi dalam larutan, pertama adalah fraksi H_2SO_4 yang besarnya :

$$X_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{2}{2+8} = 0.2$$

sedangkan fraksi air besarnya :

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{8}{2+8} = 0.8$$

Jumlah kedua fraksi :

$$X_{\text{H}_2\text{SO}_4} + X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.8 + 0.2 = 1$$



Gambar 8.4. Konsentrasi dalam bentuk persen volume dari Vinegar atau Asam Cuka

8.2.4. Molalitas

Merupakan satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah mol zat yang terdapat didalam 1000 gram pelarut, Molalitas diberi lambang dengan huruf m (Gambar 8.5).

Sebagai contoh didalam botol di laboratorium tertera label bertuliskan 0.5 m CuSO₄, hal ini berarti didalam larutan terdapat 0.5 mol CuSO₄ dalam 1000 gram pelarut. Penggunaan satuan konsentrasi molalitas, ketika kita mempelajari sifat-sifat zat yang ditentukan oleh jumlah partikel misalnya kenaikan titik didih atau penurunan titik beku larutan.

8.2.5. Molaritas

Satuan konsentrasi molaritas merupakan satuan konsentrasi yang banyak dipergunakan, dan didefinisikan sebagai banyak mol zat terlarut dalam 1 liter (1000 mL) larutan. Hampir seluruh perhitungan kimia larutan menggunakan satuan ini. Di dalam laboratorium kimia sering kita jumpai satuan molaritas misalnya larutan HNO₃ 3M. Dalam botol tersebut terkandung 3 mol HNO₃ dalam 1 Liter larutan, perhatikan Gambar 8.6.

8.2.6. Normalitas

Normalitas yang bertonasi (N) merupakan satuan konsentrasi yang sudah memperhitungkan kation atau anion yang dikandung sebuah larutan. Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan. Secara sederhana gram ekuivalen adalah jumlah gram zat untuk mendapat satu muatan.

Sebagai contoh: 1 mol H₂SO₄ dalam 1 liter larutan, H = 1, S = 32 dan O = 16, kita dapat tentukan gram ekuivalennya. Dalam hal ini kita telah mengenal konsep ionisasi. 1 mol H₂SO₄ = 98 gram. (*Ingat konsep mol*).



Untuk mendapatkan larutan 1 N, maka zat yang dibutuhkan hanya 49 gram H₂SO₄ dilarutkan kedalam 1 Liter air, karena dengan 49 gram atau 0.5 molar sudah dihasilkan satu muatan dari zat-zat yang terionisasi.



Gambar 8.5. Konsentrasi dalam bentuk molalitas (m) dari senyawa CuSO₄



Gambar 8.6. konsentrasi dalam bentuk Molaritas (M)

8.3. Pengenceran

Dalam kehidupan sehari-hari kegiatan pengenceran selalu terjadi, misalnya ketika ibu sedang memasak di dapur, apabila sayur yang disiapkan ternyata terlampui asin, maka ibu kembali menambahkan air ke dalam sayur tersebut. Demikian juga ketika kita mempersiapkan air teh manis, kadang-kadang yang kita persiapkan terlampau manis sehingga kita akan menambahkan air ke dalamnya atau sebaliknya, air teh yang kita persiapkan kurang manis, sehingga kita menambahkan gula ke dalamnya.

Dari dua kejadian di atas dapat kita ambil kesimpulan bahwa pengenceran adalah berkurangnya rasio zat terlarut di dalam larutan akibat penambahan pelarut. Sebaliknya pemekatan adalah bertambahnya rasio konsentrasi zat terlarut di dalam larutan akibat penambahan zat terlarut.

Dalam laboratorium kimia selalu terjadi kegiatan pengenceran. Umumnya tersedia zat padat atau larutan dalam konsentrasi yang besar atau dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Sehingga menyiapkan larutan atau mengencerkan zat menjadi kegiatan rutin. Menyiapkan larutan NaOH 1 M, dilakukan dengan menimbang kristal NaOH seberat 40 gram dilarutkan kedalam 1 Liter air. 40 gram didapat dari Mr NaOH, dimana Na = 23, O = 16 dan H = 1, Perhatikan Gambar 8.7.

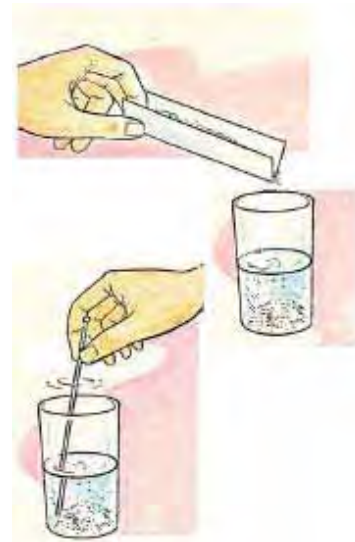
Untuk pengenceran, misalnya 50 mL larutan CuSO₄ dengan konsentrasi 2 M, diubah konsentrasinya menjadi 0.5 M. Dalam benak kita tentunya dengan mudah kita katakan tambahkan pelarutnya, namun berapa banyak yang harus ditambahkan. Perubahan konsentrasi dari 2 M menjadi 0.5 M, sama dengan pengenceran 4 kali, yang berarti volume larutan menjadi 4 kali lebih besar dari 50 mL menjadi 200 mL (Gambar 8.8). Secara sederhana kita dapat selesaikan secara matematis :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

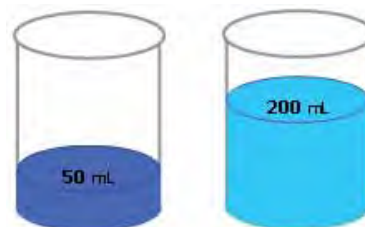
M_1 = Konsentrasi mula-mula
 V_1 = Volume mula-mula
 M_2 = Konsentrasi setelah pengenceran
 V_2 = Volume setelah pengenceran

$$2 \times 50 = 0.5 \times V_2$$
$$V_2 = \frac{2 \times 50}{0.5}$$
$$V_2 = 200 \text{ mL}$$

Hal ini berarti bahwa, kita harus menambahkan air agar larutan yang bervolume 50 mL menjadi 200 mL
Air yang ditambahkan = 200 - 50 = 150 mL



Gambar 8.7. Mempersiapkan larutan 0.1M NaOH



Gambar 8.8. Pengenceran larutan CuSO₄ 2M menjadi 0,5M

8.4. Sifat Larutan

Di dalam proses melarut terjadi peristiwa pemecahan ukuran partikel zat terlarut, dan suatu saat seluruh partikel tersebut melarut dan berinteraksi dengan pelarutnya. Setiap partikel yang larut memiliki sifat-sifat yang berbeda, misalnya ada yang terasa asam, pahit asin dan lainnya.

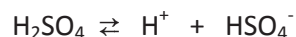
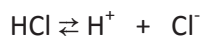
Partikel-partikel yang dikandung dalam satu larutan menyebabkan munculnya sifat-sifat tertentu dari larutan. Secara umum sifat yang dimunculkan oleh larutan dapat kita klasifikasikan menjadi dua bagian besar. Pertama adalah sifat kimia meliputi, keasaman, kebasaan dan garam. Sedangkan yang kedua adalah sifat fisika larutan seperti adanya tekanan uap, titik didih, titik beku, dan tekanan osmotik. Bahasan selanjutnya kita mulai dengan sifat kimia.

8.4.1. Asam dan basa

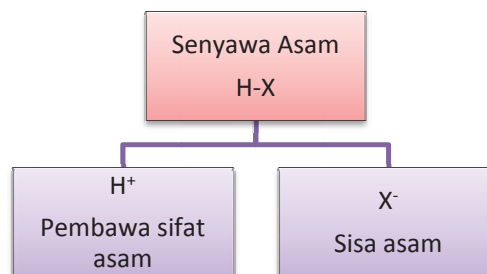
Asam merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, misalnya memiliki rasa asam, dapat merusak permukaan logam juga lantai marmer atau sering juga disebut dengan korosif. Asam juga dapat bereaksi dengan logam dan menghasilkan gas hidrogen, sebagai indikator sederhana terhadap senyawa asam, dapat dipergunakan kertas lakmus, dimana asam dapat mengubah kertas lakmus biru menjadi merah.

Basa merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, seperti licin jika mengenai kulit dan terasa getir serta dapat merubah kertas lakmus merah menjadi biru.

Konsep asam-basa telah berkembang dan sampai dengan saat ini tiga konsep sangat membantu kita dalam memahami reaksi kimia dan pembentukan molekul-molekul baru. Asam menurut Arrhenius, zat dikatakan sebagai asam jika dalam bentuk larutannya dapat melepaskan ion H^+ , dan ion hidrogen merupakan pembawa sifat asam. Perhatikan bagan 8.9, dibawah ini diberikan dua contoh asam ;



Bagan 8.9. Konsep asam Arrhenius

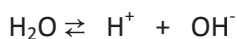


Sedangkan basa adalah zat yang dalam bentuk larutannya dapat melepaskan ion OH^- , dan ion hidroksida merupakan pembawa sifat basa.

Di bawah ini diberi dua contoh basa, perhatikan juga Bagan 8.10.



Dari pengertian tersebut dapat kita cermati bahwa air merupakan gabungan dari ion hidrogen pembawa sifat asam dan ion hidroksida pembawa sifat basa, kehadiran kedua ion ini saling menetralkan sehingga air merupakan senyawa yang bersifat netral.

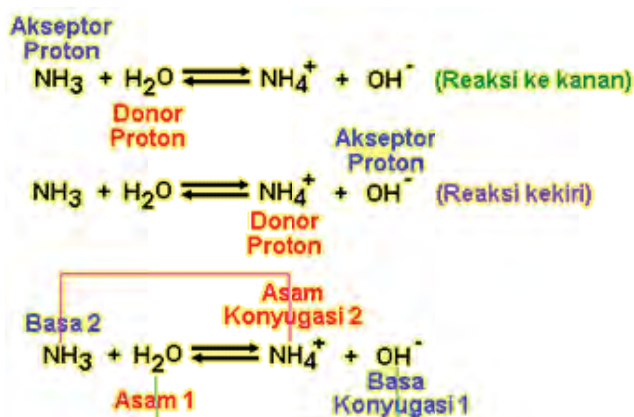
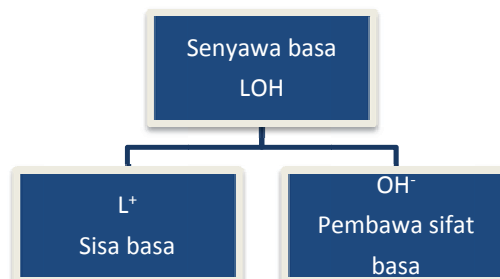


Persamaan diatas menunjukkan adanya ion hidrogen [H^+] yang bermuatan positif dan ion hidroksida [OH^-] yang bermuatan negatif. Selanjutnya reaksi-reaksi yang melibatkan kedua ion tersebut dikenal dengan reaksi netralisasi.

Menurut Lowry dan Bronsted, zat dikatakan sebagai asam karena memiliki kemampuan untuk mendonorkan protonnya, sedangkan basa adalah zat yang menerima proton, sehingga dalam sebuah reaksi dapat melibatkan asam dan basa.

Perhatikan contoh reaksi pelarutan amoniak dalam air.

Bagan 8.10. Konsep basa Arhenius

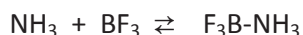


Reaksi kekanan NH_3 berperan sebagai akseptor proton (Basa) dan H_2O sebagai donor proton (Asam). Sedangkan reaksi kekiri, ion amonium (NH_4^+) dapat mendonorkan protonnya, sehingga berperan sebagai asam sering disebut dengan asam konyugasi.

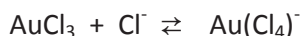
Untuk ion hidroksida (OH⁻) dapat menerima proton dan berperan sebagai basa dan disebut dengan basa konjugasi.

Reaksi diatas menghasilkan pasangan asam basa konjugasi, yaitu asam 1 dengan basa konjugasinya, dan basa 2 dengan asam konjugasinya. Untuk lebih jelasnya contoh lain diberikan seperti pada bagan 8.11, dua molekul NH₃ dapat bereaksi, dimana salah satu molekulnya dapat bertindak sebagai donor proton dan molekul lain bertindak sebagai penerima proton. Hasil reaksi dua molekul tersebut menghasilkan asam konjugasi dan basa konjugasi.

Perkembangan selanjutnya adalah konsep asam-basa Lewis, zat dikatakan sebagai asam karena zat tersebut dapat menerima pasangan elektron bebas dan sebaliknya dikatakan sebagai basa jika dapat menyumbangkan pasangan elektron. Konsep asam basa ini sangat membantu dalam menjelaskan reaksi organik dan reaksi pembentukan senyawa kompleks yang tidak melibatkan ion hidrogen maupun proton. Reaksi antara BF₃ dengan NH₃, dimana molekul NH₃ memiliki pasangan elektron bebas, sedangkan molekul BF₃ kekurangan pasangan elektron (Bagan 8.12).



Pada reaksi pembentukan senyawa kompleks, juga terjadi proses donor pasangan elektron bebas seperti;

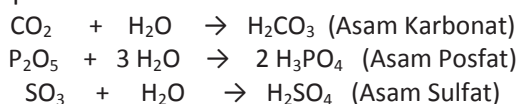


ion klorida memiliki pasangan elektron dapat disumbangkan kepada atom Au yang memiliki orbital kosong (ingat ikatan kovalen koordinasi). Dalam reaksi ini senyawa AuCl₃, bertindak sebagai asam dan ion klorida bertindak sebagai basa.

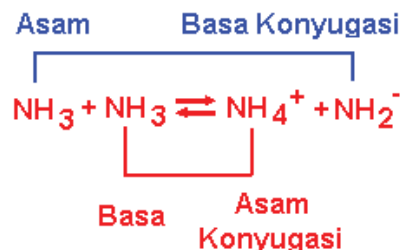
8.4.2. Pembentukan asam dan basa

Asam dapat terbentuk dari oksida asam yang bereaksi dengan air. Oksida asam merupakan senyawa oksida dari unsur-unsur non logam; seperti Karbondioksida, dipospor pentaoksida dan lainnya, Tabel 8.3, merupakan pasangan oksida asam dengan asamnya.

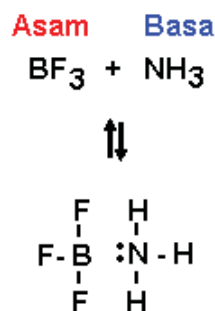
Reaksi pembentukan asam adalah :



Bagan 8.11. Konsep Asam-basa menurut Lowry dan Bronsted



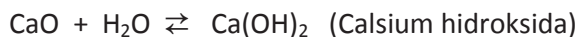
Bagan 8.12. Konsep Asam menurut Lewis



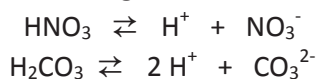
Tabel 8.3. Pasangan Oksida asam dengan asamnya

Oksida asam	Asam
CO ₂	H ₂ CO ₃
P ₂ O ₅	H ₃ PO ₄
P ₂ O ₃	H ₃ PO ₃
SO ₂	H ₂ SO ₃
SO ₃	H ₂ SO ₄
N ₂ O ₅	HNO ₃
N ₂ O ₃	HNO ₂

Sedangkan basa dapat terbentuk dari oksida basa yang bereaksi dengan air. Oksida basa merupakan oksida logam dan ada pengecualian khususnya untuk amonia (NH_3). Lihat Tabel 8.4.



Proses ionisasi asam dan basa, prinsip ionisasi mengikuti konsep Arrhenius, asam akan menghasilkan ion hidrogen bermuatan positif dilanjutkan dengan menuliskan sisa asamnya yang bermuatan negatif serta disetarakan muatannya perhatikan Bagan 8.13. Ionisasi asam lainnya,



Proses ionisasi basa, juga mengacu pada konsep Arrhenius, yaitu menghasilkan ion hidroksida yang bermuatan negatif, dilanjutkan dengan menuliskan sisa basa disertai penyetaraan muatannya seperti contoh dibawah ini.



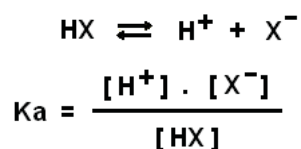
Proses ionisasi untuk asam kuat dan basa kuat sudah kita singgung sebelumnya, dan diindikasikan dengan harga α yaitu rasio jumlah zat yang terionisasi dan zat mula-mula. Harga α untuk asam kuat adalah $\alpha = 1$. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi berkesudahan atau dengan kata lain zat terionisasi sempurna,



Sedangkan untuk basa juga demikian



Sedangkan untuk asam lemah nilai α tidak dipergunakan, yang dipergunakan adalah tetapan ionisasi asam, tetapan ini diturunkan dari keadaan keseimbangan ionisasi.

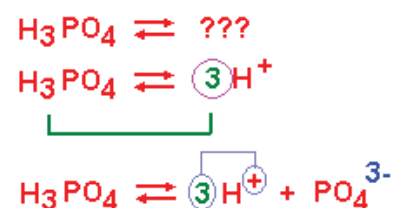


Dari persamaan ini dapat kita ambil kesimpulan jika harga K_a besar, berarti jumlah ion cukup besar, demikian pula sebaliknya jika K_a kecil maka jumlah zat yang terionisasi kecil, besarnya harga K_a inilah yang dapat kita pergunakan untuk memperbandingkan suatu asam dengan asam lainnya, beberapa harga K_a ditampilkan pada Tabel 8.5.

Tabel 8.4. Pasangan Oksida basa dengan basanya

Oksida basa	Basa
CaO	Ca(OH) ₂
MgO	Mg(OH) ₂
K ₂ O	KOH
Al ₂ O ₃	Al(OH) ₃
Li ₂ O	LiOH
BaO	Ba(OH) ₂
Fe ₂ O ₃	Fe(OH) ₃

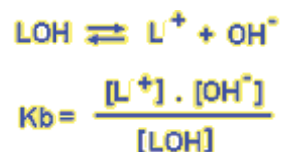
Bagan 8.13. mekanisme ionisasi asam



Tabel 8.5. Harga K_a untuk beberapa asam

Rumus	Harga K_a
H ₃ C ₂ O ₂ H	1.8×10^{-5}
HClO	2.9×10^{-8}
HNO ₂	7.2×10^{-4}
HClO ₂	1.1×10^{-2}
H ₂ S	1.0×10^{-7}
HCN	6.2×10^{-10}
H ₂ C ₂ O ₄	5.4×10^{-2}

Sedangkan untuk basa juga mengikuti pola yang sama dengan asam lemah, didasari atas reaksi pada saat keseimbangannya.



Beberapa harga K_b disajikan dalam Tabel 8.6.

8.4.3. Derajat keasaman dan kebasaan

Jika kita mencampurkan 50 mL sari belimbing wuluh dengan 50 mL air, selanjutnya kita coba ulangi dengan jumlah air yang lebih besar misalnya 150 mL air. Pasti kita dengan mudah, campuran yang pertama lebih asam dibandingkan dengan campuran yang kedua. Untuk memberikan kepastian besarnya keasaman antara campuran pertama dan kedua, kita dapat mengukurnya dari konsentrasinya.

Dalam hal keasaman kita dapat menghitungnya dari konsentrasi H^+ , karena ion ini adalah pembawa sifat asam. Akan tetapi umumnya konsentrasi larutan asam yang digunakan sangat kecil, sehingga derajat keasaman dikonversikan ke dalam bentuk logaritma. Derajat keasaman dinyatakan kedalam pH, dimana nilainya adalah

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Untuk asam kuat, dimana seluruh zatnya terionisasi,

$$[\text{H}^+] = a \cdot \text{Ma}$$

dimana a adalah jumlah ion H^+ , dan Ma konsentrasi asam dalam Molaritas, perhatikan contoh penyelesaian seperti pada Bagan 8.14, jika diketahui konsentrasi $\text{HCl} = 10^{-5}$ M dapat ditentukan pHnya, demikian juga untuk H_2SO_4 dengan konsentrasi 0.5×10^{-6} M, pHnya juga dapat ditentukan.

Sedangkan untuk asam lemah, perhitungan H^+ , didasari pada keadaan kesetimbangan dan mengikuti persamaan serta harga K_a seperti yang kita bahas sebelumnya.



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{X}^-]}{[\text{HX}]} \quad \text{Besarnya } [\text{H}^+] = [\text{X}^-]$$

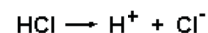
$$\text{sehingga, } K_a \cdot [\text{HX}] = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{HX}]}$$

Tabel 8.6. Harga K_b untuk beberapa basa

Rumus	Harga K_a
NH_3	1.8×10^{-5}
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	7.4×10^{-10}
$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	4.3×10^{-4}
HClO_2	1.1×10^{-2}
NH_2NH_2	8.5×10^{-7}
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1.5×10^{-14}
$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	1.5×10^{-9}

Bagan 8.14. Penguraian asam perhitungan konsentrasi dan pH untuk asam kuat



$$\text{Jumlah H} = 1, a = 1$$

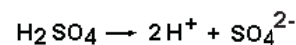
$$[\text{H}^+] = a \cdot \text{Ma}$$

$$[\text{H}^+] = 1 \cdot [\text{HCl}]$$

$$[\text{H}^+] = [10^{-5}]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = 5$$



$$[\text{H}^+] = a \cdot \text{Ma}$$

$$[\text{H}^+] = 2 \cdot [\text{H}_2\text{SO}_4]$$

$$[\text{H}^+] = 2 \cdot [0.5 \times 10^{-6}]$$

$$[\text{H}^+] = [10^{-6}]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = 6$$

Besarnya [HX] pada keseimbangan perubahannya relatif kecil, sehingga besarnya [HX] dianggap sama dengan [HX] mula-mula

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot [HX]}$$

$[H^+]$ = Konsentrasi ion H^+ dalam Molaritas

K_a = Tetapan kesetimbangan ionisasi asam

$[HX]$ = Konsentrasi asam dalam Molaritas

Derajat keasaman dapat dinyatakan ke dalam pH, dimana nilainya adalah

Untuk lebih memahami, perhatikan contoh soal dibawah;

Sebuah botol diberi label HClO, asam hipoklorit 0.35 M, dari tabel tetapan ionisasi asam lemah pada suhu 25°C, diketahui harga $K_a = 2.9 \times 10^{-8}$. Tentukan pH asam hipoklorit tersebut. Skema pada Bagan 8.15, merupakan penyelesaian contoh soal ini.

Derajat kebasaaan juga merupakan ukuran kebasaaan suatu zat yang dinyatakan kedalam bilangan logaritma yaitu;

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Untuk basa kuat, dimana seluruh zatnya terionisasi,

$$[H^+] = b \cdot M_b$$

dimana, b adalah jumlah ion OH^- ,

M_b = konsentrasi asam dalam Molaritas

Sedangkan untuk basa lemah, perhitungan OH^- , didasari pada keadaan keseimbangan dan mengikuti persamaan serta harga K_b seperti yang kita bahas sebelumnya. Perhatikan Bagan 8.16.

Untuk menetapkan derajat kebasaaan pada basa lemah dengan menggunakan persamaan $pOH = -\log [OH^-]$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

dimana :

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot [L OH]}$$

$$pOH = -\log \left[\sqrt{K_b \cdot [L OH]} \right]$$

Dalam sebuah botol terdapat $C_6H_5NH_2$ (anilin) dengan konsentrasi 13.5×10^{-8} M dengan nilai $K_b = 7.4 \times 10^{-10}$.

Bagan 8.15. Penguraian asam, perhitungan konsentrasi dan pH untuk asam lemah



$$[HClO] = 0.35 \text{ M}$$

$$K_a = 2.9 \times 10^{-8}$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot [HClO]}$$

$$[H^+] = \sqrt{0.35 \cdot 2.9 \times 10^{-8}}$$

$$[H^+] = \sqrt{1.0 \cdot 10^{-8}}$$

$$[H^+] = 10^{-4} \text{ M}$$

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

$$pH = -\log [10^{-4}]$$

$$pH = 4$$

Bagan 8.16. Penguraian basa lemah dan konsentrasi $[OH^-]$



$$K_b = \frac{[L^+] \cdot [OH^-]}{[L OH]}$$

dimana $[L^+] = [OH^-]$

$$[OH^-]^2 = K_b \cdot [L OH]$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot [L OH]}$$

$[OH^-]$ = Konsentrasi dalam Molaritas

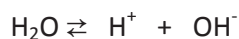
K_b = Tetapan ioniasasi basa lemah

$[L OH]$ = Konsentrasi Basa dalam Molaritas

Tentukan pOH larutan ini, penyelesaian soal dilakukan secara bertahap dan dijabarkan secara rinci seperti pada Bagan 8.17 di sebelah ini.

8.4.4. Kestimbangan Air

Pada reaksi keseimbangan air, kita melibatkan ion hidrogen dan ion hidroksida dan merupakan reaksi penetralan.



Pada saat kesetimbangan :

$$K_{\text{air}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] \cdot K_{\text{air}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$$K_w$$

Konsentrasi air sangat besar dengan berat jenis = 1, maka di dalam 1000 mL, terdapat 1000 gram air, sehingga konsentrasi air dalam satuan molaritas adalah :

$$(1000/18 = 55.5 \text{ M}).$$

Hasil pengukuran tetapan kesetimbangan air, dengan pengukuran konduktivitas didapat $K_{\text{air}} = 1.8 \times 10^{-16}$, sehingga,

$$K_w = [\text{H}_2\text{O}] \cdot K_{\text{air}}$$

$$K_w = 55.5 \cdot 1.8 \times 10^{-16}$$

$$K_w = 10^{-14}$$

Jika kita hitung nilai $[\text{H}^+]$ dan $[\text{OH}^-]$ yang sama dengan nilai K_w , maka didapat ;

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

dimana $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$
sehingga

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_w}$$

atau

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_w}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

Sehingga untuk air nilai pH ataupun pOH adalah

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

$$\text{pH dan pOH} = 7$$

Bagan 8.17. Penyelesaian contoh soal pOH basa lemah dari senyawa anilin

$$\text{Konsentrasi Anilin} = 13.5 \times 10^{-8}$$

Ingat konsep basa Lewis

$$K_b = 7.4 \times 10^{-10}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{13.5 \times 10^{-8} \times 7.4 \times 10^{-10}}$$

$$[\text{OH}^-] = [10^{-8}]$$

$$\text{pOH} = -\log [10^{-8}]$$

$$\text{pOH} = 8$$

Sebagai senyawa netral maka air murni -dijadikan ukuran kenetralan, dan dapat disusun skala pH seperti pada Gambar 8.18.

Derajat keasaman atau pH suatu zat sangat penting peranannya mengingat suatu asam mampu bereaksi dengan berbagai zat, dan pH menjadi indikatornya.

Dalam industri makanan, kosmetika dan minuman, nilai pH dari suatu produk umumnya diberitahukan kepada konsumen yang tertera didalam label. Hal ini amat penting karena para konsumen atau kita manusia sangat rentan dengan keasaman. Tubuh kita sangat sensitif dengan keasaman misalnya pH darah harus dijaga demikian pula dengan pH lambung.

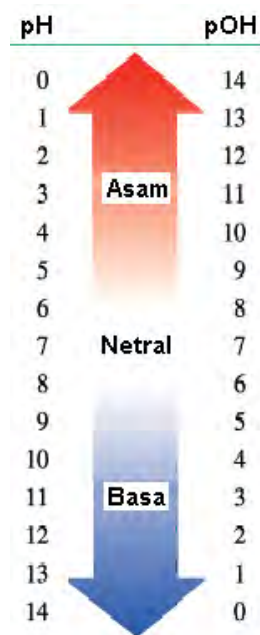
pH normal darah kita berada pada kisaran 7.35 – 7.45, jika pH darah kita berubah dan tidak berada pada kisaran diatas maka akan mengganggu kesehatan kita, apalagi jika terjadi kenaikan atau penurunan pH bisa menyebabkan kematian yaitu jika pH kita dibawah 6.8 atau diatas 8.

Pengukuran keasaman dilakukan dengan menggunakan indikator universal khususnya untuk pengukuran larutan yang tidak memerlukan ketelitian. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan kertas indikator kedalam larutan dan dibiarkan agak mengering selanjutnya kita cocokkan dengan warna standar yang telah memiliki nilai pH tertentu, perhatikan Gambar 3.21. Sedangkan untuk pengukuran yang lebih teliti dipergunakan pH meter, yang terdiri dari elektroda gelas dan voltmeter. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan elektroda kedalam larutan, dan secara otomatis voltmeter mengukur tegangan dan dikonfersi ke nilai pH tertentu perhatikan Gambar 8.19.

8.5. Garam

Garam merupakan senyawa yang bersifat elektrolit yang dibentuk dari sisa basa atau logam yang bermuatan positif dengan sisa asam yang bermuatan negatif, perhatikan bagan pada Bagan 8.20. Dengan keberadaan sisa basa dan sisa asam maka, umumnya garam bersifat netral. Namun kadang-kadang garam memliki pH lebih kecil dari 7 bersifat asam atau lebih besar dari 7 bersifat basa.

Atas dasar sifat keasamannya maka garam dapat digolongkan menjadi tiga yaitu garam normal, garam asam dan garam basa. Untuk melihat sifat ini perlu dibahas terlebih dahulu jenis-jenis reaksi penggaraman.

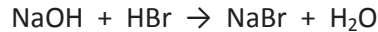


Gambar 8.18. Skala pH



Gambar 8.19. Indikator universal dan pH meter merupakan alat bantu pengukur pH larutan

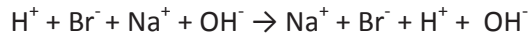
8.5.1. Reaksi antara Asam dengan Basa



Untuk mempermudah reaksi pembentukan garam, perlu dilakukan pentahapan :



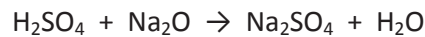
Reaksi Ion :



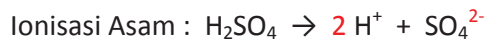
Reaksi Penetralkan :



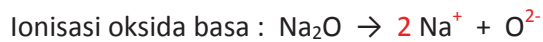
8.5.2. Asam dengan Oksida Basa



Tahap reaksi penggaraman :



Perlu dicermati koefisien reaksi untuk atom H dalam senyawa H_2SO_4 dengan ion H^+ , demikian pula untuk muatan SO_4^{2-} , disetarakan dengan jumlah H^+ yang ada.

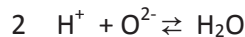


Setarakan jumlah atom Na yang ada disebelah kiri tanda panah atau pada Na_2O , dan setarakan muatan atom O sesuai dengan jumlah muatan yang ada pada atom Na yang tersedia.

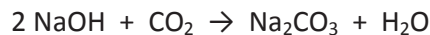
Reaksi ion :



Reaksi Penetralkan



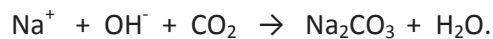
8.5.3. Basa dengan Oksida Asam



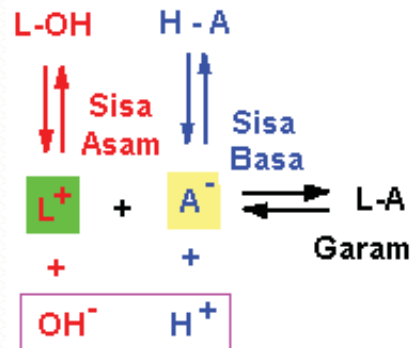
Untuk lebih mudahnya reaksi kita uraikan terlebih dahulu



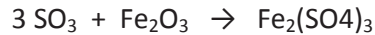
Gas CO_2 tidak mengalami ionisasi, namun perlu diingat bahwa CO_2 sebagai oksida asam akan membentuk sisa asam CO_3^{2-} , perhatikan pembentukan asam pada bahasan sebelumnya



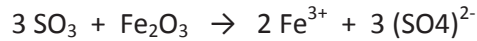
Bagan 8.20. Garam yang dibentuk dari sisa asam dan sisa basa



8.5.4. Oksida Asam dan Oksida Basa

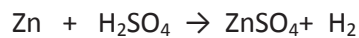


Reaksi ionnya :



Untuk SO_3 tidak mengalami ionisasi, namun perlu diingat bahwa SO_3 sebagai oksida asam akan membentuk sisa asam SO_3 , perhatikan pembentukan asam pada bahasan sebelumnya. Sedangkan untuk Fe_2O_3 , merupakan senyawa ion dimana bilangan oksidasi Oksigen adalah -2, sehingga total muatan dari 3 atom oksigen adalah -6. Muatan untuk Fe dapat ditentukan, dimana untuk muatan 2 atom Fe harus dapat menetralkan -6 dari atom Oksigen, dengan demikian muatan untuk 2 atom Fe adalah 6+, dan muatan untuk atom Fe saja adalah 3+ lihat Bagan 8.21.

8.5.5. Logam dengan Asam



Reaksi bentuk ionnya



Pada reaksi terjadi perubahan Zn menjadi Zn^{2+} dan 2H^+ menjadi gas H_2 . Jenis reaksi ini dikenal dengan reaksi reduksi dan oksidasi yang akan kita bahas secara detail dalam bab selanjutnya.

8.5.6. Reaksi Metatesis

Reaksi metatesis adalah reaksi pertukaran ion dari dua buah elektrolit pembentuk garam, terdapat tiga jenis reaksi penggaraman yang mungkin yaitu; garam LA dengan garam BX, garam BX dengan asam HA dan garam LA dengan basa BOH.

Reaksi metatesis dapat terjadi jika salah satu hasil reaksi berupa endapan atau gas, dengan kata lain salah satu hasil reaksi memiliki kelarutan yang rendah didalam air.

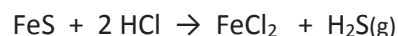
1. Garam LA + garam BX \rightarrow garam LX + garam BA.

Contoh :

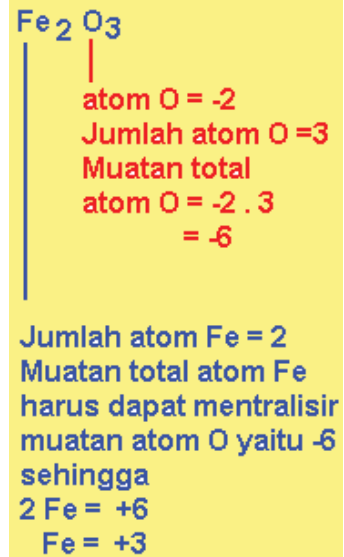


Reaksi ini menghasilkan endapan berwarna putih untuk senyawa AgCl , dalam reaksi dituliskan tanda (s) berarti solid.

2. Garam BX + asam HA \rightarrow Garam BA + Asam HX



Bagan 8.21. Contoh penyelesaian bilangan oksidasi dari senyawa Fe_2O_3

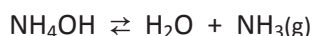


Hasil reaksi berupa gas H₂S yang dapat lepas keluar dari tempat berlangsungnya reaksi.

3. Garam LA + basa BOH → Garam BA + LOH.



Reaksi ini berlanjut dengan menguraikan senyawa NH₄OH



8.6. Hidrolisis Garam

Hidrolisis merupakan reaksi penguraian zat oleh air, reaksi ini juga dapat terjadi jika garam bereaksi dengan air. Reaksi hidrolisis garam juga memegang peranan penting untuk memberikan sifat larutan garam tersebut apakah larutan garam bersifat asam, basa ataupun netral.

Peristiwa hidrolisis garam sangat tergantung dari komposisi pembentuk garam, sehingga kita dapat dikelompokkan kedalam empat bagian yaitu; 1)garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat, 2) asam kuat dan basa lemah, 3) asam lemah dan basa kuat dan 4) asam lemah dan basa lemah.

Sebagai bahan untuk menyederhanakan hidrolisis garam dapat dicermati Bagan 8.22.

8.6.1. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat

Garam dengan komposisi ini tidak mengalami hidrolisis, hal ini disebabkan karena tidak terjadi interaksi antara ion-ion garam dengan air, seperti reaksi dibawah ini:

Garam NaCl, Garam akan terionisasi:



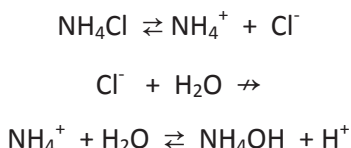
Sifat keasaman atau kebasaan larutan sangat ditentukan oleh keberadaan pelarut yaitu H₂O, telah kita bahas bahwa dalam kesetimbangan air, dimana [OH⁻] = [H⁺] sebesar 10⁻⁷ sehingga pH dan pOH untuk garam ini = 7.

Bagan 8.22. Bagan hidrolisis empat jenis garam dengan karakteristik pHnya



8.6.2. Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah

Garam dengan komposisi ini mengalami hidrolisa sebagian, hal ini disebabkan terjadinya interaksi antara ion-ion garam dengan air. Interaksi tersebut mengubah konsentrasi ion H^+ , sehingga pH garam juga berubah. Perubahan tersebut dapat kita ikuti dari reaksi dibawah ini.



Dari reaksi secara total bahwa larutan memiliki ion H^+ bebas yang mengindikasikan bahwa larutan bersifat asam. Dalam keadaan keseimbangan. Besarnya H^+ , disajikan pada Bagan 8.23.

Untuk mencari nilai pH dapat dilakukan dengan mengkonversikan konsentrasi H^+ dalam molaritas ke logaritma sesuai dengan

$$\begin{aligned} pH &= -\log [H^+] \\ pH &= -\log \left[\sqrt{\frac{K_w}{K_b}} [Garam] \right] \end{aligned}$$

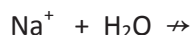
dimana K_w : Konstanta air = 10^{-14}

K_b = Konstanta ionisasi basa

$[Garam]$ = Konsentrasi garam dalam Molaritas.

8.6.3. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat akan mengalami hidrolisa sebagian, proses tersebut didasari atas mekanisme reaksi sebagai berikut. Untuk contoh garam yang diambil adalah Natrium asetat (CH_3COONa).



Didalam larutan garam ini dihasilkan ion hidroksil bebas, dan menyebabkan larutan bersifat basa. Untuk jenis garam ini pH larutan > 7 . Dengan cara yang sama dengan penurunan persamaan pada Bagan 8.23. maka untuk reaksi ini didapat

Bagan 8.23. Konsentrasi H^+ , dari hidrolisis garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah

$$\begin{aligned} K &= \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+]}{[NH_4^+] \cdot [H_2O]} \\ K \cdot [H_2O] &= \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+]}{[NH_4^+]} \\ \text{Konstant } K_h & \\ K_h &= \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4^+] \cdot [OH^-]} \end{aligned}$$

Ingat

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$K_b = \frac{[L^+] \cdot [OH^-]}{[LOH]}$$

$$\frac{1}{K_b} = \frac{[LOH]}{[L^+] \cdot [OH^-]}$$

Jika L^+ kita ganti dengan NH_4^+

$$\text{maka } K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

$$\frac{K_w}{K_b} = \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+]}{[NH_4^+]}$$

Besarnya $[NH_4OH] = [H^+]$
sedangkan $[NH_4^+] = [Garam]$

$$[H^+]^2 = \frac{K_w}{K_b} \cdot [Garam]$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [Garam]}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a}} \cdot [Garam]$$

$$pOH = -\log \left[\sqrt{\frac{K_w}{K_a}} \cdot [Garam] \right]$$

dimana K_w : Konstanta air = 10^{-14}

K_a = Konstanta ionisasi asam.

$[Garam]$ = Konsentrasi garam dalam Molaritas

8.6.4. Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah

Garam yang dibentuk oleh asam lemah dan basa lemah akan terhidrolisis sempurna. Hal ini disebabkan seluruh ion garam dapat berinteraksi dengan air. Sifat larutan garam ini sangat ditentukan oleh nilai K_a ; konstanta ionisasi asam dan K_b ; konstanta ionisasi basanya.

Larutan bersifat asam jika $K_a > K_b$

Larutan bersifat basa jika $K_b > K_a$

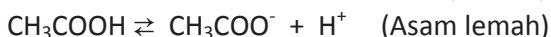
Larutan bersifat netral jika $K_a = K_b$

Beberapa garam juga terbentuk secara tidak normal, dimana garam masih memiliki gugus asam atau basa. Garam jenis ini adalah garam asam, senyawa garam ini masih memiliki gugus H^+ dan menyebabkan garam ini bersifat asam. Beberapa contoh Garam asam seperti Soda kue $NaHCO_3$ (Natrium bicarbonat atau Natrium hidrogen karbonat), K_2HPO_4 (Kalium hidrogen posfat).

8.7. Larutan Penyangga atau Buffer

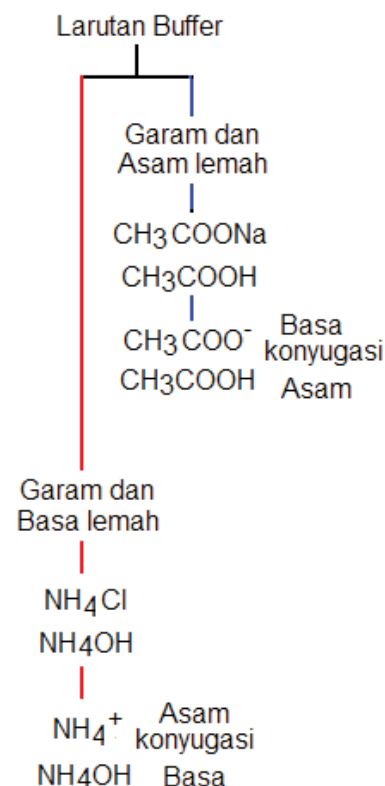
Larutan buffer adalah larutan yang terdiri dari garam dengan asam lemahnya atau garam dengan basa lemahnya. Komposisi ini menyebabkan larutan memiliki kemampuan untuk mempertahankan pH jika kedalam larutan ditambahkan sedikit asam atau basa. Hal ini disebabkan larutan penyangga memiliki pasangan asam basa konyugasi (ingat konsep asam Lowry-Bronsted) perhatikan Bagan 8.24.

Kita ambil contoh pasangan antara asam lemah CH_3COOH dengan garamnya CH_3COONa . Di dalam larutan



Dalam larutan terdapat CH_3COOH merupakan asam dan CH_3COO^- basa konyugasi.

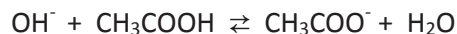
Bagan 8.24. Skema larutan buffer dan komposisi asam basa konyugasi



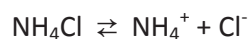
Kehadiran senyawa dan ion ini yang dapat menetralkan adanya asam dan basa dalam larutan. Jika larutan ini ditambahkan asam, terjadi reaksi netralisasi,



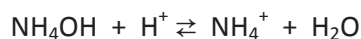
Kehadiran basa dinetralkan oleh CH_3COOH



Untuk larutan buffer dengan komposisi lain adalah campuran antara garam dengan basa lemahnya, seperti campuran NH_4Cl dengan NH_4OH . Garam terionisasi



Dalam larutan garam terdapat pasangan basa dan asam konjugasi dari NH_4OH dan NH_4^+ , adanya molekul dan ion ini menyebabkan larutan mampu mempertahankan pH larutan. Tambahan H^+ dapat dinetralkan oleh NH_4OH sesuai dengan reaksi :



Demikian pula adanya tambahan basa OH^- dinetralkan oleh ion amonium dengan reaksi :



Larutan buffer yang terdiri dari garam dan asam lemahnya atau basa lemahnya memiliki harga pH yang berbeda dari garamnya ataupun dari asam lemahnya, karena kedua larutan terionisasi.

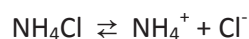
Untuk menetapkan pH larutan buffer dapat kita uraikan sebagai berikut.

8.7.1. Garam dengan asam lemahnya



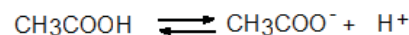
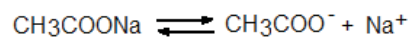
Dari dalam larutan terdapat ion bebas H^+ yang berasal dari ionisasi asam lemahnya. Penurunan besarnya ion H^+ dan pH larutan penyangga disajikan pada Bagan 8.25.

8.7.2. Garam dengan basa lemahnya



Dalam larutan terdapat OH^- bebas yang menyebabkan

Bagan 8.25. Konsentrasi ion H^+ , dan pH larutan buffer



Dalam larutan ada reaksi keseimbangan Asam Lemah, namun jumlah CH_3COO^- lebih banyak berasal dari Garam.

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot K_a = [\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log \left[K_a \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]} \right]$$

larutan bersifat sebagai basa, dan terdapat kesetimbangan basa lemah dimana:



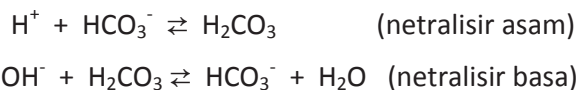
Namun ion amonium dalam larutan lebih banyak berasal dari garam, dengan cara yang sama pada Bagan 8.25, kita dapat tentukan besarnya konsentrasi OH^- dan pOHnya

$$[\text{OH}^-] = K_a \cdot \frac{[\text{Basa}]}{[\text{Garam}]}$$

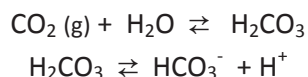
$$\text{pOH} = -\log \left[K_a \cdot \frac{[\text{Basa}]}{[\text{Garam}]} \right]$$

Sifat larutan buffer atau larutan penyangga yang dapat mempertahankan pH, sangat banyak bermanfaat bagi makhluk hidup. Dalam bidang biologi larutan penyangga dipergunakan untuk membuat media biakan untuk sel sehingga media tersebut tidak terganggu oleh perubahan pH. Demikian pula reaksi-reaksi yang terjadi pada makhluk hidup terjadi pada pH tertentu. Agar kondisi reaksi tetap berjalan dengan baik maka di dalamnya terdapat larutan buffer.

Dalam darah manusia terdapat larutan buffer dengan komposisi H_2CO_3 dan HCO_3^- yang berperan untuk menetralkan gangguan asam maupun gangguan basa. pH darah manusia dijaga konstan pada kisaran 7.4. Kehadiran asam atau basa dalam darah dapat dinetralkan sebagaimana reaksi berikut.



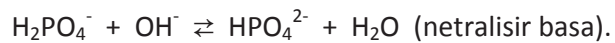
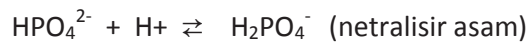
Keseimbangan sistem buffer dalam darah sangat dipengaruhi oleh proses pernafasan dimana Oksigen dan Karbon Dioksida dilepaskan. Kandungan Karbon Dioksida sangat ditentukan oleh tekanan gas karbondioksida sesuai dengan reaksi berikut:



Tampak dari persamaan reaksi bahwa peningkatan jumlah Karbon Dioksida dapat meningkatkan konsentrasi ion hidrogen bebas atau meningkatkan keasaman darah, jika pH darah dibawah 6.8 dapat menyebabkan kematian yang dikenal dengan *acidosis*. Demikian pula jika terjadi kenaikan nilai pH sampai dengan pH 8.0 juga dapat menyebabkan kematian, kasus ini dikenal dengan *alkalosis*.

Sistem larutan penyangga juga terdapat pada cairan intrasel yaitu pasangan asam basa konjugasi H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} sehingga interaksi intrasel dapat berjalan tanpa ada gangguan perubahan keasaman.

Proses netralisasinya adalah:



Dalam laboratorium larutan penyangga dapat terjadi karena reaksi pembentukan garam dimana jumlah asam lemah atau basa lemah yang dipergunakan dalam jumlah yang berlebih. Larutan buffer juga dapat dipersiapkan dengan menambahkan asam lemah atau basa lemah kedalam larutan garamnya (lihat Gambar 8.26).

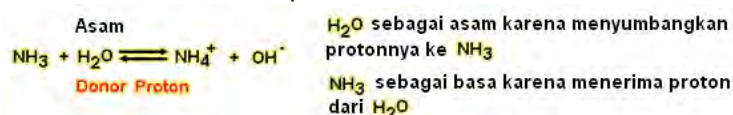


Gambar 8.26. Skema pembuatan larutan buffer (a) jumlah basa lemah berlebih, (b) garam ditambahkan dengan asam lemahnya

RANGKUMAN

1. Larutan merupakan campuran homogen (serbasama) antara dua zat atau lebih. Berdasarkan jumlah zat yang ada dalam larutan maka dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian terkecil adalah zat terlarut dan bagian terbesar adalah pelarut.
2. Larutan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu larutan elektrolit dan larutan non-elektrolit. Pembagian ini didasari atas adanya interaksi antara zat terlarut dengan pelarutnya.
3. Larutan elektrolit adalah larutan yang zat terlarutnya mengalami ionisasi, dan dapat menghantarkan arus listrik. Besarnya proses ionisasi dari larutan elektrolit dinyatakan dengan derajat ionisasi atau α yang besarnya antara 0 – 1 dan untuk larutan elektrolit lemah memiliki nilai $0 < \alpha \leq 1$.
4. Larutan non-elektrolit adalah larutan yang zat terlarutnya tidak terionisasi tidak dapat menghantarkan arus listrik. Untuk larutan ini nilai $\alpha = 0$.
5. Konsentrasi zat merupakan rasio dari zat terlarut dengan pelarut atau larutan, ada beberapa satuan konsentrasi yang dipergunakan.
6. Persen Berat (%) : Satuan konsentrasi ini menyatakan banyaknya zat terlarut dalam 100 gram larutan.
7. Persen Volume (%) : menyatakan jumlah volume (mL) dari zat terlarut dalam 100 mL larutan.
8. Fraksi Mol (x) : Bilangan yang menyatakan rasio jumlah mol zat terlarut dan pelarut dalam sebuah larutan. Secara umum jika terdapat larutan AB dimana A mol zat terlarut dan B mol zat pelarut, fraksi mol A (X_A)
9. Molalitas merupakan satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah mol zat yang terdapat didalam 1000 gram pelarut, Molalitas diberi lambang dengan huruf m.
10. Molaritas adalah satuan konsentrasi molaritas merupakan satuan konsentrasi yang banyak dipergunakan, dan didefinisikan sebagai banyak mol zat terlarut dalam 1 liter (1000 mL) larutan.
11. Normalitas yang bernostrasi (N) merupakan satuan konsentrasi yang sudah memperhitungkan kation atau anion yang dikandung sebuah larutan. Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekuivalen dalam satu liter larutan. Secara sederhana gram ekuivalen adalah jumlah gram zat untuk mendapat satu muatan.
12. Pengenceran adalah berkurangnya rasio zat terlarut didalam larutan akibat penambahan pelarut. Sebaliknya pemekatan adalah bertambahnya rasio konsentrasi zat terlarut didalam larutan akibat penambahan zat terlarut.

13. Asam merupakan bersifat korosif (bereaksi dengan logam) dan dapat mengubah kertas lakmus biru menjadi merah. Basa merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, seperti licin jika mengenai kulit dan terasa getir serta dapat merubah kertas lakmus merah menjadi biru.
14. Asam menurut Arrhenius, zat dikatakan sebagai asam jika dalam bentuk larutannya dapat melepaskan ion H^+ , dan ion hidrogen merupakan pembawa sifat asam. Sedangkan basa adalah zat yang dalam bentuk larutannya dapat melepaskan ion OH^- , dan ion hidroksida sebagai pembawa sifat basa.
15. Menurut Lowry dan Bronsted, asam adalah zat yang memiliki kemampuan untuk mendonorkan protonnya, sedangkan basa adalah zat yang menerima proton, sehingga dalam sebuah reaksi dapat melibatkan asam dan basa.



16. Menurut Lewis, asam adalah zat yang dapat menerima pasangan elektron bebas dan sebaliknya dikatakan sebagai basa jika dapat menyumbangkan pasangan elektron. Reaksi antara BF_3 dengan NH_3 . Molekul NH_3 sebagai basa karena menyumbangkan pasangan elektron bebasnya, dan molekul BF_3 sebagai penerima pasangan elektron dan dikatakan sebagai asam.
17. Asam dapat terbentuk dari oksida asam yang bereaksi dengan air. Oksida asam merupakan senyawa oksida dari unsur-unsur non logam. Contoh reaksi pembentukan asam adalah : $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ (Asam Karbonat)
18. Sedangkan basa dapat terbentuk dari oksida basa yang bereaksi dengan air. Oksida basa merupakan oksida logam dan ada pengecualian khususnya untuk amonia (NH_3), dengan contoh reaksi : $CaO + H_2O \rightleftharpoons Ca(OH)_2$ (Kalsium hidroksida).
19. Ukuran untuk mengetahui keasaman suatu zat dinyatakan dengan Derajat Keasaman atau pH yang besarnya ditentukan oleh konsentrasi ion H^+ , sehingga $pH = -\log [H^+]$. Demikian pula untuk derajat kebasaan ditentukan oleh konsentrasi ion OH^- besarnya $pOH = -\log [OH^-]$
20. Keseimbangan air dijadikan dasar untuk menetapkan skala pH, dan $pH + pOH = 14$.
21. Pengukuran keasaman dilakukan dengan menggunakan indikator universal khususnya untuk pengukuran larutan yang tidak memerlukan ketelitian. Sedangkan untuk pengukuran yang lebih teliti dipergunakan pH meter. Alat ini terdiri dari elektroda gelas dan voltmeter.

22. Garam merupakan senyawa yang bersifat elektrolit dibentuk dari sisa basa atau logam yang bermuatan positif dengan sisa asam yang bermuatan negatif.
23. Beberapa reaksi penggaraman yang menghasilkan produk akhir garam dengan air adalah :
 1. Asam dengan basa
 2. Asam dengan oksida basa
 3. Basa dengan oksida asam.
24. Untuk reaksi antara oksida asam dengan oksida basa hanya menghasilkan garam. Sedangkan reaksi antara logam dengan asam menghasilkan garam dan gas Hidrogen.
25. Reaksi penggaraman yang terakhir adalah reaksi metatesis, reaksi ini merupakan reaksi pertukaran sisa asam atau sisa basa. Reaksi ini hanya dapat terjadi jika salah satu produk menghasilkan endapan atau gas, atau produk yang memiliki kelarutan yang rendah didalam air.
26. Garam dapat terhidrolisa dengan adanya air, dimana terjadi interaksi antara air dengan sisa asam yang menghasilkan asam lemah atau interaksi air dengan sisa basa yang menghasilkan basa lemah. Interaksi ini menyebabkan sifat keasamam, kebasaan atau netral ditentukan oleh peristiwa hidrolisa.
27. Peristiwa hidrolisa tidak terjadi pada garam yang berasal asam kuat dan basa kuat, sehingga larutan garam bersifat netral atau $\text{pH} = 7$.
28. Garam akan terhidrolisa sebagian untuk garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sifat larutan garam adalah asam atau pH dibawah 7. Hidrolisa sebagian juga terjadi untuk garam yang berasal asam lemah dan basa kuat, larutan ini bersifat basa dengan pH diatas 7. Hidrolisa sempurna terjadi untuk senyawa garam yang berasal asam lemah dan basa lemah, sifat larutan garam sangat ditentukan oleh besarnya K_a atau K_b dari asam maupun basanya. Larutan bersifat asam jika $K_a > K_b$, larutan bersifat basa jika $K_b > K_a$ dan larutan bersifat netral jika $K_a = K_b$.
29. Larutan buffer adalah larutan yang terdiri dari garam dengan asam lemahnya atau garam dengan basa lemahnya. Dalam larutan buffer terdapat pasangan asam basa konyugasi, jika terjadi penambahan asam atau basa dapat dinetralsir oleh larutan ini. Atas dasr inilah larutan buffer dipergunakan untuk mempertahankan pH sebuah larutan.
30. pH larutan penyangga yang berasal dari asam lemah dan garamnya disederhanakan dalam :

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]} \quad \Rightarrow \quad \text{pH} = -\log \left[K_a \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]} \right]$$

31. Sedangkan untuk larutan penyangga yang berasal dari basa lemah dengan garamnya adalah :

$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]} \Rightarrow \text{pOH} = -\log \left[K_b \cdot \frac{[\text{Asam}]}{[\text{Garam}]} \right]$$

32. Dalam tubuh manusia larutan buffer sangat berperan, agar pH dalam tubuh tetap constant, misalnya pada daran dan membran.

UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang benar

1. Jika 100 ml larutan HCl dengan pH = 2 dicampurkan pada 100 ml larutan NaOH dengan pH = 10, akan diperoleh larutan dengan:
 - a. pH = 3
 - b. pH = 6
 - c. $2 < \text{pH} < 6$
 - d. $3 < \text{pH} < 6$
2. Kelarutan $\text{L}(\text{OH})_2$ dalam air sebesar 5×10^{-4} mol/liter. Maka larutan jenuh $\text{L}(\text{OH})_2$ dalam air mempunyai pH sebesar:
 - a. 10,3
 - b. 11,0
 - c. 9,3
 - d. 12,0
3. Jika dari zat-zat dibawah ini dibuat larutan (dalam air) dengan konsentrasi 1 molar, larutan manakah yang mempunyai pH paling tinggi:
 - a. NaHSO_4
 - b. NH_4Cl
 - c. NaF
 - d. CH_3COONa
4. Menurut konsep Lowry – Bronsted dalam reaksi:
$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$
 - a. Air adalah asam karena dapat menerima sebuah proton
 - b. Amoniak dalam air adalah pasangan asam konjugat
 - c. NH_3 dan NH_4^+ adalah pasangan asam basa konjugat
 - d. NH_3 adalah asam karena memberi sebuah proton
5. 1 mL larutan 1 M NaOH ditambahkan ke dalam 1 liter air, maka larutan ini akan mempunyai pH kira-kira:
 - a. 3
 - b. 5
 - c. 7
 - d. 11
6. Lakmus biru akan menjadi merah dalam larutan:
 - a. Na_2O
 - b. NH_4NO_3
 - c. Na_2CO_3
 - d. NaBr

7. Dalam suatu larutan yang menggunakan amonia cair sebagai pelarut akan terjadi kesetimbangan dibawah ini:
 $2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^-$ maka NH_2^- merupakan
- Asam menurut teori Archenius
 - Basa menurut teori Bronsted
 - Asam menurut teori Bronsted
 - Zat pengoksidasi
8. Ionisasi asam asetat dalam air dapat dinyatakan dalam persamaan
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
 dalam keadaan setimbang, sebagian besar terdiri dari asam asetat dan air, sedangkan ion asetat dan ion hidronium terdapat hanya sedikit saja, ini berarti:
- Asam asetat lebih kuat daripada ion hidronium
 - Asam asetat dan ion hidronium sama kuat
 - Asam asetat lebih lemah dari ion hidronium
 - Air adalah basa yang lebih kuat daripada ion asetat
9. Pada temperatur yang cukup tinggi bagi air berlaku:
 $\text{pH} + \text{pOH} = 12$
 Berapakah pH larutan KOH yang mengandung 0,01 mol KOH tiap liter pada temperatur itu?
- 12
 - 10
 - 8
 - 6
10. Jika air dengan pH = 7 dialiri gas CO_2 selama 1 jam maka:
- CO_2 tidak bereaksi dengan air
 - Karbonat akan mengendap
 - pH larutan akan lebih kecil dari 7
 - pH larutan akan lebih besar dari 7
11. Suatu larutan asam metanoat (asam semut) 0,1 M mempunyai pH = 2. Derajat disosiasi asam ini adalah:
- 0,01
 - 0,001
 - 0,1
 - 0,02
12. Bila suatu larutan asam kuat pH = 1 diencerkan dengan air 20 kali, maka:
- Konsentrasi ion OH^- bertambah dengan 1 satuan
 - Konsentrasi ion H^+ bertambah 10 kali
 - pH larutan bertambah dengan satu satuan
 - pOH larutan berkurang dengan sepuluh satuan

UJI KOMPETENSI

Garam

1. Reaksi yang menghasilkan gas H₂
 - A. FeS + HCl
 - B. CO₂ + H₂O
 - C. Na₂O + H₂O
 - D. Cu + H₂SO₄
2. Satu mol Aluminium bereaksi dengan Asam Sulfat secukupnya dan dihasilkan gas Hidrogen, jika pada keadaan tersebut 1 mol Oksigen bervolume 20 Liter, Berapa Volume gas Hidrogen yang dihasilkan pada keadaan tersebut
 - A. 10 Liter
 - B. 20 Liter
 - C. 30 Liter
 - D. 40 Liter
3. Ionisasi asam asetat dalam air;
$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$
Pada saat kesetimbangan diketahui bahwa jumlah ion-ion lebih kecil dibandingkan dengan asam asetat dan air, berarti,
 - A. Asam asetat lebih kuat dibanding ion hidrogen
 - B. Asam asetat = ion hidrogen
 - C. Asam asetat lebih lemah dibanding ion hidrogen
 - D. Air merupakan basa kuat dibanding ion asetat
4. Berapa pH larutan yang terdiri dari 1 mL Asam asetat dan 9 mL Natrium asetat yang masing memiliki konsentrasi 0.1 mol liter, diketahui Ka ; 1.8×10^{-5}
 - A. 5.7
 - B. 5.8
 - C. 6
 - D. 4.7
5. Ca(OH)₂ sebanyak 7.4 gram dapat dijadikan garam netral oleh 6,35 gram asam berbasa tiga, berapa berat molekul zat tersebut, diketahui Ca=40, O=16 dan H=1.
 - A. 97.5
 - B. 95.25
 - C. 92.5
 - D. 63.5
6. Ke dalam 40 mL larutan NaOH 0.2 M ditambahkan 80 mL asam asetat 0.2 M jika Ka asam asetat = 10^{-5} , maka pH campuran adalah
 - A. 13
 - B. 10
 - C. 9
 - D. 5

7. Larutan NaOH, KOH, Ca(OH)_2 dan Ba(OH)_2 dengan konsentrasi 1 gram/L dan semuanya terionisasi sempurna, jika Ar: H=1, O=16, Na=23, K=39, Ca=40 dan Ba=137, larutan manakah yang memiliki pH paling tinggi.
- A. KOH.
 - B. NaOH.
 - C. Ca(OH)_2
 - D. Ba(OH)_2
8. Jika 20 mL NaOH 0.1 M dapat dinetralkan oleh 25 mL H_2SO_4 , maka Konsentrasi H_2SO_4 adalah:
- A. 0.04 mol
 - B. 0.05 mol
 - C. 0.08 mol
 - D. 0.1 mol
9. Bila suatu asam lemah dengan $K_a = 10^{-5}$ dilarutkan bersama-sama dengan garam natriumnya dengan perbandingan mol asam dan garamnya 1 : 10, maka pH larutan campuran tersebut adalah
- A. 8
 - B. 6
 - C. 5
 - D. 4
10. Penambahan sedikit air dalam larutan penyangga akan menyebabkan
- A. Perubahan pH larutan
 - B. Perubahan pKa larutan asam
 - C. Tidak ada perubahan pH dan pKa
 - D. Perubahan pKa namun pH tetap

Bab 9. Keseimbangan Kimia

Standar Kompetensi

Memahami konsep kesetimbangan reaksi

Kompetensi Dasar

Menguasai reaksi kesetimbangan

Menguasai faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan

Menentukan hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mengidentifikasi kondisi kesetimbangan
2. Siswa mampu mendeskripsikan reaksi bolak balik (dua arah)
3. Siswa mengenal sistem tertutup
4. Siswa mampu mendefinisikan kesetimbangan dinamis
5. Siswa mampu membedakan jenis-jenis reaksi kesetimbangan
6. Siswa dapat menetapkan harga konstanta kesetimbangan dalam system gas
7. Siswa dapat memahami hubungan antara konstanta kesetimbangan tekanan (K_p) dengan konstanta kesetimbangan konsentrasi (K_c).
8. Siswa dapat mengidentifikasi kesetimbangan padatan dan lautan
9. Siswa dapat menetapkan konstanta hasil kali kelarutan (K_{sp})

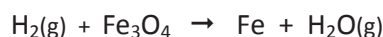
9.1. Keseimbangan

Untuk memahami apa dan bagaimana kesetimbangan reaksi, coba kita cermati peristiwa reaksi dibawah ini. Jika kita hembuskan uap panas kedalam sebuah tabung yang berisi besi yang juga dipanaskan akan dihasilkan feri fero oksida atau besi magnetit, dengan persamaan reaksi :

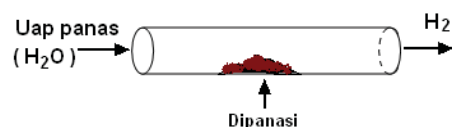


Perhatikan Gambar 9.1

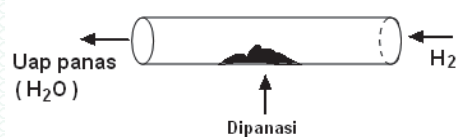
Di lain pihak, jika kita mengalirkan gas hidrogen (H_2) kedalam tabung yang berisi besi magnetit yang dipanaskan, maka akan dihasilkan besi dan uap panas, dengan reaksi :



Perhatikan Gambar 9.2. Dari kedua reaksi tersebut, masing-masing reaksi berlangsung satu arah. Bagaimana jika kedua reaksi tersebut kita kondisikan dalam satu wadah tertutup.



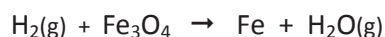
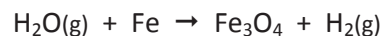
Gambar 9.1. Pengaliran uap panas kedalam tabung yang berisi besi panas



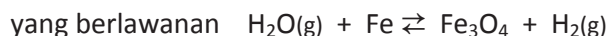
Gambar 9.2. Pengaliran gas H₂ kedalam tabung yang berisi besi magnetit panas

Dari Gambar 9.3, tampak bahwa, reaksi dapat berlangsung dalam dua arah, yaitu reaksi pembentukan magnetit dari uap panas dengan besi dan reaksi penguraian besi magnetit oleh gas hidrogen menghasilkan besi dan uap panas kembali. Reaksi semacam ini kita sebut dengan reaksi bolak-balik atau reaksi reversibel.

Kedua reaksi tersebut adalah:



Penulisan reaksi diatas tidak lazim dipergunakan, dan disederhanakan dengan memberi dua tanda panah yang berlawanan



9.1.1. Sistem tertutup

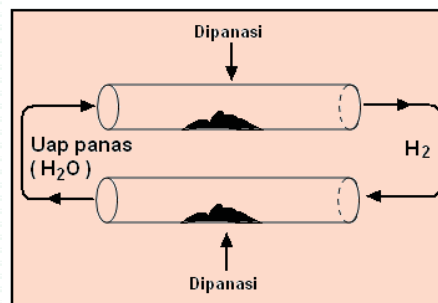
Ruang atau tempat berlangsung reaksi bolak-balik pembentukan dan penguraian besi magnetit seperti Gambar 9.3, merupakan tempat yang dirancang khusus, dan ruang tersebut merupakan ruang tertutup.

Pada ruang tersebut, tidak memungkinkan mengambil atau menambahkan zat, panas yang dimasukan kedalam ruang dijaga agar tidak keluar dari ruang tersebut, demikian pula dengan gas-gas yang dihasilkan dihasilkan dan dipergunakan kembali. Ruang dengan kondisi seperti ini dikatakan sebagai system tertutup. Reaksi bolak-balik dapat terjadi pada system tertutup.

9.1.2. Keseimbangan dinamis

Umumnya reaksi yang ada di alam merupakan reaksi reaksi bolak-balik, hanya sebagian kecil saja yang merupakan reaksi dalam satu arah atau reaksi berkesudahan.

Pada awal proses reaksi reversible, reaksi berlangsung ke arah pembentukan produk, setelah terbentuknya molekul produk, maka molekul tersebut mulai bereaksi ke arah sebaliknya (arah penguraian). Pada saat yang sama tetap terjadi treaksi pembentukan, dan pada suatu saat jumlah zat-zat yang berekasi dan hasil reaksi tetap, kondisi dikatakan sebagai keadaan kesetimbangan. Pada saat kesetimbangan, reaksi tidak berhenti, reaksi tetap berjalan baik ke arah pembentukan maupun ke arah penguraian.



Gambar 9.3. Menghubungkan dua sistem reaksi seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2

Namun baik zat-zat yang bereaksi maupun hasil reaksinya tetap konstan, keadaan kesetimbangan semacam ini yang dikatakan sebagai kesetimbangan dinamis.

Pada saat kesetimbangan jumlah zat yang bereaksi maupun hasil reaksi tetap. Untuk memahami kondisi ini perhatikan Gambar 9.4. Pada awalnya produk belum terbentuk, ketika zat yang bereaksi mulai berkurang konsentrasinya, bersamaan dengan itu pula produk mulai terbentuk. Demikian seterusnya zat yang bereaksi terus berkurang dan produk, sampai dengan satu saat, dimana konsentrasi zat yang bereaksi maupun produk sudah tidak berubah atau tetap, maka saat tersebut telah berada dalam kesetimbangan.

Penjelasan diatas belum menjelaskan bahwa pada saat kesetimbangan reaksi tetap berjalan. Untuk hal tersebut, kita dapat mencermati grafik, pada Gambar 9.5.

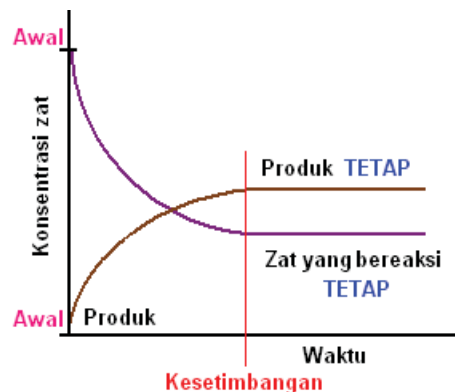
Dari Gambar 9.5. tampak bahwa kecepatan reaksi pembentukan (kekanan) v_1 dan kecepatan reaksi penguraian (ke kiri) v_2 . Kecepatan reaksi v_1 sangat tergantung pada jumlah zat yang bereaksi dan kecepatan reaksi v_2 bergantung pada konsentrasi produk.

Pada awal reaksi, v_1 mempunyai nilai maksimum, sedangkan $v_2 = 0$ (karena produk belum ada). Dengan berkurangnya konsentrasi zat yang bereaksi maka v_1 juga semakin kecil. Sebaliknya dengan bertambahnya konsentrasi produk maka kecepatan v_2 semakin membesar.

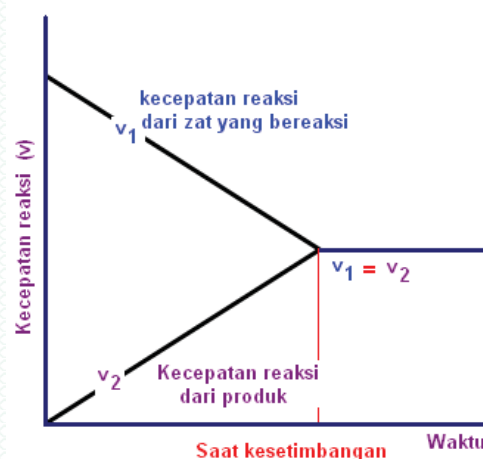
Pada saat tertentu, kecepatan reaksi pembentukan (v_1) menjadi sama dengan kecepatan reaksi penguraian (v_2). Dalam kondisi $v_1 = v_2$, jumlah masing masing zat tidak berubah terhadap waktu oleh karena itu tidak ada perubahan yang dapat diamati terhadap waktu atau kecepatan reaksi tetap dan keadaan ini tercapai ketika reaksi mencapai kesetimbangan.

9.1.3. Jenis reaksi kesetimbangan

Reaksi kesetimbangan dapat digolongkan berdasarkan fasa dari zat yang bereaksi dan hasil reaksinya, sehingga dikenal dua jenis reaksi kesetimbangan yaitu reaksi kesetimbangan homogen dan heterogen, perhatikan skema penggolongan reaksi seperti yang diunjukkan pada Bagan 9.6.



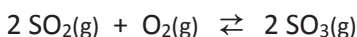
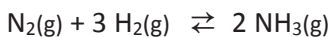
Gambar 9.4. Penurunan dan peningkatan konsentrasi dari zat yang bereaksi dan hasil reaksi pada saat menuju kesetimbangan



Gambar 9.5. Proses pencapaian keadaan kesetimbangan ditinjau dari kecepatan reaksi

Reaksi kesetimbangan homogen merupakan reaksi kesetimbangan dimana semua fasa senyawa yang bereaksi sama.

Kestimbangan dalam fasa gas :



Kesetimbangan dalam fasa larutan :

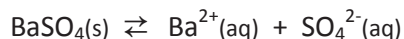


Reaksi kesetimbangan heterogen terjadi jika fasa dari senyawa yang bereaksi berbeda.

Kesetimbangan dalam sistem padat gas, dengan contoh reaksi :



Kesetimbangan padat larutan, terjadi pada peruraian Barium sulfat dengan persamaan reaksi :



Kesetimbangan padat larutan gas, dengan contoh reaksi :

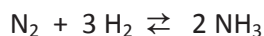


9.2. Tetapan kestimbangan kimia

Dalam system tertutup, dimana tekanan dan suhu dijaga, maka energi bebas Gibbs adalah nol.

$$\Delta G_{T,p} = 0$$

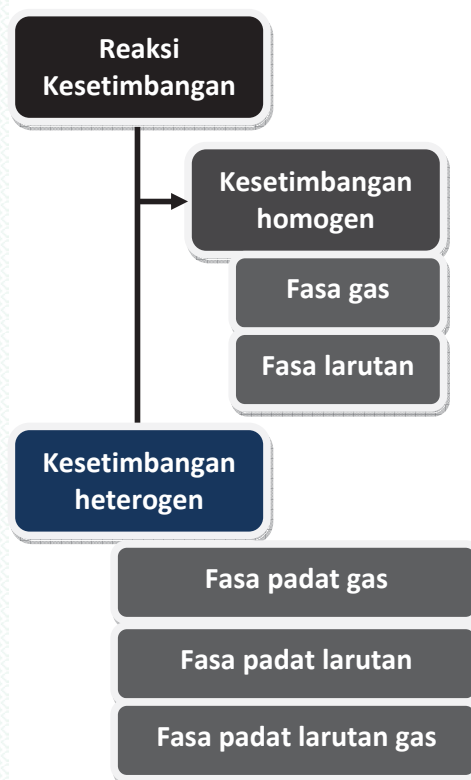
Dalam keadaan kesetimbangan reaksi berlangsung dalam dua arah yaitu ke arah pembentukan dan ke arah penguraian. Kita ambil contoh reaksi berikut



Dari persamaan kesetimbangan di atas nampak bahwa gas nitrogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk gas amoniak, ditandai dengan arah reaksi ke kanan. Sedangkan reaksi ke arah kiri merupakan reaksi penguraian dari gas amoniak menjadi gas nitrogen dan gas Hidrogen.

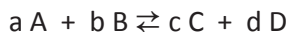
Pada saat kesetimbangan, ke tiga zat ada di dalam campuran, dimana komposisi zat tidak sama atau tidak sesuai dengan persamaan reaksinya.

Bagan 9.6. Penggolongan reaksi kesetimbangan berdasarkan fasa senyawa yang beraksi



Komposisi zat yang ada dalam kesetimbangan dicerminkan oleh harga tetapan kesetimbangan, perhatikan Gambar 9.7.

Reaksi umum dari kesetimbangan;



dan berlaku energi bebas Gibbs $\Delta G = 0$, dimana

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Dari persamaan di atas tampak bahwa harga K adalah besaran yang tetap dan merupakan besaran yang tergantung pada komposisi zat pada saat kesetimbangan. Harga K tidak tergantung pada keadaan mula-mula zat. Jika reaksi berlangsung dalam fasa gas, harga K adalah, tekanan parsial dari masing-masing zat.

$$K_p = \frac{p(C)^c \cdot p(D)^d}{p(A)^a \cdot p(B)^b}$$

K_p = Tetapan kesetimbangan (dalam fasa gas)

p_C = tekanan gas C, dengan koefisien reaksi c

p_D = tekanan gas D dengan koefisien reaksi d

p_A = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

p_B = tekanan gas B dengan koefisien reaksi b.

Selanjutnya, Guldenberg dan Waage, mengembangkan kesetimbangan dalam fasa larutan, dan mereka menemukan bahwa dalam keadaan kesetimbangan pada suhu tetap, maka hasil kali konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi dengan hasil kali konsentrasi pereaksi yang sisa dimana masing-masing konsentrasi itu dipangkatkan dengan koefisien reaksinya adalah tetap. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Guldberg dan Wange, dan disederhanakan ke dalam persamaan

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

K_c = Tetapan kesetimbangan (dalam fasa gas)

$[C]$ = tekanan gas C, dengan koefisien reaksi c

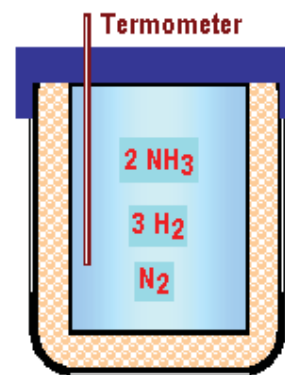
$[D]$ = tekanan gas D dengan koefisien reaksi d

$[A]$ = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

$[B]$ = tekanan gas B dengan koefisien reaksi b

Persamaan tetapan kesetimbangan di atas, dapat memberikan informasi bahwa harga K kecil menunjukkan bahwa zat-zat hasil reaksi (zat C dan D) lebih sedikit dibandingkan dengan zat-zat yang bereaksi (zat A dan B).

Suhu, Tekanan TETAP



$$K_p = \frac{p(NH_3)^2}{p(N_2) \cdot p(H_2)^3}$$

Gambar 9.7 Ksetimbangan gas dari pembentukan senyawa NH_3 dari gas N_2 dan H_2 dalam system tertutup

Jika kita mengukur harga K dan besarnya belum mencapai harga K pada saat kesetimbangan, berarti reaksi yang dilakukan belum mencapai kesetimbangan.

9.3. Pergeseran Kesetimbangan

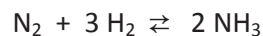
Dari sebuah eksperimen kesetimbangan air dan uap air dalam bejana tertutup (Gambar 9.8), diketahui bahwa penambahan beban menyebabkan adanya tambahan tekanan yang berdampak pada penurunan volume bejana. Adanya reaksi diikuti oleh sistem kesetimbangan untuk mengembalikan tekanan ke keadaan semula, yakni dengan menambah jumlah molekul yang berubah ke fasa uap. Setelah tercapai kesetimbangan yang baru, jumlah air lebih sedikit dan uap air terdapat lebih banyak. Hal ini mengindikasikan telah terjadi pergeseran kesetimbangan.

Le Cathelier mencoba mencermati proses pergeseran kesetimbangan, dan dia menyatakan; jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang, dan ke dalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi. Dalam kesetimbangan reaksi tersebut dilakukan oleh sistem dengan menggeser kesetimbangan.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keadaan kesetimbangan kimia adalah perubahan konsentrasi, volume, tekanan dan suhu.

9.3.1. Pengaruh konsentrasi

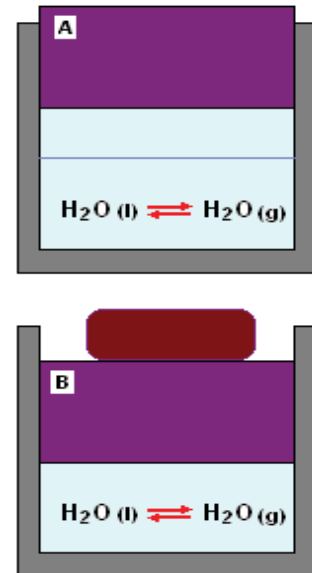
Dalam keadaan kesetimbangan, jika konsentrasi salah satu zat ditingkatkan maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang berlawanan dari zat tersebut. Untuk lebih jelasnya, kita perhatikan contoh reaksi dibawah ini:



Jika dalam keadaan kesetimbangan konsentrasi gas NH_3 kita tambah. Hal ini menyebabkan reaksi peruraian NH_3 meningkat atau NH_3 berubah menjadi gas N_2 dan H_2 , sehingga mencapai kesetimbangan kembali. Sebaliknya jika gas NH_3 kita kurangi, akan menyebabkan gas N_2 dan gas H_2 bereaksi lagi membentuk NH_3 sampai mencapai kesetimbangan.

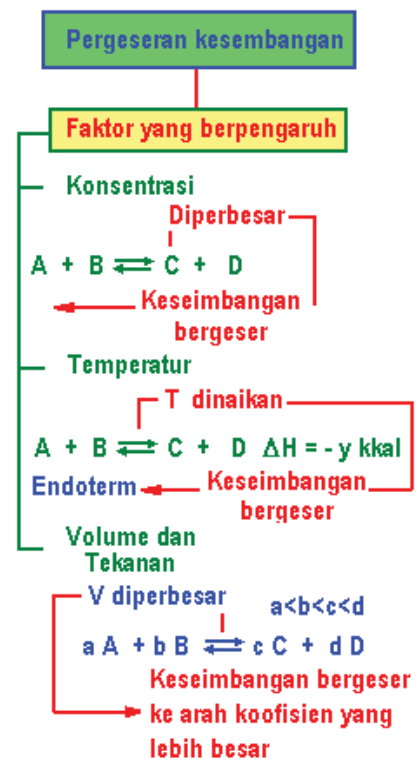
9.3.2. Pengaruh Suhu

Secara kualitatif pengaruh suhu dalam kesetimbangan kimia terkait langsung dengan jenis reaksi eksoterm atau reaksi endoterm. Jika pada reaksi kesetimbangan kita naikan suhunya, maka reaksi kimia akan bergeser ke arah reaksi yang membutuhkan panas (Bagan 9.9).

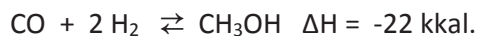


Gambar 9.8. Perubahan tekanan pada kesetimbangan air dan uap air dalam sistem tertutup

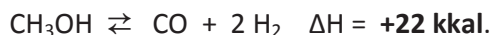
Bagan 9.9. faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan



Kita ambil contoh di bawah ini.



Jika pada reaksi kesetimbangan pada pembentukan Metanol, suhu kita naikan, maka reaksi akan berubah ke arah peruraian metanol menjadi gas CO dan gas Hidrogen. Mengingat reaksi peruraian metanol membutuhkan panas atau endoterm.



Menaikan suhu, sama artinya kita meningkatkan kalor atau menambah energi ke dalam sistem, kondisi ini memaksa kalor yang diterima sistem akan dipergunakan, oleh sebab itu reaksi semakin bergerak menuju arah reaksi endoterm.

9.3.3. Pengaruh volume dan tekanan

Untuk reaksi dalam fasa cair perubahan volume menyebabkan perubahan konsentrasi. Peningkatan volume menyebabkan penurunan konsentrasi, ingat satuan konsentrasi zat adalah mol/L, banyaknya zat dibagi berat molekulnya di dalam 1 Liter larutan.

Demikian pula reaksi dalam fasa gas, volume gas berbanding terbalik terhadap tekanan, peningkatan volume menyebabkan penurunan tekanan. Di sisi lain, tekanan berbanding lurus terhadap mol gas, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan gas ideal :

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{nRT}{V}$$

dimana

p = tekanan,

V = Volume

N = mol gas

R = tetapan gas

T = Suhu dalam K

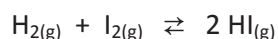
Dari persamaan di atas akan tampak bahwa dengan memperkecil tekanan sama dengan memperbesar volume, dan perubahan tekanan sama dengan perubahan konsentrasi (n/V).

Sedangkan untuk tekanan gas total

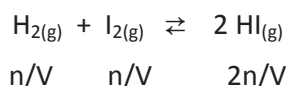
$$P_{tot} = P_A + P_B + P_C + \dots$$

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

Dalam sistem kesetimbangan peningkatan volume gas tidak mempengaruhi kesetimbangan jika jumlah koefisien reaksi sebelum dan sesudah adalah sama.



Koefisien gas H_2 dan I_2 adalah 1 (satu), total sebelah koefisien sebelah kiri adalah 2 (dua). Koefisien untuk gas HI adalah 2 (dua), sehingga koefisien sebelah kiri dan kanan tanda panah adalah sama. Peningkatan volume 2 kali lebih besar tidak memberikan perubahan terhadap rasio konsentrasi antara sebelah kanan dan sebelah kiri tanda panah, mula konsentrasi :



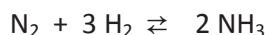
$$\frac{n}{V} \quad \frac{n}{V} \quad \frac{2n}{V}$$

$$V \text{ diperbesar} \quad \frac{n}{2V} \quad \frac{n}{2V} \quad \frac{2n}{2V}$$

Oleh karena rasio koefisien tetap sehingga tekananpun memiliki rasio yang tetap.

Untuk lebih mudahnya perhatikan contoh soal dan penyelesaian pada bagan 9.10.

Dalam kasus yang berbeda, jika dalam kesetimbangan koefisien sebelum dan sesudah reaksi tidak sama, maka penurunan volume dapat menyebabkan reaksi bergeser menuju koefisien yang lebih kecil dan sebaliknya jika volume diperbesar kesetimbangan akan bergerak ke arah jumlah koefisien yang lebih besar sesuai dengan persamaan reaksi di bawah ini:

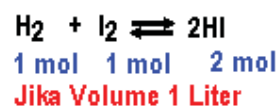


Jika volume diperkecil komposisi konsentrasi di sebelah kiri tanda panah menjadi lebih besar sehingga (atau konsentrasi lebih pekat), dan reaksi bergeser ke arah pembentukan gas amoniak. Demikian pula sebaliknya jika volume diperbesar, terjadi reaksi peruraian dari amoniak menghasilkan gas Nitrogen dan Hidrogen atau dengan kata lain reaksi kesetimbangan bergeser ke kiri yaitu penguraian NH_3 menjadi N_2 dan H_2 .

9.3.4. Katalisator

Untuk mempercepat proses kesetimbangan kimia, sering dipergunakan zat tambahan lain yaitu katalisator. Dalam proses reaksi, katalisator berperan mempercepat reaksi yang berlangsung, pada akhir reaksi katalisator akan terbentuk kembali. Katalisator dalam dunia industri umumnya logam, namun dalam makhluk hidup katalisator didapat dari dalam tubuhnya yang dikenal dengan dengan biokatalisator atau enzim.

Bagan 9.10. Perhitungan harga K_p untuk pembentukan asam iodida dari H_2 dan I_2 , dimana komposisi konsentrasi adalah 1 mol/L, 1 mol/L dan 2 mol/L, dimana tekanan totalnya 2 atm dan Volume diperbesar menjadi 2 liter.



$$1 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol} \quad 2 \text{ mol}$$

Jika Volume 1 Liter

Tekanan total 2 atm

$$p_{H_2} = \frac{1}{4} \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p_{I_2} = \frac{1}{4} \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p_{HI} = \frac{2}{4} \times 2 : 1.0 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{1^2}{0.5 \times 0.5}$$

$$K_p = 4$$

Volume diperbesar = 2 Liter

$$p_{H_2} = 0.25 \text{ atm}$$

$$p_{I_2} = 0.25 \text{ atm}$$

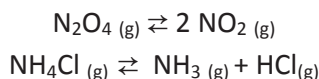
$$p_{HI} = 0.5 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{(0.5)^2}{0.25 \times 0.25}$$

$$K_p = 4$$

9.4. Disosiasi

Banyak senyawa dalam suhu kamar terurai secara spontan dan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana, peristiwa ini dikenal dengan istilah disosiasi. Reaksi disosiasi merupakan reaksi kesetimbangan, beberapa contoh reaksi disosiasi sebagai berikut:



Ukuran banyaknya zat yang terurai dalam proses disosiasi dinyatakan dalam notasi α = derajat disosiasi, dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{\text{banyaknya.zat.terurai}}{\text{banyaknya.zat.mula} - \text{mula}}$$

derajat disosiasi memiliki harga $0 \leq \alpha \leq 1$.

Untuk lebih mudahnya kita perhatikan contoh seperti pada bagan atau Bagan 9.11.

9.5. Aplikasi kesetimbangan kimia dalam industri

Dalam dunia industri, kesetimbangan kimia banyak dipergunakan khususnya dalam pembuatan gas maupun produk-produk industri lainnya. Proses Haber, merupakan proses pembuatan amoniak dari gas Nitrogen dan Hidrogen.



Persamaan ini mengindikasikan bahwa 2 mol amoniak terbentuk dari 1 mol gas N_2 dan 3 mol gas H_2 , dari persamaan ini juga mengindikasikan bahwa reaksi adalah eksoterm, sehingga amoniak akan terbentuk dengan baik pada suhu rendah. Namun pada suhu rendah reaksi berjalan lambat. Usaha untuk meningkatkan jumlah dengan kecepatan yang cukup dilakukan dengan mengatur tekanan dan suhu dan menambahkan katalisator.

Untuk proses yang optimal didapat dengan mengatur suhu sebesar 500°C dan dengan tekanan 350 atm, dengan kondisi ini didapatkan produk amoniak sebesar 30%.

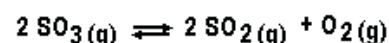
Proses Kontak

Proses kontak dipergunakan oleh industri untuk memproduksi asam sulfat. Proses berlangsung dalam dua tahap reaksi.

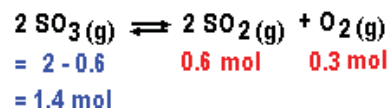
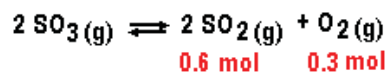
Bagan 9.11 Contoh soal disosiasi untuk sulfur trioksida

Jika gas SO_3 terdisosiasi menjadi SO_2 dan O_2 dengan harga $\alpha = 0.3$ Tuliskan komposisi mol pada saat keseimbangan

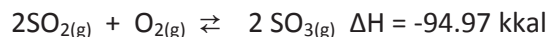
$$\alpha = 0.3$$



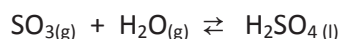
Jika zat mula-mula terdapat 2 mol, maka yang terurai sebanyak SO_3 terurai $0.3 \times 2 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$



Tahap pertama, pembentukan gas belerang trioksida:



dilanjutkan dengan melarutkan gas belerang trioksida ke dalam air, sesuai dengan reaksi:



Belerang trioksida merupakan produk yang vital sebagai bahan pembentuk asam sulfat. Dari persamaan reaksi di atas diketahui reaksi bersifat eksoterm. Reaksi lebih baik berlangsung pada suhu rendah, namun reaksi ini berjalan sangat lambat. Untuk mempercepat reaksi pembentukan belerang trioksida dipergunakan katalisator Vanadium oksida (V_2O_5) dan berlangsung pada suhu 400°C .

Dalam industri makanan, reaksi kesetimbangan juga berlangsung, seperti pada pembuatan tape, dan minuman beralkohol, perhatikan bagan 9.12.

Pada prinsipnya yang dipergunakan adalah ragi atau jamur, selanjutnya ragi menghasilkan enzim pembongkar karbohidrat membentuk molekul kecil glukosa dan fruktosa. Namun dalam prosesnya juga dihasilkan senyawa-senyawa lain seperti alkohol, aldehyd yang menyebabkan aroma minuman atau tape menjadi harum. Selain itu enzim juga dapat mengoksidasi secara sempurna dan dihasilkan asam-asam karboksilat. Sehingga kita juga rasakan tape yang terasa asam. Jika kita coba mencermati, maka kita dapat menemukan bahan makanan atau bumbu masak yang lain yang merupakan produk hasil dari reaksi kesetimbangan dan juga zat-zat yang berfungsi sebagai katalisator.

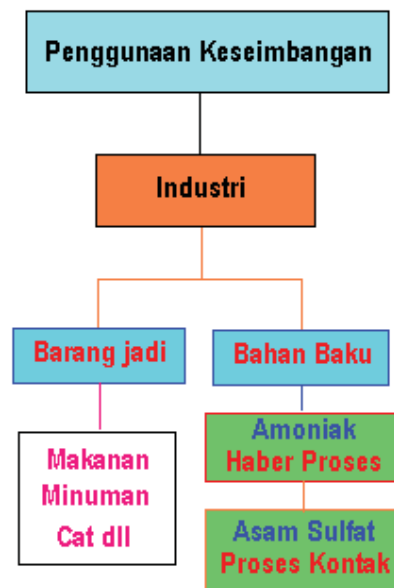
9.6. Kesetimbangan kelarutan

Kesetimbangan kelarutan terkait dengan peristiwa pelarutan sebuah zat. Misalnya kita melarutkan garam ke dalam sebuah gelas yang berisi air, pertama kita tambah 1 gram garam, dimasukan dan diaduk dan garam larut. Jika kita tambahkan terus menerus, garam tidak larut lagi dan kita katakan larutan lewat jenuh.

Berkaitan dengan kelarutan terdapat tiga keadaan yang dapat kita temui yaitu Larutan tidak jenuh, larutan tepat jenuh dan larutan lewat jenuh.

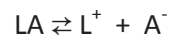
Pada saat pertama zat padat yang kita tambahkan ke dalam pelarut akan mudah larut.

Bagan 9.12. Pemanfaatan kesetimbangan kimia dalam industri



Larutan tepat jenuh adalah keadaan kesetimbangan dimana jika terjadi penambahan zat terlarut maka terjadi pengendapan, demikian pula jika kita tambahkan sedikit saja pelarut maka zat-zat dengan mudah melarut. Pada keadaan ketiga terjadi pengendapan atau zat tidak larut jika kita tambahkan. Ketiga kondisi ini disederhanakan pada Gambar 9.13.

Keadaan ini dapat kita tuliskan, misalnya larutan garam dalam air akan terionisasi,



Dalam keadaan kesetimbangan berlaku,

$$K = \frac{[L^+].[A^-]}{[LA]} = K.[LA] = [L^+].[A^-]$$

$$K_{sp} LA = [L^+].[A^-]$$

Ksp (Hasil kali kelarutan) adalah hasil kali konsentrasi ion dalam larutan tepat jenuh dan tiap konsentrasinya dipangkatkan dengan koefisien reaksinya. Variable $[L^+]$ dan $[A^-]$ adalah konsentrasi ion dalam mol/L

Untuk reaksi garam yang lebih kompleks, misalnya



Maka persamaan untuk Ksp-nya adalah :

$$K_{sp} LA = [L^+]^a . [A^-]^b$$

jika $K_{sp} > [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan tidak jenuh

jika $K_{sp} = [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan tepat jenuh

jika $K_{sp} < [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan lewat jenuh

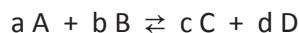
Perhatikan Gambar 9.13.



Gambar 9.13. Keadaan dalam proses pelarutan zat

RANGKUMAN

1. Dalam keadaan kesetimbangan reaksi berlangsung dalam dua arah, yaitu arah pembentukan dan arah penguraian.
2. Kesetimbangan kimia mudah terjadi dalam system tertutup. Reaksi umum dari kesetimbangan;



dan berlaku energi bebas Gibbs $\Delta G = 0$, dimana

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

3. Reaksi kesetimbangan ada dua jenis yaitu reaksi kesetimbangan homogeny dan heterogen.
4. Persamaan untuk reaksi dalam fasa gas maka kita gunakan tekanan parsial dari masing-masing zat dengan persamaan:

$$K_p = \frac{p(C)^c \cdot p(D)^d}{p(A)^a \cdot p(B)^b}$$

5. Jika reaksi dalam fasa larutan, kita gunakan konsentrasi zat dengan persamaan:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

6. Le Cathelier menyatakan. jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang dan kedalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi.
7. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia meliputi; konsentrasi, volume, tekanan dan temperatur.
8. Untuk mempercepat proses kesetimbangan kimia, sering dipergunakan zat tambahan lain untuk mempercepat zat tersebut adalah katalisator.
9. Disosiasi adalah peristiwa terurainya senyawa secara spontan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana dalam suhu kamar
10. Ukuran banyaknya zat yang terurai dalam proses disosiasi dinyatakan dalam notasi α = derajat disosiasi, dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{\text{banyaknya.zat.terurai}}{\text{banyaknya.zat.mula} - \text{mula}}$$

11. Aplikasi kesetimbangan kimia dalam industri

- Pembuatan gas dalam industri
- Produksi asam sulfat dengan proses kontak
- Pembuatan makanan, misal tape
- Pembuatan minuman beralkohol,dsb.

**UJI
KOMPETENSI**

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Dari reaksi dengan persamaan :
 $m A + n B \rightleftharpoons c C + d D$, K sangat kecil berarti:
A. C dan D yang terbentuk banyak sekali
B. C dan D yang terbentuk sedikit sekali
C. B dan C yang bereaksi banyak sekali
D. A dan D sama jumlahnya
2. Pada kesetimbangan $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$ untuk memperoleh NH_3 sebanyak-banyaknya dapat dilakukan
A. tekanan diperbesar
B. tekanan diperkecil
C. Konsentrasi N_2 dikurangi
D. Volume diperbesar
3. Dalam bejana 1 liter dipanaskan gas SO_3 sebanyak 0.25 mol dan terurai menjadi SO_2 dan O_2 , ketika kesetimbangan rasio gas $SO_2 : O_2$. maka gas SO_3 yang bereaksi
A. 33.3%
B. 50%
C. 66.67%
D. 75%
4. Reaksi pembuatan SO_3 , dengan persamaan reaksi $2 SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 SO_{3(g)}$ $\Delta H = -44.5$ kkal, reaksi berlangsung dengan baik jika;
A. Suhu diperbesar
B. Suhu diperkecil
C. Konsentrasi O_2 dikurangi
D. Volume diperbesar
5. Bejana bervolume 1 liter diisi dengan 4 mol NO_2 dan membentuk kesetimbangan dengan persamaan
 $2 NO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO_{3(g)}$ $\Delta H = + 180.66$ kJ, dan terbentuk gas O_2 sebanyak 1 mol maka harga K,
A. 1
B. 0.75
C. 0.5
D. 0.25
6. Untuk reaksi kesetimbangan $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$ kesetimbangan bergeser ke kiri, jika
A. suhu diperbesar
B. tekanan diperkecil
C. Volume diperbesar
D. Konsentrasi N_2 dikurangi

7. Dari reaksi kesetimbangan : $2 X_{(g)} \rightleftharpoons 3 Y_{(g)}$ jika harga $K_p = 0.5$, dimana harga p_X adalah 4 atm, maka p_Y
- A. 1 atm
 - B. 2 atm
 - C. 3 atm
 - D. 4 atm
8. Dari reaksi $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_2_{(g)}$
Jika tersedia 1 mol $CO_{(g)}$ dan $H_2O_{(g)}$ dan pada saat kesetimbangan tersisa 0.2 mol $CO_{(g)}$ maka K:
- A. 4
 - B. 9
 - C. 16
 - D. 20
9. Tetapan kesetimbangan adalah 4 untuk reaksi
 $2 A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$,
jika volume diubah menjadi $\frac{1}{2}$ nya, maka harga K akan menjadi
- A. 4
 - B. 8
 - C. 2
 - D. $\frac{1}{2}$
10. Jika dalam labu 5 liter terdapat 4 mol asam iodida, 0.5 mol Iodine dan 0.5 mol gas Hidrogen, dalam keadaan seimbang, maka harga K
- A. 4
 - B. 16
 - C. 32
 - D. 64
11. Dari reaksi $2 A_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$, jika tekanan zat A mula-mula 2 atm dan pada saat kesetimbangan didapatkan tekanan C dan D adalah 1 atm, maka harga K_p adalah :
- A. 1 atm
 - B. 2 atm
 - C. 3 atm
 - D. 4 atm

Kesetimbangan Larutan

1. Garam dengan kelarutan yang paling besar dengan harga K_{sp}
 - A. 10^{-10}
 - B. 10^{-11}
 - C. 10^{-12}
 - D. 10^{-13}
2. Jika kelarutan Garam CaF_2 dalam air s mol/L, maka harga K_{sp} garam ini adalah
 - A. $\frac{1}{2} s^2$
 - B. $1/s^3$
 - C. $\frac{1}{4} s^4$
 - D. $4 s^3$
3. Kelarutan PbI_2 adalah 1.5×10^{-3} mol/L, maka harga K_{sp} nya adalah :
 - A. $1.25 \cdot 10^{-3}$
 - B. $3.0 \cdot 10^{-6}$
 - C. $4.5 \cdot 10^{-9}$
 - D. $12.5 \cdot 10^{-12}$
4. Suatu garam dalam air memberikan endapan jika ditambahkan ion sulfat dan klorida adalah larutan garam
 - a. AgNO_3
 - b. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
 - c. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 - d. CaCl_2
5. Harga K_{sp} untuk $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah 1.2×10^{-11} , jika larutan MgCl_2 sebanyak 2 M, ditambahkan NaOH, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dapat membentuk endapan.
 - A. pH 12
 - B. pH 9
 - C. pH 6
 - D. pH 3
6. Diketahui harga K_{sp} dari senyawa berikut
 $\text{AgCl} = 10^{-10}$, $\text{AgI} = 10^{-16}$
 $\text{Ag}_2\text{S} = 10^{-49}$ dan $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 10^{-12}$
 Dari senyawa di atas, senyawa mana yang paling sukar larut
 - A. AgCl
 - B. Ag_2CrO_4
 - C. AgI
 - D. Ag_2S
7. Kelarutan $\text{Ag}_3\text{PO}_4 = a$ mol/L, maka K_{sp} nya
 - A. $9 a^3$
 - B. $27 a^4$
 - C. $12 a^2$
 - D. $3a^6$

8. Suatu larutan garam PbNO_3 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 0.01 M, selanjutnya ditambahkan NaOH padat sehingga pHnya menjadi 8, jika Ksp masing-masing zat adalah $\text{Pb}(\text{OH})_2 = 2.8 \cdot 10^{-16}$, $\text{Mn}(\text{OH})_2 = 4.5 \cdot 10^{-14}$ dan $\text{Zn}(\text{OH})_2 = 4.5 \cdot 10^{-17}$, maka yang membentuk endapan adalah :
- A. PbNO_3
 - B. $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
 - C. PbNO_3 dan $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
 - D. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
9. Kelarutan $\text{L}(\text{OH})_2 = 5 \times 10^{-4}$ mol/L, maka larutan jenuh basa tersebut memiliki pH sebesar
- A. 13
 - B. 12
 - C. 11
 - D. 10
10. Tetapan hasil kali kelarutan AgN_3 , $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ dan SrF_2 adalah sama, maka kelartuannya adalah
- A. $\text{AgN}_3 = \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$
 - B. $\text{AgN}_3 > \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
 - C. $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
 - D. $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$

Bab 9. Keseimbangan Kimia

Standar Kompetensi

Memahami konsep kesetimbangan reaksi

Kompetensi Dasar

Menguasai reaksi kesetimbangan

Menguasai faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan

Menentukan hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mengidentifikasi kondisi kesetimbangan
2. Siswa mampu mendeskripsikan reaksi bolak balik (dua arah)
3. Siswa mengenal sistem tertutup
4. Siswa mampu mendefinisikan kesetimbangan dinamis
5. Siswa mampu membedakan jenis-jenis reaksi kesetimbangan
6. Siswa dapat menetapkan harga konstanta kesetimbangan dalam system gas
7. Siswa dapat memahami hubungan antara konstanta kesetimbangan tekanan (K_p) dengan konstanta kesetimbangan konsentrasi (K_c).
8. Siswa dapat mengidentifikasi kesetimbangan padatan dan lautan
9. Siswa dapat menetapkan konstanta hasil kali kelarutan (K_{sp})

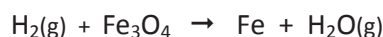
9.1. Keseimbangan

Untuk memahami apa dan bagaimana kesetimbangan reaksi, coba kita cermati peristiwa reaksi dibawah ini. Jika kita hembuskan uap panas kedalam sebuah tabung yang berisi besi yang juga dipanaskan akan dihasilkan feri fero oksida atau besi magnetit, dengan persamaan reaksi :

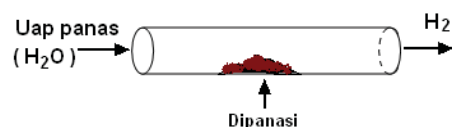


Perhatikan Gambar 9.1

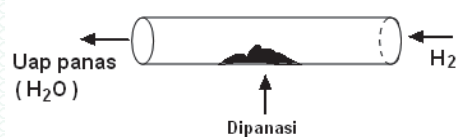
Di lain pihak, jika kita mengalirkan gas hidrogen (H_2) kedalam tabung yang berisi besi magnetit yang dipanaskan, maka akan dihasilkan besi dan uap panas, dengan reaksi :



Perhatikan Gambar 9.2. Dari kedua reaksi tersebut, masing-masing reaksi berlangsung satu arah. Bagaimana jika kedua reaksi tersebut kita kondisikan dalam satu wadah tertutup.



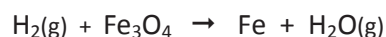
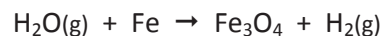
Gambar 9.1. Pengaliran uap panas kedalam tabung yang berisi besi panas



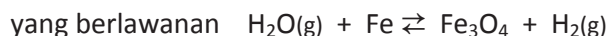
Gambar 9.2. Pengaliran gas H₂ kedalam tabung yang berisi besi magnetit panas

Dari Gambar 9.3, tampak bahwa, reaksi dapat berlangsung dalam dua arah, yaitu reaksi pembentukan magnetit dari uap panas dengan besi dan reaksi penguraian besi magnetit oleh gas hidrogen menghasilkan besi dan uap panas kembali. Reaksi semacam ini kita sebut dengan reaksi bolak-balik atau reaksi reversibel.

Kedua reaksi tersebut adalah:



Penulisan reaksi diatas tidak lazim dipergunakan, dan disederhanakan dengan memberi dua tanda panah yang berlawanan



9.1.1. Sistem tertutup

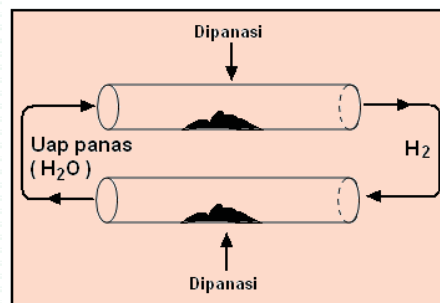
Ruang atau tempat berlangsung reaksi bolak-balik pembentukan dan penguraian besi magnetit seperti Gambar 9.3, merupakan tempat yang dirancang khusus, dan ruang tersebut merupakan ruang tertutup.

Pada ruang tersebut, tidak memungkinkan mengambil atau menambahkan zat, panas yang dimasukan kedalam ruang dijaga agar tidak keluar dari ruang tersebut, demikian pula dengan gas-gas yang dihasilkan dihasilkan dan dipergunakan kembali. Ruang dengan kondisi seperti ini dikatakan sebagai system tertutup. Reaksi bolak-balik dapat terjadi pada system tertutup.

9.1.2. Kestimbangan dinamis

Umumnya reaksi yang ada di alam merupakan reaksi reaksi bolak-balik, hanya sebagian kecil saja yang merupakan reaksi dalam satu arah atau reaksi berkesudahan.

Pada awal proses reaksi reversible, reaksi berlangsung ke arah pembentukan produk, setelah terbentuknya molekul produk, maka molekul tersebut mulai bereaksi ke arah sebaliknya (arah penguraian). Pada saat yang sama tetap terjadi treaksi pembentukan, dan pada suatu saat jumlah zat-zat yang berekasi dan hasil reaksi tetap, kondisi dikatakan sebagai keadaan kesetimbangan. Pada saat kesetimbangan, reaksi tidak berhenti, reaksi tetap berjalan baik ke arah pembentukan maupun ke arah penguraian.



Gambar 9.3. Menghubungkan dua sistem reaksi seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2

Namun baik zat-zat yang bereaksi maupun hasil reaksinya tetap konstan, keadaan kesetimbangan semacam ini yang dikatakan sebagai kesetimbangan dinamis.

Pada saat kesetimbangan jumlah zat yang bereaksi maupun hasil reaksi tetap. Untuk memahami kondisi ini perhatikan Gambar 9.4. Pada awalnya produk belum terbentuk, ketika zat yang bereaksi mulai berkurang konsentrasinya, bersamaan dengan itu pula produk mulai terbentuk. Demikian seterusnya zat yang bereaksi terus berkurang dan produk, sampai dengan satu saat, dimana konsentrasi zat yang bereaksi maupun produk sudah tidak berubah atau tetap, maka saat tersebut telah berada dalam kesetimbangan.

Penjelasan diatas belum menjelaskan bahwa pada saat kesetimbangan reaksi tetap berjalan. Untuk hal tersebut, kita dapat mencermati grafik, pada Gambar 9.5.

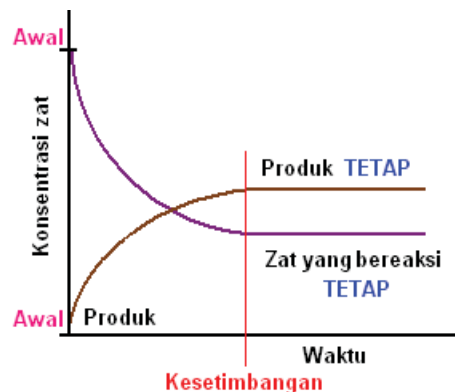
Dari Gambar 9.5. tampak bahwa kecepatan reaksi pembentukan (kekanan) v_1 dan kecepatan reaksi penguraian (ke kiri) v_2 . Kecepatan reaksi v_1 sangat tergantung pada jumlah zat yang bereaksi dan kecepatan reaksi v_2 bergantung pada konsentrasi produk.

Pada awal reaksi, v_1 mempunyai nilai maksimum, sedangkan $v_2 = 0$ (karena produk belum ada). Dengan berkurangnya konsentrasi zat yang bereaksi maka v_1 juga semakin kecil. Sebaliknya dengan bertambahnya konsentrasi produk maka kecepatan v_2 semakin membesar.

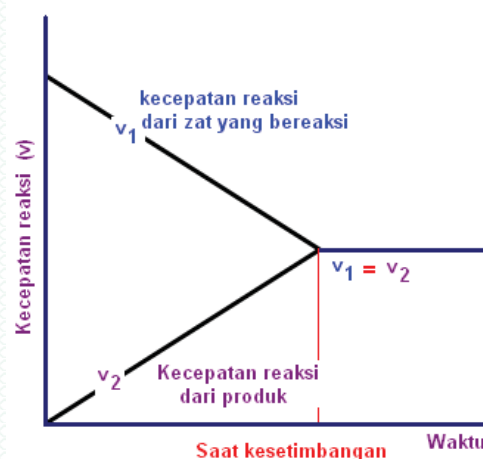
Pada saat tertentu, kecepatan reaksi pembentukan (v_1) menjadi sama dengan kecepatan reaksi penguraian (v_2). Dalam kondisi $v_1 = v_2$, jumlah masing masing zat tidak berubah terhadap waktu oleh karena itu tidak ada perubahan yang dapat diamati terhadap waktu atau kecepatan reaksi tetap dan keadaan ini tercapai ketika reaksi mencapai kesetimbangan.

9.1.3. Jenis reaksi kesetimbangan

Reaksi kesetimbangan dapat digolongkan berdasarkan fasa dari zat yang bereaksi dan hasil reaksinya, sehingga dikenal dua jenis reaksi kesetimbangan yaitu reaksi kesetimbangan homogen dan heterogen, perhatikan skema penggolongan reaksi seperti yang diunjukkan pada Bagan 9.6.



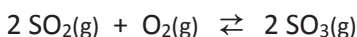
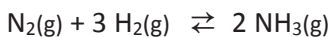
Gambar 9.4. Penurunan dan peningkatan konsentrasi dari zat yang bereaksi dan hasil reaksi pada saat menuju kesetimbangan



Gambar 9.5. Proses pencapaian keadaan kesetimbangan ditinjau dari kecepatan reaksi

Reaksi kesetimbangan homogen merupakan reaksi kesetimbangan dimana semua fasa senyawa yang bereaksi sama.

Kestimbangan dalam fasa gas :



Kesetimbangan dalam fasa larutan :

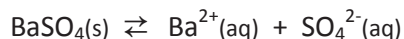


Reaksi kesetimbangan heterogen terjadi jika fasa dari senyawa yang bereaksi berbeda.

Kesetimbangan dalam sistem padat gas, dengan contoh reaksi :



Kesetimbangan padat larutan, terjadi pada peruraian Barium sulfat dengan persamaan reaksi :



Kesetimbangan padat larutan gas, dengan contoh reaksi :

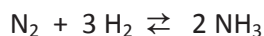


9.2. Tetapan kestimbangan kimia

Dalam system tertutup, dimana tekanan dan suhu dijaga, maka energi bebas Gibbs adalah nol.

$$\Delta G_{T,p} = 0$$

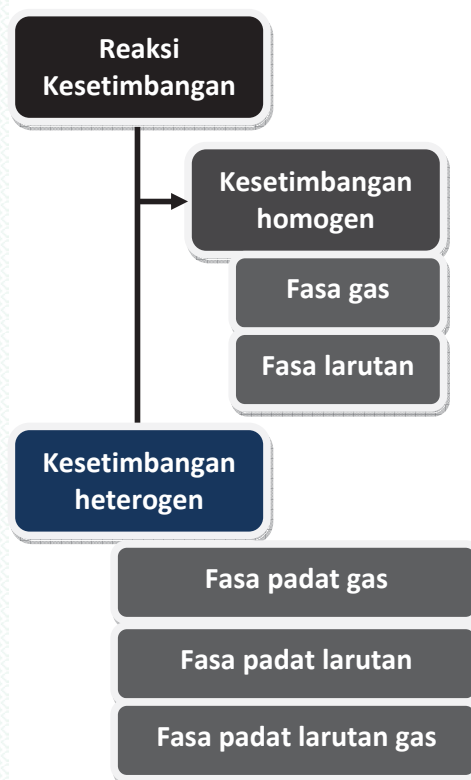
Dalam keadaan kesetimbangan reaksi berlangsung dalam dua arah yaitu ke arah pembentukan dan ke arah penguraian. Kita ambil contoh reaksi berikut



Dari persamaan kesetimbangan di atas nampak bahwa gas nitrogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk gas amoniak, ditandai dengan arah reaksi ke kanan. Sedangkan reaksi ke arah kiri merupakan reaksi penguraian dari gas amoniak menjadi gas nitrogen dan gas Hidrogen.

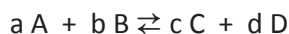
Pada saat kesetimbangan, ke tiga zat ada di dalam campuran, dimana komposisi zat tidak sama atau tidak sesuai dengan persamaan reaksinya.

Bagan 9.6. Penggolongan reaksi kesetimbangan berdasarkan fasa senyawa yang beraksi



Komposisi zat yang ada dalam kesetimbangan dicerminkan oleh harga tetapan kesetimbangan, perhatikan Gambar 9.7.

Reaksi umum dari kesetimbangan;



dan berlaku energi bebas Gibbs $\Delta G = 0$, dimana

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Dari persamaan di atas tampak bahwa harga K adalah besaran yang tetap dan merupakan besaran yang tergantung pada komposisi zat pada saat kesetimbangan. Harga K tidak tergantung pada keadaan mula-mula zat. Jika reaksi berlangsung dalam fasa gas, harga K adalah, tekanan parsial dari masing-masing zat.

$$K_p = \frac{p(C)^c \cdot p(D)^d}{p(A)^a \cdot p(B)^b}$$

K_p = Tetapan kesetimbangan (dalam fasa gas)

p_C = tekanan gas C, dengan koefisien reaksi c

p_D = tekanan gas D dengan koefisien reaksi d

p_A = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

p_B = tekanan gas B dengan koefisien reaksi b.

Selanjutnya, Guldenberg dan Waage, mengembangkan kesetimbangan dalam fasa larutan, dan mereka menemukan bahwa dalam keadaan kesetimbangan pada suhu tetap, maka hasil kali konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi dengan hasil kali konsentrasi pereaksi yang sisa dimana masing-masing konsentrasi itu dipangkatkan dengan koefisien reaksinya adalah tetap. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Guldberg dan Wange, dan disederhanakan ke dalam persamaan

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

K_c = Tetapan kesetimbangan (dalam fasa gas)

$[C]$ = tekanan gas C, dengan koefisien reaksi c

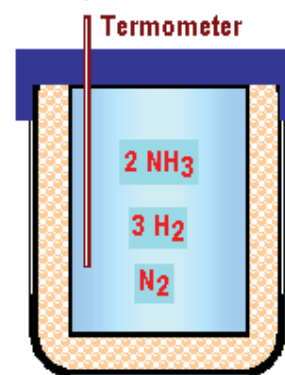
$[D]$ = tekanan gas D dengan koefisien reaksi d

$[A]$ = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

$[B]$ = tekanan gas B dengan koefisien reaksi b

Persamaan tetapan kesetimbangan di atas, dapat memberikan informasi bahwa harga K kecil menunjukkan bahwa zat-zat hasil reaksi (zat C dan D) lebih sedikit dibandingkan dengan zat-zat yang bereaksi (zat A dan B).

Suhu, Tekanan TETAP



$$K_p = \frac{p(NH_3)^2}{p(N_2) \cdot p(H_2)^3}$$

Gambar 9.7 Ksetimbangan gas dari pembentukan senyawa NH_3 dari gas N_2 dan H_2 dalam system tertutup

Jika kita mengukur harga K dan besarnya belum mencapai harga K pada saat kesetimbangan, berarti reaksi yang dilakukan belum mencapai kesetimbangan.

9.3. Pergeseran Kesetimbangan

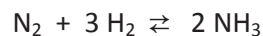
Dari sebuah eksperimen kesetimbangan air dan uap air dalam bejana tertutup (Gambar 9.8), diketahui bahwa penambahan beban menyebabkan adanya tambahan tekanan yang berdampak pada penurunan volume bejana. Adanya reaksi diikuti oleh sistem kesetimbangan untuk mengembalikan tekanan ke keadaan semula, yakni dengan menambah jumlah molekul yang berubah ke fasa uap. Setelah tercapai kesetimbangan yang baru, jumlah air lebih sedikit dan uap air terdapat lebih banyak. Hal ini mengindikasikan telah terjadi pergeseran kesetimbangan.

Le Cathelieer mencoba mencermati proses pergeseran kesetimbangan, dan dia menyatakan; jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang, dan ke dalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi. Dalam kesetimbangan reaksi tersebut dilakukan oleh sistem dengan menggeser kesetimbangan.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keadaan kesetimbangan kimia adalah perubahan konsentrasi, volume, tekanan dan suhu.

9.3.1. Pengaruh konsentrasi

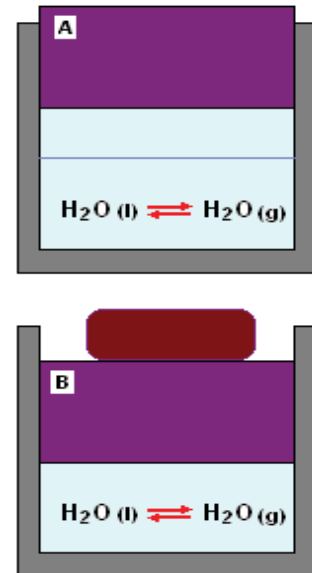
Dalam keadaan kesetimbangan, jika konsentrasi salah satu zat ditingkatkan maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang berlawanan dari zat tersebut. Untuk lebih jelasnya, kita perhatikan contoh reaksi dibawah ini:



Jika dalam keadaan kesetimbangan konsentrasi gas NH_3 kita tambah. Hal ini menyebabkan reaksi peruraian NH_3 meningkat atau NH_3 berubah menjadi gas N_2 dan H_2 , sehingga mencapai kesetimbangan kembali. Sebaliknya jika gas NH_3 kita kurangi, akan menyebabkan gas N_2 dan gas H_2 bereaksi lagi membentuk NH_3 sampai mencapai kesetimbangan.

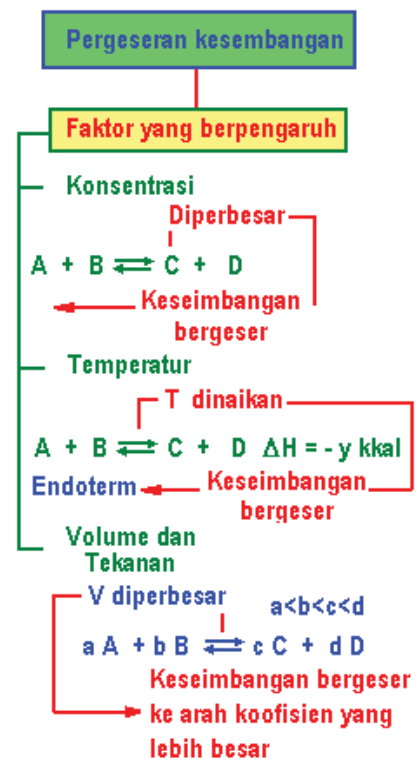
9.3.2. Pengaruh Suhu

Secara kualitatif pengaruh suhu dalam kesetimbangan kimia terkait langsung dengan jenis reaksi eksoterm atau reaksi endoterm. Jika pada reaksi kesetimbangan kita naikan suhunya, maka reaksi kimia akan bergeser ke arah reaksi yang membutuhkan panas (Bagan 9.9).

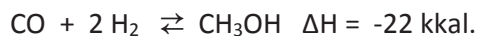


Gambar 9.8. Perubahan tekanan pada kesetimbangan air dan uap air dalam sistem tertutup

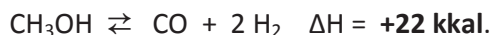
Bagan 9.9. faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan



Kita ambil contoh di bawah ini.



Jika pada reaksi kesetimbangan pada pembentukan Metanol, suhu kita naikan, maka reaksi akan berubah ke arah peruraian metanol menjadi gas CO dan gas Hidrogen. Mengingat reaksi peruraian metanol membutuhkan panas atau endoterm.



Menaikan suhu, sama artinya kita meningkatkan kalor atau menambah energi ke dalam sistem, kondisi ini memaksa kalor yang diterima sistem akan dipergunakan, oleh sebab itu reaksi semakin bergerak menuju arah reaksi endoterm.

9.3.3. Pengaruh volume dan tekanan

Untuk reaksi dalam fasa cair perubahan volume menyebabkan perubahan konsentrasi. Peningkatan volume menyebabkan penurunan konsentrasi, ingat satuan konsentrasi zat adalah mol/L, banyaknya zat dibagi berat molekulnya di dalam 1 Liter larutan.

Demikian pula reaksi dalam fasa gas, volume gas berbanding terbalik terhadap tekanan, peningkatan volume menyebabkan penurunan tekanan. Di sisi lain, tekanan berbanding lurus terhadap mol gas, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan gas ideal :

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{nRT}{V}$$

dimana

p = tekanan,

V = Volume

N = mol gas

R = tetapan gas

T = Suhu dalam K

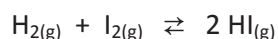
Dari persamaan di atas akan tampak bahwa dengan memperkecil tekanan sama dengan memperbesar volume, dan perubahan tekanan sama dengan perubahan konsentrasi (n/V).

Sedangkan untuk tekanan gas total

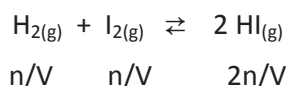
$$P_{tot} = P_A + P_B + P_C + \dots$$

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

Dalam sistem kesetimbangan peningkatan volume gas tidak mempengaruhi kesetimbangan jika jumlah koefisien reaksi sebelum dan sesudah adalah sama.



Koefisien gas H_2 dan I_2 adalah 1 (satu), total sebelah koefisien sebelah kiri adalah 2 (dua). Koefisien untuk gas HI adalah 2 (dua), sehingga koefisien sebelah kiri dan kanan tanda panah adalah sama. Peningkatan volume 2 kali lebih besar tidak memberikan perubahan terhadap rasio konsentrasi antara sebelah kanan dan sebelah kiri tanda panah, mula konsentrasi :



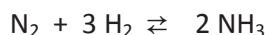
$$\frac{n}{V} \quad \frac{n}{V} \quad \frac{2n}{V}$$

$$V \text{ diperbesar} \quad \frac{n}{2V} \quad \frac{n}{2V} \quad \frac{2n}{2V}$$

Oleh karena rasio koefisien tetap sehingga tekananpun memiliki rasio yang tetap.

Untuk lebih mudahnya perhatikan contoh soal dan penyelesaian pada bagan 9.10.

Dalam kasus yang berbeda, jika dalam kesetimbangan koefisien sebelum dan sesudah reaksi tidak sama, maka penurunan volume dapat menyebabkan reaksi bergeser menuju koefisien yang lebih kecil dan sebaliknya jika volume diperbesar kesetimbangan akan bergerak ke arah jumlah koefisien yang lebih besar sesuai dengan persamaan reaksi di bawah ini:

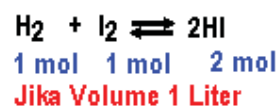


Jika volume diperkecil komposisi konsentrasi di sebelah kiri tanda panah menjadi lebih besar sehingga (atau konsentrasi lebih pekat), dan reaksi bergeser ke arah pembentukan gas amoniak. Demikian pula sebaliknya jika volume diperbesar, terjadi reaksi peruraian dari amoniak menghasilkan gas Nitrogen dan Hidrogen atau dengan kata lain reaksi kesetimbangan bergeser ke kiri yaitu penguraian NH_3 menjadi N_2 dan H_2 .

9.3.4. Katalisator

Untuk mempercepat proses kesetimbangan kimia, sering dipergunakan zat tambahan lain yaitu katalisator. Dalam proses reaksi, katalisator berperan mempercepat reaksi yang berlangsung, pada akhir reaksi katalisator akan terbentuk kembali. Katalisator dalam dunia industri umumnya logam, namun dalam makhluk hidup katalisator didapat dari dalam tubuhnya yang dikenal dengan dengan biokatalisator atau enzim.

Bagan 9.10. Perhitungan harga K_p untuk pembentukan asam iodida dari H_2 dan I_2 , dimana komposisi konsentrasi adalah 1 mol/L, 1 mol/L dan 2 mol/L, dimana tekanan totalnya 2 atm dan Volume diperbesar menjadi 2 liter.



$$1 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol} \quad 2 \text{ mol}$$

Jika Volume 1 Liter

Tekanan total 2 atm

$$p_{H_2} = \frac{1}{4} \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p_{I_2} = \frac{1}{4} \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p_{HI} = \frac{2}{4} \times 2 : 1.0 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{1^2}{0.5 \times 0.5}$$

$$K_p = 4$$

Volume diperbesar = 2 Liter

$$p_{H_2} = 0.25 \text{ atm}$$

$$p_{I_2} = 0.25 \text{ atm}$$

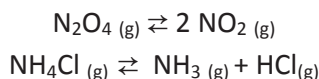
$$p_{HI} = 0.5 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{(0.5)^2}{0.25 \times 0.25}$$

$$K_p = 4$$

9.4. Disosiasi

Banyak senyawa dalam suhu kamar terurai secara spontan dan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana, peristiwa ini dikenal dengan istilah disosiasi. Reaksi disosiasi merupakan reaksi kesetimbangan, beberapa contoh reaksi disosiasi sebagai berikut:



Ukuran banyaknya zat yang terurai dalam proses disosiasi dinyatakan dalam notasi α = derajat disosiasi, dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{\text{banyaknya.zat.terurai}}{\text{banyaknya.zat.mula} - \text{mula}}$$

derajat disosiasi memiliki harga $0 \leq \alpha \leq 1$.

Untuk lebih mudahnya kita perhatikan contoh seperti pada bagan atau Bagan 9.11.

9.5. Aplikasi kesetimbangan kimia dalam industri

Dalam dunia industri, kesetimbangan kimia banyak dipergunakan khususnya dalam pembuatan gas maupun produk-produk industri lainnya. Proses Haber, merupakan proses pembuatan amoniak dari gas Nitrogen dan Hidrogen.



Persamaan ini mengindikasikan bahwa 2 mol amoniak terbentuk dari 1 mol gas N_2 dan 3 mol gas H_2 , dari persamaan ini juga mengindikasikan bahwa reaksi adalah eksoterm, sehingga amoniak akan terbentuk dengan baik pada suhu rendah. Namun pada suhu rendah reaksi berjalan lambat. Usaha untuk meningkatkan jumlah dengan kecepatan yang cukup dilakukan dengan mengatur tekanan dan suhu dan menambahkan katalisator.

Untuk proses yang optimal didapat dengan mengatur suhu sebesar 500°C dan dengan tekanan 350 atm, dengan kondisi ini didapatkan produk amoniak sebesar 30%.

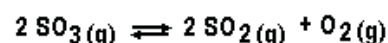
Proses Kontak

Proses kontak dipergunakan oleh industri untuk memproduksi asam sulfat. Proses berlangsung dalam dua tahap reaksi.

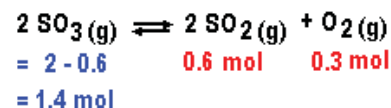
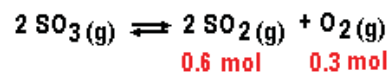
Bagan 9.11 Contoh soal disosiasi untuk sulfur trioksida

Jika gas SO_3 terdisosiasi menjadi SO_2 dan O_2 dengan harga $\alpha = 0.3$ Tuliskan komposisi mol pada saat keseimbangan

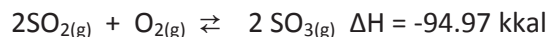
$$\alpha = 0.3$$



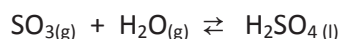
Jika zat mula-mula terdapat 2 mol, maka yang terurai sebanyak SO_3 terurai $0.3 \times 2 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$



Tahap pertama, pembentukan gas belerang trioksida:



dilanjutkan dengan melarutkan gas belerang trioksida ke dalam air, sesuai dengan reaksi:



Belerang trioksida merupakan produk yang vital sebagai bahan pembentuk asam sulfat. Dari persamaan reaksi di atas diketahui reaksi bersifat eksoterm. Reaksi lebih baik berlangsung pada suhu rendah, namun reaksi ini berjalan sangat lambat. Untuk mempercepat reaksi pembentukan belerang trioksida dipergunakan katalisator Vanadium oksida (V_2O_5) dan berlangsung pada suhu 400°C .

Dalam industri makanan, reaksi kesetimbangan juga berlangsung, seperti pada pembuatan tape, dan minuman beralkohol, perhatikan bagan 9.12.

Pada prinsipnya yang dipergunakan adalah ragi atau jamur, selanjutnya ragi menghasilkan enzim pembongkar karbohidrat membentuk molekul kecil glukosa dan fruktosa. Namun dalam prosesnya juga dihasilkan senyawa-senyawa lain seperti alkohol, aldehid yang menyebabkan aroma minuman atau tape menjadi harum. Selain itu enzim juga dapat mengoksidasi secara sempurna dan dihasilkan asam-asam karboksilat. Sehingga kita juga rasakan tape yang terasa asam. Jika kita coba mencermati, maka kita dapat menemukan bahan makanan atau bumbu masak yang lain yang merupakan produk hasil dari reaksi kesetimbangan dan juga zat-zat yang berfungsi sebagai katalisator.

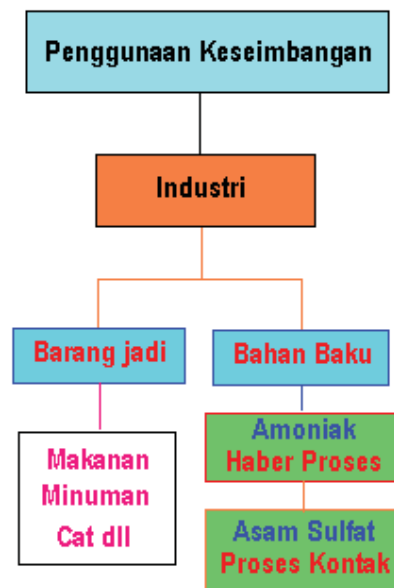
9.6. Kesetimbangan kelarutan

Kesetimbangan kelarutan terkait dengan peristiwa pelarutan sebuah zat. Misalnya kita melarutkan garam ke dalam sebuah gelas yang berisi air, pertama kita tambah 1 gram garam, dimasukan dan diaduk dan garam larut. Jika kita tambahkan terus menerus, garam tidak larut lagi dan kita katakan larutan lewat jenuh.

Berkaitan dengan kelarutan terdapat tiga keadaan yang dapat kita temui yaitu Larutan tidak jenuh, larutan tepat jenuh dan larutan lewat jenuh.

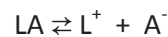
Pada saat pertama zat padat yang kita tambahkan ke dalam pelarut akan mudah larut.

Bagan 9.12. Pemanfaatan kesetimbangan kimia dalam industri



Larutan tepat jenuh adalah keadaan kesetimbangan dimana jika terjadi penambahan zat terlarut maka terjadi pengendapan, demikian pula jika kita tambahkan sedikit saja pelarut maka zat-zat dengan mudah melarut. Pada keadaan ketiga terjadi pengendapan atau zat tidak larut jika kita tambahkan. Ketiga kondisi ini disederhanakan pada Gambar 9.13.

Keadaan ini dapat kita tuliskan, misalnya larutan garam dalam air akan terionisasi,



Dalam keadaan kesetimbangan berlaku,

$$K = \frac{[L^+].[A^-]}{[LA]} = K.[LA] = [L^+].[A^-]$$

$$K_{sp} LA = [L^+].[A^-]$$

K_{sp} (Hasil kali kelarutan) adalah hasil kali konsentrasi ion-ion dalam larutan tepat jenuh dan tiap konsentrasinya dipangkatkan dengan koefisien reaksinya. Variable [L⁺] dan [A⁻] adalah konsentrasi ion dalam mol/L

Untuk reaksi garam yang lebih kompleks, misalnya



Maka persamaan untuk K_{sp}-nya adalah :

$$K_{sp} LA = [L^+]^a . [A^-]^b$$

jika $K_{sp} > [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan tidak jenuh

jika $K_{sp} = [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan tepat jenuh

jika $K_{sp} < [L^+]^a . [A^-]^b$; larutan lewat jenuh

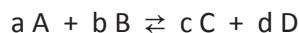
Perhatikan Gambar 9.13.



Gambar 9.13. Keadaan dalam proses pelarutan zat

RANGKUMAN

1. Dalam keadaan kesetimbangan reaksi berlangsung dalam dua arah, yaitu arah pembentukan dan arah penguraian.
2. Kesetimbangan kimia mudah terjadi dalam system tertutup. Reaksi umum dari kesetimbangan;



dan berlaku energi bebas Gibbs $\Delta G = 0$, dimana

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

3. Reaksi kesetimbangan ada dua jenis yaitu reaksi kesetimbangan homogeny dan heterogen.
4. Persamaan untuk reaksi dalam fasa gas maka kita gunakan tekanan parsial dari masing-masing zat dengan persamaan:

$$K_p = \frac{p(C)^c \cdot p(D)^d}{p(A)^a \cdot p(B)^b}$$

5. Jika reaksi dalam fasa larutan, kita gunakan konsentrasi zat dengan persamaan:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

6. Le Cathelier menyatakan. jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang dan kedalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi.
7. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia meliputi; konsentrasi, volume, tekanan dan temperatur.
8. Untuk mempercepat proses kesetimbangan kimia, sering dipergunakan zat tambahan lain untuk mempercepat zat tersebut adalah katalisator.
9. Disosiasi adalah peristiwa terurainya senyawa secara spontan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana dalam suhu kamar
10. Ukuran banyaknya zat yang terurai dalam proses disosiasi dinyatakan dalam notasi α = derajat disosiasi, dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{\text{banyaknya.zat.terurai}}{\text{banyaknya.zat.mula} - \text{mula}}$$

11. Aplikasi kesetimbangan kimia dalam industri

- Pembuatan gas dalam industri
- Produksi asam sulfat dengan proses kontak
- Pembuatan makanan, misal tape
- Pembuatan minuman beralkohol,dsb.

**UJI
KOMPETENSI**

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Dari reaksi dengan persamaan :
 $m A + n B \rightleftharpoons c C + d D$, K sangat kecil berarti:
A. C dan D yang terbentuk banyak sekali
B. C dan D yang terbentuk sedikit sekali
C. B dan C yang bereaksi banyak sekali
D. A dan D sama jumlahnya
2. Pada kesetimbangan $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$ untuk memperoleh NH_3 sebanyak-banyaknya dapat dilakukan
A. tekanan diperbesar
B. tekanan diperkecil
C. Konsentrasi N_2 dikurangi
D. Volume diperbesar
3. Dalam bejana 1 liter dipanaskan gas SO_3 sebanyak 0.25 mol dan terurai menjadi SO_2 dan O_2 , ketika kesetimbangan rasio gas $SO_2 : O_2$. maka gas SO_3 yang bereaksi
A. 33.3%
B. 50%
C. 66.67%
D. 75%
4. Reaksi pembuatan SO_3 , dengan persamaan reaksi $2 SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 SO_{3(g)}$ $\Delta H = -44.5$ kkal, reaksi berlangsung dengan baik jika;
A. Suhu diperbesar
B. Suhu diperkecil
C. Konsentrasi O_2 dikurangi
D. Volume diperbesar
5. Bejana bervolume 1 liter diisi dengan 4 mol NO_2 dan membentuk kesetimbangan dengan persamaan
 $2 NO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO_{3(g)}$ $\Delta H = + 180.66$ kJ, dan terbentuk gas O_2 sebanyak 1 mol maka harga K,
A. 1
B. 0.75
C. 0.5
D. 0.25
6. Untuk reaksi kesetimbangan $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$ kesetimbangan bergeser ke kiri, jika
A. suhu diperbesar
B. tekanan diperkecil
C. Volume diperbesar
D. Konsentrasi N_2 dikurangi

7. Dari reaksi kesetimbangan : $2 X_{(g)} \rightleftharpoons 3 Y_{(g)}$ jika harga $K_p = 0.5$, dimana harga p_X adalah 4 atm, maka p_Y
- A. 1 atm
 - B. 2 atm
 - C. 3 atm
 - D. 4 atm
8. Dari reaksi $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_2_{(g)}$
Jika tersedia 1 mol $CO_{(g)}$ dan $H_2O_{(g)}$ dan pada saat kesetimbangan tersisa 0.2 mol $CO_{(g)}$ maka K:
- A. 4
 - B. 9
 - C. 16
 - D. 20
9. Tetapan kesetimbangan adalah 4 untuk reaksi
 $2 A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$,
jika volume diubah menjadi $\frac{1}{2}$ nya, maka harga K akan menjadi
- A. 4
 - B. 8
 - C. 2
 - D. $\frac{1}{2}$
10. Jika dalam labu 5 liter terdapat 4 mol asam iodida, 0.5 mol Iodine dan 0.5 mol gas Hidrogen, dalam keadaan seimbang, maka harga K
- A. 4
 - B. 16
 - C. 32
 - D. 64
11. Dari reaksi $2 A_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$, jika tekanan zat A mula-mula 2 atm dan pada saat kesetimbangan didapatkan tekanan C dan D adalah 1 atm, maka harga K_p adalah :
- A. 1 atm
 - B. 2 atm
 - C. 3 atm
 - D. 4 atm

Kesetimbangan Larutan

1. Garam dengan kelarutan yang paling besar dengan harga K_{sp}
 - A. 10^{-10}
 - B. 10^{-11}
 - C. 10^{-12}
 - D. 10^{-13}
2. Jika kelarutan Garam CaF_2 dalam air s mol/L, maka harga K_{sp} garam ini adalah
 - A. $\frac{1}{2} s^2$
 - B. $1/s^3$
 - C. $\frac{1}{4} s^4$
 - D. $4 s^3$
3. Kelarutan PbI_2 adalah 1.5×10^{-3} mol/L, maka harga K_{sp} nya adalah :
 - A. $1.25 \cdot 10^{-3}$
 - B. $3.0 \cdot 10^{-6}$
 - C. $4.5 \cdot 10^{-9}$
 - D. $12.5 \cdot 10^{-12}$
4. Suatu garam dalam air memberikan endapan jika ditambahkan ion sulfat dan klorida adalah larutan garam
 - a. AgNO_3
 - b. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
 - c. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 - d. CaCl_2
5. Harga K_{sp} untuk $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah 1.2×10^{-11} , jika larutan MgCl_2 sebanyak 2 M, ditambahkan NaOH, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dapat membentuk endapan.
 - A. pH 12
 - B. pH 9
 - C. pH 6
 - D. pH 3
6. Diketahui harga K_{sp} dari senyawa berikut
 $\text{AgCl} = 10^{-10}$, $\text{AgI} = 10^{-16}$
 $\text{Ag}_2\text{S} = 10^{-49}$ dan $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 10^{-12}$
 Dari senyawa di atas, senyawa mana yang paling sukar larut
 - A. AgCl
 - B. Ag_2CrO_4
 - C. AgI
 - D. Ag_2S
7. Kelarutan $\text{Ag}_3\text{PO}_4 = a$ mol/L, maka K_{sp} nya
 - A. $9 a^3$
 - B. $27 a^4$
 - C. $12 a^2$
 - D. $3a^6$

8. Suatu larutan garam PbNO_3 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 0.01 M, selanjutnya ditambahkan NaOH padat sehingga pHnya menjadi 8, jika Ksp masing-masing zat adalah $\text{Pb}(\text{OH})_2 = 2.8 \cdot 10^{-16}$, $\text{Mn}(\text{OH})_2 = 4.5 \cdot 10^{-14}$ dan $\text{Zn}(\text{OH})_2 = 4.5 \cdot 10^{-17}$, maka yang membentuk endapan adalah :
- A. PbNO_3
 - B. $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
 - C. PbNO_3 dan $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
 - D. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
9. Kelarutan $\text{L}(\text{OH})_2 = 5 \times 10^{-4}$ mol/L, maka larutan jenuh basa tersebut memiliki pH sebesar
- A. 13
 - B. 12
 - C. 11
 - D. 10
10. Tetapan hasil kali kelarutan AgN_3 , $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ dan SrF_2 adalah sama, maka kelartuannya adalah
- A. $\text{AgN}_3 = \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$
 - B. $\text{AgN}_3 > \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
 - C. $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
 - D. $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$

Bab 10. Kecepatan reaksi Dan Energi

Standar Kompetensi

Mengidentifikasi factor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Menentukan perubahan entalpi berdasarkan konsep termokimia

Kompetensi Dasar

Menentukan laju reaksi dan orde reaksi

Menjelaskan factor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Menjelaskan entalpi dan perubahan entalpi

Menentukan entalpi dan perubahan entalpi reaksi

Menentukan kalor pembakaran berbagai bahan bakar

Tujuan Pembelajaran

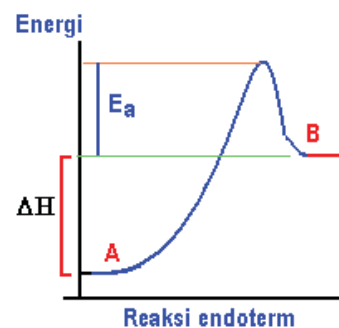
1. Siswa dapat mendefinisikan kecepatan reaksi berdasarkan perubahan konsentrasi terhadap perubahan waktu
2. Siswa dapat mengenal tahap penentu kecepatan reaksi
3. Siswa dapat menetapkan orde suatu reaksi
4. Siswa mampu menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi
5. Siswa dapat mendeskripsikan peran energy dalam sebuah reaksi kimia
6. Siswa dapat membedakan jenis reaksi kimia berdasarkan keterlibatan energi dalam reaksi
7. Siswa dapat menetapkan entalpi reaksi berdasarkan Hukum Hess
8. Siswa dapat menetapkan entalpi reaksi berdasarkan energy ikat
9. Siswa dapat menetapkan kalor pembakaran dari berbagai bahan bakar

10.1. Kecepatan Reaksi

Dalam kehidupan sehari-hari segala sesuatu yang berubah selalu menjadi pertanyaan kapan perubahan itu selesai, jika tidak tentu pertanyaan selanjutnya muncul berapa kecepatan perubahan. Kita ambil contoh lain, misalnya jika kita mengendarai mobil dari kota Jember ke kota Surabaya yang berjarak 200 km. Jika kita tahu waktu yang dibutuhkan misalnya 4 jam, maka kita mengetahui kecepatan rata-rata, atau sebaliknya jika kita mengetahui kecepatan rata-rata, kita dapat memprediksi waktu yang dibutuhkan.

Informasi tentang kecepatan berlangsungnya suatu reaksi amat penting diketahui, misalnya bagi industri dapat memprediksi jumlah produk, lama waktu produksi dan mungkin sampai dengan jumlah karyawan yang dibutuhkan dalam sebuah pabrik.

Untuk meninjau kecepatan reaksi, mari kita lihat terlebih dahulu bagaimana suatu reaksi berlangsung.



Gambar 10.1. Besarnya Energi aktivasi dalam reaksi eksoterm dan endoterm

Reaksi berlangsung karena adanya partikel-partikel, atom atau molekul yang bertumbukan dan tidak semua tumbukan menghasilkan reaksi, hanya tumbukan dengan energi yang cukup yang dapat menghasilkan reaksi. Energi tersebut dikenal dengan Energi aktivasi dan didefinisikan sebagai energi kinetik minimum yang harus dimiliki atau diberikan kepada partikel agar tumbukannya menghasilkan sebuah reaksi. Dalam Hubungannya dengan energi atau ΔH , maka energi aktivasi bukan bagian dari energi tersebut seperti dapat kita lihat pada dua jenis reaksi eksoterm dan endoterm pada Gambar 10.1.

Untuk lebih mudah memahami perhatikan persamaan reaksi sebagai berikut :



Pada awal reaksi, yang ada hanya zat A, sedangkan zat B belum terbentuk. Selama reaksi berjalan, secara perlahan-lahan zat A berkurang, dan zat B terbentuk atau bertambah. Secara grafik dapat kita sederhanakan pada Gambar 10.2. Untuk lebih mudah memahami perhatikan persamaan reaksi sebagai berikut :



Pada awal reaksi, yang ada hanya zat A, sedangkan zat B belum terbentuk. Selama reaksi berjalan, secara perlahan-lahan zat A berkurang, dan zat B terbentuk atau bertambah. Secara grafik dapat kita sederhanakan pada Gambar 10.3. Sehingga kita dapat katakan bahwa kecepatan reaksi adalah berkurangnya konsentrasi zat A dalam selang waktu tertentu, dengan persamaan :

$$V = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

dimana V = kecepatan dalam mol/L.s

$\Delta[A]$ = penurunan konsentrasi zat A dalam mol/L

Δt = Selang waktu dalam detik

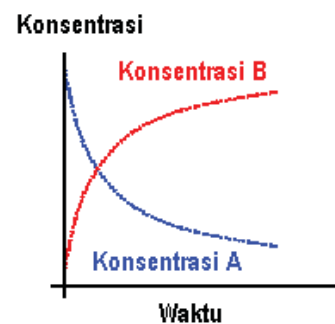
Kecepatan reaksi dapat kita ubah dalam satuan konsentrasi B, yaitu bertambahnya konsentrasi zat B dalam selang waktu tertentu. Jika kita rumuskan :

$$V = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

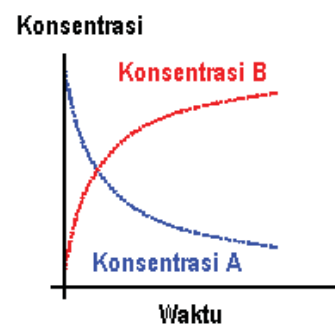
dimana V = kecepatan dalam mol/L.s

$\Delta[B]$ = pertambahan konsentrasi zat B dalam mol/L

Δt = selang waktu dalam detik



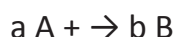
Gambar 10.2. Perubahan konsentrasi zat A dan meningkatnya konsentrasi dalam selang waktu



Gambar 10.3. Perubahan konsentrasi zat A dan meningkatnya konsentrasi dalam selang waktu

Guldenberg dan Waage mengamati kecepatan reaksi dan menyatakan bahwa kecepatan reaksi bergantung pada konsentrasi dari zat yang bereaksi. Hubungan ini dirumuskan “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” (lihat Gambar 10.4).

Perhatikan persamaan reaksi dibawah ini :



Maka menurut Guldenberg dan Waage, kecepatan reaksi zat A dan B menjadi zat C dan D adalah:

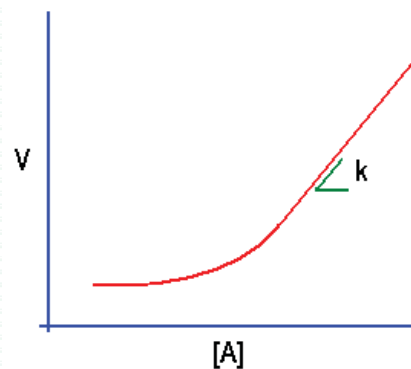
$$V = k.[A]^a$$

V = kecepatan reaksi

k = konstanta kecepatan reaksi

[A] dan [B] = konsentrasi zat A dan zat B

a dan b = koefisien zat A dan zat B dalam persamaan reaksi.



Gambar 10.4. Kecepatan menurut Guldenberg dan Waage

10.2. Tahap Reaksi

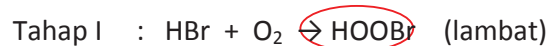
Berlangsungnya reaksi kimia umumnya terjadi dalam beberapa tahap reaksi, misalnya pada oksidasi gas HBr :



Persamaan reaksi diatas menunjukkan bahwa reaksi akan berlangsung apabila 4 molekul HBr bertumbukan sekaligus dengan satu molekul O₂. Tetapi tumbukan seperti ini kecil sekali kemungkinannya terjadi.

Tumbukan yang mungkin terjadi adalah tumbukan antara dua molekul, yaitu antara 1 molekul HBr dan 1 molekul O₂. Dengan cara fikir ini, maka reaksi berlangsung melalui beberapa tahap.

Dari reaksi diatas, tahapan reaksinya adalah:

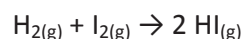


Dari contoh diatas terlihat bahwa kecepatan reaksi ditentukan oleh kecepatan terbentuknya HOObR yaitu reaksi yang berlangsung paling lambat. Jadi dapat disimpulkan bahwa kecepatan reaksi secara keseluruhan ditentukan oleh tahap yang paling lambat pada reaksi tersebut, tahap yang paling lambat ini disebut tahap penentu kecepatan reaksi.

10.3. Tingkat Reaksi

Definisi menurut Guldenberg dan Waage, "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"

Definisi ini menekankan pada konsentrasi dan pangkatnya yang berasal dari koefisien reaksi. Jumlah dari pangkat zat-zat yang bereaksi disebut dengan Tingkat reaksi. Perhatikan contoh dari persamaan reaksi dibawah ini:



Kecepatan reaksinya adalah:

$$V = k [\text{H}_2] [\text{I}_2]$$

Zat-zat yang bereaksi adalah H_2 dan I_2 masing-masing zat memiliki pangkat 1. Jumlah pangkat dari kedua zat tersebut adalah 2, dan tingkat reaksinya adalah dua.

Untuk lebih mudah kita memahaminya, kita coba bahas contoh yang lainnya, Misalkan diketahui kecepatan suatu reaksi adalah:

$$V = [\text{A}]^2 [\text{B}]^3$$

Dari persamaan ini kita dapat simpulkan bahwa tingkat reaksinya adalah 5 (berasal 2 + 3 dari pangkat [A] + pangkat [B]). Secara parsial reaksi adalah tingkat dua terhadap zat A dan reaksi tingkat tiga terhadap zat B.

Pada umumnya penentuan tingkat suatu reaksi tidak dapat ditentukan langsung dari persamaan reaksinya, tapi ditentukan melalui eksperimen, lihat Tabel 10.1.

Perhitungan kecepatan reaksi dapat dilakukan dengan melihat harga $\Delta[C]$ yang didukung oleh data eksperimen, misalnya; kecepatan reaksi sebuah reaksi meningkat 2 (dua) kali untuk setiap terjadi kenaikan temperatur 10°C , Berapa kali lebih cepat jika kita membandingkan reaksi yang berlangsung pada suhu 100°C dengan 20°C .

Tabel 10.1. Tingkat reaksi atau orde reaksi hasil eksperimen

Persamaan reaksi	Rumus kecepatan
Reaksi Tingkat 1 (satu) $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	$V = k [\text{H}_2\text{O}_2]$
Reaksi Tingkat 2 (dua) $2 \text{HI}_{(g)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$	$V = k [\text{HI}]^2$
Reaksi Tingkat 3 (tiga) $2\text{H}_{2(g)} + 2\text{NO}_{(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{N}_{2(g)}$	$V = k[\text{H}_2][\text{NO}]^2$

Penyelesaian contoh soal ini,
Perubahan suhu (100 – 20) = 80°C
Setiap 10°C naik = 2 kali lipat,
Untuk 80°C : 2⁸ kali
: 256 kali lipat lebih cepat.

Untuk perhitungan harga k yang dapat dilakukan dengan beberapa persamaan dibawah ini

Untuk tingkat reaksi 1 (satu)

$$2,303 \log \frac{C_{Ao}}{C_{At}} = k.t$$

$$k = \frac{0,693}{t_{0.5}}$$

dimana

C_{Ao} : konsentrasi zat mula-mula

C_{At} : konsentrasi setelah bereaksi selama waktu t

t : waktu (detik)

t_½ : waktu paruh, adalah waktu yang diperlukan oleh separuh dari jumlah zat untuk bereaksi.

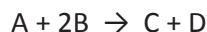
Untuk tingkat reaksi 2 (dua)

$$\frac{1}{C_{At}} - \frac{1}{C_{Ao}} = k.t$$

$$k = \frac{1}{C_{Ao} . t_{0.5}}$$

Perhatikan Contoh soal dibawah ini

Diketahui dalam sistem yang homogen dalam ruang 4 Liter terdapat 40 gram zat A (Mr = 20) dan 96 gram zat B dengan Mr = 32. dalam ruang tersebut berlangsung reaksi menurut persamaan reaksi



Jika tetapan kecepatan reaksi k = 0.5, tentukan

- kecepatan reaksi mula-mula
- kecepatan reaksi ketika zat A tinggal separuh

Penyelesaian pada Bagan 10.5.

10.4. Faktor-faktor kecepatan reaksi

Berlangsungnya sebuah reaksi banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti, luas permukaan zat yang bereaksi, konsentrasi zat yang bereaksi, suhu, tekanan dan volume serta katalisator.

Bagan 10.5. Contoh penyelesaian soal untuk penentuan tetapan kecepatan reaksi

Konsentrasi zat A

$$\text{Mol A} = \frac{40}{20} = 2 \text{ mol}$$

volume = 4 Liter

$$\text{Mol A} = 0.5 \text{ mol/L}$$

Konsentrasi zat B

$$\text{Mol B} = \frac{96}{32} = 3 \text{ mol}$$

Volume 4 Liter

$$\text{Mol B} = 0.75 \text{ mol/L}$$

$$V = k [A] \cdot [B]^2 \rightarrow k = 0.5$$

$$V = 0.5 \cdot [0.5] \cdot [0.75]^2$$

$$V = 0.14 \text{ mol/L.s}$$

Zat A tersisa separuh = 0.25 mol/L

Zat B terpakai 0.5 mol/L, sehingga

Zat B tersisa 0.75 - 0.5 = 0.25 mol/L

$$V = k \cdot [A] \cdot [B]^2$$

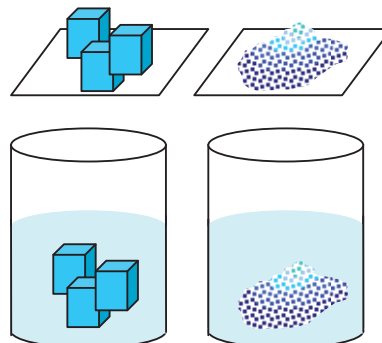
$$V = 0.5 \cdot [0.25] \cdot [0.25]^2$$

$$V = 0.008 \text{ mol/L.s}$$

10.4.1. Luas permukaan

Untuk memahami pengaruh luas permukaan suatu zat dapat diikuti dengan cara membandingkan proses pelarutan. Jika kita melarutkan gula dalam bentuk bongkahan dengan yang berbentuk kristal halus, mana yang lebih cepat larut ?.

Kita sepakat bahwa kristal halus lebih cepat melarut, hal ini terjadi karena pada kristal halus luas permukaan lebih besar dan menyebabkan tumbukan antara molekul gula dan air lebih mungkin terjadi. Sehingga kecepatan reaksi lebih besar pula (lihat Gambar 10.6).



Gambar 10.6. Luas permukaan zat sangat berpengaruh pada kecepatan reaksi

10.4.2. Konsentrasi

Pengaruh konsentrasi dapat kita perjelas dengan mereaksikan zat A dan zat B. Zat tersebut akan mengalami tumbukan antara partikelnya dan terjadi reaksi. Makin besar konsentrasi tersebut makin banyak partikel-partikelnya. Hal ini sangat memungkinkan untuk meningkatkan jumlah tumbukan persatuan waktunya. Sehingga semakin besar konsentrasinya akan meningkatkan kecepatan reaksi.

Dalam sebuah eksperimen reaksi antara gas hidrogen dan gas nitrogen monoksida dengan reaksi :



Diperoleh kecepatan reaksinya $v = k [\text{H}_2] \cdot [\text{NO}]^2$

Ketika eksperimen diubah dimana konsentrasi nitrogen monoksida diperbesar 2 kali lipat, maka kecepatan reaksi pun berubah besarnya, perhatikan Bagan 10.11.

10.4.3. Suhu

Secara umum, kecepatan reaksi bertambah besar jika suhu reaksi kita naikan, lebih mudah melarutkan satu sendok gula ke dalam satu gelas air panas, dibandingkan dengan melarutkan satu sendok gula ke dalam satu gelas air es.

Hal ini disebabkan karena meningkatnya suhu akan meningkatkan energi kinetik molekul-molekul yang bereaksi. Molekul-molekul dengan energi kinetik yang bertambah ini bila saling bertumbukan akan menghasilkan energi tumbukan yang cukup besar untuk memutuskan ikatan-ikatan antara atom-atom dalam molekul tersebut, sehingga terjadi reaksi.

Bagan 10.11. Contoh kasus pengaruh peningkatan konsentrasi pada kecepatan reaksi

Jika konsentrasi mula-mula NO = X dan diperbesar menjadi =
Kecepatan mula-mula $v = k [\text{H}_2] \cdot [\text{NO}]$

Kecepatan reaksi $v = k [\text{H}_2] \cdot [2 \text{X}]^2$
 $v = 4 k [\text{H}_2] \cdot [\text{X}]^2$

Dengan meningkatnya konsentrasi NO 2 kali lebih besar, maka kecepatan reaksi juga berubah menjadi 4 kali

Berdasarkan persamaan reaksi, kecepatan reaksi ditentukan oleh harga k yaitu tetapan kecepatan reaksi. Harga k sangat tergantung oleh besarnya energi aktivasi dan suhu. Energi aktivasi didefinisikan sebagai energi terendah yang diperlukan untuk mencari keadaan dimana reaksi dapat berlangsung, lihat Gambar 10.12.

Hubungan antara tetapan kecepatan reaksi ini dengan kenaikan suhu dirumuskan oleh Arrhenius sebagai berikut:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

k = konstanta kecepatan reaksi

A = tetapan Arrhenius

E_a = energi pengaktifan

R = tetapan gas umum

T = suhu mutlak

Arrhenius juga mengamati didalam eksperimennya khusus reaksi-reaksi yang berlangsung pada temperatur dibawah 300°C , kenaikan suhu sebesar 10°C akan menaikkan tetapan kecepatan reaksi menjadi dua kali, sehingga kecepatan reaksinyapun meningkat dua kali.

10.4.4. Katalisator

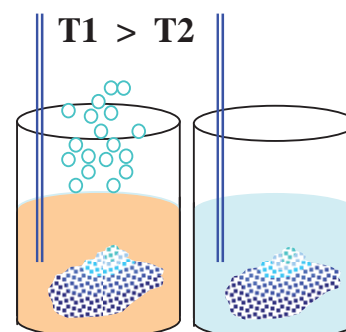
Faktor lain yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah katalisator. Proses berlangsung reaksi dengan adanya katalisator dikenal dengan proses katalisa. Katalisator dalam reaksi kimia berperan untuk menurunkan energi aktivasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.13.

Dalam sebuah reaksi, katalisator dapat terlibat dalam reaksi namun tidak mempengaruhi hasil reaksi, seperti persamaan reaksi dibawah ini.

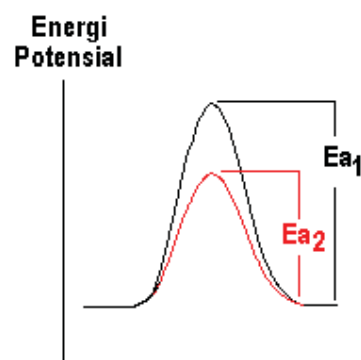


Beberapa katalisator lain yang dipergunakan dalam industri adalah V_2O_5 dalam pembuatan asam sulfat dan AlCl_3 dalam pembuatan Toluena.

Katalisator ada dua jenis, yang mempercepat reaksi dan ada yang memperlambat reaksi dan disebut dengan inhibitor.



Gambar 10.12. Pelarutan kristal gula dalam air yang suhu $T_1 > T_2$.



E_{a1} = Energi aktivasi tanpa katalisator

E_{a2} = Energi aktivasi dengan katalisator

Gambar 10.13. Penurunan Energi aktivasi oleh sebuah katalisator

Cara kerja inhibitor merupakan kebalikan dari katalisator yaitu meningkatkan energi aktivasi. Sebagai contoh adalah reaksi logam Natrium dengan air, kehadiran logam air raksa memperlambat reaksi, seperti reaksi dibawah ini:

Reaksi pembentukan; $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ (lambat)

Katalisator gas NO; $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$ (cepat)

Pembentukan SO_3 dengan katalisator gas NO

$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$ (cepat)

$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}} \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$ (lambat)

Autokatalis adalah katalisator yang terbentuk dengan sendirinya dalam suatu reaksi. Misal dalam reaksi KMnO_4 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ reaksi ini makin lama makin cepat karena terbentuk Mn^{2+} yang merupakan katalisator bagi reaksi tersebut.

RANGKUMAN

1. Reaksi berlangsung karena adanya partikel-partikel, atom atau molekul yang bertumbukan dengan energi tertentu (energi aktivasi).
2. Energi aktivasi didefinisikan sebagai energi kinetik minimum yang harus dimiliki atau diberikan kepada partikel agar tumbukannya menghasilkan sebuah reaksi.
3. Kecepatan reaksi adalah berkurangnya konsentrasi zat A dalam selang waktu tertentu, dengan persamaan :

$$V = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

dimana,

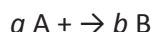
V = kecepatan dalam mol/L.s

$\Delta[A]$ = penurunan konsentrasi zat A dalam mol/L

Δt = selang waktu dalam detik

4. *Hukum Guldenberg dan Waage*: "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"

Perhatikan persamaan reaksi dibawah ini :



5. Menurut Guldenberg dan Waage, kecepatan reaksi zat A dan B menjadi zat C dan D adalah:

$$V = k.[A]^a$$

V = kecepatan reaksi

k = konstanta kecepatan reaksi

[A] dan [B] = konsentrasi zat A dan zat B

a dan b = koefisien zat A dan zat B dalam persamaan reaksi.

6. Faktor yang mempengaruhi terjadinya reaksi:
 - luas permukaan zat yang bereaksi,
 - konsentrasi zat yang bereaksi,
 - suhu, dan
 - tekanan dan volume serta katalisator.
7. Energi aktivasi adalah energi terendah yang diperlukan untuk mencari keadaan dimana reaksi dapat berlangsung.
8. Proses katalisa adalah proses berlangsungnya reaksi dengan adanya katalisator dan ada dua jenis katalisator, yaitu katalisator: katalisator yang mempercepat reaksi dan inhibitor: katalisator yang memperlambat reaksi
9. Autokatalis adalah katalisator yang terbentuk dengan sendirinya dalam suatu reaksi.
10. Kecepatan reaksi secara keseluruhan ditentukan oleh tahap yang paling lambat pada reaksi tersebut.

UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Fungsi Katalis dalam suatu reaksi adalah:
 - a. Untuk mengubah letak kesetimbangan reaksi
 - b. Menurunkan energi aktivasi
 - c. Merupakan salah satu komponen reaksi
 - d. Untuk memperbesar kalor reaksi
2. Kenaikan suhu akan memperbesar kecepatan reaksi pada reaksi:
 - a. Hanya pada reaksi eksoterm
 - b. Hanya pada reaksi endoterm
 - c. Hanya pada reaksi gas
 - d. Pada semua reaksi kimia
3. Jika suatu reaksi diketahui rumus kecepatannya adalah $V = k [A]^x [B]^y [Y]^z$, maka reaksi tersebut adalah reaksi tingkat:
 - a. $x + y + z$
 - b. $x + y - z$
 - c. xyz
 - d. $x - y + z$
4. Reaksi antara x dan y diketahui bahwa kecepatannya adalah $V = k [X]^4 [Y]$. Jika konsentrasi X dinaikkan menjadi 2 kali semula dan konsentrasi Y tetap maka kecepatan menjadi:
 - a. 4 kali semula
 - b. 8 kali semula
 - c. 10 kali semula
 - d. 16 kali semula
5. Kenaikkan temperatur akan memperbesar kecepatan reaksi karena:
 - a. Kenaikan suhu mempercepat konsentrasi
 - b. Kenaikan suhu memperbesar energi kinetik molekul
 - c. Kenaikan suhu menimbulkan katalisator
 - d. Kenaikan suhu mempermudah melepas elektron
6. Dari reaksi antara A dan B. Jika konsentrasi A diperkecil menjadi $\frac{1}{2}$ kali semula dan konsentrasi B tetap, maka kecepatan reaksi menjadi $\frac{1}{4}$ kali semula. Terhadap A reaksi ini adalah reaksi tingkat:
 - a. 4
 - b. 3
 - c. 8
 - d. 2

7. Jika diketahui reaksi $A + B \rightarrow C + D$, maka kecepatan reaksi didefinisikan sebagai:
 - a. Penambahan konsentrasi setiap waktu
 - b. Penambahan konsentrasi B setiap waktu
 - c. Berkurangnya konsentrasi A dan B setiap waktu
 - d. Berkurangnya konsentrasi A dan C setiap waktu
8. Katalisator dalam suatu reaksi berfungsi
 - a. Menurunkan energi pengaktifan suatu reaksi
 - b. Menaikkan konsentrasi zat yang bereaksi
 - c. Menaikkan temperatur zat yang bereaksi
 - d. Mempermudah terjadinya tumbukan
9. Energi tumbukan terendah yang diperlukan untuk terjadinya reaksi dinamakan:
 - a. Energi potensial
 - b. Energi kinetik
 - c. Energi pengaktifan
 - d. Energi disosiasi
10. Inhibitor dalam suatu reaksi akan:
 - a. Menaikkan energi aktifasi
 - b. Mempermudah tumbukan
 - c. Mempercepat reaksi
 - d. Menaikkan temperatur reaksi
11. Reaksi-reaksi kimia yang dikerjakan pada industri seringkali menggunakan katalis. Pada temperatur tetap maka:
 - a. Katalis mempercepat tercapainya keadaan kesetimbangan
 - b. Katalis mempercepat reaksi maju dan reaksi balik sama besar
 - c. Katalis tidak mempengaruhi kedudukan kesetimbangan reaksi
 - d. Katalis tidak turut bereaksi
12. Kecepatan reaksi dari suatu reaksi didefinisikan sebagai besarnya pengurangan konsentrasi pereaksi tiap satuan waktu, atau sebaliknya. Jika pada reaksi: $\frac{1}{2} N_2 + \frac{3}{2} H_2 \rightarrow NH_3$. Kecepatan reaksi berdasarkan N_2 dinyatakan sebagai yN dan kecepatan reaksi berdasarkan H_2 dinyatakan sebagai yH maka:
 - a. $yN = yH$
 - b. $yN = \frac{1}{2} yH$
 - c. $yN = \frac{1}{3} yH$
 - d. $yN = \frac{1}{4} yH$
13. Laju reaksi $A + B \rightarrow AB$, pada setiap saat akan dinyatakan sebagai
 - a. Penambahan konsentrasi A setiap waktu
 - b. Penambahan konsentrasi A dan B setiap satuan waktu
 - c. Penambahan konsentrasi A, B dan konsentrasi AB setiap satuan waktu
 - d. Penambahan konsentrasi AB setiap waktu

14. Logam Zn bereaksi dengan larutan HCl membebaskan hidrogen (gas). Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dan setiap kali digunakan Zn yang ukuran berat ataupun jumlahnya sama. Jumlah HCl yang digunakan selalu sama volumenya, tetapi berbeda kemolarannya. Ternyata kecepatan reaksi yang paling besar ditemukan pada percobaan dengan kemolaran HCl sebesar:
- 0,2 M
 - 1,0 M
 - 1,5 M
 - 2,0 M
15. Pada umumnya kecepatan reaksi akan bertambah jika:
- Suhu dinaikkan
 - Luas permukaan tetap
 - Konsentrasi diperkecil
 - Dipakai logam sebagai katalis
16. Jika dalam suatu reaksi, konsentrasi zat A dinaikkan 2 kali ternyata kecepatan reaksinya menjadi 4 kali lebih cepat. Terhadap zat A reaksi tersebut adalah reaksi orde:
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
17. Kecepatan berlangsungnya suatu reaksi tidak dapat diukur dengan mengamati perubahan:
- Bau
 - Konsentrasi
 - Volume
 - Suhu

10.5. Energi

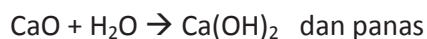
Dalam pendahuluan kita telah memperkenalkan bahwa perubahan atau reaksi kimia selalu disertai dengan perubahan energi. Sebuah reaksi kimia yang terjadi apabila diikuti dengan pelepasan energi atau menghasilkan energi, reaksi ini dikenal dengan eksoterm, sebaliknya reaksi kimia terjadi apabila kedalamnya diberikan energi atau reaksi membutuhkan energi dikenal dengan reaksi endoterm. Tinjauan energi dalam reaksi kimia terfokus pada energi dalam bentuk panas (*thermo*, lihat Gambar 10.14) dan dalam bentuk listrik (*electro*), sehingga pengkajian reaksi kimia dan energi yang menyertai reaksi dalam bentuk panas dikenal dengan termokimia sedangkan energi dalam bentuk listrik dikenal dengan elektrokimia.

10.5.1. Termokimia

Untuk membahas energi dalam reaksi kimia, pertama-tama perlu kita fahami tentang kandungan energi dalam sebuah benda. Kita sendiri tidak tahu berapa besar energi yang kita miliki, namun kita tahu berapa besar energi (kalori) yang masuk kedalam tubuh melalui makanan atau penambahan energi, begitupula kita dapat mengukur berapa besarnya energi yang kita keluarkan untuk mengangkat 50 kg beras atau terjadinya penurunan energi. Oleh sebab itu pengukuran energi selalu menggunakan perubahan energi.

Entalpi (H) didefinisikan sebagai kandungan energi dari suatu zat pada tekanan tetap. Karena tidak mungkin mengukur entalpi, maka yang kita ukur selalu perubahan entalpi (ΔH).

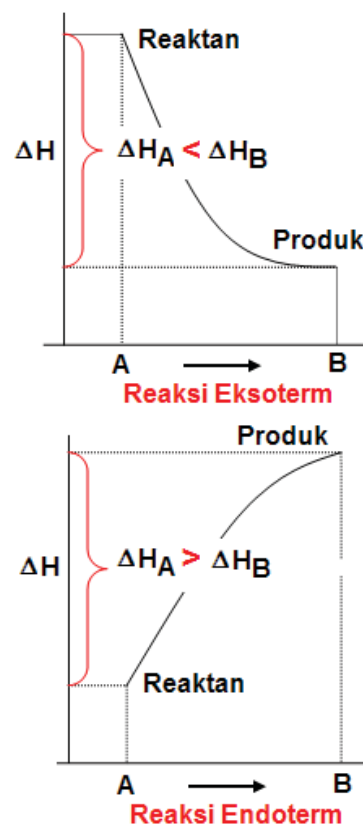
Untuk lebih mudahnya kita cermati kejadian ini, beberapa gram kapur tohor (CaO) dimasukan kedalam gelas yang berisi air, dan diaduk, dan proses pelarutan terjadi dalam hal ini terjadi reaksi antara air dan kapur tohor. Apa yang terjadi? Reaksi ini menghasilkan panas. Dalam hal ini, panas berpindah dari system ke lingkungan. Proses reaksi ini dapat disederhanakan dalam persamaan reaksi dibawah ini :



Jika reaksi berlangsung dari zat A berubah menjadi zat B, maka ΔH , selalu diukur dari H hasil - H reaktan, sehingga secara umum : $\Delta H = H_B - H_A$, perhatikan Gambar 10.15.



Gambar 10.14, Reaksi kimia yang menghasilkan energi seperti $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{panas}$



Gambar 10.15. Konsep Entalpi pada perubahan zat.

Besarnya perubahan entalpi pembentukan suatu zat telah diukur secara eksperimen, pengukuran ΔH pada 25°C 1atm dinyatakan sebagai ΔH° (*perubahan entalpi standar*)

Persamaan reaksi dapat dilengkapi dengan informasi energi yang menyertainya, umumnya dituliskan dengan menambahkan informasi perubahan energi (ΔH) disebelah kanannya. Berdasarkan ΔH kita dapat bagi menjadi dua jenis reaksi yaitu reaksi eksoterm dan endoterm, lihat Bagan 10.16.

Reaksi Eksoterm adalah reaksi yang menghasilkan panas/kalor. Pada reaksi ini ΔH bernilai negatif, sehingga ΔH produk lebih kecil dibandingkan dengan ΔH reaktan.



Reaksi endoterm merupakan reaksi yang menyerap panas, ΔH reaksi ini bernilai positif, sehingga ΔH produk lebih besar dibandingkan dengan ΔH reaktannya.



Dalam termokimia satuan untuk ΔH yang lazim digunakan adalah satuan menurut IUPAC yaitu kJ mol^{-1} , namun sering juga dipergunakan satuan lain yaitu kalori (kal) atau kilo kalori (Kkal). Hubungan antara kedua satuan tersebut adalah:

$$1 \text{ kJ/mol} = 0.24 \text{ Kkal/mol}$$

10.5.2. Hukum-hukum dalam Termokimia

Dalam mempelajari reaksi kimia dan energi kita perlu memahami hukum-hukum yang mendasari tentang perubahan dan energi.

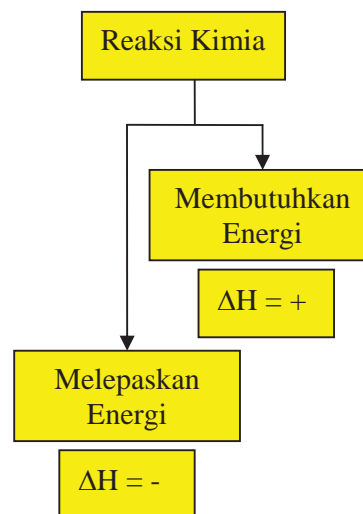
Hukum kekekalan energi

Dalam perubahan kimia atau fisika energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Hukum ini merupakan hukum termodinamika pertama dan menjadi dasar pengembangan hukum tentang energi selanjutnya, seperti konversi energi.

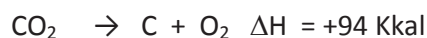
Hukum Laplace

Hukum ini diajukan oleh Marquis de Laplace dan dia 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.

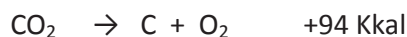
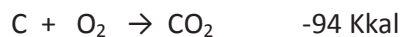
Bagan 10.16. Jenis reaksi dan entalpinya



Panjangaran dari hukum ini untuk entalpi reaksi ΔH dan kalor reaksi;



Sedangkan untuk kalor reaksi,



Untuk reaksi pertama, unsur C bereaksi dengan gas oksigen menghasilkan karbondioksida dan kalor sebesar 94 Kkal. Sedangkan reaksi kedua karbondioksida terurai menjadi unsur C dan gas oksigen dengan membutuhkan kalor sebesar 94 Kkal.

Dari sisi tanda, tampak jelas perbedaan antara entalpi reaksi dengan kalor reaksi, jika entalpi bernilai positif maka kalor reaksi bernilai negatif, demikian pula sebaliknya jika entalpi negatif maka kalor reaksi positif.

Hukum Hess

Hukum ini diajukan oleh Germain Hess, dia menyatakan bahwa entalpi reaksi (ΔH) hanya tergantung pada keadaan awal reaksi dan hasil reaksi dan tidak bergantung pada jalannya reaksi.

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

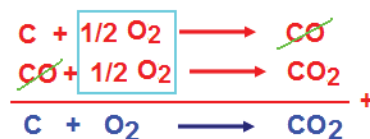
Jika suatu reaksi merupakan penjumlahan aljabar dari dua atau lebih reaksi, maka perubahan entalpi (ΔH) atau kalor reaksinya juga merupakan penjumlahan aljabar dari (ΔH) yang menyertai reaksi. Untuk lebih mudah memahaminya kita perhatikan Bagan 10.17.

Berdasarkan persamaan reaksi gas karbon dioksida dapat terbentuk melalui dua tahap, yang pertama pembentukan karbonmonoksida dari unsur-unsurnya dan dilanjutkan dengan oksidasi dari karbonmonoksida menjadi karbondioksida.

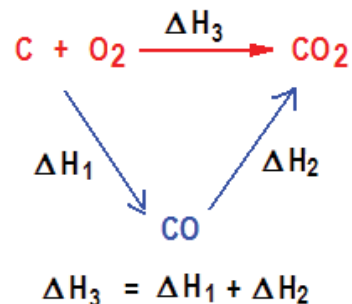
Penjumlahan aljabar ΔH_{reaksi} dari setiap tahap reaksi juga dilakukan sesuai dengan tahap reaksi, maka ΔH_{reaksi} dari pembentukan gas Karbon dioksida juga dapat dilakukan.

Bagan 10.17. Penjumlahan aljabar reaksi dan entalpi menurut Germain Hess

Penjumlahan aljabar reaksi



Penjumlahan aljabar ΔH reaksi

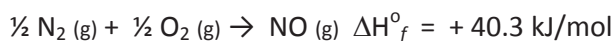
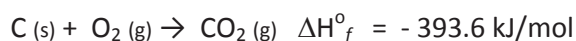
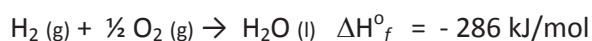


Berdasarkan berbagai jenis reaksi, maka kita juga dapat mengembangkan jenis kalor reaksi atau ΔH yang disesuaikan dengan jenis reaksinya, ada empat jenis kalor reaksi yaitu kalor reaksi pembentukan, penguraian, pembakaran dan pelarutan. Keempat klasifikasi tersebut disederhanakan dalam bagan pada Bagan 10.18.

10.5.3. ΔH pembentukan

Entalpi pembentukan adalah entalpi reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) adalah entalpi reaksi pembentukan yang diukur pada 25°C dengan tekanan 1 atm.

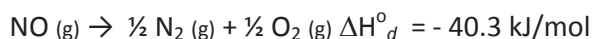
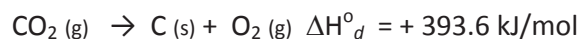
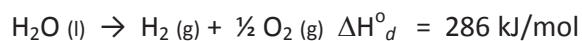
Dari definisi tersebut yang perlu kita cermati adalah pembentukan satu mol senyawa, dari unsur-unsurnya, perhatikan contoh;



Dari reaksi yang dibentuk satu mol air, sedangkan koefisien unsur-unsurnya mengikuti persamaan reaksinya saja, jika yang dibentuk 2 mol senyawa air maka entalpi reaksinya juga meningkat dua kalinya. Harga entalpi pembentukan standar menjadi dasar dalam perhitungan harga-harga entalpi lainnya, perhatikan Tabel 10.2.

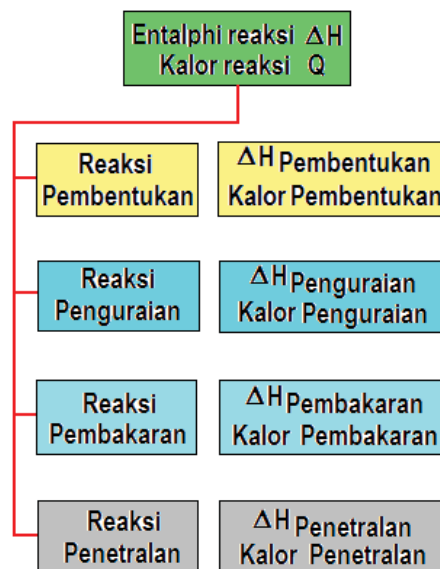
10.5.4. ΔH penguraian

Entalpi penguraian merupakan kebalikan dari entalpi pembentukan, yaitu entalpi reaksi penguraian dari satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. Jika pengukuran entalpi pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, maka kita akan dapatkan entalpi penguraian standar (ΔH_d°).



Tampak jelas dari reaksi bahwa harga entalpi pembentukan berlawanan dengan entalpi penguraian.

Bagan 10.18. Hubungan antara jenis reaksi dengan perubahan entalpi dan kalor reaksi



Tabel 10.2. Entalpi pembentukan standar beberapa senyawa

Reaksi Pembentukan	ΔH_f° kJ/mol
$\frac{1}{2} \text{N}_{2(\text{g})} + \frac{3}{2} \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{NH}_{3(\text{g})}$	-46.11
$\frac{1}{2} \text{N}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{NO}_{2(\text{g})}$	+33.20
$\text{S}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{SO}_{2(\text{g})}$	-296.83
$\frac{1}{2} \text{Cl}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{HCl}_{(\text{g})}$	-92.1
$2 \text{C}_{(\text{s})} + 2 \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{4(\text{g})}$	+52.26

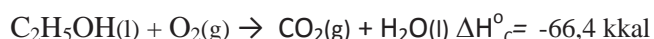
10.5.5. ΔH pembakaran

Entalpi pembakaran standar adalah entalpi reaksi pembakaran sempurna satu mol senyawa dengan oksigen yang diukur pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, lambang entalpi pembakaran standar adalah ΔH°_c .

Contoh entalpi pembakaran standar adalah untuk pembakaran unsure adalah :



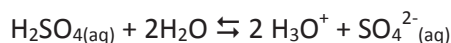
Dan untuk pembakaran senyawa :



10.5.6. ΔH pelarutan

Entalpi pelarutan adalah entalpi reaksi pelarutan dari satu mol senyawa ke dalam pelarut dan menjadi larutan encer. Entalpi pelarutan standar hasil pengukuran pada 25°C dengan tekanan 1 atm dilambangkan dengan ΔH°_s .

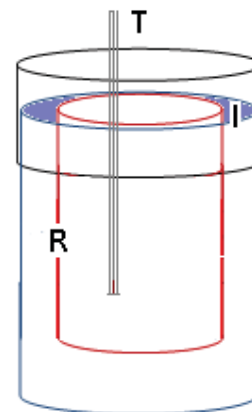
Jika kita mengencerkan asam sulfat ke dalam air, maka secara perlahan-lahan kita memipet asam sulfat dan meneteskannya secara tidak langsung ke air melalui dinding tabung reaksi. Jika kita pegang dinding tabung reaksi akan terasa hangat. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengenceran asam sulfat melepaskan panas dengan persamaan reaksi;



$$\Delta H^{\circ}_s = -909.27 \text{ kJ/mol}$$

Perhitungan energi dalam bentuk kalor reaksi maupun entalpi dapat dilakukan dengan cara lain. Hal ini didasari pada prinsip reaksi yaitu penataan ulang ikatan kimia dari zat-zat yang bereaksi. Pertama-tama terjadi pemutusan ikatan kemudian dilanjutkan dengan pembentukan ikatan. Sehingga proses penghitungan energi dapat menggunakan energi ikat dari senyawa yang terlibat dalam reaksi tersebut.

Dalam laboratorium, eksperimen dapat dilakukan untuk mengukur ΔH dengan menggunakan kalorimeter (Gambar 10.19). Alat ini bekerja berdasarkan azas Black dimana kalor yang dilepaskan sama dengan kalor yang diterima. Jika zat A suhu $x^{\circ}\text{C}$ dengan zat B dengan suhu yang sama $x^{\circ}\text{C}$, setelah bercampur dihasilkan zat C yang suhu meningkat menjadi $z^{\circ}\text{C}$.



T : Termometer
I : Insulator
R : Reaktor

Gambar. 10.19. Kalorimeter alat pengukur entalpi reaksi

Terjadi perubahan suhu sebesar $\Delta t = (z-x) ^\circ\text{C}$. Perubahan mengindikasikan bahwa reaksi menghasilkan panas. Perhitungan entalpi dapat diketahui dengan persamaan: $q = m \cdot c \cdot \Delta t$

q: Kalor reaksi

m : massa zat (gram)

Δt : perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

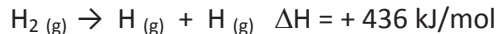
c : Kalor jenis zat cair (J/g $^\circ\text{C}$).

Perhatikan contoh soal; 50 mL HCl 1 M, direaksikan dengan 50 mL NaOH 1M kedua-duanya memiliki suhu 27°C , setelah bereaksi suhu meningkat menjadi 33.5°C , Kalor jenis larutan: 4.18 J/gK dimana massa jenis larutan : 1 g/mL. Tentukan entalpi reaksi, penyelesaian soal terdapat pada Bagan 10.20.

10.6. Energi Ikatan

Energi ikatan atau energi ikat merupakan energi yang dipergunakan untuk memutuskan ikatan antar atom dari satu mol senyawa dalam bentuk gas dan dihasilkan atom-atom gas.

Perhatikan reaksi penguraian gas hidrogen berikut;



Dari persamaan tampak bahwa gas H_2 terputus ikatan dan menjadi-atom H dalam bentuk gas. Untuk memutuskan 1 mol H_2 diperlukan energi sebesar 436 kJ.

Perhitungan entalpi reaksi berdasarkan energi ikat:

$$\Delta H = \sum \text{Energi ikat senyawa yang diputus} - \sum \text{Energi ikat senyawa yang dibentuk}$$

Data energi ikatan dapat dilihat pada Tabel 10.3.

Untuk mempermudah perhitungan entalpi dengan menggunakan energi ikat, dapat mencermati contoh soal sebagai berikut.

Tentukan entalpi reaksi dari peruraian 73 gram Asam Klorida (HCl) dalam bentuk uap, dimana Ar dari atom H : 1 dan Cl : 35.5.

Bagan 10.20. Penyelesaian contoh soal kalorimetri

$$\text{Berat larutan} = 50 + 50 = 100 \text{ gram}$$

$$\text{Ingat masa jenis} = 1 \text{ g/mL}$$

$$c = \text{Kalor jenis} = 4.18 \text{ J/g K}$$

$$\Delta t = 33.5 - 27 = 6.5$$

$$q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$q = 100 \cdot 4.18 \cdot 6.5$$

$$q = 2717 \text{ J}$$

$$1 \text{ M, } 50 \text{ mL} = 0.05 \text{ mol}$$



$$\begin{array}{ccc} & 0.05 \text{ mol} & | \\ 0.05 \text{ mol} & & 0.05 \text{ mol} \end{array}$$

$$q = 2717 \text{ J} \rightarrow \text{J/mol}$$

$$q = 1/0.05 \cdot 2717$$

$$q = 54340 \text{ J/mol} = 54.34 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = -q \rightarrow$$

$$\Delta H = -54.34 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -54.34 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -54.34 \text{ kJ/mol}$$

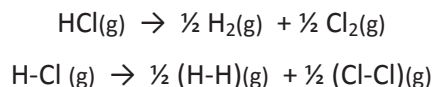
Tabel 10.3. Energi ikat antar atom dari beberapa senyawa

Ikatan	Energi ikat rata-rata kJ/mol
H-Cl	433
Cl-Br	218.3
Cl-I	210.3
N-H	391
O-H	463
C-H	415
C-O	356
C=O	724
C-N	292
C=N	619
C≡N	879
C-C	348
C=C	607
C≡C	833

Diketahui berat HCl = 73 gram, Mr dari HCl = 36.5

Data energi ikat H-Cl = 433 kJ/mol, H-H = 436 kJ/mol dan Cl-Cl : 342.6 kJ/mol.

Selanjutnya kita tuliskan persamaan reaksinya



$$\Delta H = \sum \text{Energi ikat senyawa yang diputus} - \sum \text{Energi ikat senyawa yang dibentuk}$$

$$\Delta H = 433 - \left\{ \left(\frac{1}{2} \cdot 436 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 342.6 \right) \right\}$$

$\Delta H = 43.7$ kJ/mol, Energi yang dibutuhkan adalah 43.7 kJ untuk setiap molnya.

$$\text{mol} = \frac{\text{Berat HCl}}{\text{Mr HCl}} \Rightarrow \text{mol} = \frac{73}{36.5} = 2 \text{ mol}$$

Untuk 2 mol HCl, dibutuhkan energi sebesar

$$\Delta H = 87.4 \text{ kJ.}$$

10.7. Kalor pembakaran berbagai bahan bakar

Bahan bakar yang kita pergunakan berasal dari hasil pengolahan minyak bumi, untuk hal tersebut kita akan bahas tentang minyak bumi.

10.7.1. Komposisi Minyak Bumi

Minyak bumi memiliki adalah senyawa hidrokarbon (Hidrogen-karbon) dan berupa campuran. Senyawa hidrokarbon sebanyak 50-98% berat, dan sisanya merupakan senyawa organik yang mengandung belerang, oksigen, dan nitrogen serta senyawa-senyawa anorganik seperti vanadium, nikel, natrium, besi, aluminium, kalsium, dan magnesium. Komposisi minyak bumi disederhanakan dalam Tabel 10.4.

Jika kita fokuskan pada senyawa yang ada dalam minyak bumi, maka kita dapat mengklasifikasikannya menjadi tiga bagian yaitu golongan hidrokarbon dan non-hidrokarbon serta senyawa-senyawa logam.

Senyawa hidrokarbon

Golongan hidrokarbon-hidrokarbon yang utama adalah parafin, olefin, naften, dan aromatik.

Tabel. 10.4. Komposisi unsur yang dikandung minyak bumi

Unsur	Persen
Karbon	84-87
Hidrogen	11-14
Oksigen	0-3
Sulfur	0-1
Nitrogen	0-2

Parafin merupakan kelompok senyawa yang memiliki ciri khas sebagai senyawa hidrokarbon jenuh (alkana), C_nH_{2n+2} . Senyawa ini juga dapat kita kelompokkan ke dalam normal paraffin, dan yang memiliki gugus cabang.

Kelompok normal paraffin meliputi metana (CH_4), etana (C_2H_6), n-butana (C_4H_{10}), dan yang memiliki gugus cabang seperti isobutana (2-metilpropana, C_4H_{10}), isopentana (2-metilbutana, C_5H_{12}), dan isooktana (2,2,4-trimetil pentana, C_8H_{18}). Jumlah senyawa yang tergolong ke dalam senyawa yang memiliki gugus cabang jauh lebih banyak daripada senyawa yang tergolong normal parafin.

Olefin adalah merupakan kelompok senyawa senyawa hidrokarbon tidak jenuh, C_nH_{2n} (Alkena). Contohnya etilena (C_2H_4), propena (C_3H_6), dan butena (C_4H_8).

Naftena merupakan kelompok senyawa hidrokarbon jenuh bentuk siklis (cincin) dengan rumus molekul C_nH_{2n} . struktur cincinnya tersusun atas 5 atau 6 atom karbon, seperti siklopentana (C_5H_{10}), metilsiklopentana (C_6H_{12}) dan sikloheksana (C_6H_{12}). Dalam minyak bumi mentah, naftena merupakan kelompok senyawa hidrokarbon yang memiliki kadar terbanyak kedua setelah normal parafin.

Aromatik adalah kelompok senyawa hidrokarbon tidak jenuh, dengan kerangka utama molekul, cincin benzen (C_6H_6). Beberapa contoh molekul aromatik benzene (C_6H_6), metilbenzen (C_7H_8), dan naftalena ($C_{10}H_8$) ($C_{10}H_8$).

Senyawa Non Hidrokarbon

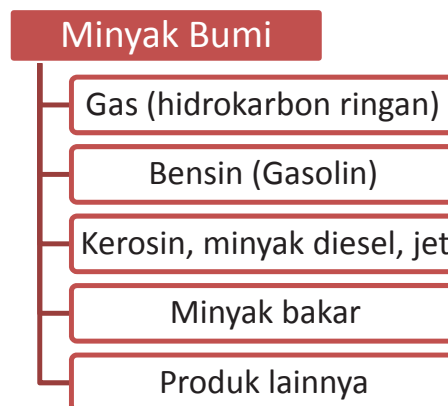
Senyawa non hidrokarbon sebenarnya adalah senyawa hidrokarbon yang mengandung atom atau unsur anorganik seperti belerang, nitrogen, oksigen, vanadium, nikel dan natrium. Umumnya unsur ini terikat pada rantai atau cincin hidrokarbon. Kehadiran unsur ini menurunkan kualitas serta mengganggu proses pengolahan minyak bumi.

10.7.2. Bahan bakar hasil pengolahan minyak bumi

Hasil pengolahan minyak bumi merupakan bahan bakar dan dapat kita golongkan kedalam beberapa kelompok; gas-gas hidrokarbon ringan, bensin (gasoline), kerosin, bahan bakar pesawat jet dan minyak diesel, minyak bakar dan produk-produk lainnya, perhatikan bagan 10.21.

Gas hidrokarbon ringan merupakan senyawa parafin dengan titik didih normal $<30^\circ C$ pada tekanan satu atmosfer berwujud gas, seperti metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), dan n-butana (C_4H_{10}). Propana dan butana biasanya dicairkan untuk dijual sebagai LPG (Liquefied Petroleum Gases) bahan bakar rumah tangga.

Bagan 10.21. Hasil pengolahan minyak bumi



Produk utama pengolahan minyak bumi awalnya adalah Bensin yang merupakan campuran kompleks dari ratusan hidrokarbon dan memiliki rentang pendidihan antara 30-200°C. Bensin adalah bahan bakar alat transportasi darat (mobil).

Kerosin, bahan bakar pesawat jet dan minyak diesel rentang titik didih yang mirip. Kerosin disebut juga dengan minyak tanah dan digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga, memiliki rentang titik antara 175-275 °C.

Bahan bakar pesawat jet memiliki dua daerah rentang titik didih, yang pertama antara 175-290°C di pergunakan untuk keperluan sipil, dengan kadar aromatik maksimum 20% volum. Sedangkan untuk keperluan militer rentang didihnya antara 65-290 °C dengan kadar aromatik maksimum 25% volum.

Minyak diesel adalah bahan bakar untuk mesin diesel sering disebut dengan solar. Minyak diesel memiliki rentang titik didih antara 175-340°C. Sedangkan untuk mesin diesel kereta api rentang titik didihnya antara 180-370 °C.

Produk minyak bakar dibagi dalam lima jenis yaitu minyak bakar no. 1, no. 2, no. 4, no. 5 dan no. 6. Minyak bakar no. 1 sangat mirip kerosin tetapi memiliki rentang titik akhir pendidihan lebih tinggi. Minyak bakar no. 2 adalah minyak diesel untuk industry sangat mirip dengan minyak diesel otomotif.

Minyak bakar no. 1 dan no. 2 serta kerosin, bahan bakar pesawat jet dan minyak diesel biasa disebut sebagai BBM distilat (distillate fuels).

Minyak bakar no. 4, no. 5 dan no. 6 dikenal dengan BBM residu, merupakan hasil sisa destilasi minyak bumi. Minyak bakar no. 4 adalah yang paling ringan di antara ketiganya. Minyak bakar no. 5 masih berupa cairan pada suhu di atas 10 °C sedangkan minyak bakar no. 6 harus dipanaskan terlebih dahulu untuk bisa mencair.

Produk-produk lain dari proses pengolahan minyak bumi, masih sangat bermanfaat seperti minyak pelumas, waxes (lilin), greases (gemuk), aspal dan kokas.

10.7.3. Kalor pembakaran bahan bakar

Bahan bakar merupakan sumber energi utama yang dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari. Para ibu rumah tangga mengandalkan gas elpiji atau minyak tanah sebagai sumber panas yang dipergunakan untuk memasak. Kendaraan bermotor menggunakan bensin atau *gasoline* dan solar untuk sebagai sumber energi untuk menggerakkan mesin. Pembangkit listrik tenaga diesel juga menggunakan bahan bakar minyak bakar untuk membangkitkan listrik. Bagaimana bahan bakar dibakar dan menghasilkan energi merupakan hal yang sangat kita butuhkan. Beberapa senyawa-senyawa yang ada dalam minyak bumi merupakan contoh mudah kita amati.

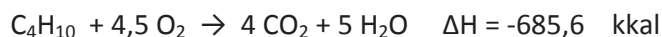
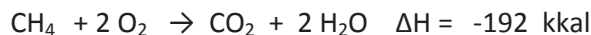
Misalnya gas butana yang ada dalam gas elpiji :



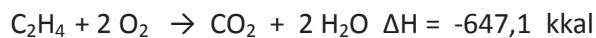
Untuk setiap mol dihasilkan 685,6 kkal, anda dapat mengecek berapa kg gas yang ada di dapur dan kamu dapat menghitung berapa panas yang dihasilkan.

Contoh lainnya kita ambil dari beberapa senyawa yang tergolong dalam kelompok parafin, olefin dan naften.

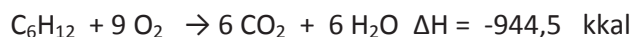
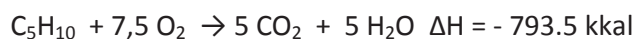
Parafin :



Olefin :



Naften :



Dari data diatas tampak bahwa semakin banyak jumlah atom karbon mengapa semakin besar panas yang dihasilkan yang diindikasikan dengan besarnya ΔH yang dihasilkan.

10.8. Termodinamika

Dalam pembahasan termodinamika sebaiknya kita mencoba mencermati sistem dan lingkungan. Jika suatu reaksi menghasilkan energi, maka energi mengalir dari sistem ke lingkungan. Demikian pula jika reaksi membutuhkan energi, energi akan mengalir dari lingkungan ke system (Gambar 10.22). Sehingga jelas bahwa energi yang lepas sama dengan energi yang diterima, tidak ada energi yang hilang merupakan prinsip kekekalan energi atau hukum pertama termodinamika.

Jika sistem menyerap energi/kalor, maka sebagian energi dipergunakan untuk melakukan kerja (W), seperti menyeimbangkan dengan keadaan luar. Sebagian lagi disimpan dalam sistem dan dipergunakan untuk penyusunan atau penataan atom-atom dalam reaksi kimia. Energi yang disimpan ini disebut dengan Energi dalam dengan lambang E .

Jika sebuah sistem menyerap energi dan tidak melakukan usaha, maka energi/kalor yang diserap sama dengan Energi dalam, dalam hal ini

$$q = \Delta E$$

Jika energi yang diserap dipergunakan untuk melakukan usaha dan juga untuk perubahan kimia, maka total

L : Lingkungan, bagian luar dari sistem



S : Sistem. tempat berlangsungnya reaksi dan menjadi pusat perhatian

Hukum Pertama

$$q \text{ dilepas} = q \text{ diterima}$$

pada V tetap

$$q = \Delta E$$

pada p tetap

$$q = \Delta H$$

$$\Delta H = E + pV$$

Gambar 10.22. Sistem dan lingkungan dan hubungan antara kalor, energi dalam dan entalphi

energi yang dipergunakan sebesar W yang setara dengan pV . Juga digunakan untuk reaksi kimia sebesar E , kuantitas energi ini dikenal dengan Entalpi (H), sehingga $H = E + pV$ (Gambar 10.21). Kalor atau energi yang diserap pada tekanan tetap setara dengan;

$$q = \Delta H$$

10.8.1. Hukum kedua termodinamika

Hukum kekekalan energi tidak dapat menjawab tentang energi yang terkait dengan karakteristik reaksi kimia, Apakah energi yang diserap atau dilepas dari sistem dapat menjelaskan kecenderungan sebuah kimia berlangsung secara spontan atau secara tidak spontan, juga tidak dapat menjelaskan kemana arah reaksi, apakah reaksi reversibel (dapat balik) atau tak reversibel (tidak dapat balik). Selanjutnya hukum ini juga tidak mampu menjelaskan apakah reaksi kimia dapat berlangsung atau tidak dapat berlangsung. Penjelasan tentang kalor dengan reaksi kimia dijelaskan oleh fungsi-fungsi keadaan baru.

10.8.2. Entropi (S)

Jika kita membuka botol parfum, maka kita mencium aroma yang harum. Harum yang kita buka terkait dengan sifat senyawa yang mudah menguap suhu kamar, dapat kita katakan zat tersebut memiliki kecenderungan untuk terurai. Kecenderungan zat terurai atau berlangsungnya reaksi secara spontan dapat dijelaskan dengan perubahan entropi yang disederhanakan ke dalam;

$$\Delta S \geq \frac{q}{T}$$

ΔS = Perubahan entropi

q = kalor

T = temperatur (K)

Secara umum peningkatan entropi dalam suatu proses selalu lebih besar atau sama dengan kalor yang diserap dalam temperatur tertentu. Agar lebih fokus dan sederhana, dijabarkan kedalam

$$\Delta S > \frac{q}{T} \dots (1)$$

$$\Delta S = \frac{q}{T} \dots (2)$$

Pertidaksamaan yang pertama menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara spontan dan proses tidak reversibel, proses tidak dapat berubah pada arah yang berlawanan dengan hanya memberikan perubahan yang kecil pada salah satu variabelnya. Sedangkan bentuk persamaan (persamaan kedua) menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung pada arah yang berlawanan.

Jika terhadap sistem diberikan satu perubahan kecil pada salah satu variabelnya.

Untuk reaksi dengan nilai entropi;

$$\Delta S < \frac{q}{T}$$

menunjukkan reaksi yang tidak mungkin berlangsung secara spontan.

Kombinasi hukum termodinamika pertama dan kedua dengan menghubungkan fungsi keadaan entalpi (dengan proses pada tekanan tetap). Kombinasi ini dapat memberikan informasi yang sederhana kepada kita tentang apakah reaksi dapat berlangsung atau tidak berlangsung, proses detail perhatikan Bagan 10.24. Kombinasi ini menghasilkan Persamaan Energi bebas Gibbs yang didapat dari persamaan entropi dan entalpi. Hal ini mengindikasikan bahwa selisih atau tidak selisih dari kedua fungsi keadaan memberikan informasi baru tentang keadaan reaksi.

Sehingga energi bebas Gibbs didefinisikan sebagai energi yang menyertai reaksi merupakan ukuran pasti kecenderungan reaksi. Nilai energi bebas Gibbs mengindikasikan apakah reaksi berlangsung sampai akhir atau tidak, dengan persamaan

Persamaan tersebut adalah :

$$G = H - TS$$

$$\Delta G_{T,p} \leq 0$$

dimana ΔG = Energi bebas Gibbs.

Jika ΔG sangat besar dan tandanya negatif menunjukkan bahwa reaksi berlangsung sampai akhir, sebaliknya jika ΔG bernilai kecil dan bertanda negatif menunjukkan ada kemungkinan reaksi berlangsung pada satu arah sampai pada titik tertentu untuk reaksi selanjutnya akan menjadi nol dan reaksi berjalan pada arah balik. Pada kondisi $\Delta G = 0$, reaksi dikatakan secara termodinamika reversibel.

10.8.3. Hukum ketiga termodinamika

Berdasarkan persamaan $\Delta S \geq \frac{q}{T}$ perubahan entropi

suatu zat dapat mencapai nilai absolutnya pada suhu tertentu, sehingga pengukuran perubahan entropi dari satu suhu tersebut ke suhu lainnya.

Bagan 10.24. Penurunan Energi bebas Gibbs dari entropi

keseimbangan

$$\Delta S = \frac{q}{T}$$

(p, tetap)

$$\Delta S = \frac{H}{T}$$

$$T\Delta S = H$$

pertidaksamaan

$$T\Delta S \neq H$$

$$G = H - T\Delta S$$

persamaan, keseimbangan

$$G_{T,p} = 0$$

Hukum ketiga termodinamika memberikan dasar untuk menetapkan entropi absolut suatu zat, yaitu entropi setiap kristal sempurna adalah nol pada suhu nol absolut atau nol derajat Kelvin (K). Pada keadaan ini setiap atom pada posisi yang pasti dan memiliki energi dalam terendah.

Entropi dan energi bebas Gibbs juga merupakan fungsi keadaan sehingga kedua besaran ini memiliki nilai pada keadaan standart, seperti halnya dengan entalpi. Hasil pengukuran standart untuk entropi dan Energi bebas Gibbs juga dilakukan pada keadaan 25°C dan dengan tekanan 1 atm.

Energi bebas Gibbs pembentukan standart memiliki arti perubahan energi bebas yang menyertai reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsur penyusunnya. Demikian pula untuk entropi standart yang dapat dipergunakan untuk menentukan entropi reaksi sebagai harga pembandingnya. Entropi dan Energi bebas Gibbs standart pembentukan, disajikan pada Tabel 10.5.

Tabel 10.5. Entropi dan Energi bebas Gibbs pembentukan standart yang diukur pada 25°C tekanan 1 atm

Senyawa	S° [J/K.mol]	ΔG°_f [kJ/mol]
Ag ₂ O _(s)	121.3	-11.21
Br ₂ (l)	152.23	
Br ₂ (g)	245.35	
C (s)	5.74	0
CH ₃ OH (l)	126.8	-166.36
CH ₃ OH (g)		-162.00
CO _(g)	197.56	-137.15
CO ₂ (g)	213.68	-394.37
Cl ₂ (g)	222.96	0
Cl ₂ O _(g)	266.10	97.9
H ₂ (g)	130.57	0
H ₂ O _(l)	69.95	-237.19
H ₂ O _(g)	188.72	-228.58
NO _{2(g)}	239.95	51.30
N ₂ O _{4(g)}	304.18	97.82
PCl ₃ (l)	217.1	-272.4
PCl ₃ (g)	311.7	-267.8

RANGKUMAN

1. Setiap perubahan kimia atau reaksi kimia selalu diikuti oleh perubahan energi, perubahan energy dalam bentuk panas (thermo) dan dalam bentuk listrik (electro), sehingga pengkajian reaksi kimia dan energi yang menyertai reaksi dalam bentuk panas dikenal dengan termokimia sedangkan energi dalam bentuk listrik dikenal dengan elektrokimia.
2. Entalpi (H) didefinisikan sebagai kandungan energi dari suatu zat pada tekanan tetap. Karena tidak mungkin mengukur entalpi, maka yang diukur adalah perubahan entalpi (ΔH).
3. Untuk reaksi eksoterm adalah reaksi yang menghasilkan panas/kalor. Pada reaksi ini ΔH bernilai negatif, sehingga ΔH produk lebih kecil dibandingkan dengan ΔH reaktan.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -94 \text{ Kkal/mol}$$
4. Untuk reaksi endoterm merupakan reaksi yang menyerap panas, ΔH reaksi ini bernilai positif, sehingga ΔH produk lebih besar dibandingkan dengan ΔH reaktannya.

$$CO_2 + 2 SO_2 \rightarrow CS_2 + 3 O_2 \quad \Delta H = 1062.5 \text{ kJ/mol}$$
5. Hubungan satuan energi dari persamaan diatas adalah : 1 kJ/mol = 0.24 Kkal/mol
6. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Hukum ini merupakan hukum termodinamika pertama dan menjadi dasar pengembangan hukum tentang energi selanjutnya.
7. Marquis de Laplace 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.
 Pembentukan : $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -94 \text{ Kkal}$
 Penguraian : $CO_2 \rightarrow C + O_2 \quad \Delta H = +94 \text{ Kkal}$
8. Dari sisi tanda, tampak jelas perbedaan antara entalpi reaksi dengan kalor reaksi, jika entalpi bernilai positif maka kalor reaksi bernilai negatif, demikian pula sebaliknya jika entalpi negatif maka kalor reaksi positif.
9. Entalpi pembentukan adalah entalpi reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) adalah entalpi reaksi pembentukan yang diukur pada 25°C dengan tekanan 1 atm.
10. Entalpi penguraian merupakan kebalikan dari entalpi pembentukan, yaitu entalpi reaksi penguraian dari satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. Jika pengukuran entalpi pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, maka kita akan dapatkan entalpi penguraian standar (ΔH_d°).

11. Entalpi pembakaran standar adalah entalpi reaksi pembakaran sempurna satu mol senyawa dengan oksigen yang diukur pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, lambang entalpi pembakaran standar adalah ΔH_c° .
12. Entalpi pelarutan adalah entalpi reaksi pelarutan dari satu mol senyawa kedalam pelarut dan menjadi larutan encer. Entalpi pelarutan standar hasil pengukuran pada 25°C dengan tekanan 1 atm dilambangkan dengan ΔH_s° .
13. Energi ikatan atau energi ikat merupakan energi yang dipergunakan untuk memutuskan ikatan antar atom dari satu mol senyawa dalam bentuk gas dan dihasilkan atom-atom gas.
14. Perhitungan entalpi reaksi berdasarkan energi ikat:

$$\Delta H = \sum \text{Energi ikat senyawa yang diputus} - \sum \text{Energi ikat senyawa yang dibentuk}$$

15. Energi yang lepas sama dengan energi yang diterima, tidak ada energi yang hilang merupakan prinsip kekekalan energi atau hukum pertama termodinamika.
16. Minyak bumi memiliki adalah senyawa hidrokarbon (Hidrogen-karbon) dan berupa campuran. Senyawa hidrokarbon sebanyak 50-98% berat, dan sisanya merupakan senyawa organik yang mengandung belerang, oksigen, dan nitrogen serta senyawa-senyawa anorganik seperti vanadium, nikel, natrium, besi, aluminium, kalsium, dan magnesium.
17. Hasil pengolahan minyak bumi merupakan bahan bakar dan dapat digolongkan kedalam beberapa kelompok; gas-gas hidrokarbon ringan, bensin (gasoline), kerosin, bahan bakar pesawat jet dan minyak diesel, minyak bakar dan produk-produk lainnya
18. Gas hidrokarbon ringan merupakan senyawa parafin dengan titik didih normal <30°C pada tekanan satu atmosfer berwujud gas, seperti metana, etana, propana, dan n-butana.
19. Produk utama pengolahan minyak bumi awalnya adalah Bensin yang merupakan campuran kompleks dari ratusan hidrokarbon dan memiliki rentang titik didih antara 30-200°C.
20. Kerosin disebut juga dengan minyak tanah dan digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga, memiliki rentang titik antara 175-275 °C.

21. Bahan bakar pesawat jet memiliki dua daerah rentang titik didih, yang pertama antara 175-290°C dan dengan kadar aromatik maksimum 20% volum di pergunakan untuk keperluan sipil.
22. Sedangkan untuk keperluan militer rentang didihnya antara 65-290 °C dengan kadar aromatik maksimum 25% volum.
23. Minyak diesel adalah bahan bakar untuk mesin diesel sering disebut dengan solar, memiliki rentang titik didih antara 175-340°C.
24. Sedangkan untuk mesin diesel kereta api rentang titik didihnya antara 180-370 °C.
25. Produk minyak bakar dibagi dalam lima jenis yaitu minyak bakar no. 1, no. 2, no. 4, no. 5 dan no. 6, dengan kegunaan yang berbeda, namun secara keseluruhan diolah sebagai bahan bakar.
26. Produk-produk lain dari proses pengolahan minyak bumi, masih sangat bermanfaat seperti minyak pelumas, waxes (lilin), greases (gemuk), aspal dan kokas.
27. Kecenderungan berlangsungnya reaksi atau kespontanan dapat dijelaskan dengan perubahan yang disederhanakan kedalam;

$$\Delta S \geq \frac{q}{T}$$

28. Energi bebas Gibbs didefinisikan sebagai energi yang menyertai reaksi yang merupakan ukuran pasti kecenderungan reaksi.
29. Nilai energi bebas Gibbs mengindikasikan apakah reaksi berlangsung sampai akhir atau tidak, dengan persamaan

$$G = H - TS$$

$$\Delta G_{T,p} \leq 0$$

UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang benar

- Diketahui reaksi-reaksi berikut:
 $S(p) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \quad \Delta H = A \text{ Kkal}$
 $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = B \text{ Kkal}$
 Perubahan entalpi (ΔH) untuk reaksi berikut:
 $2S(p) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ adalah:
 - (A + B) Kkal
 - (2A + B) Kkal
 - (2A - B) Kkal
 - (A + 2B) Kkal
- Kalor pembentukan $AgNO_3 = 23 \text{ Kkal/mol}$ Pernyataan ini dapat ditulis:
 - $Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgNO_3 + 23 \text{ Kkal}$
 - $2 Ag(p) + N_2(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2 AgNO_3 + 46 \text{ kkal}$
 - $2 Ag(p) + 2 HNO_3 \rightarrow 2 AgNO_3 + 46 \text{ Kkal}$
 - $Ag_2O(p) + N_2O_5(g) \rightarrow 2 AgNO_3 + 46 \text{ Kkal}$
- Jika diketahui kalor pembentukan $Fe_3O_4 = 226 \text{ Kkal}$ dan kalor pembentukan $H_2O(g) = 58 \text{ Kkal}$, maka kalor reduksi
 $3 Fe + 4 H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$ adalah:
 - 6 Kkal
 - 208 Kkal
 - 324 Kkal
 - 498 Kkal
- Persamaan reaksi $2 CO + O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 136,6 \text{ Kkal}$ menyatakan bahwa pembakaran 1 mol CO terjadi perubahan entalpi sebesar:
 - 136,6 Kkal
 - 136,5 Kkal
 - 68,3 Kkal
 - 68,3 Kkal
- Pada dasarnya reaksi kimia adalah peristiwa:
 - Perubahan wujud
 - Pembentukan ikatan
 - Pemutusan ikatan
 - Pemutusan dan pembentukan ikatan
- Pada suatu reaksi kimia jika terjadi perpindahan energi dari sistem ke lingkungan, maka energi yang dipindahkan ini berasal dari
 - Zat – zat yang bereaksi
 - Zat – zat hasil reaksi
 - Gesekan selama reaksi
 - Perubahan wujud zat

7. Suatu reaksi kimia dikatakan eksoterm jika terjadi perpindahan panas dari
- Lingkungan ke sistem
 - Sistem ke lingkungan
 - Reaksi ke sistem
 - Lingkungan ke reaksi
8. Jika pada reaksi $\text{N}_{2(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NO}_{2(g)}$ dibutuhkan panas sebesar 16,2 Kkal, maka ΔH panas pembentukan NO_2 adalah:
- 16,2 Kkal
 - 16,2 Kkal
 - 8,1 Kkal
 - 8,1 Kkal
9. Dari reaksi:
- $$2 \text{C}_2\text{H}_2(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightarrow 4 \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -674 \text{ Kkal}$$
- Harga perubahan entalpi diatas menunjukkan:
- ΔH pembentukan C_2H_2 dan unsur-unsurnya
 - ΔH pembentukan 1 mol C_2H_2 secara semourna
 - ΔH pembentukan CO_2 dari reaksi C_2H_2 dan O_2
 - ΔH reaksi 2 mol C_2H_2 dengan O_2
10. Untuk menguraikan 17 gram $\text{NH}_3(g)$ (BM = 17) menjadi unsur-unsurnya diperlukan energi 11 Kkal, maka panas pembentukan $\text{NH}_3(g)$ adalah:
- 11 Kkal/mol
 - 11/17 Kkal/mol
 - 11 Kkal/mol
 - 14 Kkal/mol
11. Kalor lebur yang diperlukan suatu zat pada waktu zat tadi melebur adalah:
- Menaikkan suhu
 - Mematahkan energi ikatan kisi
 - Mengubah padat menjadi wujud gas
 - Mempertahankan temperatur tetap
 - Mempercepat proses peleburan
13. Diketahui :
- $$\begin{aligned} \text{C} + 2\text{S} &\rightarrow \text{CS}_2 && - 19,7 \text{ Kkal} \\ \text{S} + \text{O}_2 &\rightarrow \text{SO}_2 && +71,2 \text{ Kkal} \\ \text{C} + \text{O}_2 &\rightarrow \text{CO}_2 && +79,8 \text{ Kkal} \\ \text{CS}_2 + 3\text{O}_2 &\rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2 + \text{X Kkal} \end{aligned}$$
- Harga X adalah
- 319,7 Kkal
 - 241,9 Kkal
 - 188,7 Kkal
 - 149,3 Kkal

14. Dalam suatu proses dimana sistem melakukan kerja sebesar 60 Kkal, sistem tersebut mengalami penurunan energi dalam sebesar 30 Kkal. Dapat disimpulkan bahwa kalor dari proses tersebut adalah:
- 90 Kkal
 - 30 Kkal
 - 60 Kkal
 - 60 Kkal
15. Entalpi pembentukan standart karbon dioksida sama dengan -34,3 kJ/mol. Yang manakah di bawah ini yang merupakan entalpi pembakaran standart dari karbon dinyatakan dalam kJ/mol.
- 34.3
 - +34.3
 - +197
 - 197
16. Pada reaksi pembentukan $\text{NO}_{(g)}$ berikut:
- $$\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NO}_{(g)}$$
- Kalor reaksinya adalah + 43,2 Kkal.
 Karena reaksi berlangsung tanpa perubahan volume, maka perubahan energi dalam (ΔU) adalah:
- 43,2 Kkal
 - 21,6 Kkal
 - 21,6 Kkal
 - 43,2 Kkal
17. Pasangan perubahan manakah dibawah ini yang mengakibatkan suatu sistem kimia mengalami reaksi spontan:
- Berkurangnya entalpi dan entropi
 - Bertambahnya entalpi dan entropi
 - Entalpi bertambah, entropi konstan
 - Entalpi berkurang, entropi bertambah
18. Jika A dan B adalah dua buah unsur gas yang dapat membentuk senyawa AB. Jika diketahui:
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(g)} \quad \Delta H = X$$
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(l)} \quad \Delta H = Y$$
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(s)} \quad \Delta H = Z$$
- Maka kalor sublimasi $\text{AB}_{(s)}$ adalah:
- $X - Z$
 - $X + Y + Z$
 - $Z - X$
 - $X - Y - Z$

Bab 11. Sifat Koligatif dan Koloid

Standar Kompetensi

Memahami koloid, suspensi dan larutan sejati

Kompetensi Dasar

Mengidentifikasi koloid, suspensi dan larutan sejati

Membedakan macam dan sifat koloid

Menerapkan system koloid dalam kehidupan

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat menjelaskan sifat koligatif larutan
2. Siswa dapat mengenal beberapa sifat koligatif larutan
3. Siswa dapat mendeskripsikan system dispers
4. Siswa mampu menyebutkan jenis-jenis koloid
5. Siswa dapat menyebutkan cara-cara membuat koloid
6. Siswa dapat menyebutkan teknik pemisahan koloid
7. Siswa dapat menyebutkan manfaat koloid dalam kehidupan sehari-hari

11.1. Sifat Koligatif Larutan

Dalam proses pembuatan larutan sudah banyak kita bahas sifat-sifat kimia. Bercampurnya zat terlarut dengan pelarut tidak hanya memberikan perubahan sifat kimia namun juga perubahan sifat fisika. Sifat-sifat ini muncul karena keberadaan partikel-partikel zat terlarut. Kita ambil contoh dalam kehidupan sehari-hari, jika kita memasak air tentu akan mendidih pada suhu 100°C , namun jika kita masukkan garam ke dalamnya terjadi perubahan suhu mendidihnya. Dalam hal ini tentunya akan terjadi penambahan energi tidak hanya untuk meningkatkan suhu air, namun juga untuk meningkatkan suhu garam. Karena sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jumlah partikel, maka konsentrasi larutan yang dipergunakan adalah fraksi zat terlarut dalam fraksi totalnya atau fraksi pelarut di dalam fraksi totalnya, yang dinyatakan dalam fraksi mol zat (X). Satuan konsentrasi yang juga dipergunakan adalah rasio berat zat terlarut dalam larutannya yaitu molalitas (m), ingat Bab 3, konsentrasi larutan.

Perubahan sifat-sifat ini tidak terbatas pada hanya pada titik didih, namun juga terhadap titik beku dan tekanan uap jenuh serta tekanan osmotik larutan.

11.1.1. Penurunan Tekanan Uap Jenuh

Penurunan tekanan uap jenuh larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (fraksi mol) dari zat terlarut semakin besar. Tekanan uap suatu zat cair lebih tinggi dari tekanan uap jenuh larutan, perhatikan Gambar 11.1.

Roult meneliti dan banyak melakukan eksperimen dalam berbagai campuran zat dan dia menyimpulkan hubungan antara penurunan tekanan uap suatu zat cair dengan konsentrasi larutannya, Hasil ekperimennya mengantarkan Roult untuk menyederhanakan fenomena tersebut kedalam persamaan seperti dibawah ini :

$$P = P^0 \cdot X_A$$

dimana;

P = tekanan uap jenuh larutan

P^0 = tekanan uap jenuh pelarut murni

X_A = fraksi mol pelarut

Sedangkan penurunan tekanan uap jenuh diakibatkan karena adanya fraksi zat terlarut di dalam pelarut.

Sehingga besarnya penurunan sangat tergantung pada fraksi zat ini yang dinyatakan dalam persamaan;

$$\Delta P = P^0 \cdot X_B$$

dimana

ΔP = penurunan tekanan uap jenuh pelarut

P^0 = tekanan uap jenuh pelarut murni

X_B = fraksi mol zat terlarut

Dari hubungan di atas maka didapat, tekanan uap jenuh larutan:

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

P = tekanan uap larutan

ΔP^0_A = penurunan tekanan uap jenuh larutan

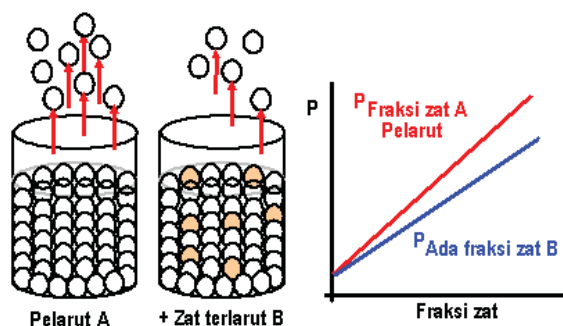
P^0_A = tekanan uap jenuh pelarut murni

Untuk lebih mudah memahaminya mari kita perhatikan contoh soal dibawah ini,

Di dalam air terlarut 18% berat glukosa dimana diketahui tekanan uap air pada suhu 30°C adalah 0,7 atm.

- tentukan penurunan tekanan uap jenuh air
- tentukan tekanan uap jenuh larutan pada suhu 30°C

Perhatikan cara penyelesaian soal ada pada bagan 11.2. disebelah.



Gambar 11.1. Pengaruh adanya zat terlarut terhadap tekanan uap pelarut A murni dan adanya zat terlarut B

Bagan 11.2 Pengaruh adanya zat terlarut terhadap tekanan uap pelarut A murni dan adanya zat terlarut B

Beberapa asumsi kita pergunakan yaitu jika berat larutan adalah 100 gram, sehingga kita dapat menentukan berat zat dari zat terlarut Glukosa dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$

Misalkan berat larutan = 100 gram

$$\begin{aligned} \text{Glukosa } (C_6H_{12}O_6) &= 18\% \times 100 = 18 \text{ gram} \\ &= 18/180 \text{ mol} \\ &= 0,1 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air } (H_2O) &= 100 - 18 \text{ gram} = 82 \text{ gram} \\ &= 82/18 \text{ mol} \\ &= 4.56 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Fraksi mol } C_6H_{12}O_6 = \frac{0,1}{0,1 + 4.56} = 0,02$$

- Penurunan tekanan uap jenuh air (pelarut):

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^0 \cdot X_B \\ &= 0,7 \cdot 0,02 \\ &= 0,015 \text{ atm} \end{aligned}$$

Dengan mengetahui jumlah perubahan tekanan uap maka dapat ditentukan tekanan uap jenuh larutan;

- Tekanan uap jenuh larutan

$$\begin{aligned} P &= P^0_A - \Delta P_A \\ &= 0,7 - 0,069 \\ &= 0,631 \text{ atm} \end{aligned}$$

11.1.2. Jumlah partikel larutan elektrolit dan non elektrolit

Sebelum kita bahas kenaikan titik didih dan penurunan titik beku, terlebih dahulu kita bedakan Larutan elektrolit dan larutan non elektrolit dalam kaitannya kandungan partikelnya. Kedua larutan ini walaupun memiliki konsentrasi larutan yang sama, namun memiliki jumlah partikel yang berbeda. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terurai menjadi ion-ion sedangkan larutan non elektrolit tidak terionisasi.

Untuk larutan non elektrolit, tidak terionisasi



Hanya melarut dan terpecah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Sedangkan larutan elektrolit, mengalami ionisasi seperti:



Pada kasus HCl merupakan elektrolit kuat, sehingga semua terionisasi, jika elektrolit tersebut hanya terionisasi sebagian, maka perlu cara lain untuk melihat banyaknya partikel yang terionisasi seperti yang disajikan pada bagan 11.3.

11.1.3. Kenaikan titik didih

Hasil eksperimen Roul menunjukkan bahwa Kenaikan titik didih larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (molal) dari zat terlarut semakin besar. Titik didih larutan akan lebih tinggi dari titik didih pelarut murni. Hal ini juga diikuti dengan penurunan titik beku pelarut murni, atau titik beku larutan lebih kecil dibandingkan titik beku pelarutnya. Hasil eksperimen ini disederhanakan dalam Gambar 11.4.

Roul menyederhanakan ke dalam persamaan

$$T_b = k_b \cdot m$$

T_b = kenaikan titik didih larutan

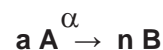
k_b = tetapan kenaikan titik didih molal pelarut
(kenaikan titik didih untuk 1 mol zat dalam 1000 gram pelarut)

m = molal larutan (mol/100 gram pelarut)

Perubahan titik didih atau ΔT_b merupakan selisih dari titik didih larutan dengan titik didih pelarutnya, seperti persamaan : $\Delta T_b = T_b - T_b^0$

Bagan 11.3. Jumlah partikel yang terjadi pada proses ionisasi sebagian

Jika reaksi ionisasi dengan derajat ionisasi α .



Zat A mula-mula : a mol

Zat A yang terurai : $a \alpha$ mol

Zat A yang tersisa : $a - a \alpha$ mol
: $a (1-\alpha)$ mol

Zat B yang terbentuk : $n a \alpha$ mol

Jumlah mol sesudah ionisasi :
Zat A sisa + Zat B yang terbentuk

Jumlah mol sesudah ionisasi

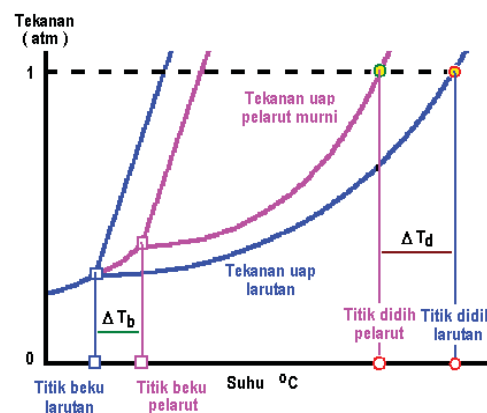
: $a (1-\alpha) m + n a \alpha$

: $a [1 + (n-1) \alpha]$

Perbandingan jumlah mol sesudah dan sebelum ionisasi adalah

$$\frac{a[1 + (n-1)\alpha]}{a}$$

: $1 + (n-1) \alpha$



Gambar 11.4. Diagram tekanan dan suhu untuk titik didih dan titik beku dari pelarut dan larutan

Hal yang berpengaruh pada kenaikan titik didih adalah harga k_b dari zat pelarut. Kenaikan tidak dipengaruhi oleh jenis zat yang terlarut, tapi oleh jumlah partikel/mol terlarut khususnya yang terkait dengan proses ionisasinya.

Untuk zat terlarut yang bersifat elektrolit persamaan untuk kenaikan titik didih harus dikalikan dengan faktor ionisasi larutan, sehingga persamaannya menjadi :

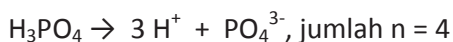
$$\Delta T_b = k_b \cdot m [1 + (n - 1) \alpha]$$

dimana

n = jumlah ion-ion dalam larutan

α = derajat ionisasi

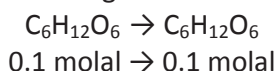
Contoh jumlah ion untuk beberapa elektrolit:



Agar mudah dimengerti kita ambil perhitungan kenaikan titik didih untuk zat non-elektrolit dan non elektrolit sebagai perbandingannya.

Sebuah larutan gula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ dengan konsentrasi sebesar 0.1 molal, jika pelarutnya air dengan harga $k_b = 0.52 \text{ }^\circ\text{C/molal}$. Tentukan titik didih larutan tersebut.

Larutan gula tidak mengalami ionisasi sehingga,



$$\Delta T_b = k_b \cdot m$$

$$\Delta T_b = 0.52 \cdot 0.1$$

$$\Delta T_b = 0.052^\circ\text{C}$$

Diketahui titik didih air adalah 100°C , maka titik didih larutan adalah

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

$$T_b = 100 + 0.052$$

$$T_b = 100.052 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sekarang coba kita bandingkan dengan zat yang dapat terionisasi : Sebuah larutan 0.1 molal H_2SO_4 , zat tersebut merupakan asam kuat dengan derajat ionisasi $\alpha = 1$. jika pelarutnya air, dan harga k_b air = $0.52 \text{ }^\circ\text{C/molal}$.

Tentukan titik didih larutan tersebut.

Penyelesaian soal ini ditampilkan pada Bagan 11.5. di sebelah.

Bagan 11.5. Penyelesaian soal Titik didih larutan elektrolit.



$$\alpha = 1$$

$$m = 0.1 \text{ molal}$$

$$k_b \text{ air} = 0.52 \text{ }^\circ\text{C/molal}$$

Perubahan Titik didihnya adalah

$$\Delta T_b = k_b \cdot m [1 + (n - 1) \alpha]$$

$$\Delta T_b = 0.52 \cdot 0.1 [1 + (3 - 1) \cdot 1]$$

$$\Delta T_b = 0.52 \cdot 0.3$$

$$\Delta T_b = 0.156 \text{ }^\circ\text{C}$$

Titik didih larutan

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

$$T_b = 100 + 0.156$$

$$T_b = 100.156 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jadi tampak jelas bahwa terjadi perbedaan didih larutan elektrolit dan non elektrolit walaupun konsentrasinya sama-sama 0.1 molal

11.1.4. Penurunan Titik Beku

Seperti tampak pada diagram pada Gambar 10.4 bahwa kenaikan titik didih diikuti dengan penurunan titik beku suatu larutan. Jika konsentrasi (dalam molalitas) dari zat terlarut semakin besar, maka titik beku larutan semakin kecil. Selisih antara titik beku larutan dengan titik beku pelarut disebut penurunan titik beku. Hubungan penurunan titik beku larutan dengan konsentrasi larutan disederhanakan dalam persamaan dan persamaan ini untuk larutan non elektrolit :

$$\Delta T_f = k_f \cdot m$$

ΔT_f = penurunan titik beku

k_f = tetapan penurunan titik beku dari zat pelarut

m = molal larutan

Untuk larutan elektrolit berlaku persamaan :

$$\Delta T_f = k_f \cdot m [1 + (n - 1) \alpha]$$

Hubungan antara perubahan titik beku dengan larutan ditunjukkan oleh persamaan :

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

ΔT_f = penurunan titik beku

T_f = titik beku larutan

T_f^0 = titik beku pelarut

Untuk lebih mudah menggunakan persamaan penurunan titik beku larutan perhatikan contoh soal dibawah ini:

Sebuah senyawa sebanyak 0,6 mol terdapat dalam 150 gram benzol, jika diketahui k_f untuk senyawa benzol adalah $4,9 \text{ }^\circ\text{C/mol}$ dan titik bekunya = $5,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Tentukan Penurunan titik beku dan titik beku larutan. Penyelesaian dalam Bagan 10.6 disebelah.

Sebagai bahan pembanding kita dapat tentukan juga penurunan titik beku larutan untuk senyawa elektrolit seperti Asam sulfat.

Larutan 0.1 molal H_2SO_4 , zat tersebut merupakan asam kuat dengan derajat ionisasi $\alpha = 1$. jika pelarutnya air, dan harga k_f air = $2.86 \text{ }^\circ\text{C/molal}$. Tentukan titik beku larutan tersebut. Penyelesaian pada Bagan 11.6.

Bagan 11.6. Penyelesaian soal Titik beku larutan non-elektrolit

Penurunan titik beku;

$$\Delta T_f = k_f \cdot m$$

$$\text{konsentrasi larutan} = \frac{0,6 \text{ mol}}{100 \text{ gram benzol}}$$

maka dalam 100 gram benzol akan terdapat:

$$1000 \times \frac{0,6}{150} = 4 \text{ mol (m)}$$

$$\Delta T_f = 4,9 \times 4 = 19,6^\circ\text{C}$$

$$\text{Jadi penurunan titik beku} = 19,6^\circ\text{C}$$

Titik beku larutan:

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

$$19,6 = 5,6 - T_f$$

$$T_f = -14$$

Maka titik beku larutan = $-14 \text{ }^\circ\text{C}$

Bagan 10.6. Penyelesaian soal Titik beku larutan elektrolit



$$\alpha = 1$$

$$m = 0.1 \text{ molal}$$

$$k_f \text{ air} = 2.86 \text{ }^\circ\text{C/molal}$$

Perubahan Titik didihnya adalah

$$\Delta T_f = k_f \cdot m [1 + (n - 1) \alpha]$$

$$\Delta T_f = 2.86 \cdot 0.1 [1 + (3-1) \cdot 1]$$

$$\Delta T_f = 2.86 \cdot 0.3$$

$$\Delta T_f = 0.858 \text{ }^\circ\text{C}$$

Titik didih larutan

$$\Delta T_f = T_f - T_f^0$$

$$T_f = 0 - 0.858$$

$$T_f = -0.858 \text{ }^\circ\text{C}$$

11.2. Tekanan Osmotik

Osmosis adalah proses merembesnya atau mengalirnya pelarut ke dalam larutan melalui selaput semipermeabel. Proses perembesan hanya terjadi dari larutan yang mempunyai konsentrasi yang kecil ke dalam larutan berkonsentrasi besar.

Selaput permeabel merupakan selaput yang hanya dapat dilewati oleh partikel-partikel dengan ukuran tertentu.

Tekanan osmotik atau osmosa adalah tekanan yang diperlukan, sehingga terjadi penghentian aliran pelarut ke dalam larutan. Pada Gambar 11.7 besarnya tekanan setara dengan perubahan dari Δh .

Dalam hubungannya dengan konsentrasi larutan Van het Hoff menyimpulkan bahwa Tekanan osmotik larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (Molar) dari zat terlarut semakin besar.

Menurut Van Het Hoff, maka berlaku:

$$\pi = C.R.T$$

π = tekanan osmosa (dalam atm)

C = konsentrasi zat terlarut mol/L

R = konstanta gas = 0,082 atm.L/mol.K

T = suhu dalam $^{\circ}\text{K}$

Tekanan osmosa 17 gram suatu zat dalam 1 liter larutan pada suhu 27°C adalah 1,5 atm. Berapakah berat molekul zat tersebut?

Persamaan tekanan osmosa

$$\pi = C.R.T$$

$$\pi = 1.5 \text{ atm}$$

$$R = 0.082 \text{ atm.L/mol.K}$$

$$T = 273 + 27 = 300^{\circ}\text{K}$$

$$1,5 = C \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$C = 0.061 \text{ mol/L}$$

BM dari zat tersebut adalah

$$\text{mol} = \frac{\text{Berat}}{\text{Mr}}$$

$$\text{Mr} = 278.$$



Gambar 11.7. Percobaan perembesan larutan melalui membran semi permeabel

RANGKUMAN

1. Bercampurnya zat terlarut dengan pelarut tidak hanya memberikan perubahan sifat kimia namun juga perubahan sifat fisika. Sifat-sifat ini muncul karena keberadaan partikel-partikel zat terlarut. Perubahan sifat meliputi titik didih, titik beku, tekanan uap jenuh dan tekanan osmotik larutan.
2. Rault menyimpulkan hubungan antara penurunan tekanan uap suatu zat cair dengan konsentrasi larutannya dalam persamaan $\Delta P = P^0 \cdot X_B$, dimana ΔP = perubahan tekanan uap larutan, P^0 = tekanan uap jenuh pelarut murni dan X_B = fraksi mol pelarut.
3. Untuk larutan non elektrolit hanya melarut dan terpecah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Sedangkan larutan elektrolit, mengalami ionisasi sehingga perlu kalikan dengan persamaan $1 + (n-1) \alpha$, dimana: i = faktor ionisasi, n = jumlah ion dan α = derajat ionisasi.
4. Kenaikan titik didih larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (molal) dari zat terlarut semakin besar.
 $\Delta T_b = k_b \cdot m$,
 untuk larutan elektrolit $\Delta T_b = k_b \cdot m [1 + (n-1) \alpha]$
 dimana, T_b = kenaikan titik didih larutan k_b = tetapan kenaikan titik didih molal pelarut (kenaikan titik didih untuk 1 mol zat dalam 1000 gram pelarut) dan m = molal larutan (mol/100 gram pelarut)
5. Hubungan *penurunan titik beku larutan* dengan konsentrasi larutan disederhanakan dalam persamaan $\Delta T_f = k_f \cdot m$, untuk larutan elektrolit $\Delta T_f = k_f \cdot m [1 + (n-1) \alpha]$, dimana ΔT_f = penurunan titik beku, k_f = tetapan penurunan titik beku dari zat pelarut dan m = molal larutan.
6. Hubungannya dengan konsentrasi larutan Van het Hoff menyimpulkan bahwa Tekanan osmotik larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (Molar) dari zat terlarut semakin besar. $\pi = C.R.T$, dimana π = tekanan osmosa (dalam atm), C = konsentrasi zat terlarut mol/L, R = konstanta gas = 0,082 atm.L/mol.K dan T = suhu dalam $^{\circ}K$.

Sifat Koligatif Larutan

1. Pasangan larutan dengan jumlah partikel yang sama adalah larutan:
 - A. 0.01 M NaCl dan 0.01 M BaCl₂
 - B. 0.01 M BaCl₂ dan 0.01 M C₆H₁₂O₆
 - C. 0.01 M C₆H₁₂O₆ dan 0.01 M MgCl₂
 - D. 0.01 M NaCl dan 0.01 M KCl
2. Adanya zat terlarut dapat mengakibatkan
 - A. Meningkatnya tekanan uap
 - B. Meningkatnya tekanan osmotik
 - C. Meningkatnya titik beku
 - D. menurunnya titik didih
3. Harga penurunan titik beku, molal K_f, sangat ditentukan oleh
 - A. Jumlah mol zat per 1000 gram pelarut
 - B. Jumlah mol zat per 100 gram pelarut
 - C. Jenis zat terlarut
 - D. Jenis pelarutnya
4. Kelarutan CaCl₂, dalam air pada 0°C adalah 0.54 molal Jika K_f = 1.86, maka penurunan titik beku larutan adalah
 - A. 4.0 °C
 - B. 3.0 °C
 - C. 2.0 °C
 - D. 1.0 °C
5. Berapa jumlah Glukosa (C₆H₁₂O₆) yang harus ditambahkan ke dalam 250 mL air, agar titik didih larutan menjadi 100.1 °C, diketahui K_b = 0.5, BM Glukosa 342.
 - A. 6.84 gram
 - B. 68.4 gram
 - C. 17.1 gram
 - D. 171 gram
6. Diantara larutan di bawah ini mana yang memiliki titik beku tertinggi, asumsikan harga K_b sama
 - A. 0.5 M NaCl
 - B. 0.5 M CH₃COOH
 - C. 0.5 M Mg(OH)₂
 - D. 0.5 M C₆H₁₂O₆
7. Larutan urea mengalami penurunan titik beku sebesar 0.372, Jika K_f = 1.86 dan K_b = 0.52, Berapa kenaikan titik didihnya
 - A. 2.6 °C
 - B. 1.04 °C
 - C. 0.104 °C
 - D. 0.26 °C

8. Larutan non elektrolit dibuat dari zat A 6 gram (M_r Zat A 60) dalam 1 liter air, dan larutan zat B dari 18 gram (M_r zat B 180). Maka besarnya tekanan osmotik dari zat A dan B adalah
- A. Zat A > B
 - B. Zat B > A
 - C. Zat A = B
 - D. Zat A \leq B
9. Tekanan uap air pada 30°C adalah 31.8 mmHg, jika pada kondisi tersebut terdapat 0.056 mol fraksi zat terlarut, Berapa tekanan uap jenuh larutan.
- A. 1.78 mmHg
 - B. 30.02 mmHg
 - C. 33.56 mmHg
 - D. 10 mmHg
10. Jika diketahui $R = 0.082 \text{ L atm/mol K}$. 1.8 gram glukosa (M_r Glukosa 180) dilarutkan ke dalam 100 mL air pada suhu 27°C , Berapa besarnya tekanan osmotik larutan
- A. 2.46 atm
 - B. 0.246 atm
 - C. 0.123 atm
 - D. 1.23 atm

11.3. Sistem Disersi

Sistem dispersi atau koloid merupakan bagian dari campuran yang memiliki sifat khas karena memiliki ukuran partikel dengan diameter antara 1 - 100 nm. Untuk itu kita tinjau kembali pembagian campuran, sebagaimana ditampilkan dalam bentuk Tabel 11.1.

Secara kasat mata, contoh larutan yang mudah kita lihat seperti, larutan garam dapur, gula, cuka dan lainnya, sedangkan koloid misalnya sabun, susu, mentega, agar-agar, cat dan lain-lain. Untuk suspensi seperti campuran tepung beras dengan air, dan minyak dengan air.

11.3.1. Macam-macam Koloid

Sistem koloid terdiri dari dua fase, yaitu fasa dispersi dan medium pendispersi. Kedua fasa tersebut, dapat berwujud zat cair, zat padat atau berwujud gas. Berdasarkan hubungan antar fase dispersi dan medium dispersi, maka koloid dapat kita kelompokkan

- A. Koloid yang dibentuk oleh fasa terdispersinya gas dalam medium pendispersinya cair adalah buih atau busa. Contoh untuk koloid ini adalah putih telur yang dikocok dengan kecepatan tinggi.
- B. Buih atau busa padat adalah jenis koloid yang fasa terdispersinya gas dan medium pendispersinya padat, jenis koloid ini dapat berupa batu apung dan karet busa.
- C. Koloid dengan fasa terdispersi cair dan medium pendispersinya gas dikenal dengan aerosol cair. Contoh koloid ini adalah kabut, awan, pengeras rambut (hair spray) dan parfum semprot.
- D. Emulsi merupakan jenis koloid yang dibentuk oleh fasa terdispersi cair di dalam medium pendispersi cair. Emulsi dapat kita temukan seperti susu, santan, mayonaise dan minyak ikan.
- E. Koloid yang disusun oleh fasa terdispersi cair dalam medium pendispersi padat disebut dengan emulsi padat atau gel. Koloid ini sering kita jumpai dalam keju, mentega, jeli, semir padat ataupun lem padat.
- F. Aerosol padat merupakan yang disusun oleh fasa terdispersi padat dengan medium dispersinya berupa gas. Contohnya asap dan debu di udara.

Tabel 11.1. Perbandingan larutan koloid dan suspensi

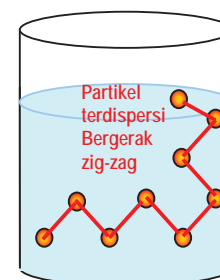
Campuran Homogen	Campuran Heterogen	
	Koloid	Suspensi
Ukuran partikel < 1 nm	Ukuran partikel 1-100 nm	Ukuran partikel >100 nm
Jernih	Tidak jernih	Tidak jernih
Satu fase	Dua fase	Dua fase
Stabil	Umumnya stabil	Tidak stabil
Tidak dapat disaring	Hanya dapat disaring dengan ultrafiltrasi	Dapat disaring
Tidak memisah jika didiamkan	Tidak memisah jika didiamkan	Memisah jika didiamkan
Cahaya yang melewati tidak terlihat	Cahaya yang melewati jelas terlihat, tetapi partikel tidak	Cahaya dan partikel jelas terlihat

G. Sol merupakan koloid yang fasa terdispersinya berwujud padat dengan medium pendispersinya berwujud cair. Sol paling banyak kita jumpai seperti, agar-agar panas, cat, kanji, putih telur, sol emas, sol belerang, lem dan lumpur.

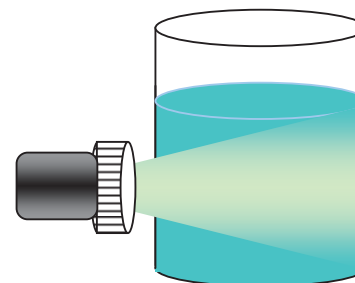
H. Jenis koloid yang terakhir adalah koloid yang memiliki fasa terdispersi dan medium pendispersinya zat padat, jenis koloid ini disebut dengan sol padat. Contoh sol padat adalah; batuan berwarna, gelas berwarna, tanah, perunggu, kuningan dan lain-lain.

Berdasarkan ukuran partikel dari fasa terdispersi yang spesifik dan medium pendispersi yang beragam, maka koloid memiliki beberapa sifat utama yaitu :

1. Sistem koloid menunjukkan adanya gerak Brown yaitu pergerakan yang tidak teratur (zig-zag) dari partikel-partikel koloid, gerakan diamati oleh Robert Brown. Gerakan ini terjadi secara terus menerus akibat dari tumbukan yang tidak seimbang antara medium koloid dengan partikel koloid. Gerak Brown dapat menstabilkan sistem koloid atau mencegah terjadinya pengendapan. Gerakan ini hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop (lihat Gambar 11.8).
2. Efek Tyndall merupakan penghamburan cahaya oleh partikel-partikel yang terdapat dalam sistem koloid sehingga berkas cahaya dapat dilihat jelas walaupun partikelnya tidak tampak dan efek ini diamati oleh John Tyndall. Dalam kehidupan sehari-hari efek Tyndal dapat diamati pada langit yang berwarna biru di siang hari karena adanya pantulan cahaya dari partikel koloid diudara. Demikian pula pada saat matahari terbenam pantulan partikel di udara memberikan warna jingga, lihat Gambar 11.9.
3. Koagulasi koloid adalah pengumpulan dan penggumpalan partikel-partikel koloid. Peristiwa koagulasi terjadi pada kehidupan sehari-hari seperti pada pembentukan delta.



Gambar 11.8. Gerak Brown partikel koloid



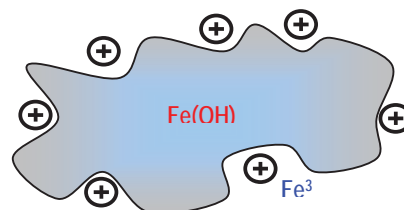
Gambar 11.9. Efek Tyndall dari partikel koloid

tanah liat atau lumpur terkoagulasi karena adanya elektrolit air laut. Proses koagulasi dari karet juga terjadi karena adanya penambahan asam formiat kadalam lateks. Demikian pula halnya dengan lumpur koloid dapat dikoagulasikan dengan tawas yang bermuatan.

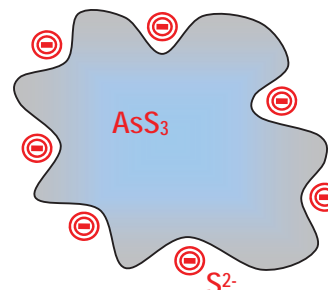
4. Sistem koloid juga memiliki daya adsorpsi yang kuat untuk menarik ion atau muatan listrik dan molekul netral. Hal ini disebabkan karena partikel koloid memiliki permukaan yang sangat luas. Misalnya proses penyerapan air oleh kapur tulis, sol $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dalam air mengandung ion Fe^{3+} yang diadsorpsi. Sedangkan untuk yang bermuatan negatif adalah molekul As_2S_3 , ion S^{2-} yang diadsorpsi. Pemanfaatan sifat adsorpsi dari koloid antara lain dalam penjernihan air, misalnya penggunaan tawas untuk mengikat kotoran atau zat warna dari tanah (Gambar 11.10).
5. Sistem koloid yang bermuatan dapat ditarik oleh elektroda yang dialiri oleh arus listrik searah. Untuk koloid yang bermuatan negatif bergerak menuju anoda yaitu elektroda positif dan koloid yang bermuatan positif bergerak menuju katoda atau elektroda negatif (Gambar 11.11).

Berdasarkan affinitas partikel-partikel fase dispersi terhadap medium dispersi, maka terdapat dua macam sistem koloid:

- A. Koloid Liofil (suka cairan) : adalah koloid yang memiliki gaya tarik menarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi. Medium pendispersi dalam liofil sering disebut juga dengan hidrofil. Partikel koloid juga dapat mengadsorpsi molekul cairan sehingga terbentuk selubung disekeliling partikel koloid. Keberadaan selubung inilah yang menyebabkan koloid liofil lebih stabil.
- B. Koloid Liofob (takut cairan): adalah koloid yang memiliki gaya tarik menarik yang lemah antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi. Medium pendispersinya sering disebut dengan hidrofob. Partikel-partikel koloid tidak dapat mengadsorpsi pelarutnya sehingga koloid ini kurang stabil dan dapat dengan mudah



Gambar 11.10. Adsorpsi muatan positif dari koloid $\text{Fe}(\text{OH})_3$



Gambar 11.11. Adsorpsi muatan negatif dari koloid As_2S_3

terkoagulasikan dengan penambahan elektrolit.

- C. Koloid pelindung adalah koloid yang dapat melindungi koloid lain agar tidak terkoagulasikan. Contoh menarik adalah penambahan koloid liofil ke dalam liofob, dimana koloid liofob terbungkus tidak mengumpul, seperti pembuatan es krim agar tidak menggumpat ditambahkan gelatin. Demikian pula halnya dengan cat dan tinta memiliki koloid pelindung agar tidak mengendap atau menggumpal.

11.3.2. Pembuatan Koloid

Koloid dapat dibuat dengan dua cara yaitu mengubah partikel-partikel larutan menjadi partikel koloid kondensasi dan memperkecil partikel suspensi menjadi partikel koloid atau dispersi, perhatikan bagan pada Gambar 11.12.

Cara Kondensasi, yaitu dengan jalan mengubah partikel-partikel larutan sejati yang terdiri dari molekul-molekul atau ion-ion menjadi partikel-partikel koloid dengan beberapa teknik:

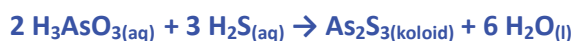
Reaksi redoks



Reaksi hidrolisis (penambahan molekul air)



Dekomposisi



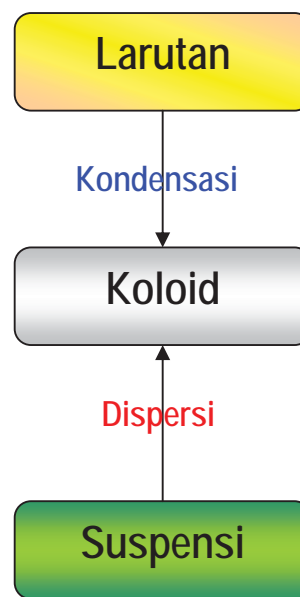
Pergantian pelarut (metatesis)



Cara Dispersi yaitu dengan jalan mengubah partikel-partikel kasar menjadi partikel-partikel koloid, tiga teknik dapat dipergunakan seperti mekanik, peptipasi dan teknik busur Bredig.

Teknik mekanik

Cara ini mengandalkan penghalusan partikel kasar menjadi partikel koloid, selanjutnya ditambahkan ke dalam medium pendispersinya. Cara ini dipergunakan untuk membuat sol belerang dengan medium pendispersi air.



Gambar 11.12. Bagan cara pembuatan koloid

Peptipasi

Pemecahan partikel kasar menjadi partikel koloid, pemecahan dilakukan dengan penambahan molekul spesifik, seperti agar-agar dengan air, nitroselulosa dengan aseton, $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan $\text{Al}(\text{Cl})_3$ dan endapan NiS ditambahkan dengan H_2S .

Teknik busur Bredig

Teknik ini digunakan untuk membuat sel logam, logam yang akan diubah ke dalam bentuk koloid diletakan sebagai elektroda dalam medium pendispersinya dan dialiri oleh arus listrik. Atom-atom logam akan terpecah dan masuk ke dalam medium pendispersinya.

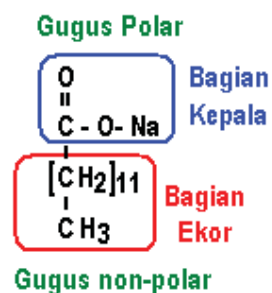
11.3.3. Pemisahan Koloid

Pemisahan koloid:

- Dialisis adalah pemurnian medium pendispersi dari elektrolit, dengan cara penyaringan koloid dengan menggunakan kertas perkamen atau membran yang ditempatkan di dalam air yang mengalir. Mula-mula koloid dimasukkan dalam kantong yang berselaput semipermeabel kemudian dimasukkan dalam air sehingga ion pengganggu menembus kantong sedang partikel koloid tetap berada di kantong.
- Elektroforesis: proses pemisahan koloid yang bermuatan dengan bantuan arus listrik. Partikel-partikel yang positif akan menuju katoda dan yang negatif akan menuju anoda.

Koloid Asosiasi

Sabun dan deterjen merupakan koloid asosiasi dengan air, dimana sabun atau deterjen memiliki dua gugus yang bersifat polar (bagian kepala) dan non polar (bagian ekor) perhatikan Gambar 11.13. Bagian kepala merupakan gugus polar yang bersifat hidrofil (suka air) dan bagian ekor merupakan gugus hidrofob (takut air). Jika sabun larut dalam air, molekul sabun akan berasosiasi, gugus non-polar dapat berinteraksi dengan kotoran (bersifat non polar) yang selanjutnya didispersikan ke dalam air.



Gambar 11.13. Koloid asosiasi yang memiliki gugus polar dan non-polar

RANGKUMAN

1. Sistem dispersi atau koloid merupakan bagian dari campuran yang memiliki sifat khas karena memiliki ukuran partikel dengan diameter antara 1 - 100 nm.
2. Berdasarkan hubungan antar fase dispersi dan medium dispersi, maka koloid dapat kita kelompokkan
 1. Buih atau busa
 2. Busa padat
 3. Aerosol cair
 4. Emulsi cair
 5. Emulsi padat
 6. Aerosol padat
 7. Sol
 8. Sol padat
3. Berdasarkan ukuran partikel dari fasa terdispersi yang spesifik dan medium pendispersi yang beragam, maka koloid memiliki beberapa sifat utama yaitu :
 1. Sistem koloid menunjukkan adanya gerak Brown yaitu pergerakan yang tidak teratur (zig-zag) dari partikel-partikel koloid.
 2. Efek Tyndall merupakan penghamburan cahaya oleh partikel-partikel yang terdapat dalam sistem koloid sehingga berkas cahaya dapat dilihat jelas walaupun partikelnya tidak tampak.
 3. Koagulasi koloid adalah pengumpulan dan penggumpalan partikel-partikel koloid.
 4. Sistem koloid juga memiliki daya adsorpsi yang kuat untuk menarik ion atau muatan listrik dan molekul netral.
 5. Sistem koloid yang bermuatan dapat ditarik oleh elektroda yang dialiri oleh arus listrik searah.
4. Berdasarkan affinitas partikel-partikel fase dispersi terhadap medium dispersi, maka terdapat dua macam sistem koloid:
 1. Koloid Liofil (suka cairan) : adalah koloid yang memiliki gaya tarik menarik antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi.
 2. Koloid Liofob (takut cairan): adalah koloid yang memiliki gaya tarik menarik yang lemah antara partikel-partikel terdispersi dengan medium pendispersi.
 3. Koloid pelindung adalah koloid yang dapat melindungi koloid lain agar tidak terkoagulasikan.
5. Koloid dapat dibuat dengan dua cara yaitu mengubah partikel-partikel larutan menjadi partikel koloid kondensasi dan memperkecil partikel suspensi menjadi partikel koloid atau dispersi.
6. Cara Kondensasi, yaitu dengan jalan mengubah partikel-partikel larutan sejati yang terdiri dari molekul-molekul atau ion-ion menjadi partikel-partikel koloid dengan beberapa teknik misalnya reaksi redoks, reaksi hidrolisis, dekomposisi dan penggantian pelarut.

7. Cara Dispersi yaitu dengan jalan mengubah partikel-partikel kasar menjadi partikel-partikel koloid, tiga teknik dapat dipergunakan seperti mekanik, peptisasi dan teknik busur Bredig.
8. Koloid dapat dipisahkan dengan dua teknik dialisis dan elektroforesis.
9. Dialisis adalah pemurnian medium pendispersi dari elektrolit, dengan cara penyaringan koloid dengan menggunakan kertas perkamen atau membran yang ditempatkan di dalam air yang mengalir.
10. Elektroforesis: proses pemisahan koloid yang bermuatan dengan bantuan arus listrik.

Materi Koloid

1. Sistem dispersi dari suatu zat padat dalam zat cair yang bukan merupakan larutan sejati disebut:
 - a. Suspensi
 - b. Sol
 - c. Emulsi
 - d. Koloid
2. Peristiwa pergerakan butir-butir (partikel) koloid di medan listrik (ke kutub-kutub elektroda) disebut:
 - a. Elektrolisa
 - b. Elektroforesa
 - c. Elektrodialisa
 - d. Elektroandromesa
3. Sistem dispersi gas dalam medium cair disebut dengan:
 - a. Aerosol
 - b. Emulsi
 - c. Buih
 - d. Busa padat
4. Cara pengubahan molekul-molekul atau ion-ion menjadi partikel-partikel koloid disebut:
 - a. Cara kondensasi
 - b. Cara suspensi
 - c. Cara dispersi
 - d. Cara koagulasi
5. Penghamburan berkas sinar dalam sistem koloid disebut:
 - a. Gerak Brown
 - b. Efek Tyndal
 - c. Lyofill
 - d. Lypfob
6. Sistem koloid yang partikel-partikelnya dapat menarik molekul pelarutnya disebut:
 - a. Lyofob
 - b. Lyofill
 - c. Dialisa
 - d. Hidrofil
7. Larutan yang memberikan efek tyndal adalah:
 - a. Larutan ion
 - b. Larutan molekul
 - c. Larutan koloid
 - d. Harus larutan jenuh

UJI KOMPETENSI

8. Gerak Brown dalam sistem koloid dapat dilihat dengan menggunakan:
 - a. Mata bias
 - b. Kaca pembesar
 - c. Mikroskop
 - d. Teropong

9. Aerosol adalah sistem dispersi dari:
 - a. Cair dalam medium padat
 - b. Padat dalam medium padat
 - c. Cair dalam medium gas
 - d. Padat dalam medium gas

10. Embun adalah:
 - a. Gas dalam zat padat
 - b. Gas dalam cairan
 - c. Cairan dalam gas
 - d. Gas dalam cairan

Bab 12. Senyawa Hidrokarbon

Standar Kompetensi

Mengkomunikasikan senyawa hidrokarbon dan kegunaannya

Kompetensi Dasar

Mendeskripsikan kekhasan atom karbon yang membentuk senyawa hidrokarbon

Menggolongkan senyawa hidrokarbon

Mendeskripsikan senyawa hidrokarbon

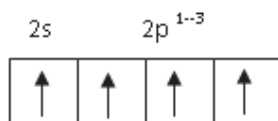
Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat mendeskripsikan struktur tetrahedral atom karbon
2. Siswa dapat mengidentifikasi senyawa hidrokarbon berdasarkan ikatan antar atom C
3. Siswa dapat menyebutkan jenis senyawa hidrokarbon berdasarkan ikatan antar atom C-nya.
4. Siswa dapat menyebutkan turunan senyawa alkana
5. Siswa dapat menyebutkan sifat-sifat turunan senyawa alkana
6. Siswa dapat menyebutkan manfaat senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari.

12.1 Kekhasan atom C (karbon)

Dalam kehidupan sehari-hari, senyawa kimia memegang peranan penting, seperti dalam makhluk hidup, sebagai zat pembentuk atau pembangun di dalam sel, jaringan dan organ. Senyawa-senyawa tersebut meliputi asam nukleat, karbohidrat, protein dan lemak. Proses interaksi organ memerlukan zat lain seperti enzim dan hormon. Tubuh kita juga memiliki sistem pertahanan dengan bantuan antibodi. Demikian pula dengan alam sekitar kita seperti tumbuhan dan minyak bumi, juga disusun oleh molekul molekul yang sangat khas dan dibangun oleh atom-atom dengan kerangka atom karbon (C).

Atom Karbon memiliki massa 12 dengan nomor atom 12. Konfigurasi elektronnya adalah $1s^2, 2s^2, 3p^2$, dan mengalami hibridisasi dimana 1 elektron dari orbital $2s$ berpindah ke orbital $2p_z$, sehingga memiliki konfigurasi stabil $1s^2, 2s^1, 2p^3$, dengan membentuk orbital hybrid sp^3 .



Sehingga atom karbon memiliki kesempatan untuk membentuk empat ikatan dengan atom lainnya, kestabilan struktur ini ditunjukkan dengan sudut yang sama $109,5^\circ$ dengan bentuk tetrahedral, perhatikan Gambar 12.1

Berdasarkan karakteristik tetrahedral maka atom karbon dapat mengikat atom lain selain atom karbon itu sendiri. Secara sederhana atom karbon dapat membentuk empat ikatan dengan atom hidrogen seperti pada Gambar 12.1 (d). Kerangka senyawa hidrokarbon dibangun oleh banyak ikatan antar atom karbonnya. Kerangka senyawa hidrokarbon yang paling sederhana memiliki sebuah atom karbon, dilanjutkan dengan dua atom karbon, tiga atom karbon dan seterusnya, perhatikan Gambar 12.2.

12.2. Senyawa Hidrokarbon

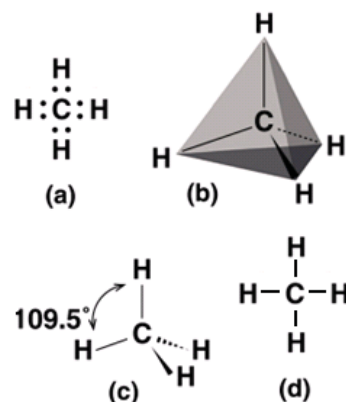
Dalam berikatan sesama atom karbon terdapat tiga kemungkinan, pertama membentuk ikatan tunggal, ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga. Untuk penyederhanaan dapat kita ibaratkan ikatan tunggal terjadi dari orbital s dan disebut ikatan (σ) sigma pada orbital hibrid sp^3 dan bentuk molekul tetrahedron dengan sudut $109,5^\circ$. Senyawa dengan ikatan tunggal disebut dengan senyawa hidrokarbon jenuh.

Senyawa hidrokarbon dengan ikatan rangkap dua terjadi pada orbital p, dan ikatan ini dikenal dengan ikatan π , pada ikatan rangkap dua terjadi perubahan sudut akibat dua orbital p berposisi sejajar sehingga membentuk orbital sp^2 (segi tiga datar) dan sudut yang terbentuk adalah 120° . Sama halnya dengan ikatan rangkap tiga terdapat dua orbital p dalam posisi sejajar sehingga merubah bentuk orbital sp menjadi (bentuk planar) dengan sudut 180° . Bentuk molekul dari senyawa hidrokarbon jenuh dan tidak jenuh ditampilkan pada Gambar 12.3. Untuk senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap disebut dengan senyawa hidrokarbon tidak jenuh.

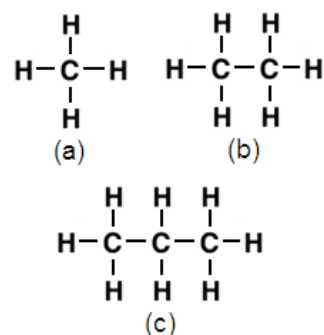
Atom karbon pada senyawa hidrokarbon memiliki posisi yang berbeda-beda. Coba kita perhatikan rumus bangun dibawah ini pada Gambar 12.4.

Semua atom karbon (merah) yang dapat mengikat 3 atom hidrogen dan berposisi di tepi, disebut dengan atom karbon primer. Atom karbon nomor 3 (hijau) yang mengikat 2 atom hidrogen disebut dengan atom karbon sekunder. Demikian pula atom karbon yang mengikat hanya 1 atom hidrogen (warna abu-abu) memiliki posisi sebagai atom karbon tersier.

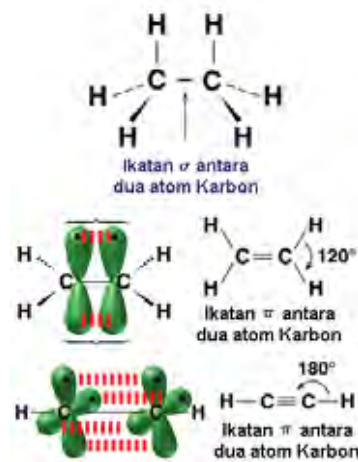
Setiap atom Karbon dalam kerangka senyawa hidrokarbon dapat mengikat atom lain seperti atom



Gambar 12.1. Kekhasan atom karbon dengan bentuk tetrahedral



Gambar 12.2. Bentuk ikatan antar Karbon, membentuk kerangka senyawa hidrokarbon



Gambar 12.3. Ikatan σ , π , pada senyawa hidrokarbon jenuh dan tidak jenuh

hidrogen, oksigen, nitrogen, belerang, klor dan lainnya. Perbedaan atom yang diikat menyebabkan perubahan khususnya pada polaritas sehingga menyebabkan perbedaan sifat-sifat kimia molekul yang dibentuk. Hal ini dapat dicermati pada Gambar 12.5.

Secara umum senyawa hidrokarbon memiliki ciri-ciri seperti, dibangun oleh kerangka atom karbon, ikatan yang membentuk senyawa merupakan ikatan kovalen. Senyawa ini titik didih yang rendah sesuai dengan berkurangnya jumlah atom karbon penyusunnya, mudah terbakar. Untuk senyawa hidrokarbon yang berikatan dengan atom H bersifat polar, dan jika mengikat atom lainnya seperti oksigen, nitrogen, belerang, klorida menyebabkan terjadinya molekul yang lebih polar.

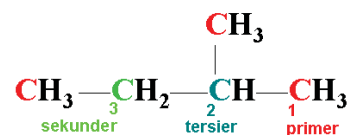
12.2.1 Isomer

Senyawa hidrokarbon memiliki sebuah keunikan dimana beberapa buah hidrokarbon memiliki rumus molekul yang sama namun memiliki sifat yang berbeda-beda, ternyata perbedaan tersebut disebabkan oleh rumus bangun atau struktur molekulnya. Senyawa dengan rumus molekul yang sama namun berbeda dalam rumus bangun atau struktur molekulnya disebut dengan isomer.

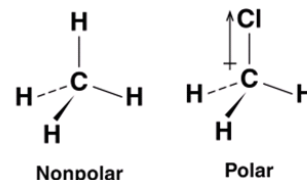
Dalam senyawa hidrokarbon jenuh, isomer yang terjadi karena adanya perbedaan atom atau gugus yang mengganti atom hidrogen dalam rantai utama senyawa hidrokarbon. Contoh sederhana, dari bentuk isomer ini ditunjukkan dengan atom karbon yang mengikat tiga buah gugus metil, sedangkan isomernya mengikat 1 gugus metil, 2 atom hidrogen dan satu gugus etil, perhatikan Gambar 12.6.

Perbedaan struktur molekul menyebabkan perbedaan sifat fisik, molekul pertama memiliki titik leleh -138°C , titik didih -1°C , dengan densitas $0,58\text{g/mL}$, sedangkan molekul yang kedua memiliki titik leleh -159°C , titik didih -12°C dan densitas $0,55\text{g/mL}$.

Bentuk isomer lainnya adalah adanya perbedaan gugus yang dikandung dalam senyawa hidrokarbon. Kita bisa cermati Gambar 12.7.

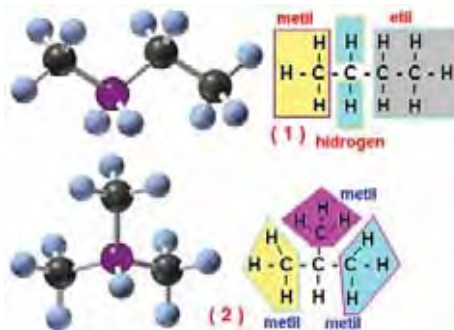


Gambar 12.4. Posisi atom karbon pada senyawa hidrokarbon

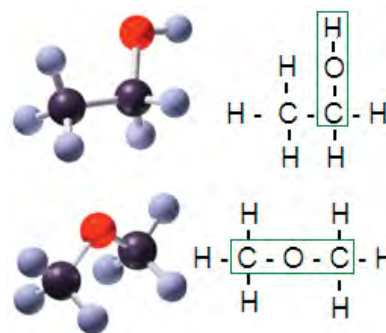


Atom Klor memiliki elektronegatifitas sehingga elektron tertarik pada atom Klor

Gambar 12.5. Polarisasi senyawa hidrokarbon akibat gugus polar



Gambar 12.6. Struktur isomer untuk senyawa dengan rumus molekul C_4H_{10}



Gambar 12.7. Perbedaan posisi atom oksigen dalam senyawa Hidrokarbon

Dari gambar tampak sebuah molekul dengan rumus molekul yang sama C_2H_6O . Dalam senyawa ini terdapat 2 atom C, 1 atom O dan 6 atom H, perbedaan terletak pada posisi atom oksigen, senyawa pertama atom oksigen berposisi pada atom C primer -C-O-H. Sedangkan molekul kedua atom oksigen terletak antara dua atom karbon (-C-O-C-).

Perbedaan ini juga menyebabkan adanya perbedaan sifat fisika dan sifat kimia dari kedua molekul tersebut. Senyawa hidrokarbon dapat diklasifikasikan atas dua golongan besar yaitu senyawa hidrokarbon jenuh dan hidrokarbon tidak jenuh. Senyawa hidrokarbon jenuh bercirikan ikatan tunggal antar atom karbon sebagai penyusun rantai utamanya, berbeda dengan senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang dapat membentuk ikatan rangkap dua atau rangkap tiga antar atom karbon penyusunnya.

12.3. Alkana

Senyawa hidrokarbon jenuh dengan ikatan tunggal dapat diprediksi dengan baik, mengingat setiap atom karbon memiliki kemampuan mengikat 4 atom lain. Sehingga senyawa alkana yang dibentuk memiliki pola yang khas. Jumlah atom H yang diikat sangat tergantung dengan jumlah atom C yang berikatan. Atas dasar ini dapat dibentuk deret C_nH_{2n+2} , dan dikenal dengan senyawa Alkana dan dapat kita susun dari nilai $n = 1$ sampai dengan $n = \infty$. Beberapa senyawa alkana disajikan dalam Tabel 12.1.

Tabel 12.1 Deret penamaan senyawa alkana.

Atom C	Nama	Rumus Molekul	Rumus Bangun
1	Metana	CH_4	CH_4
2	Etana	C_2H_6	CH_3-CH_3
3	Propana	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$
4	Butana	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
5	Pentana	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
6	Heksana	C_6H_{14}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
7	Heptana	C_7H_{16}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
8	Oktana	C_8H_{18}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
9	Nonana	C_9H_{20}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
10	Dekana	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

Untuk menuliskan rumus bangun dilakukan dengan menuliskan bagian awal dan bagian akhir adalah CH_3 , dan diantaranya dituliskan dengan CH_2 .



Sehingga kita dapat menuliskan rumus bangun senyawa C_4H_{10} .

Pada senyawa C_4H_{10} terdapat dua atom C yang berposisi di awal dan di akhir dan hanya tersisa dua atom yang terletak diantaranya, sehingga kita dapat tuliskan strukturnya ($H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$) dan untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 12.8. Penggambaran Rumus bangun juga dapat dilakukan dengan memperhatikan bentuk tetrahedral dari atom karbon, sehingga bentuk rantai tidak lurus.

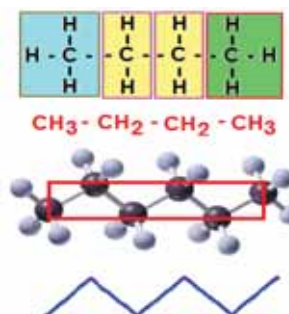
12.3.1 Penamaan Alkana

Penamaan senyawa alkana dimulai dengan menyebutkan posisi gugus cabang dalam sebuah rantai utama. Penyebutan rantai utama utama ini didasari pada nama dari rantai karbon yang terpanjang. Untuk lebih mudahnya kita perhatikan rumus bangun senyawa pada Gambar 12.9.

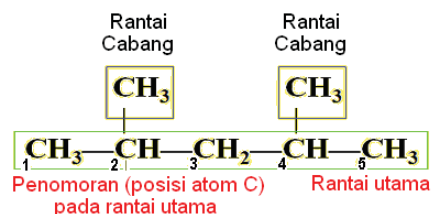
Dari gambar tampak kotak hijau merupakan penunjuk rantai utama dengan jumlah atom karbon sebanyak lima buah, sehingga rantai utama senyawa adalah pentana. Dalam rantai utama, setiap atom karbon diberi nomor untuk menandai posisi atom Karbon pada rantai utamanya, penomoran dapat dimulai dari kiri kekanan (perhatikan nomor dengan warna hijau gelap). Cabang merupakan gugus yang berada dalam sebuah rantai utama, pada Gambar di atas terdapat dua buah gugus ($-CH_3$) yang berposisi pada atom C nomor 2 dan 4 dari rantai utama pentana.

Dalam kasus di atas gugus pada cabang merupakan turunan dari senyawa CH_4 yang kehilangan salah satu atom H-nya. Penamaan secara umum gugus cabang yang berasal dari alkana, dilakukan dengan mengubah alkana menjadi alkil. Sehingga dalam kasus ini metana diubah menjadi metil. Nama yang tepat untuk senyawa di atas adalah 2,4-dimetil pentana. 2,4 menunjukkan posisi gugus cabang, kata di pada gugus cabang menunjukkan ada 2 buah gugus cabang yaitu metil dan pentana merupakan rantai utama senyawa. Perhatikan tahap dalam penamaan gugus dan cabang dari senyawa ini seperti pada Gambar 12.10.

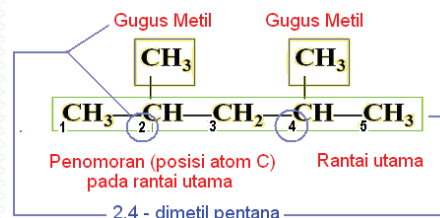
Senyawa-senyawa alkana dapat bereaksi dengan senyawa halogen, dari reaksi ini akan dihasilkan senyawa haloalkana.



Gambar 12.8. Penulisan rumus bangun senyawa Hidrokarbon



Gambar 12.9. Penetapan rantai utama dan posisi atom C pada senyawa.



Gambar 12.10. Penulisan gugus cabang pada senyawa alkana

Haloalkana adalah senyawa alkana yang salah satu atom hidrogen digantikan oleh atom halogen, seperti atom klor, fluor, iod dan brom. Beberapa contoh senyawa haloalkana seperti pada Gambar 12.11.

Senyawa haloalkana banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari, saat ini senyawa-senyawa tersebut lebih dikenal dengan kloroflorokarbon (CFCs), pemanfaatannya pada air condition (AC) dan kulkas, hairspray dan polimer plastik seperti teflon.

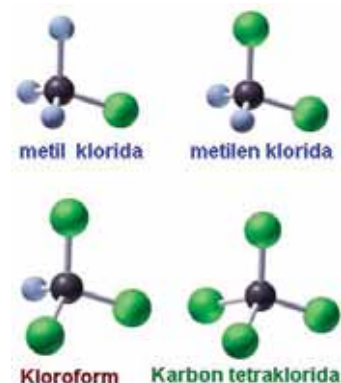
Senyawa ini sangat berbahaya karena dapat merusak ozon yang berada pada lapisan stratosfir. Reaksi terbongkarnya ozon oleh senyawa kloroflorokarbon sebagai berikut;

Di ruang angkasa khususnya lapisan stratosfir CFCs akan terpecah menjadi persenyawaan yang tidak stabil atau radikal bebas, karena adanya sinar ultraviolet (UV) dari matahari. Radikal bebas yang terbentuk selanjutnya bereaksi dengan ozon dan mengubahnya menjadi gas Oksigen dan ClO. Molekul ClO yang dihasilkan tidak stabil dan berubah kembali menjadi radikal bebas. Reaksi ini berjalan secara terus menerus dan akhirnya dapat merusak ozon di stratosfir. Reaksi perusakan lapisan ozon pada stratosfir dapat dilihat pada Bagan 12.12.

12.4. Alkena

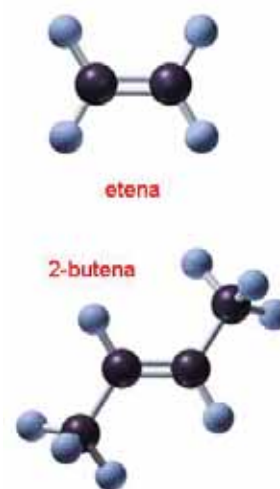
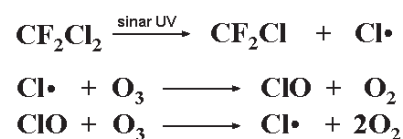
Senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap dua antar atom Karbonnya, dan juga mengikat atom Hidrogen. Jumlah atom Hidrogen merupakan fungsi dari atom Karbonnya, dan mengikuti persamaan: C_nH_{2n} dimana n adalah jumlah atom C. Senyawa pertama alkena adalah etena atau lebih populer etilena dan merupakan induk deret homolog alkena, hingga deret ini juga disebut dengan deret etilena. Contoh senyawa etilena dan merupakan kerangka deret homolog etilena ditunjukkan pada Gambar 12.13.

Molekul deret alkena dicirikan oleh adanya sebuah ikatan rangkap yang menghubungkan dua atom karbon yang berdekatan. Beberapa anggota pertama deret ini dicantumkan dalam Tabel 12.2.



Gambar 12.11. Beberapa contoh senyawa haloalkana

Bagan 12.12. Mekanisme reaksi berantai antara radikal bebas yang dihasilkan oleh CFCs dengan ozon



Gambar 12.13. Deret senyawa alkena rumus umum : C_nH_{2n}

Tabel 12.2. Deret senyawa alkena (C_nH_{2n})

Rumus Molekul	Nama
C_2H_4	etena (etilena)
C_3H_6	propena (propilena)
C_4H_8	butena
C_5H_{10}	pentena

12.4.1 Penamaan Alkena

Penamaan alkena adalah sama dengan penamaan alkana, tetapi akhiran -ana pada alkana digantikan dengan akhiran -ena.

Penamaan dimulai dengan penetapan rantai utama, yaitu rantai karbon terpanjang yang mengandung ikatan ganda dua. Penetapan gugus cabang, yaitu molekul lain sebagai pengganti atom Hidrogen.

Selanjutnya memberikan nomor awal atau nomor 1 (satu) pada atom C yang memiliki ikatan rangkap dan semakin menjauh dari ikatan rangkap tersebut. Memberikan nomor rantai cabang dan menamakan gugus sesuai dengan abjad.

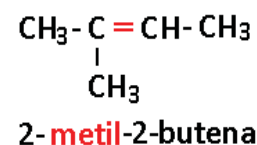
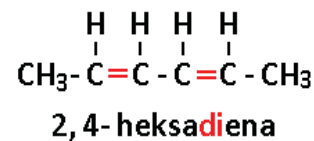
Akhirnya nama alkena dapat ditetapkan yaitu dengan menyebutkan nomor dan gugus cabang dilanjutkan dengan menyebutkan rantai utamanya sesuai dengan jumlah atom C dan mengganti akhiran -ana menjadi -ena. Jika jumlah ikatan rangkap lebih dari satu buah, digunakan awalan **diena** untuk dua ikatan rangkap, dan **triena** untuk jumlah ikatan rangkap sebanyak tiga buah (lihat Bagan 12.14).

Perhatikan Bagan 12.15, contoh penamaan untuk alkena rantai lurus dan alkena yang memiliki gugus cabang.

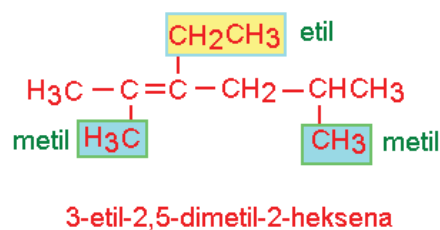
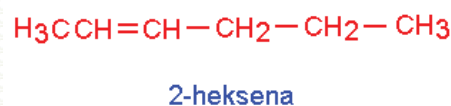
12.4.2. Konfigurasi Stereoisomer Alkena

Ikatan rangkap dua terbentuk dari atom karbon yang terhibridisasi sp^2 . Masing-masing atom Karbon memiliki dua jenis orbital atom yaitu orbital sigma (σ) dan orbital phi (π).

Bagan 12.14. Struktur molekul alkena dan tata namanya



Bagan 12.15. Penamaan untuk senyawa alkena rantai lurus dan bercabang

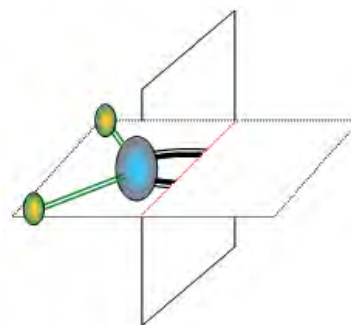


Orbital sp^2 membentuk sudut 120° , membentuk segitiga datar. Sehingga gugus yang ada memiliki rotasi yang terbatas, perhatikan Gambar 12.16. Molekul etilena berbentuk segi datar.

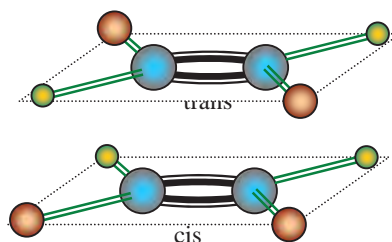
Ikatan π memiliki energi ikat yang cukup besar yaitu 60 kkal/mol, sehingga bentuk segi tiga datar cukup stabil dan menyebabkan alkena hanya memiliki isomer akibat gugus yang sejajar (cis) atau yang berseberangan atau (trans). Bentuk isomer cis dan trans ditunjukkan pada Gambar 12.17.

Sifat-sifat fisika alkena yang cukup penting adalah wujud zatnya, untuk senyawa alkena dengan rantai panjang atau yang memiliki jumlah atom karbon lebih besar dari 15 buah, senyawanya berupa zat padat. Titik didih alkena meningkat sebanding dengan peningkatan jumlah atom karbonnya.

Jika dibandingkan dengan alkana yang memiliki jumlah atom karbon yang sama, titik didih alkena lebih rendah. Alkena tidak larut dalam pelarut polar seperti air dan alkohol. Alkena mudah larut dalam senyawa non polar seperti triklorometana (kloroform), etoksietana, benzena, dan lain-lain. Sifat-sifat alkena yang lain disajikan dalam Tabel 12.3.



Gambar 12.16. Bentuk orbital sp^2 dengan bentuk segitiga datar



Gambar 12.17. Bentuk isomer cis dan trans pada senyawa alkena

Tabel 12.3. Wujud dan Titik Didih beberapa Senyawa Alkena

Nama	Rumus Struktur	Wujud	Titik Didih
Etena	$CH_2 = CH_2$	Gas	$-102^\circ C$
Propena	$CH_3CH = CH_2$	Gas	$-48^\circ C$
1- butena	$CH_3CH_2CH = CH_2$	Gas	$-12.5^\circ C$
1- pentena	$CH_3CH_2CH_2CH = CH_2$	Cair	$30^\circ C$
1- heksena	$CH_3(CH_2)_3CH = CH_2$	Cair	$63^\circ C$
1- heptena	$CH_3(CH_2)_4CH = CH_2$	Cair	$92^\circ C$

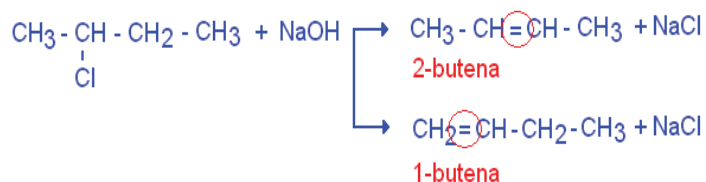
Sifat kimia alkena secara umum relatif stabil dan ikatan antar atom karbonnya lebih kuat dibandingkan dengan ikatan tunggal pada alkana. Reaktifitas senyawa alkena sangat ditentukan oleh sifat ikatan rangkapnya.

Reaksi alkena disebabkan oleh lepasnya ikatan rangkap ini, dan berubah membentuk satu senyawa dengan ikatan tunggal atau membentuk dua senyawa senyawa baru dengan ikatan tunggal. Reaktivitas senyawa yang terletak pada ikatan rangkap disederhanakan dalam Gambar 12.18.

Alkena dalam dunia industri merupakan bahan baku untuk industri petrokimia. Di dalam laboratorium alkena dapat dibuat dengan cara mereaksikan senyawa alkana yang mengandung unsur halogen (haloalkana) dengan basa kuat seperti NaOH. Reaksi ini dikenal dengan reaksi dehidrohalogenasi, atau reaksi kehilangan hidrogen dan halogen. Hasil reaksi berupa garam dan air, dengan persamaan reaksi seperti Bagan 12.19.

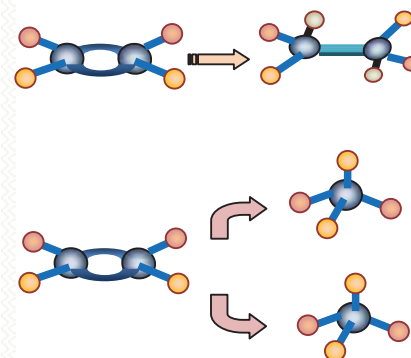
Hilangnya senyawa unsur atau ion halogen dan hidrogen dapat terjadi pada sisi atom Karbon yang berdekatan dengan halogen (disebelah kiri atau kanan), untuk lebih mudahnya perhatikan Bagan 12.20.

Bagan 12.20. Reaksi 2-kloro-butana dengan Basa kuat menghasilkan butena



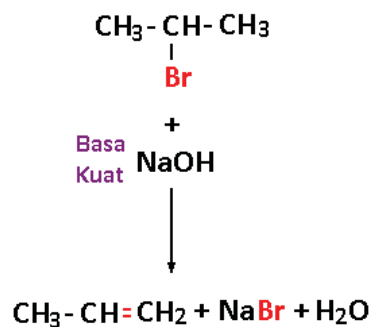
Hasil reaksi senyawa 2-butena merupakan produk utama dan 1-butena merupakan produk minor, dimana jumlah senyawa 2-butena yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan 1-butena. Atom H pada reaksi eliminasi tersebut diambil dari atom C yang mempunyai substituen atau gugus paling banyak. Dalam hal ini atom C-3 yang mengikat 2 atom C (-CH₂-). Sedangkan atom C-1 hanya mengikat 1 atom C.

Reaksi kimia alkena yang khas adalah reaksi adisi dan merupakan ciri khas bagi senyawa yang memiliki ikatan rangkap dua maupun rangkap tiga. Proses reaksi adisi didahului dengan pemutusan ikatan dari ikatan π (bersifat lebih lemah), yang dilanjutkan dengan masuknya unsur baru dari luar. Reaksi adisi bisa terjadi dalam beberapa jenis reaksi dan sangat tergantung pada jenis senyawa yang bereaksi, seperti reaksi hidrogenasi, halogenasi, hidrasi, dan reaksi dengan asam halida.



Gambar 12.18. Reaktivitas ikatan rangkap alkena

Bagan 12.19. Reaksi pembuatan senyawa Alkena



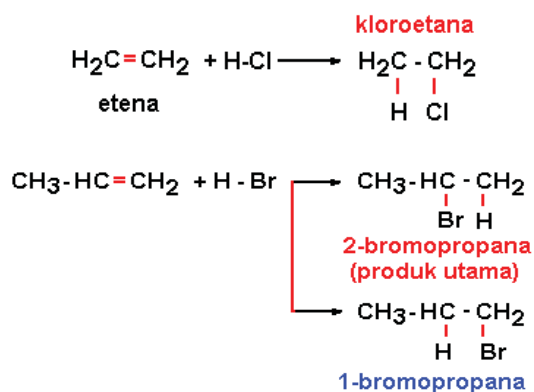
Reaksi reduksi pada alkena adalah penambahan hidrogen oleh gas hidrogen H_2 dan menghasilkan suatu alkana. Reaksi jenis ini lebih dikenal dengan reaksi hidrogenasi. Reaksi tidak berlangsung spontan umumnya memerlukan katalisator.

Hal yang sama juga terjadi pada reaksi halogenasi, dalam hal ini zat yang dipergunakan adalah gas halogen (X_2), contohnya senyawa F_2 , Cl_2 , Br_2 dan I_2 . Kedua reaksi ini disederhanakan pada Gambar 12.21.

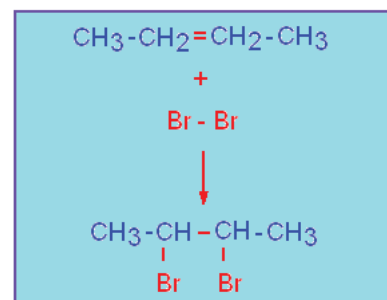
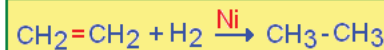
Kedua reaksi ini berbeda dalam perlakuannya, untuk reaksi hidrogenasi akan berlangsung dengan baik dan efektif jika ditambahkan katalisator logam. Logam yang umum dipergunakan adalah Nikel. Sedangkan untuk reaksi halogenasi tidak memerlukan katalisator dan reaksi tersebut berlangsung cukup cepat.

Reaksi dengan asam halida merupakan reaksi adisi dengan penambahan HCl pada senyawa etilena dan menghasilkan kloroetana sebagai produk. Hal yang cukup menarik terjadi adalah penambahan senyawa HBr pada propena akan dihasilkan 2 produk. Kedua reaksi ini disederhanakan pada Bagan 12.22.

Bagan 12.22. Reaksi asam halida dengan etilena dan propilena

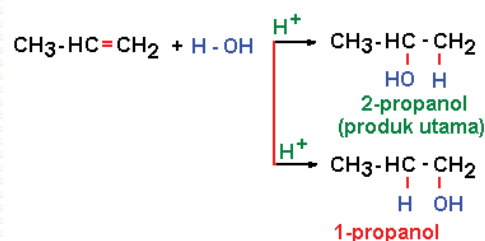


Reaksi hidrasi merupakan jenis reaksi adisi alkena menggunakan air (H_2O) sebagai pereaksi dengan katalis asam. Seperti reaksi adisi propilena dengan air menggunakan asam sulfat 60%, sesuai persamaan pada Bagan 12.23.



Gambar 12.21. Reaksi hidrogenasi dan halogenasi.

Bagan 12.23. Reaksi hidrasi propilena



Senyawa alkena juga dapat dioksidasi dengan beberapa pereaksi seperti kalium permanganat. Reaksi oksidasi dengan KMnO_4 dalam suasana netral akan dihasilkan suatu dialkohol yaitu senyawa yang mengandung dua gugus hidroksil saling bersebelahan. Senyawa ini juga lebih dikenal dengan istilah glikol. Reaksi ini disederhanakan pada Bagan 12.24.

12.5. Alkuna

Alkuna adalah suatu hidrokarbon dengan satu ikatan rangkap tiga. Senyawa paling sederhana dari alkuna adalah asetilena dengan rumus bangun $\text{CH}\equiv\text{CH}$ dan rumus molekul C_2H_2 , lihat Gambar 12.25. Rumus umum untuk senyawa alkuna ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$). Asetilena adalah induk deret homolog alkuna, maka deret ini juga disebut deret asetilena.

Pembuatan gas asetilena telah dikenal sejak lama dengan dengan mereaksikan kalsium karbida dengan air.



Dalam skala kecil, reaksi ini akan memberikan nyala asetilena untuk lampu karbida. Dulu pekerja tambang menggunakan lampu semacam ini; banyaknya gas yang dihasilkan diatur dengan mengendalikan laju air yang ditetaskan ke dalam tempat reaksi. Metode komersial yang baru untuk membuat asetilena adalah dengan memanaskan metana dan homolog-homolognya pada temperatur tinggi dengan menambahkan suatu katalis.

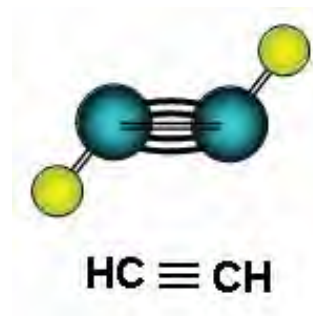
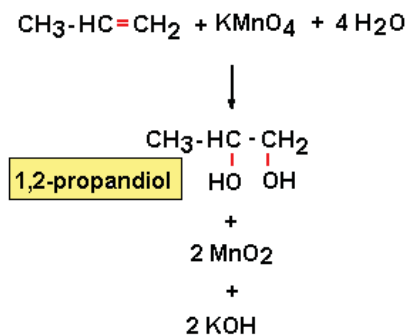
12.5.1. Tata Nama Alkuna

Penamaan alkuna sama dengan penamaan pada alkana, tetapi akhiran -ana pada alkana digantikan dengan akhiran -una.

Langkah-langkah:

1. Menetapkan rantai utama, yaitu rantai terpanjang yang mempunyai ikatan rangkap tiga. Dilanjutkan dengan memberi namanya yang berasal alkananya dengan mengganti akhirnya dengan una.
2. Menetapkan posisi ikatan rangkap tiga pada rantai utama yang ditunjukkan dengan angka.

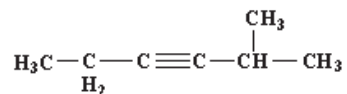
Bagan 12.24. Reaksi oksidasi propilena



Gambar 12.25. Struktur Alkuna.

3. C nomor 1 adalah C ujung yang terdekat dengan ikatan rangkap.

Untuk mempermudah mari kita lihat Gambar 12.26, cara panamaan untuk senyawa :



12.5.2. Sifat-sifat alkuna

Sifat fisika alkuna secara umum mirip dengan alkana dan alkena, seperti :

1. Tidak larut dalam air
2. Alkuna dengan jumlah atom C sedikit berwujud gas, dengan jumlah atom C sedang berwujud cair, dan dengan jumlah atom C banyak berwujud padat.
3. Berupa gas tak berwarna dan baunya khas
4. mudah teroksidasi atau mudah meledak.

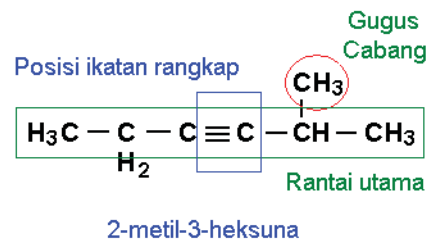
Titik didih beberapa senyawa alkuna disajikan pada Tabel 12.4.

Tabel 12.4. Titik Didih beberapa Senyawa Alkuna

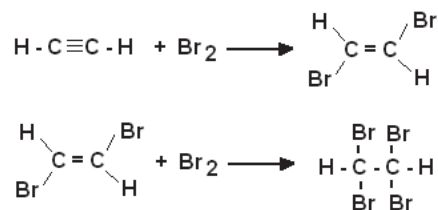
Nama	struktur	Titik didih
Etuna (asetilena)	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	-75
Propuna	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$	-23
1-butuna	$\text{CH}_3\text{CH}_2\equiv\text{CH}$	8,1
2-butuna	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$	27

Alkuna sebagai hidrokarbon tak jenuh, memiliki sifat menyerupai alkena tetapi lebih reaktif. Reaktivitas alkuna disebabkan karena terbongkarnya ikatan rangkap tiga dan membentuk senyawa baru. Atas dasar ini maka reaksi alkuna umumnya reaksi adisi. Contoh reaksi adisi alkuna dengan gas halogen, seperti gas bromine (Br_2), klorine (Cl_2) dan iodine (I_2). Ikatan rangkap tiga terlepas dan senyawa halogen masuk pada kedua atom karbon. Reaksi terus berlangsung sehingga seluruh ikatan rangkapnya terlepas, dan membentuk senyawa haloalkana. Persamaan reaksi ditunjukkan pada Bagan 12.27.

Bagan 12.26. Senyawa alkuna dan tata namanya

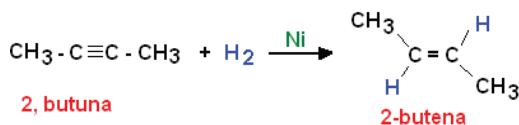


Bagan 12.27. Reaksi adisi alkuna dengan halogen



Reaksi lainnya yaitu adisi dengan senyawa hidrogen menggunakan katalis Nikel, persamaan reaksi dapat dilihat pada Bagan 12.28.

Bagan 12.28. Reaksi hidrogenasi 2-butuna dengan katalisator Nikel



Pemanfaatan alkuna seperti pemanfaatan gas etuna (asetilena) untuk pengelasan. Gas asetilena dibakar dengan gas Oksigen menghasilkan panas yang tinggi ditandai dengan kenaikan suhu sampai dengan 3000 ° C, sangat cocok untuk mengelas logam, perhatikan Gambar 12.29. Selain itu, alkuna juga dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan senyawa lain, karena senyawa ini cukup reaktif.

Isomeri pada alkuna sama dengan isomer pada alkena, dimana sifat isomer terjadi karena perpindahan ikatan rangkap sehingga isomer pada alkuna dan pada alkena disebut dengan isomer posisi. Contoh isomer posisi adalah senyawa 2-butuna dengan 1-butuna, perhatikan Gambar 12.30. Perlu kita ingat, isomer pada alkena terjadi karena perbedaan pada rantainya dan sering disebut dengan isomer rantai.

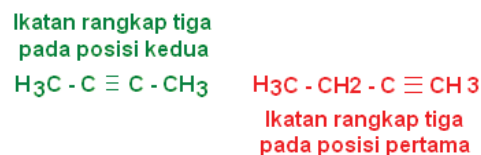
Senyawa alkana dapat dibedakan dengan alkena dan alkuna. Pembedaan ini dapat dilakukan dengan reaksi penambahan senyawa bromine (Br₂). Reaksi adisi pada senyawa alkana tidak terjadi. Sedangkan untuk senyawa alkena maupun alkuna terjadi reaksi Brominasi, peristiwa reaksi ini dapat diikuti dengan mudah, senyawa alkana tidak memberikan perubahan warna ditambahkan dengan senyawa Bromin yang berwarna merah, warna larutan akan tetap berwarna merah.

Berbeda dengan senyawa alkena dan alkuna yang tidak berwarna bereaksi dengan bromin dan terjadi reaksi adisi membentuk senyawa halida yang tidak berwarna, larutan akan tetap tidak berwarna dan terjadi senyawa alkena yang mengandung gugus bromide.



Gambar 12.29. pemanfaatan gas asetilena untuk pengelasan

Bagan 12.30. Isomer senyawa 1-butuna dengan 2- butuna



Jika reaksi ini terus dilanjutkan, maka reaksi adisi terjadi lagi dan terbentuk senyawa alkana yang mengandung gugus bromide. Untuk lebih jelasnya perhatikan Bagan 12.31.

Bagan 12.31. Reaksi brominasi sebagai pembeda antara alkana dengan alkena atau alkuna



RANGKUMAN

1. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa yang dibentuk oleh sekurang - kurangnya atom karbon dan hidrogen.
2. Terdapat tiga jenis ikatan yang terjadi antar atom karbon dalam menyusun hidrokarbon yaitu ikatan tunggal, ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga.
3. Ikatan tunggal terjadi dari orbital s dan disebut ikatan (σ) sigma pada orbital hibrid sp^3 dan bentuk molekul tetrahedron.
4. Ikatan rangkap dua terjadi pada orbital p, dikenal dengan ikatan π , membentuk orbital sp^2 (segi tiga datar).
5. Ikatan rangkap tiga terdapat dua orbital p dalam posisi sejajar sehingga merubah bentuk orbital sp menjadi (bentuk planar)
6. Senyawa hidrokarbon memiliki sebuah keunikan berupa isomer. Dan didefinisikan sebagai beberapa senyawa hidrokarbon memiliki rumus molekul yang sama namun memiliki sifat yang berbeda-beda.
7. *Alkana* merupakan senyawa hidrokarbon jenuh dengan ikatan tunggal. Memiliki deret C_nH_{2n+2} .
8. Penamaan senyawa alkana dimulai dengan menyebutkan posisi gugus cabang dalam sebuah rantai utama, penomorannya dapat dimulai dari kiri kekanan.
9. Cabang merupakan gugus yang berada dalam sebuah rantai utama.
10. Pemanfaatan senyawa alkana dalam kehidupan sehari – hari diantaranya adalah senyawa CFCs.
11. *Alkena* adalah senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap dua antar atom karbonnya dengan deret homolog C_nH_{2n} .
12. Penamaan alkena adalah sama dengan penamaan alkana, tetapi akhiran -ana pada alkana digantikan dengan akhiran -ena.
13. Ikatan π pada alkena memiliki energi ikat yang cukup besar yaitu 60 kkal/mol, sehingga bentuk segi tiga datar cukup stabil.
14. Alkena hanya memiliki isomer yang disebabkan oleh gugus yang sejajar (*cis*) atau yang berseberangan atau (*trans*).
15. Reaktifitas senyawa alkena sangat ditentukan oleh sifat ikatan rangkapnya kebanyakan reaksi alkena merupakan reaksi adisi. Reaksi adisi terjadi melalui pemutusan ikatan yang berasal dari ikatan π (bersifat lebih lemah), yang dilanjutkan dengan masuknya unsur baru dari luar.

16. Reaksi reduksi alkena dengan hidrogen menghasilkan alkana.
17. Reaksi hidrasi dengan molekul air menghasilkan senyawa alkohol.
18. Reaksi oksidasi alkana dengan KMnO_4 menghasilkan senyawa dengan dua gugus hidroksi saling bersebelahan (glikol).
19. Alkena dapat dibuat dengan cara mereaksikan senyawa alkana yang mengandung unsur halogen (haloalkana) dengan basa kuat seperti NaOH .
20. *Alkuna* adalah suatu hidrokarbon dengan satu ikatan rangkap tiga.
21. Deret homolog alkuna adalah $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ (deret asetilena). Penamaan alkuna sama dengan penamaan pada alkana, tetapi akhiran -ana pada alkana digantikan dengan akhiran -una.
22. Sifat fisika alkuna secara umum mirip dengan alkana dan alkena, diantaranya tidak larut dalam air, Alkuna dengan jumlah atom C sedikit berwujud gas, dengan jumlah atom C sedang berwujud cair, dan dengan jumlah atom C banyak berwujud padat.
23. Alkuna berupa gas tak berwarna dan baunya khas serta mudah teroksidasi atau mudah meledak.
24. Pemanfaatan Alkuna seperti pemanfaatan gas etuna (asetilena) untuk pengelasan.
25. Senyawa alkana dapat dibedakan dengan alkena dan alkuna. Perbedaan ini dapat dilakukan dengan reaksi penambahan senyawa Bromine (Br_2).

UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Gas asetilena termasuk deret homolog:
 - a. Alkana
 - b. Alkuna
 - c. Alkena
 - d. Residu
2. Penamaan yang tidak tepat pada senyawa berikut ini adalah:
 - a. 1-kloro-2 metil butana
 - b. 2-metil pentana
 - c. 2,2-metil heksana
 - d. 3-etil pentana
3. Nama senyawa alkana yang rumus bangunnya $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ adalah:
 - a. Siklo butana
 - b. 1, butena
 - c. n-butana
 - d. 2-metil butana
4. Bensin diperoleh dari minyak bumi dengan cara:
 - a. Filtrasi
 - b. Kristalisasi
 - c. Destilasi
 - d. Ekstrasi
5. Hidrokarbon tak jenuh yang mempunyai rumus C_4H_6 memiliki isomer sebanyak:
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
6. Rumus kimia senyawa hidrokarbon yang termasuk senyawa alkana adalah:
 - a. C_3H_6
 - b. C_5H_{12}
 - c. C_6H_8
 - d. C_7H_2

7. Senyawa yang paling banyak terdapat dalam minyak bumi adalah:
- Sikloalkana dan aromatis
 - Alkana dan heteorsiklis
 - Alkana dan aromatis
 - Alkana dan sikloalkana
8. Suatu alkuna rantai cabang mempunyai 5 atom C, adisinya dengan air bromine menghasilkan 1,2-dibromo-2-metil butana, nama alkuna tersebut adalah:
- 1-butena
 - 2-butena
 - 2-metil butena
 - 2-metil-1-butuna
9. Nama yang tepat untuk rumus struktur dibawah ini adalah:
- $$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- Heksana
 - Heksena
 - 2,2-dimetil butane
 - 3,3-dimetil-1-butena
10. Senyawa yang mempunyai 5 atom C adalah:
- 2-metil butana
 - 2,2-dimetil butana
 - 2-metil pentana
 - 2-metil-2-pentana
11. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH}_2$ mempunyai nama:
- $$\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- 2-metil-1-butena
 - 3-metil-1-butena
 - 2-etil-2-pentena
 - 2 metil-2-pentena
12. Isomer fungsi dari senyawa n-butena adalah:
- 2-butena
 - 2-pentena
 - 1,2-dimetil oktana
 - 2,3-propadiena

13. Senyawa yang termasuk alkena adalah:
- C_3H_8
 - C_4H_6
 - C_5H_{10}
 - C_6H_{14}
14. Nama yang sesuai dengan aturan tata nama organik adalah:
- 2-etil-3-metil pentana
 - 2-isopropil-3-metil pentana
 - 2,4,4-tribromo heksana
 - 1,3-dimetil butane
15. Homolog berikutnya yang tertinggi dari C_5H_{10} adalah:
- C_6H_{14}
 - C_7H_{16}
 - C_8H_{16}
 - C_8H_{18}
16. Pada rumus manakah yang memiliki lebih dari satu isomer strukturnya:
- C_2H_2
 - C_2H_6
 - $C_2H_4F_2$
 - C_2H_5F
17. Nama sistematis untuk senyawa yang memiliki rumus struktur berikut adalah :
- $$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \\
 & & & & | & & | \\
 \text{CH}_3 - & \text{CH}_2 - & \text{C} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\
 & & | & & & & \\
 & & \text{CH}_3 & & & &
 \end{array}$$
- 1-metil-2,2-dimetil butana
 - 1,2-dimetil-2,2-dimetil butana
 - 3,3-dimetil isoheksana
 - 2,3,3-trimetil pentana
18. Senyawa yang bukan isomer dari oktana adalah:
- 2-metil heptana
 - 2,3-dimetil heksana
 - 2,3,4-trimetil pentana
 - 2,2-dimetil pentane

19. Dalam setiap molekul alkena:
- Semua ikatan karbon-karbon adalah ikatan rangkap dua
 - Terdapat setidaknya satu ikatan karbon-karbon rangkap
 - Terdapat satu ikatan karbon-karbon rangkap dua
 - Semua atom karbon mengikat empat atom H.
20. Suatu hidrokarbon mempunyai rumus empiris C_2H_3 dan massa molekul relatif 512. Rumus struktur yang mungkin untuk senyawa tersebut adalah:
- $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
 - $CH_3 - CH = CH - CH_3$
 - $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2$
 - $CH_2 = CH - CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

12.6. Alkanon

Alkanon adalah senyawa turunan alkana yang memiliki gugus karbonil atau gugus keton diantara alkil. Suatu keton mempunyai dua gugus alkil atau aril (senyawa lingkaran atau siklik) yang terikat pada karbon karbonil (Gambar 12.32). Senyawa keton banyak terdapat dalam makhluk hidup seperti gula ribosa yaitu gula dengan atom C sebanyak lima buah dan mengandung gugus karbonil. Untuk senyawa alkanon yang lebih kompleks juga dijumpai pada hormon betina progesteron yang juga memiliki gugus karbonil.

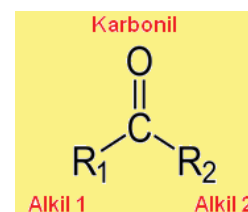
12.6.1. Tata Nama Alkanon

Penamaan senyawa alkanon dapat dilakukan dengan menyebutkan nama – nama alkil yang mengapit gugus fungsi dan diakhiri dengan menyebut kata keton. Penamaan dengan aturan ini sangat sederhana misalnya untuk senyawa dimetil keton yang berarti, ada 2 buah metil yang mengapit gugus keton. Contoh kedua gugus keton yang diapit oleh gugus etil dan gugus metil, seperti Gambar 12.33.

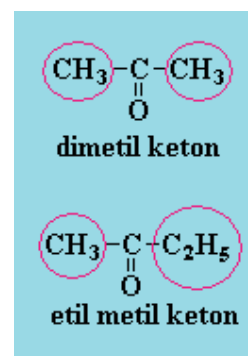
Penamaan alkanon juga dapat dilakukan dengan standar IUPAC. Pertama menetapkan rantai utama yaitu mencari rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi karbonil. Selanjutnya memberi nomor pada rantai terpanjang, dimulai dari C yang terdekat dengan gugus fungsi dan diakhiri dengan menyebutkan nomor dan nama cabang pada rantai utama, akhiri dengan nama alkanonnya. Dengan cara kedua, kita dapat memberi nama yang tepat atau dengan sebuah nama kita dapat menuliskan rumus molekul. Rumus molekul untuk senyawa 4-metil-2-pentanon, lihat Bagan 12.34.

12.6.2 Beberapa senyawa alkanon penting

1. Propanon (dimetil keton = Aseton = $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$), merupakan cairan tak berwarna, mudah menguap, pelarut yang baik. Senyawa ini sering digunakan sebagai pelarut
2. Asetofenon (metil fenil keton = $\text{C}_7\text{H}_8\text{CO}$) merupakan cairan tak berwarna dan berhablur. Senyawa ini sering digunakan sebagai hipnotik, sedangkan turunannya yaitu senyawa kloroasetofenon banyak dipergunakan sebagai gas air mata.



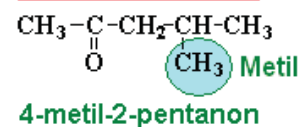
Gambar 12.32. Kerangka senyawa alkanon



Gambar 12.33. Tata nama senyawa alkanon dengan cara 1

Bagan 12.34. Penamaan Alkanon dengan cara IUPAC

Rantai utama : 2-pentanon



12.6.3. Sifat Fisika Alkanon

Keberadaan gugus pada senyawa alkanon membentuk orbital hibrida sp^2 yang memiliki bentuk segi tiga datar dengan sudut ikatan kira-kira 120° . Dengan struktur semacam ini membuat senyawa ini cukup sulit membentuk ikatan hidrogen. Hal ini juga berdampak pada titik didih dan titik leleh alkanon yang lebih rendah dibandingkan senyawa alkanol yang dapat membentuk ikatan hidrogen. Titik didih dan titik leleh beberapa senyawa alkanon disajikan pada tabel 12.5. di bawah ini.

Tabel 12.5. Titik didih dan titik leleh beberapa senyawa alkanon

Nama IUPAC	Struktur	Titik didih ($^\circ\text{C}$)	Titik leleh ($^\circ\text{C}$)
Propanon	CH_3COCH_3	56,1	-95
2-butanon	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$	79,6	-86
2-pentanon	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	102	-78
3-pentanon	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$	102	-39

12.6.4. Sifat Kimia Alkanon

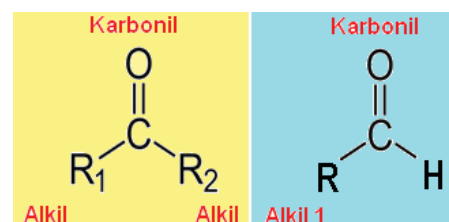
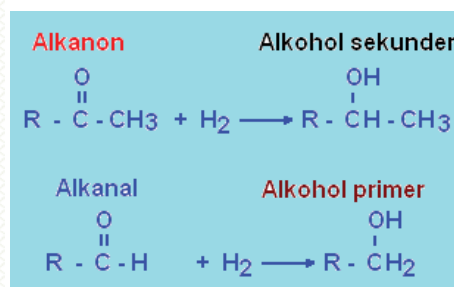
Perbedaan aldehida dengan keton adalah pada kereaktifannya. Aldehida lebih reaktif dan mudah dioksidasi maupun direduksi. Reduksi senyawa aldehid menghasilkan alkohol primer sedangkan senyawa hasil reduksi senyawa alkanon adalah alkohol sekunder. Bagan 12.35, menunjukkan perbedaan reaksi reduksi senyawa alkanon dan alkanal yang sama menghasilkan senyawa alkohol.

12.7. Alkanal

Alkanal atau yang lebih dikenal sebagai aldehida memiliki rumus umum $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ dan merupakan isomer fungsi dengan senyawa keton, diman salah satu gugus alkil digantikan dengan atom hidrogen. Sehingga gugus aldehid dan keton sangat mirip, perbedaan hanya pada posisi gugus karbonilnya saja, perhatikan Gambar 12.36. Gugus fungsi aldehida ($-\text{CHO}$) sering disebut gugus formil.

Banyak aldehida mempunyai bau khas yang membedakannya yaitu berbau harum. Senyawa aldehida umumnya dipergunakan sebagai bahan baku parfum.

Bagan 12.35. Reaksi reduksi alkanon dan alkanal sebagai pembeda



Gambar 12.36. Rumus umum alkanal dan alkanon

12.7.1 Tata Nama Aldehida

Langkah-langkah penamaan aldehida berdasarkan aturan IUPAC adalah sebagai berikut:

1. Cari rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi formil.
2. Beri nomor pada rantai terpanjang, dimulai dari C yang terdekat dengan gugus fungsi.
3. Sebutkan nomor dan nama cabang pada rantai utama, akhiri dengan nama alkanalnya (dengan mengganti akhiran -a pada alkana menjadi -al pada aldehida).

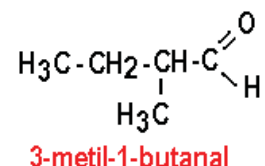
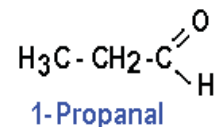
Untuk itu kita lihat beberapa contoh penamaan senyawa alkanal, perhatikan rumus bangun dan rumus molekul untuk senyawa propanal dan 2-metilbutanal, seperti tampak pada Bagan 12.37.

12.7.2. Pembuatan Aldehida

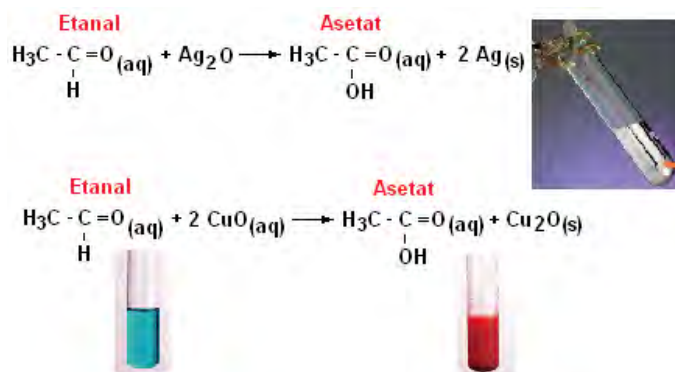
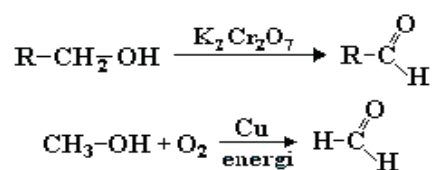
Aldehida dapat dibuat melalui oksidasi lemah alkohol primer menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam. Pada produk aldehida komersial, khususnya formaldehida dibuat dengan cara mereaksikan alkohol primer dan udara menggunakan katalis tembaga dan pemanasan. Reaksi ini disederhanakan pada Bagan 12.38.

Kemudahan aldehida untuk teroksidasi oleh oksidator (bahkan oleh oksidator lemah) dimanfaatkan untuk membedakan aldehida dengan keton. Pereaksi Tollens (Ag_2O) akan menghasilkan endapan perak dan pereaksi Fehling (CuO) membentuk endapan merah, seperti reaksi pada Gambar 12.40.

Bagan 12.37. Rumus bangun dari senyawa 1-propanal dan 2-metil-1-butanal



Bagan 12.38. Reaksi pembuatan aldehida

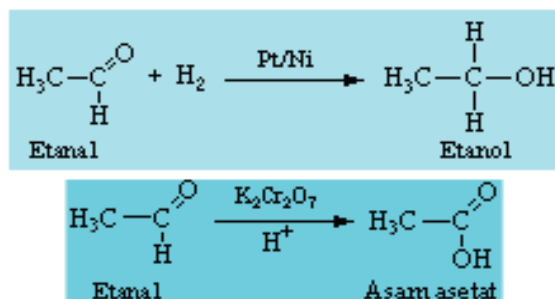


Gambar 12.40. Reaksi oksidasi aldehida dengan oksida logam perak dan tembaga

12.7.3. Reaksi-reaksi Aldehida

Reaksi Hidrogenasi aldehida menggunakan katalis Pt/Ni menghasilkan alkohol primer, seperti Gambar 12.41. Reaksi oksidasi aldehida menggunakan oksidator KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam suasana asam akan menghasilkan suatu asam karboksilat. Reaksi ini disederhanakan pada Bagan 12.41.

Bagan 12.41. Reaksi hidrogenasi dan oksidasi dari senyawa etanal



12.7.4. Pemanfaatan aldehida

Formaldehida banyak digunakan sebagai bahan pengawet spesimen biologi maupun mayat dan sebagai insektisida. Etanal juga dipergunakan sebagai bahan baku karet buatan. Sedangkan senyawa trans-sinamaldehida dalam kayumanis digunakan sebagai penambah aroma masakan.

12.8. Alkanol

Alkanol atau alkil atau aril (sikloalkil) alkohol merupakan senyawa monohidroksi turunan dari alkana, dimana salah satu atom H diganti gugus oleh gugus hidroksi (OH), lihat Gambar 12.42.

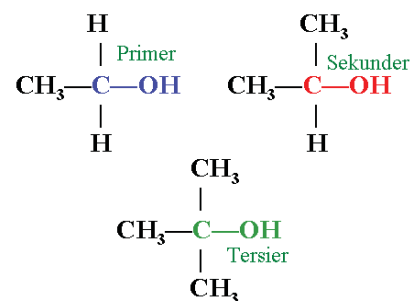
Alkohol memiliki rumus umum $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$. Berdasarkan jenis atom C dalam rantai alkana yang mengikat gugus OH, maka alkohol dapat dibedakan menjadi alkohol primer, sekunder dan tersier.

Alkohol primer, gugus hidroksi terikat pada atom C primer, demikian pula seterusnya untuk alkohol sekunder, gugus hidroksi pada C sekunder dan alkohol tersier, gugus OH terikat pada atom C tersier, lihat Bagan 12.43.



Gambar 12.42. Struktur molekul alkanol yang diwakili oleh methanol dan fenol

Bagan 12.43. Klasifikasi alkohol berdasar kedudukan gugus hidroksi pada rantai karbon



12.8.1. Tata Nama Alkohol

Penamaan senyawa alkohol berdasarkan aturan IUPAC adalah; menetapkan rantai utama yaitu yang terpanjang yang mengandung gugus OH. Selanjutnya memberi nomor pada rantai terpanjang, dengan C yang mengikat gugus fungsi memiliki nomor terkecil dan diakhiri dengan menyebutkan nomor dan nama cabang pada rantai utama (sesuai abjad), disertai nomor dan nama alkanolnya (dengan mengganti akhiran -a pada alkana menjadi -ol pada alkohol).

Penamaan senyawa alkanol untuk senyawa dengan rumus molekul C_2H_5OH , C_3H_7OH . Untuk senyawa C_2H_5OH , dimulai dengan menuliskan jumlah atom C, dilanjutkan dengan mengisi atom H-nya, dan satu ikatan diisikan dengan gugus OH.

Sedangkan C_3H_7OH dibuat dengan cara di atas namun juga diperhatikan adanya isomer, dengan pembentukan cabang pada rantai utamanya. Penyelesaian untuk kedua senyawa tersebut dapat dilihat pada Bagan 12.44.

12.8.2. Sifat-sifat Alkohol

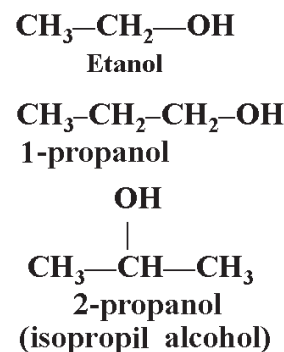
Alkohol umumnya berwujud cair dan memiliki sifat mudah menguap (volatil) tergantung pada panjang rantai karbon utamanya (semakin pendek rantai C, semakin volatil). Kelarutan alkohol dalam air semakin rendah seiring bertambah panjangnya rantai hidrokarbon. Hal ini disebabkan karena alkohol memiliki gugus OH yang bersifat polar dan gugus alkil (R) yang bersifat nonpolar, sehingga makin panjang gugus alkil makin berkurang kepolarannya.

Reaktifitas alkohol diketahui dari berbagai reaksi seperti:

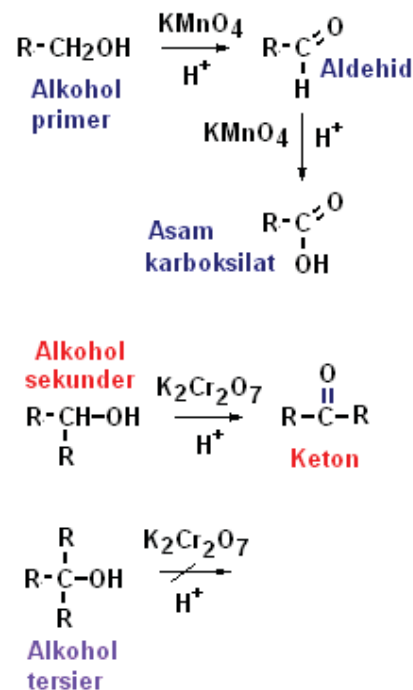
1. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi alkohol dapat digunakan untuk membedakan alkohol primer, sekunder dan tersier. Alkohol primer akan teroksidasi menjadi aldehida dan pada oksidasi lebih lanjut akan menghasilkan asam karboksilat. Alkohol sekunder akan teroksidasi menjadi keton. Sedangkan alkohol tersier tidak dapat teroksidasi (Bagan 12.45).

Bagan 12.44. Molekul etanol dan propanol bersama isomernya

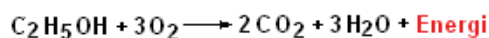


Bagan 12.45. Reaksi oksidasi alkohol primer, sekunder dan tersier



2. Reaksi pembakaran

Alkohol dapat dibakar menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air dan energi yang besar. Saat ini Indonesia sedang mengembangkan bahan bakar alkohol yang disebut dengan Gasohol, seperti reaksi di bawah ini.



3. Reaksi esterifikasi

Pembentukan ester dari alkohol dapat dilakukan dengan mereaksikan alkohol dengan asam karboksilat. Dalam reaksi ini akan dihasilkan air dan ester. Molekul air dibentuk dari gugus OH yang berasal dari karboksilat dan hidrogen yang berasal dari gugus alkohol. Mekanisme reaksi esterifikasi secara umum ditunjukkan pada Gambar 12.46.

4. Reaksi dengan Asam Sulfat Pekat

Reaksi alkohol dengan asam sulfat pekat akan menghasilkan produk yang berbeda tergantung pada temperatur pada saat reaksi berlangsung. Reaksi ini disederhanakan pada gambar 12.47.

5. Reaksi dengan Halida (HX, PX₃, PX₅ atau SOCl₂)

Reaksi ini merupakan reaksi substitusi gugus OH dengan gugus halida (X). Reaksi disajikan dibawah ini :



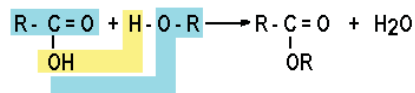
12.8.5. Pemanfaatan Alkohol

Dalam kehidupan sehari-hari senyawa alkohol telah banyak dipergunakan, dibidang kesehatan alkohol 70% dipergunakan sebagai antiseptik, sedangkan dalam industri banyak dipergunakan sebagai bahan baku plastik, kosmetik dan saat ini sedang digalakkan bahan bakar dari alkohol.

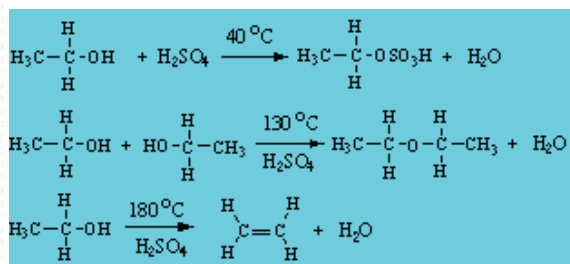
A. Fenol

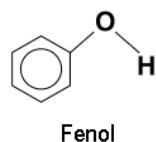
Fenol adalah senyawa alkohol, dimana gugus alkilnya berupa aril atau sikloalkil. Struktur senyawa fenol seperti :

Bagan 12.46. reaksi esterifikasi antara alkanol dengan asam karboksilat



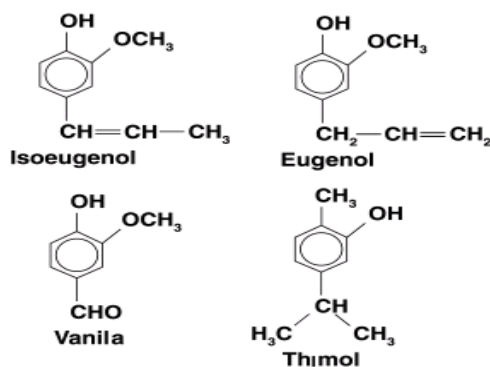
Gambar 12.47. Reaksi alkohol dengan asam sulfat pekat



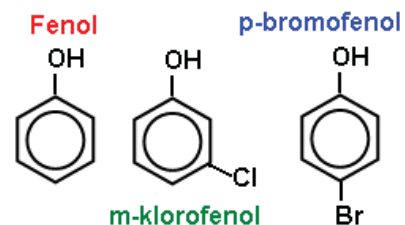


Beberapa turunan dari senyawa yang penting banyak dipergunakan sebagai antiseptik seperti fenol, m-klorofenol dan p-bromofenol (lihat Gambar 12.48).

Senyawa turunan fenol lainnya pada bumbu dapur dan sering dijumpai pada cengkeh, vanila dan lainnya, senyawa tersebut seperti isoeugenol, eugenol, vanili dan timol. Senyawa tersebut disajikan dalam Gambar 12.49. di bawah ini.



Gambar 12.49. Senyawa turunan fenol, isoeugenol, eugenol, vanili dan timol



Gambar 12.48. Senyawa turunan fenol, m-klorofenol dan p-bromofenol

12.9. Alkoksi Alkana

Alkoksi alkana adalah senyawa turunan alkana yang salah satu atom Hidrogennya diganti dengan gugus alkoksi (OR). Senyawa alkoksi alkana juga sangat dikenal dengan nama eter. Untuk lebih mudah mengenali senyawa eter, diketahui dengan memperhatikan atom oksigen yang diapit oleh gugus alkil, lihat Gambar 12.50. di bawah ini. Senyawa eter ini juga merupakan isomer dari senyawa alkanol.



Gambar 12.50. Rumus umum eter

12.9.1. Tata nama Eter

Penamaan senyawa alkoksi alkana dilakukan dengan menetapkan rantai utama yaitu yang terpanjang dan

mengandung gugus OR. Selanjutnya memberikan nomor pada rantai utama dimulai dari atom C yang mengandung gugus fungsi dan akhiri dengan nomor dan nama cabang dan nama alkoksialkannya, cara ini mengikuti aturan IUPAC.

Penamaan lain juga dapat dilakukan dengan menyebutkan kedua gugus alkil yang mengapit atom Oksigen dan dilanjutkan dengan penambahan nama eter.

Untuk mempermudah dalam pemberian panamaan, baik menurut IUPAC maupun nama lainnya kita ambil contoh untuk senyawa $\text{CH}_3\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$. Tahapan penamaan ditampilkan pada Bagan 12.51.

12.9.2. Sifat-sifat Eter

Eter memiliki titik didih rendah karena sangat sulit membentuk ikatan hidrogen. Eter memiliki titik didih yang relatif rendah dibandingkan isomeri alkoholnya. Kelarutan eter dalam air sangat kecil ($\pm 1,5\%$), sehingga merupakan pelarut yang baik bagi senyawa organik yang tidak larut dalam air.

Eter mudah terbakar membentuk CO_2 dan uap air, eter terurai oleh asam halida terutama oleh HI. Reaksi dengan senyawa PX_3 (Posfor trihalida) misalnya (PCl_3 , PBr_3 dan PI_3) dipergunakan sebagai reaksi pembeda alkanol dengan eter.

Senyawa alkohol dapat bereaksi dengan senyawa PX_3 , sedangkan senyawa eter tidak bereaksi. Secara umum reaksi tersebut mengikuti persamaan reaksi pada Bagan 12.52.

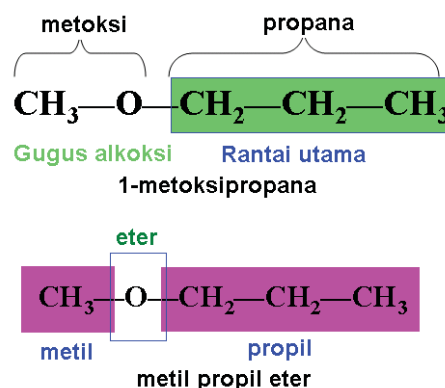
12.9.3. Pemanfaatan Eter

Eter yang paling banyak digunakan adalah dietil eter atau etoksi etana. Eter digunakan sebagai pelarut senyawa karbon, zat disinfektan (pembunuh kuman), zat anastesi dan juga dipakai sebagai senyawa aditif pada bahan bakar untuk menaikkan bilangan oktan.

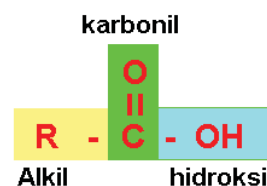
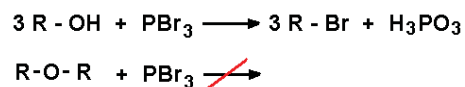
12.10. Asam Alkanoat

Asam alkanoat atau lebih populer sebagai asam karboksilat adalah segolongan asam organik yang memiliki gugus fungsional karboksilat (COOH), secara mudah gugus karboksilat adalah gabungan dari gugus karbonil dan hidroksi, (Gambar 12.53).

Bagan 12.51. Penamaan senyawa alkoksi alkana menurut IUPAC dan cara lainnya



Bagan 12.52. Reaksi pembeda eter dan alkohol



Gambar 12.53. Rumus umum asam karboksilat

Asam karboksilat memiliki rumus umum $C_nH_{2n}O_2$. Sifat asam dari senyawa ini adalah asam lemah. Dalam pelarut air, sebagian molekulnya terionisasi dengan melepas proton (H^+).

Asam karboksilat dapat memiliki lebih dari satu gugus fungsional. Asam karboksilat yang memiliki dua gugus karboksil disebut asam dikarboksilat (alkanadioat), jika tiga disebut asam trikarboksilat (alkanatrioat), dan seterusnya. Lihat gambar 12.54.

12.10.1. Tata nama Asam Karboksilat

Penamaan asam karboksilat berdasarkan aturan IUPAC adalah sebagai berikut; pertama menetapkan rantai utama yaitu rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi karboksilat. Selanjutnya memberi nomor pada rantai terpanjang, dimulai dari C yang mengikat gugus karboksilat dan diakhiri dengan menyebutkan nomor dan nama cabang pada rantai utama yang diawali dengan kata "asam", akhiri dengan nama alkanoatnya (posisi gugus fungsi tidak perlu diberi nomor).

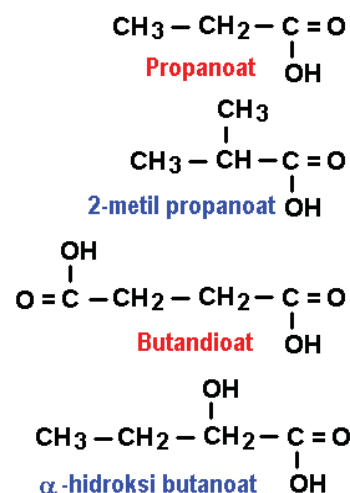
Dalam penamaan juga dapat dipergunakan cara lain yaitu mengganti nomor dengan simbol α , β , γ dan seterusnya. Dengan α merupakan posisi atom C yang terikat pada gugus karboksilat. Contoh penamaan disajikan pada Gambar 12.54.

12.10.2. Sifat-sifat Asam Karboksilat

Wujud dari asam karboksilat tergantung dari jumlah atom C-nya, untuk senyawa asam karboksilat yang memiliki atom C kurang dari 10, maka wujud zat tersebut adalah cair pada suhu kamar. Sedangkan asam karboksilat yang memiliki panjang rantai C 10 atau lebih berwujud padat.

Asam karboksilat dengan panjang rantai 1-4 larut sempurna dalam air, sedangkan asam karboksilat dengan panjang rantai 5-6 sedikit larut dalam air dan asam karboksilat dengan panjang rantai lebih dari 6 tidak larut dalam air. Asam karboksilat larut dalam pelarut organik (seperti eter, alkohol dan benzena). Semua asam karboksilat merupakan asam lemah dengan $K_a = \pm 1 \times 10^{-5}$.

Bagan 12.54. Tata nama beberapa senyawa asamkarboksilat



Asam karboksilat memiliki titik didih yang tinggi (lebih tinggi daripada alkohol), karena dapat membentuk ikatan hidrogen yang kuat.

1. Reaksi dengan Basa Kuat

Reaksi Asam karboksilat dengan basa kuat akan membentuk garam dan air. Garam karboksilat hasil reaksi merupakan sabun. Reaksi ini sering disebut juga dengan reaksi penyabunan, (Bagan 12.55).

2. Reaksi substitusi

a. reaksi dengan halida (PX_3 , PX_5 dan SOX_2) akan menghasilkan suatu asilhalida (Bagan 12.56).

b. reaksi dengan alkohol akan menghasilkan suatu ester dan H_2O .

3. Reaksi Reduksi menggunakan katalis $CaAlPH_4$ akan menghasilkan alkohol primer.

4. Reaksi dehidrasi (penghilangan molekul H_2O) akan menghasilkan anhidrida asam karboksilat, lihat Gambar 12.57.

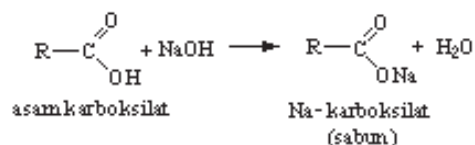
12.10.3. Pemanfaatan asam karboksilat

Asam format digunakan dalam industri kecil penyamakan kulit dan menggumpal bubur kertas atau karet. Asam asetat atau yang lebih populer sebagai asam cuka digunakan sebagai cuka makan dengan kandungan asam asetat 20-25%. Asam stearat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lilin.

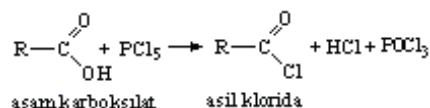
12.11. Alkil Alkanoat

Alkil alkanoat atau yang lebih dikenal sebagai ester adalah turunan dari senyawa alkanoat yang terbentuk melalui penggantian atom hidrogen pada gugus karboksilat dengan gugus alkil (R'). Ester memiliki rumus struktur yang sama dengan asam alkanoat dan memiliki gugus fungsi $RCOOR'$. Pada Gambar 12.58, disajikan rumus molekul dari senyawa ester sederhana. Ester merupakan senyawa yang sangat berguna karena dapat diubah menjadi aneka ragam senyawa lain.

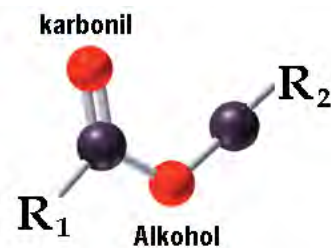
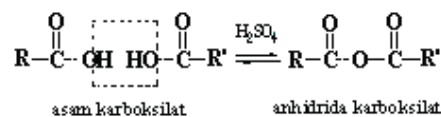
Bagan 12.55. Reaksi penyabunan



Bagan 12.56. Reaksi substitusi OH dengan halida



Bagan 12.57. Dehidrasi asam karboksilat menghasilkan anhidrida asam karboksilat



Gambar 12.58. Rumus umum ester.

Senyawa ester merupakan hasil reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol yang berlangsung pada suasana asam.

12.11.1. Tata nama ester

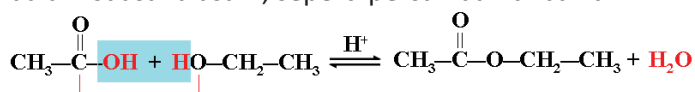
Nama suatu ester terdiri dari dua kata. Kata pertama ialah nama *gugus alkil* yang terikat pada oksigen ester. Kata kedua berasal dari nama *asam karboksilatnya* dengan membuang kata asam.

Penamaan diawali dengan penetapan rantai utama yaitu rantai terpanjang yang mengikat gugus karboksilat, dimana atom C pengikat gugus karboksilat juga mengikat atom oksigen. Selanjutnya memberikan nomor pada rantai alkil, dimulai dari C yang mengikat gugus karboksilat. Penamaan diakhiri dengan menyebutkan nomor dan nama cabang pada rantai alkil diikuti dengan nama rantai alkil dan diakhiri dengan nama rantai utamanya dengan menghilangkan kata 'asam' dari nama alkanoat (posisi gugus fungsi tidak perlu diberi nomor). Penamaan senyawa ester ditunjukkan pada Bagan 12.59.

12.11.2. Sifat-Sifat Ester

Ester dengan jumlah atom Karbon sedikit atau rantai yang pendek memiliki sifat mudah menguap dan berwujud cair. Sedangkan ester dengan rantai yang panjang ditemukan pada minyak (berwujud cair) dan lemak (padat) yang merupakan senyawa triester. Minyak dan lemak tidak larut dalam air tetapi larut dalam benzena, eter dan CS₂.

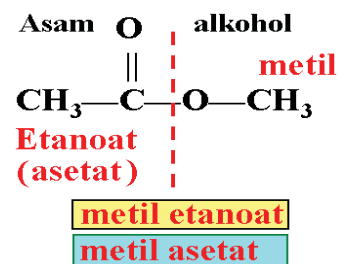
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol, reaksi ini berlangsung dalam suasana asam, seperti persamaan di bawah ini.



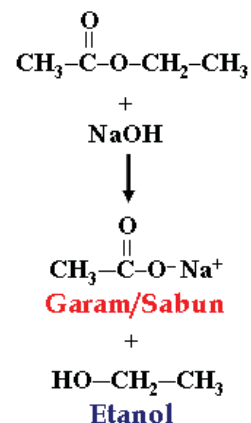
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang dapat balik. Sehingga ester dapat dihidrolisis oleh air pada suasana asam. Hasil reaksi ini adalah asam karboksilat dan alkohol.

Hidrolisis dari ester dalam suasana basa, menghasilkan sabun dan alkohol, lihat persamaan reaksi pada Bagan 12.60.

Bagan 12.59. Tata nama senyawa ester



Bagan 12.60. Reaksi hidrolisis ester dalam suasana basa



12.11.3. Pemanfaatan Ester

Ester yang beraroma buah-buahan (seperti isopentil asetat yang beraroma pisang) banyak digunakan sebagai penambah aroma (essen) pada makanan dan minuman. Beberapa senyawa pemberi rasa atau pengharum disajikan dalam tabel 12.6.

Tabel 12.6. Beberapa senyawa yang memberikan rasa dan aroma pada buah-buahan

Molekul Ester	Nama	Rasa/Pengharum
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HC} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	etil metanoat	Rum
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HC} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3 \end{array}$	Isobutil metanoat	Rasbery
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	Propil etanoat	Pear
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	Pentil etanoat	Pisang
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	Octil etanoat	Jeruk
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	etil butanoat	Nanas

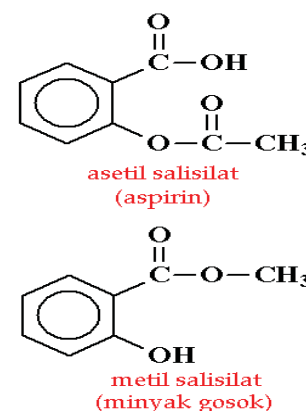
Dalam bidang farmasi, beberapa obat merupakan senyawa ester yang paling populer adalah obat penghilang rasa sakit serta pelemas otot. Senyawa-senyawa tersebut adalah turunan asam salisilat seperti aspirin dan minyak gosok, lihat Gambar 12.61.

Minyak merupakan senyawa triester dari senyawa asam karboksilat dengan gliserol, minyak dimanfaatkan untuk menggoreng produk makanan. Minyak dan lemak juga merupakan bahan baku pembuatan sabun. Ester dari alkohol rantai panjang dengan asam karboksilat rantai panjang merupakan bahan pembuatan lilin nonparafin.

12.12. Alkil Amina

Senyawa alkilamina merupakan senyawa turunan dari alkana, dimana salah satu atom hidrogennya digantikan dengan gugus amina (-NH₂).

Alkilamina memiliki ciri khas yaitu pada gugus aminannya. Berdasarkan letak atau posisi dari gugus amina, maka senyawa ini diklasifikasikan.



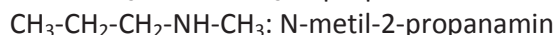
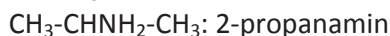
Gambar 12.61. Molekul aspirin dan minyak gosok

Senyawa alkilamina primer adalah senyawa yang terbentuk oleh gugus amina yang terikat pada atom C primer, demikian pula untuk alkilamina sekunder dan tersier, masing-masing gugus aminanya terikat pada atom sekunder dan tersier, lihat Gambar 12.63.

12.12.1. Tata nama Alkilamina

Penamaan alkil amina dilakukan dengan menyebutkan gugus alkilnya dan dilanjutkan dengan amin, dengan penamaan ini sekaligus tampak kedudukan gugus amina bentuk primer (1°), sekunder (2°) atau tersiernya (3°), lihat (Gambar 12.63).

Untuk penamaan dengan dengan acuan IUPAC, diawali dengan menetapkan rantai utama yaitu rantai terpanjang yang mengikat gugus amina, dilanjutkan dengan pemberian nomor dan nama cabang kemudian diakhiri dengan menyebutkan nomor, gugus cabang, rantai alkananya dan menambahkan kata amin, lihat contoh di bawah ini:

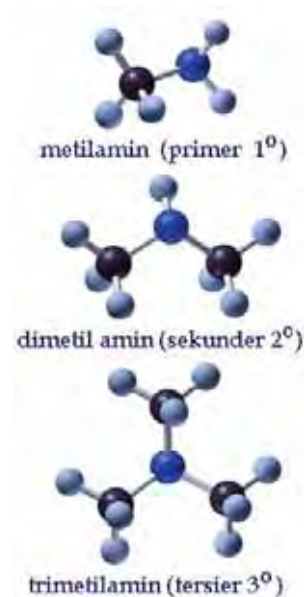


12.12.2. Sifat-sifat alkilamin

Sifat-sifat fisik, Senyawa alkanamin atau alkilamina memiliki bau yang khas, sedikit pesing. Wujud zatnya tergantung dari rantai atom karbonnya. Untuk senyawa dengan jumlah atom C sebanyak 1-2 buah berupa gas. Untuk tiga atom C dengan kedudukan gugus amina primer sudah berupa cairan pada suhu kamar. Alkil amina memiliki atom N yang polar, namun tidak sekuat Oksigen pada alkohol, sehingga titik didih alkilamin lebih rendah dibandingkan alkohol, lihat Tabel 12.7.

Tabel 12.7. Titik didih dari senyawa alkana, alkilamin dan alkohol

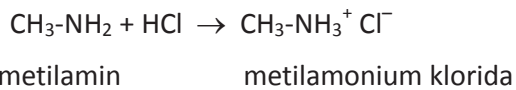
1 Atom C	b.p	2 Atom C	b.p	3 Atom C	b.p
CH_4	-162	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$	-89	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	-42
$\text{CH}_3\text{—NH}_2$	-7	$\text{CH}_3\text{—NH—CH}_3$	7	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH—CH}_3$	36
$\text{CH}_3\text{—OH}$	65	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	17	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	48
		$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$	79	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	97



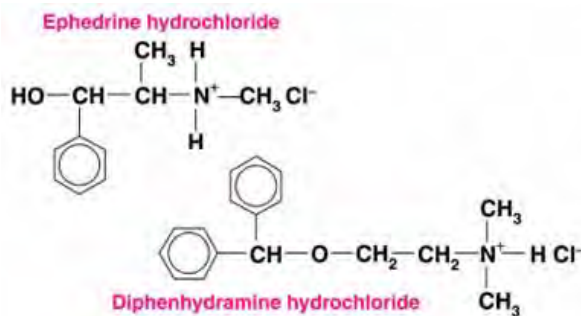
Gambar 12.63. Struktur molekul alkilamin primer, sekunder dan tersier

Polaritas atom N pada alkilamina menyebabkan alkilamina cukup reaktif, interaksi antar molekul alkilamina terjadi karena adanya ikatan hidrogen antar kedua molekul. Khusus untuk alkilamina tersier tidak terjadi ikatan hidrogen, karena atom N sudah tidak mengikat atom H lagi. Dengan adanya kemampuan membentuk ikatan hidrogen senyawa alkilamin larut dalam air. Ikatan hidrogen dan interaksinya sesama molekul alkilamina dan interaksinya dengan molekul air disajikan pada Gambar 12.64.

Alkilamin dapat membentuk reaksi penggaraman, jika dinetralkan oleh asam. Penamaan molekul garam dengan mengganti kata amin dengan amonium seperti :

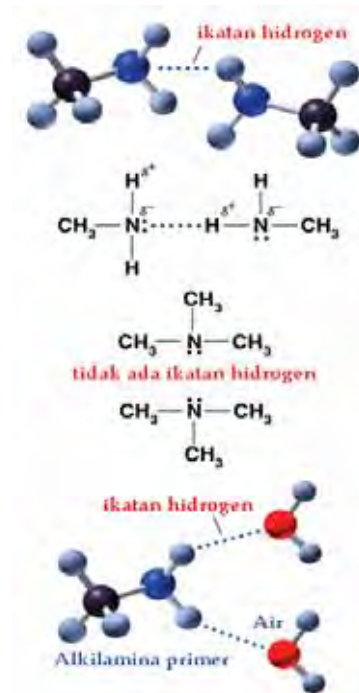


Sifat yang unggul dari persenyawaan garam amina adalah berbentuk padatan dalam suhu kamar, larutan dalam cairan tubuh, sehingga bentuk garam amina ini merupakan pilihan yang tepat untuk membuat obat. Senyawa *ephedrine hydrochloride* dan *difenhidramin hidroklorida* merupakan senyawa yang banyak terdapat pada obat-obat influenza, seperti struktur molekul dibawah ini.



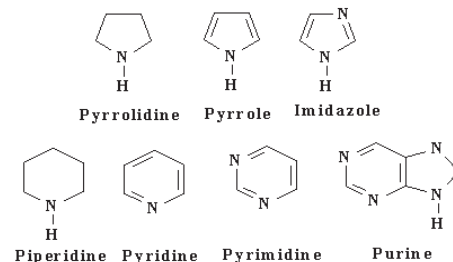
Senyawa alkilamin yang berbentuk siklik (lingkar) bersifat sebagai basa. Bentuk lingkaran yang stabil dari senyawa ini adalah cincin dengan segi lima atau segi enam yang mengandung satu atau dua atom nitrogen, seperti Bagan 12.65.

Persenyawaan alkilamina di alam melimpah ruah, dan telah banyak dimanfaatkan untuk obat-obatan khususnya jamu tradisional atau *herbal medicine*, dan yang sedang populer saat ini adalah alkaloid.



Gambar. 12.64. Ikatan hidrogen antar molekul alkil amin kecuali pada tersier alkilamin

Bagan 12.65. Senyawa lingkaran dari alkilamin yang bersifat basa



Alkaloid adalah senyawa yang memiliki basa nitrogen yang secara fisiologis aktif dalam tubuh makhluk hidup, khususnya untuk stimulan, anestesi dan anti depresi senyawa ini banyak diproduksi pada tumbuh-tumbuhan.

Beberapa alkaloid yang terkenal adalah caffein, dan nikotin yang telah digemari manusia sejak dulu kala. Caffein banyak terdapat dalam kopi, teh, coklat dan softdrink. Senyawa ini mampu bekerja sebagai stimulant sistem saraf manusia agar tetap segar. Struktur molekul dari caffeine mengandung basa nitrogen cincin imidazol. Sedangkan Nikotin terdapat dalam tembakau, saat ini dunia sedang memerangi penggunaan tembakau, beberapa efek fisiologisnya adalah menaikkan level adrenalin di dalam darah. Struktur molekulnya mengandung pyrolidin. Struktur dari kedua molekul ditampilkan pada Gambar 12.66.

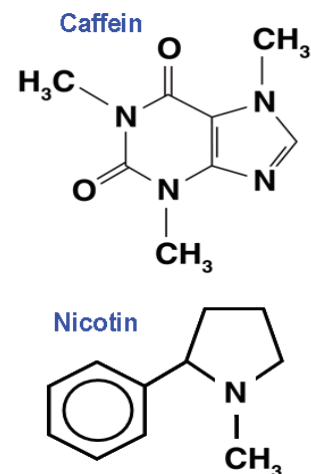
Beberapa alkaloid yang banyak dipergunakan untuk penghilang rasa sakit adalah morfin, heroin dan codein, namun kenyataannya obat ini telah banyak disalah gunakan pemanfaatannya oleh kalangan remaja. Struktur molekul dari alkaloid seperti pada Gambar 12.67 di bawah ini:



Gambar.12.67. Struktur molekul Heroin, Morfin dan Codein

Dari gambar di atas tampak bahwa molekul dasar dari ketiga persenyawaan tersebut (morfin, heroin dan codein) merupakan molekul hasil modifikasi dari morfin dengan mengganti beberapa gugusnya, perhatikan warna pink dan kuning.

Senyawa kelompok alkilamin yang juga sering disalah gunakan dan banyak beredar secara illegal adalah senyawa cocain dan turunannya. Dalam bidang kesehatan cocain dipergunakan sebagai anestesi. Beberapa turunannya yaitu senyawa procain, lidocain, dan Demerol (Gambar 12.68).



Gambar 12.66. Struktur molekul caffein yang mengandung imidazol dan nikotin yang mengandung pyrolidin



Gambar 12.68. Senyawa anestesi yang berasal dari cocain

Persenyawaan amin memegang peranan penting dalam sistem saraf seperti, acetylcholine, catecholamin, amphetamin, serotonin, histamin dan γ -Aminobutyrat (GABA).

12.13. Sikloalkana

Sikloalkana adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang memiliki sekurang-kurangnya 1 cincin atom karbon, dengan rumus umum C_nH_{2n} . Sikloalkana paling sederhana adalah siklopropana yang memiliki 3 atom C dengan konformasi berbentuk planar. Sedangkan pada sikloalkana dengan jumlah atom C penyusun cincin lebih dari 3 memiliki bentuk yang tidak planar dan melekuk, membentuk suatu konformasi yang paling stabil (memiliki energi paling rendah), ingat bentuk molekul gula yang berbentuk segi enam, berupa pelana kuda dan bentuk kursi adalah bentuk yang stabil. Tabel 12.8 di bawah ini menyajikan beberapa bentuk sikloalkana.

Tabel 12.8. Struktur dan bentuk geometris dari beberapa senyawa sikloalkana

Struktur molekul	Bentuk geometris	Nama	Model molekul
		Siklopropana	
		Siklobutana	
		Siklopentana	
		Sikloheksana	

12.13.1. Tata nama sikloalkana

Penamaan sikloalkana sama dengan penamaan alkana dengan menambahkan awalan 'siklo' di depan nama alkana yang sesuai dengan jumlah atom C dalam cincin. Sikloalkana yang memiliki substituen atau gugus pengganti lebih dari 1 pada cincin karbonnya, penamaan dilakukan dengan cara memberi nomor 1 pada atom C yang mengikat salah satu substituen dan yang lain diatur agar memiliki nomor yang rendah.

Penamaan senyawa sikloalkana, kita mulai dari yang mudah yaitu metilsiklopentana, hal ini mengindikasikan bahwa molekul tersebut berbentuk segi lima dan mengandung satu gugus metil. Sedikit yang lebih kompleks yaitu 1,2-dimetilsiklopentana, dimana terdapat dua gugus metil yang berposisi pada atom C 1 dan C 2 pada siklopentana. Hal yang sama juga kita lakukan untuk senyawa siklo dengan enam atom C, misalnya 1,2,4-trimetilsikloheksana, terdapat tiga gugus metil pada sikloheksana, lihat Bagan 12.69.

12.14. Benzena

Benzena merupakan sikloheksena yaitu senyawa siklik yang memiliki ikatan rangkap dua aromatik dengan rumus struktur C_6H_{12} . Benzena dilambangkan dalam dua bentuk, yang pertama adalah struktur Kekulé dan yang lainnya adalah heksagon dengan lingkaran di dalamnya untuk menggambarkan adanya resonansi ikatan π atau distribusi elektron yang tersebar merata didalam cincin benzena. Kedua struktur ini disederhanakan pada Gambar 12.70.

Adanya ikatan rangkap dua pada senyawa sikloheksena ini menunjukkan bahwa benzena termasuk hidrokarbon tidak jenuh, namun pada umumnya benzena tidak berperilaku seperti senyawa tak jenuh.

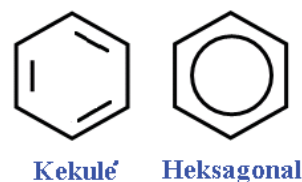
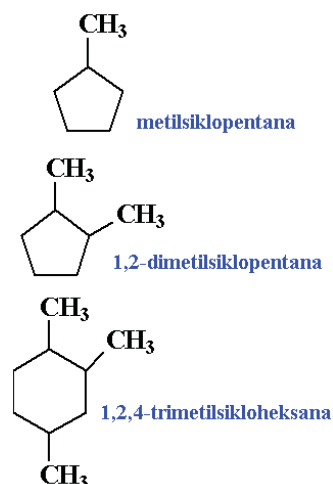
12.14.1. Tata nama benzena dan turunannya

Penamaan benzena berdasarkan aturan IUPAC adalah sebagai berikut:

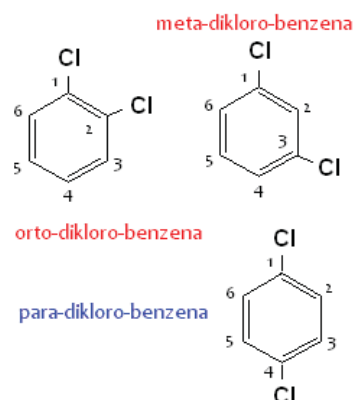
1. Jika hanya terdapat 1 substituen maka penamaannya dilakukan dengan cara menyebutkan nama gugus substituen diikuti dengan kata 'benzena' dan apabila terdapat dua substituen atau lebih, tentukan gugus utama dan gugus substituen.
2. Berilah nomor pada atom C dalam cincin benzena dengan mengatur agar penjumlahan nomor posisi gugus substituen memiliki jumlah sekecil mungkin.
3. Sebutkan nomor dan nama substituen diikuti dengan nama gugus utamanya.

Penomoran untuk benzena yang memiliki 2 substituen dapat diganti dengan awalan o (orto = substituen pada posisi 1,2), m (meta = substituen pada posisi 1,3) dan p (para = substituen pada posisi 1,4). Penamaan dengan model ini ditunjukkan pada Gambar 12.71.

Bagan 12.69. Tata nama senyawa sikloalkana



Gambar 12.70. Struktur Kekulé dan heksagonal benzena



Gambar 12.71. Penamaan senyawa benzena

12.14.2. Sifat-sifat benzena dan turunannya

Turunan dari senyawa benzena terjadi karena salah satu atom hidrogen dalam ring benzena diganti atau disubstitusi oleh atom atau gugus lain. Senyawa-senyawa tersebut meliputi toluen adalah benzena yang mengandung gugus metil, apabila mengandung gugus halogen dinamakan halobenzena. Sedangkan yang mengandung gugus hidroksi dan gugus nitro secara berurutan dinamakan fenol dan nitrobenzena. Struktur molekul untuk turunan senyawa benzena disederhanakan dalam Gambar 12.72.

Dalam bereaksi, benzena tidak mengalami reaksi adisi karena cincin benzena stabil, hal ini berbeda untuk senyawa-senyawa yang memiliki ikatan rangkap. Misalnya, benzena tidak mengalami reaksi adisi layaknya senyawa alkena dan alkuna. Dan reaksi utama dari benzena adalah reaksi substitusi. Reaksi ini disederhanakan pada Gambar 12.73.

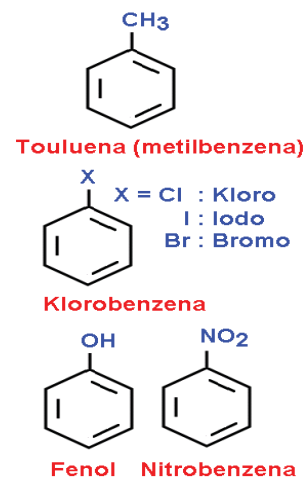
Benzena dapat di hidrogenasi menghasilkan suatu sikloalkana dengan bantuan katalis logam. Reaksi ini disederhanakan pada Gambar 12.74. Senyawa benzena akan mengalami reduksi dan akan menerima atom H, dengan cara melepaskan ikatan rangkapnya. Reaksi ini tidak berlangsung sederhana namun memerlukan katalisator logam khususnya platina atau nikel.

Benzena merupakan senyawa organik yang sangat beracun bagi manusia dan dapat menyebabkan kerusakan hati. Namun toluena jauh kurang beracun, meskipun bukan tidak berbahaya. Hal ini disebabkan karena perbedaan senyawa intermediet yang dihasilkan pada saat akan dibongkar dalam tubuh. Untuk toluen menghasilkan senyawa intermediet asam benzoat yang dapat diekskresikan, sehingga tidak akan menimbulkan masalah kesehatan.

12.14.3. Pemanfaatan senyawa benzena

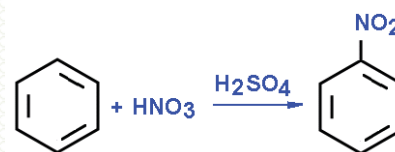
Senyawa benzena merupakan bahan baku yang dapat dipergunakan menjadi bahan lain. Selain itu benzena juga dipergunakan sebagai pelarut organik, khususnya untuk zat yang memiliki sifat non-polar.

Turunan dari senyawa benzena seperti fenol (lihat Gambar 12.72) dipergunakan sebagai zat antiseptik. Umumnya dipergunakan sebagai bahan pembersih toilet.

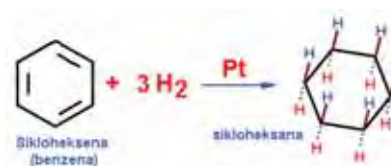


Gambar 12.72. Beberapa senyawa turunan benzena

Bagan 12.73. Reaksi substitusi dengan gugus nitro pada benzena



Bagan 12.74. Reaksi hidrogenasi benzena



Senyawa turunan benzena yang memiliki gugus metil, dikenal dengan toluene. Zat ini merupakan bahan baku untuk membuat asam benzoate, dengan cara mengoksidasi secara sempurna senyawa tersebut, sehingga terbentuk gugus karboksilat. Toluene juga dipergunakan sebagai bahan baku untuk membuat tri nitro toluene (TNT) yaitu bahan peledak.

Beberapa polimer juga mempergunakan bahan baku dari turunan benzena, seperti pembentukan polistirena. Asam salisilat juga merupakan turunan benzena yang dipergunakan untuk membuat obat penghilang rasa sakit dan saat ini juga dipergunakan untuk pengencer darah yaitu aspirin.

RANGKUMAN

1. *Alkanon* adalah senyawa turunan alkana yang memiliki gugus karbonil atau gugus keton.
2. Titik didih dan titik leleh alkanon yang lebih rendah dibandingkan senyawa alkanol karena sulit membentuk ikatan hidrogen.
3. Senyawa keton tidak dapat dioksidasi namun jika direduksi akan menghasilkan alkohol sekunder.
4. Beberapa senyawa penting alkanon adalah propanon yang banyak digunakan sebagai pelarut organik, asetofenon digunakan sebagai hipnotik dan kloroasetofenon dipergunakan sebagai gas air mata.
5. *Alkanal* atau *aldehida* merupakan isomer fungsi dari alkanon dengan rumus struktur $C_nH_{2n}O$.
6. Perbedaan aldehid dan alkanon hanya pada posisi gugus karbonilnya.
7. Alkanal bereaksi dengan pereaksi Tollens (Ag_2O) akan menghasilkan endapan perak dan pereaksi Fehling (CuO) membentuk endapan merah.
8. Aldehida dapat dibuat melalui oksidasi lemah alkohol primer menggunakan oksidator $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam. Reaksi Hidrogenasi aldehida menggunakan katalis Pt/Ni menghasilkan alkohol primer. Reaksi oksidasi aldehida menggunakan oksidator $KMnO_4$ atau $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam akan menghasilkan suatu asam karboksilat.
9. Pemanfaatan senyawa aldehida dalam pembuatan disinfektan dan karet sintesis.
10. *Alkohol* merupakan senyawa monohidroksi turunan dari alkana, dimana salah satu atom H diganti gugus oleh gugus hidroksi (OH) dengan rumus umum $C_nH_{2n+2}O$. Alkohol dapat dibedakan menjadi alkohol primer, sekunder dan tersier.
11. *Alkohol primer* akan teroksidasi menjadi aldehida dan pada oksidasi lebih lanjut akan menghasilkan asam karboksilat. *Alkohol sekunder* akan teroksidasi menjadi keton. Sedangkan *alkohol tersier* tidak dapat teroksidasi.
12. Alkohol umumnya berwujud cair dan memiliki sifat mudah menguap (volatil) tergantung pada panjang rantai karbon utamanya. Alkohol dapat dibakar menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air dan energi yang besar.
13. Reaksi antara alkohol dengan asam karboksilat dengan katalis asam menghasilkan ester.

14. *Alkoksi alkana* atau *eter* adalah senyawa turunan alkana yang salah satu atom hidrogennya diganti dengan gugus alkoksi (OR). Eter merupakan isomeri dari alkohol.
15. Eter memiliki titik didih rendah karena sangat sulit membentuk ikatan hidrogen. Kelarutan eter dalam air sangat kecil ($\pm 1,5\%$) mudah terbakar membentuk CO_2 dan uap air, eter terurai oleh asam halida terutama oleh HI.
16. Eter digunakan sebagai pelarut senyawa karbon, zat disinfektan, zat anastesi dan dipakai sebagai senyawa aditif pada bahan bakar.
17. *Asam alkanoat* atau asam karboksilat adalah golongan asam organik yang memiliki gugus fungsional karboksilat (COOH) dengan rumus umum $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.
18. Asam karboksilat dengan atom C kurang dari 10 berwujud cair sedangkan dengan 10 atom C atau lebih berwujud padat pada suhu kamar. Semua asam karboksilat merupakan asam lemah dengan $K_a = \pm 1 \times 10^{-5}$.
19. Beberapa reaksi kimia asam karboksilat diantaranya :
Reaksi dengan basa kuat akan membentuk garam dan air.
Reaksi dengan halida menghasilkan suatu asilhalida.
20. Reduksi menggunakan katalis CaAlH_4 menghasilkan alkohol primer. Reaksi dehidrasinya menghasilkan anhidrida karboksilat.
21. Pemanfaatan Asam Karboksilat dalam industri kecil penyamakan kulit dan menggumpal bubur kertas atau karet, industri makanan dan sebagai bahan dasar pembuatan lilin.
22. Alkil alkanoat atau ester adalah turunan dari asam alkanoat yang terbentuk melalui penggantian atom hidrogen pada gugus hidroksi dengan satu gugus alkil (R') dengan rumus struktur RCOOR' .
23. Ester dengan rantai yang pendek bersifat volatil dan berwujud cair. Sedangkan dengan rantai yang panjang ditemukan pada minyak (berwujud cair) dan lemak (padat). Hidrolisis ester dalam suasana basa, menghasilkan sabun dan alkohol sedangkan pada suasana asam menghasilkan karboksilat dan alkohol.
24. Alkilamina merupakan senyawa turunan dari alkana, dimana salah satu atom hidrogennya digantikan dengan gugus amina.

25. Senyawa alkanamin atau alkilamina memiliki bau yang khas, sedikit pesing. Wujud zatnya tergantung dari rantai atom karbonnya. Sifat yang unggul dari persenyawaan garam amina adalah berbentuk padatan dalam suhu kamar, larutan dalam cairan tubuh.
26. Alkilamin yang berbentuk siklik (lingkar) bersifat sebagai basa. Alkilamina di alam melimpah ruah, dan telah banyak dimanfaatkan untuk obat khususnya jamu.
27. Alkaloid adalah senyawa yang memiliki basa nitrogen yang secara fisiologis aktif dalam tubuh makhluk hidup. Beberapa alkaloid yang terkenal adalah kafein, dan nikotin.
28. Alkaloid yang digunakan sebagai penghilang rasa sakit misalnya morfin, heroin dan codein.
29. Sikloalkana adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang memiliki sekurang-kurangnya 1 cincin atom karbon, dengan rumus umum C_nH_{2n} .
30. Benzena merupakan sikloheksena yaitu senyawa siklik yang memiliki ikatan rangkap dua aromatik dengan rumus struktur C_6H_6 .
31. Benzena tidak mengalami reaksi adisi karena cincin benzena stabil reaksi utama dari benzena adalah reaksi substitusi.
32. Benzena dapat dihidrogenasi menghasilkan suatu sikloalkana dengan bantuan katalis logam.
33. Benzena sangat beracun dan dapat menyebabkan kerusakan hati.
34. Benzena dipergunakan sebagai pelarut organik. Turunan benzena yang dipergunakan untuk mensintesis aspirin.

UJI KEMAMPUAN

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar

- Termasuk senyawa apakah molekul dibawah ini
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
 - Aldehida
 - Keton
 - Alkohol
 - Alkoksi alkana
- Dengan jumlah atom C yang sama, Titik didih yang tertinggi dimiliki oleh seyawa :
 - Asam etanoat
 - Etanol
 - Etanal
 - Metil metanoat
- Nama yang tepat untuk senyawa di bawah ini adalah

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{H} \\
 | \\
 \text{CH}_3
 \end{array}$$

 - Isopropanal
 - 2,2- dimetil propanal
 - 2-metil butanal
 - pentanal
- Kloroasetofenon merupakan senyawa yang banyak digunakan sebagai gas air mata. Senyawa ini merupakan turunan dari
 - fenol
 - Asam karboksilat
 - Alkilamina
 - alkanon
- Isomer fungsi dari senyawa n-heksanal adalah
 - n-heksena
 - 3-heksanon
 - propoksi propana
 - n-heksanol
- Reaksi hidrogenasi 3-metil pentanal dengan katalis Pt akan menghasilkan senyawa
 - 3-metil pentanon
 - asam 3-metil pentanoat
 - 3-metil pentanol
 - metoksi pentana

7. Diantara senyawa berikut yang sulit dioksidasi, *kecuali*
- 2-metil heksana
 - asam 3-propil oktanoat
 - 2-metil butanal
 - Nitrobenzen
8. Senyawa yang merupakan isomer fungsi dari molekul berikut adalah
- $$\begin{array}{c}
 \text{HO} \quad \quad \quad \text{CH}_3 \\
 \diagdown \quad \quad \diagup \\
 \text{CH} - \text{CH} \\
 \diagup \quad \quad \diagdown \\
 \text{H}_3\text{C} \quad \quad \quad \text{CH}_3
 \end{array}$$
- metoksi butana
 - penatanon
 - pentanal
 - asam pentanoat
9. Berikut ini merupakan kegunaan senyawa eter *kecuali*
- sebagai aditif aroma makanan
 - zat anestesi
 - disinfektan
 - pelarut organik non polar
10. Nama yang tepat untuk senyawa berikut adalah
- $$\begin{array}{c}
 \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 \quad \quad \quad \text{O} \\
 \quad \quad \quad \diagdown \quad \quad \quad \parallel \\
 \quad \quad \quad \text{C} - \text{C} \\
 \quad \quad \quad \diagup \quad \quad \quad \diagdown \\
 \text{C}_2\text{H}_5 \quad \quad \quad \text{O} - \text{C}_3\text{H}_7
 \end{array}$$
- 2-etil butirat propil ester
 - isobutil propanoat
 - 2-metil butanoat
 - propil isobutanoat
11. Hasil reaksi antara n-butanol dengan asam etanoat pada suasana asam adalah
- etil butanoat dengan air
 - etoksi butana dan etanol
 - butil etanoat dan air
 - butil etanoat dan etanol
12. Reaksi antara asam asetat (asam etanoat) dengan asam bromida akan dihasilkan
- bromo etena
 - bromo etana
 - asetil bromida
 - bromo etanol
13. Senyawa berikut merupakan hasil hidrolisis propil oktana pada suasana basa (NaOH)
- asam oktanoat dan propanol
 - natrium propanoat dan oktanol
 - natrium oktanoat dan propanol
 - asam propanoat dan oktanol.

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 Wrington, 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, *Chemistry: 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 aldehid
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	Aldehida
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	Keadaan senyawa yang kehilangan molekul air
Anoda	Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi
Apoenzim	Yaitu bagian enzim yang tersusun dari protein, yang akan rusak bila suhu terlampau 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 gugs 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 perusakan ikatan-ikatan kimia yang lemah dalam protein akibat perlakuan tertentu yang menyebabkan rusaknya struktur kuaterner, 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 ke 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 benzena 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
Peptisasi	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 nutrisi 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 pembandingan 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 batere
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

TABEL PERIODIK UNSUR

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A																																																																
1 H 1.008	4 Be 9.012	5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18																																																																
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95																																																																
19 K 39.10	20 Ca 40.08	31 Ga 70.62	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80																																																																
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3																																																																
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222																																																																
87 Fr 223	88 Ra 226	111 Uuq 288	112 Uub 287	113 Uuq 288	114 Uuq 289	115 Uuq 289	116 Uuh 290																																																																
<table border="1"> <tr> <td>21 Sc 44.96</td> <td>22 Ti 47.88</td> <td>23 V 50.94</td> <td>24 Cr 52.00</td> <td>25 Mn 54.94</td> <td>26 Fe 55.85</td> <td>27 Co 58.93</td> <td>28 Ni 58.69</td> <td>29 Cu 63.55</td> <td>30 Zn 65.39</td> <td>31 Ga 70.62</td> <td>32 Ge 72.64</td> <td>33 As 74.92</td> <td>34 Se 78.96</td> <td>35 Br 79.90</td> <td>36 Kr 83.80</td> </tr> <tr> <td>39 Y 88.91</td> <td>40 Zr 91.22</td> <td>41 Nb 92.91</td> <td>42 Mo 95.94</td> <td>43 Tc 98</td> <td>44 Ru 101.1</td> <td>45 Rh 101.07</td> <td>46 Pd 106.4</td> <td>47 Ag 107.87</td> <td>48 Cd 112.4</td> <td>49 In 114.8</td> <td>50 Sn 118.7</td> <td>51 Sb 121.8</td> <td>52 Te 127.6</td> <td>53 I 126.9</td> <td>54 Xe 131.3</td> </tr> <tr> <td>57 La* 138.9</td> <td>72 Hf 178.5</td> <td>73 Ta 180.9</td> <td>74 W 183.8</td> <td>75 Re 186.2</td> <td>76 Os 190.2</td> <td>77 Ir 192.2</td> <td>78 Pt 195.1</td> <td>79 Au 197.0</td> <td>80 Hg 200.6</td> <td>81 Tl 204.4</td> <td>82 Pb 207.2</td> <td>83 Bi 208.9</td> <td>84 Po 209</td> <td>85 At 210</td> <td>86 Rn 222</td> </tr> <tr> <td>89 Ac~ 227</td> <td>104 Rf 261</td> <td>105 Db 262</td> <td>106 Sg 263</td> <td>107 Bh 264</td> <td>108 Hs 265</td> <td>109 Mt 266</td> <td>110 Ds 271</td> <td>111 Uuu 272</td> <td>112 Uub 277</td> <td>113 Uuq 288</td> <td>114 Uuq 289</td> <td>115 Uuq 289</td> <td>116 Uuh 290</td> <td>117 Uuq 291</td> <td>118 Uuo 293</td> </tr> </table>								21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 70.62	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 101.1	45 Rh 101.07	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3	57 La* 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222	89 Ac~ 227	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 266	110 Ds 271	111 Uuu 272	112 Uub 277	113 Uuq 288	114 Uuq 289	115 Uuq 289	116 Uuh 290	117 Uuq 291	118 Uuo 293
21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 70.62	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80																																																								
39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 101.1	45 Rh 101.07	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3																																																								
57 La* 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222																																																								
89 Ac~ 227	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 266	110 Ds 271	111 Uuu 272	112 Uub 277	113 Uuq 288	114 Uuq 289	115 Uuq 289	116 Uuh 290	117 Uuq 291	118 Uuo 293																																																								
<table border="1"> <tr> <td>58 Ce 140.1</td> <td>59 Pr 140.9</td> <td>60 Nd 144.3</td> <td>61 Pm 145</td> <td>62 Sm 150.4</td> <td>63 Eu 152.0</td> <td>64 Gd 157.3</td> <td>65 Tb 158.9</td> <td>66 Dy 162.5</td> <td>67 Ho 164.9</td> <td>68 Er 167.3</td> <td>69 Tm 168.9</td> <td>70 Yb 173.0</td> <td>71 Lu 175.0</td> <td>90 Th 232.0</td> <td>91 Pa 231</td> <td>92 U 238.0</td> <td>93 Np 237</td> <td>94 Pu 244</td> <td>95 Am 243</td> <td>96 Cm 247</td> <td>97 Bk 247</td> <td>98 Cf 251</td> <td>99 Es 252</td> <td>100 Fm 257</td> <td>101 Md 258</td> <td>102 No 259</td> <td>103 Lr 260</td> </tr> </table>								58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.3	61 Pm 145	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	90 Th 232.0	91 Pa 231	92 U 238.0	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 260																																				
58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.3	61 Pm 145	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	90 Th 232.0	91 Pa 231	92 U 238.0	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 260																																												

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	Nama	Simbol	Nomor Atom	Masa Atom
Aktinium	Ac	89	227.028	Mangan	Mn	25	54.938
Alumunium	Al	13	26.992	Meitnerium	Mt	109	266
Antimon	Sb	51	121.75	Molibdenum	Mo	42	95.940
Argon	Ar	18	39.948	Mendelevium	Md	101	258
Arsen	As	33	74.922	Natrium	Na	11	22.989
Astatin	At	85	210	Neodinium	Nd	60	144.24
Barium	Ba	56	137.327	Neon	Ne	10	20.197
Belerang	S	16	32.066	Neptunium	Np	93	237.048
Berilium	Be	4	9.012	Nikel	Ni	28	58.69
Berkelium	Bk	97	247	Niobium	Nb	41	92.906
Besi	Fe	26	55.847	Nitrogen	N	7	14.007
Bismut	Bi	83	208.908	Nobelium	No	102	259
Boron	B	5	10.811	Oksigen	O	8	15.999
Cerium	Ce	58	140.115	Osmium	Os	76	190.23
Curium	Cm	96	247	Paladium	Pd	46	106.42
Disprosium	Dy	66	162.50	Perak	Ag	47	107.968
Dubnium	Ha	105	262	Platina	Pt	78	195.08
Einsteinium	Es	99	252	Plutonium	Pu	94	244
Emas	Au	79	196.967	Polonium	Po	84	209
Erbium	Er	68	167.26	Praseodimium	Pr	59	140.908
Europium	Eu	63	151.965	Prometium	Pm	61	145
Fermium	Fm	100	257	Protactinium	Pa	91	231.036
Fluorin	F	9	18.998	Radium	Ra	88	226.025
Fosforus	P	15	30.974	Radon	Rn	86	222
Fransium	Fr	87	223	Raksa	Hg	80	200.59
Gadolinium	Gd	64	157.25	Renium	Re	75	186.207
Galium	Ga	31	69.923	Rhodium	Rh	45	102.906
Germanium	Ge	32	72.61	Rubidium	Rb	37	85.468
Hafnium	Hf	72	178.49	Ruthenium	Ru	44	101.07
Helium	He	2	4.003	Samarium	Sm	62	150.36
Hidrogen	H	1	1.008	Scandium	Sc	21	44.956
Holmium	Ho	67	164.930	Selenium	Se	34	78.96
Indium	In	49	114.818	Sesium	Cs	55	132.905
Iodin	I	53	126.904	Silikon	Si	14	28.086
Iridium	Ir	77	173.04	Stronsium	Sr	38	87.62
Iterbium	Yb	70	192.22	Talium	Tl	81	204.383
Itrium	Y	39	88.906	Tantalum	Ta	73	180.984
Kadmium	Cd	48	112.41	Teknisium	Tc	43	98
Kalium	K	19	39.906	Tembaga	Cu	29	63.546
Kalsium	Ca	20	40.078	Timah	Sn	50	118.71
Karbon	C	6	12.011	Timbal	Pb	82	207.22
Klorin	Cl	17	35.453	Titanium	Ti	22	47.88
Kobal	Co	27	58.933	Telurium	Te	52	127.60
Kripton	Kr	36	83.8	Terbium	Tb	65	158.925
Kromium	Cr	24	51.996	Thorium	Th	90	232.038
Lanthanum	La	57	138.906	Tulium	Tm	69	168.934
Lawrencium	Lr	103	260	Uranium	U	92	238.029
Litium	Li	3	6.941	Vanadium	V	23	50.942
Lutenium	Lu	71	174.967	Wolfram	W	74	183.85
Magnesium	Mg	12	24.305	Xenon	Xe	54	131.29
Seng	Zn	30	65.39	Zirkonium	Zr	40	91.224

Lampiran 4 Konfigurasi Elektron

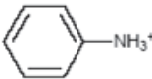

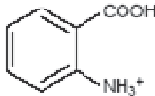
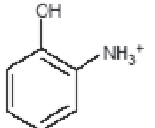
Z	Unsur	Konfigurasi	Z	Unsur	Nomor Atom
1	H	1s1	52	Te	(Kr), 5s2, 4d10, 5p4
2	He	1s2	53	I	(Kr), 5s2, 4d10, 5p5
3	Li	(He) 2s1	54	Xe	(Kr), 5s2, 4d10, 5p6
4	Be	(He) 2s2	55	Cs	(Xe), 6s1
5	B	(He) 2s2, 2p1	56	Ba	(Xe), 6s2
6	C	(He) 2s2, 2p2	57	La	(Xe), 6s2, 5d1
7	N	(He) 2s2, 2p3	58	Ce	(Xe), 6s2, 4f2
8	O	(He) 2s2, 2p4	59	Pr	(Xe), 6s2, 4f3
9	F	(He) 2s2, 2p5	60	Nd	(Xe), 6s2, 4f4
10	Ne	(He) 2s2, 2p6	61	Pm	(Xe), 6s2, 4f5
11	Na	(Ne), 3s1	62	Sm	(Xe), 6s2, 4f6
12	Mg	(Ne), 3s2	63	Eu	(Xe), 6s2, 4f7
13	Al	(Ne), 3s2, 3p1	64	Gd	(Xe), 6s2, 4f7, 5d1
14	Si	(Ne), 3s2, 3p2	65	Tb	(Xe), 6s2, 4f9
15	P	(Ne), 3s2, 3p3	66	Dy	(Xe), 6s2, 4f10
16	S	(Ne), 3s2, 3p4	67	Ho	(Xe), 6s2, 4f11
17	Cl	(Ne), 3s2, 3p5	68	Er	(Xe), 6s2, 4f12
18	Ar	(Ne), 3s2, 3p6	69	Tm	(Xe), 6s2, 4f13
19	K	(Ar), 4s1	70	Yb	(Xe), 6s2, 4f14
20	Ca	(Ar), 4s2	71	Lu	(Xe), 6s2, 4f14, 5d1
21	Sc	(Ar), 4s2, 3d1	72	Hf	(Xe), 6s2, 4f14, 5d2
22	Ti	(Ar), 4s2, 3d2	73	Ta	(Xe), 6s2, 4f14, 5d3
23	V	(Ar), 4s2, 3d3	74	W	(Xe), 6s2, 4f14, 5d4
24	Cr	(Ar), 4s2, 3d4	75	Re	(Xe), 6s2, 4f14, 5d5
25	Mn	(Ar), 4s2, 3d5	76	Os	(Xe), 6s2, 4f14, 5d6
26	Fe	(Ar), 4s2, 3d6	77	Ir	(Xe), 6s2, 4f14, 5d7
27	Co	(Ar), 4s2, 3d7	78	Pt	(Xe), 6s1, 4f14, 5d9
28	Ni	(Ar), 4s2, 3d8	79	Au	(Xe), 6s1, 4f14, 5d10
29	Cu	(Ar), 4s1, 3d10	80	Hg	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10
30	Zn	(Ar), 4s2, 3d10	81	Tl	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p1
31	Ga	(Ar), 4s2, 3d10, 4p1	82	Pb	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p2
32	Ge	(Ar), 4s2, 3d10, 4p2	83	Bi	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p3
33	As	(Ar), 4s2, 3d10, 4p3	84	Po	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p4
34	Se	(Ar), 4s2, 3d10, 4p4	85	At	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p5
35	Br	(Ar), 4s2, 3d10, 4p5	86	Rn	(Xe), 6s2, 4f14, 5d10, 6p6
36	Kr	(Ar), 4s2, 3d10, 4p6	87	Fr	(Rn), 7s1
37	Rb	(Kr), 5s1	88	Ra	(Rn), 7s2
38	Sr	(Kr), 5s2	89	Ac	(Rn), 7s2, 6d1
39	Y	(Kr), 5s2, 4d1	90	Th	(Rn), 7s2, 6d2
40	Zr	(Kr), 5s2, 4d2	91	Pa	(Rn), 7s2, 5f2, 6d1
41	Nb	(Kr), 5s1, 4d4	92	U	(Rn), 7s2, 5f3, 6d1
42	Mo	(Kr), 5s1, 4d5	93	Np	(Rn), 7s2, 5f4, 6d1
43	Tc	(Kr), 5s2, 4d5	94	Pu	(Rn), 7s2, 5f6
44	Ru	(Kr), 5s2, 4d6	95	Am	(Rn), 7s2, 5f7
45	Rh	(Kr), 5s2, 4d7	96	Cm	(Rn), 7s2, 5f7, 6d1
46	Pd	(Kr), 5s2, 4d8	97	Bk	(Rn), 7s2, 5f9
47	Ag	(Kr), 5s1, 4d10	98	Cf	(Rn), 7s2, 5f10
48	Cd	(Kr), 5s2, 4d10	99	Es	(Rn), 7s2, 5f11
49	In	(Kr), 5s2, 4d10, 5p1	100	Fm	(Rn), 7s2, 5f12
50	Sn	(Kr), 5s2, 4d10, 5p2	101	Md	(Rn), 7s2, 5f13
51	Sb	(Kr), 5s2, 4d10, 5p3	102	No	(Rn), 7s2, 5f14

Lampiran 5 Daftar Energi Ionisasi Kation

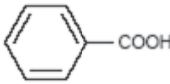
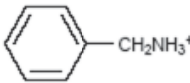
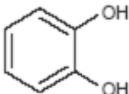
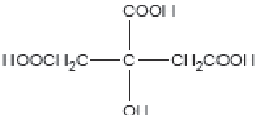
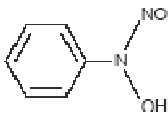
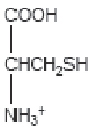
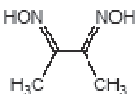
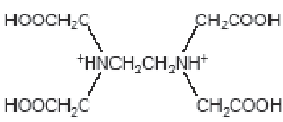
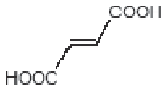
IONIZATION POTENTIALS*

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	122.421																			
4	Be	9.322	18.211	151.893	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	552.057	667.029															
8	O	13.618	35.116	54.934	77.412	113.896	138.116	739.315	871.387														
9	F	17.422	34.970	62.707	87.138	114.340	157.161	185.182	953.886	1103.089													
10	Ne	21.564	40.962	63.45	97.11	126.21	157.93	207.27	239.09	1195.797	1382.164												
11	Na	5.139	47.286	71.64	98.91	138.39	172.15	208.47	264.18	299.87	1485.091	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	2873.108								
15	P	10.486	19.725	30.18	51.37	65.023	200.43	263.22	309.41	371.73	434.50	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	946.193						
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					
19	K	4.341	31.625	45.72	60.91	82.66	100.0	117.56	154.86	175.814	503.44	564.13	629.09	714.02	787.13	861.77	968	1024	4610.955	4933.931			
20	Ca	6.113	11.871	50.908	67.10	84.41	108.78	127.7	147.24	188.54	211.270	251.25	299.832	349.89	416.61	495.12	574	1087	1157	5129.045	5469.738		
21	Sc	6.54	12.80	24.76	73.47	91.66	111.1	138.0	158.7	180.02	225.32	249.832	285.89	355.47	429.79	506.00							
22	Ti	6.82	13.58	27.491	43.266	65.23	128.12	150.17	173.7	205.8	230.5	255.04	308.25	336.267	395.58	474.02							
23	V	6.74	14.65	29.310	46.707	69.3	119.36	140.8	168.5	193.2	215.91	265.23	291.497	361.33	440.36								
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	1010.64							
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	1136.2						
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	1266.1					
27	Co	7.86	17.06	33.50	51.3	79.5	102	129	157	186.13	216	246	285	319	341	411	444	512	546.8				
28	Ni	7.635	18.168	35.17	54.9	75.5	108	133	162	193	224.5	251.2	282	314	343	411	444	512	546.8				
29	Cu	7.726	20.292	36.83	55.2	79.9	103	139	166	199	232	266	302	334	364	430	464	499	571	607.2	1547		
30	Zn	9.394	17.964	39.722	59.4	82.6	108	134	174	203	238	274	310.8	343.7	454	490	542	579	619	698	738		
31	Ga	5.999	20.51	30.71	64																		
32	Ge	7.899	15.934	34.22	45.71	93.5																	
33	As	9.81	18.633	28.331	50.13	62.63	127.6																
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	150	277.1												
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	84.4	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	29.54																			
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																			

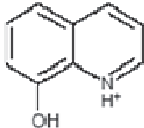
Lampiran 6 Daftar Tetapan Ionisasi Asam lemah pada 25⁰C

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 5.42	3.8 × 10 ⁻⁵ 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	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHC} \begin{array}{l} \text{NH}_2^+ \\ \text{NH}_2 \end{array} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	1.823 (COOH) 8.991 (NH ₃) (12.48) (NH ₂)	1.50 × 10 ⁻² 1.02 × 10 ⁻⁶ 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	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{CNH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	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	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	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 ₃ BO ₃	9.236 (12.74); (T = 20 °C)	5.81×10^{-10} 1.82×10^{-13}
carbonic acid	H ₂ CO ₃	(13.80); (T = 20 °C)	1.58×10^{-14}
catechol		6.352 10.329 9.40 12.8	4.45×10^{-7} 4.69×10^{-11} 4.0×10^{-10} 1.6×10^{-13}
chloroacetic acid	ClCH ₂ COOH	2.865	1.36×10^{-3}
chromic acid	H ₂ CrO ₄	-0.2; (T = 20 °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; (μ = 0.1 M)	6.9×10^{-4}
cysteine		(1.71) (COOH) 8.36 (SH) 10.77 (NH ₃ ⁺)	1.9×10^{-2} 4.4×10^{-4} 1.7×10^{-11}
dichloroacetic acid	Cl ₂ CHCOOH	1.30	5.0×10^{-2}
diethylamine	(CH ₃ CH ₂) ₂ NH ₂ ⁺	10.933	1.17×10^{-11}
dimethylamine	(CH ₃) ₂ NH ₂ ⁺	10.774	1.68×10^{-11}
dimethylgloxime		10.66 12.0	2.2×10^{-11} 1×10^{-12}
ethylamine	CH ₃ CH ₂ NH ₃ ⁺	10.636	2.31×10^{-11}
ethylenediamine	⁺ H ₃ NCH ₂ CH ₂ NH ₃ ⁺	6.848 9.928	1.42×10^{-7} 1.18×10^{-10}
ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)		0.0 (COOH); (μ = 1.0 M) 1.5 (COOH); (μ = 0.1 M) 2.0 (COOH); (μ = 0.1 M) 2.68 (COOH); (μ = 0.1 M) 6.11 (NH); (μ = 0.1 M) 10.17 (NH); (μ = 0.1 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}


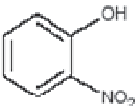
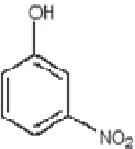

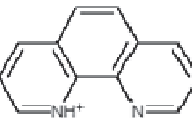

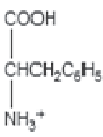
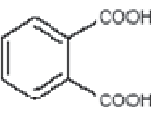

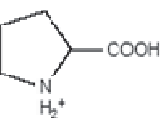
Lampiran 6

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 (λ -COOH) 9.95 (NH_3)	5.9×10^{-3} 3.8×10^{-5} 1.12×10^{-10}
glutamine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CNH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	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	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	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^{-6}
hydrogen thiocyanate	HSCN	13.9 0.9	1.3×10^{-14} 1.3×10^{-1}
8-hydroxyquinoline		4.91 (NH) 9.81 (OH)	1.23×10^{-5} 1.55×10^{-10}
hydroxylamine	HONH_3^+	5.96	1.1×10^{-4}
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

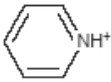
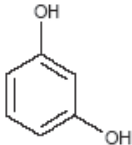
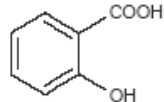
maleic acid		1.910 6.332	1.23×10^{-2} 4.66×10^{-7}
malic acid		3.459 (COOH) 5.097 (COOH)	3.48×10^{-4} 8.00×10^{-6}
malonic acid		2.847 5.696	1.42×10^{-3} 2.01×10^{-6}
methionine		2.20 (COOH); ($\mu = 0.1$ M) 9.05 (NH ₃); ($\mu = 0.1$ M)	6.3×10^{-3} 8.9×10^{-10}
methylamine		10.64	2.3×10^{-11}
2-methylaniline		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

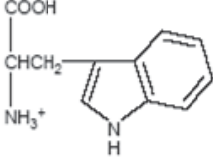
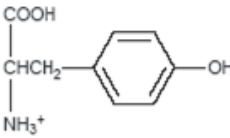
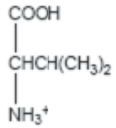
4-nitrobenzoic acid		3.442	3.61×10^{-4}
2-nitrophenol		7.21	6.2×10^{-4}
3-nitrophenol		8.39	4.1×10^{-4}
4-nitrophenol		7.15	7.1×10^{-4}
nitrous acid	HNO_2	3.15	7.1×10^{-4}
oxalic acid	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	1.252	5.60×10^{-2}
1,10-phenanthroline		4.266 4.86	5.42×10^{-5} 1.38×10^{-5}
phenol		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	7.11×10^{-3} 6.32×10^{-8}
phthalic acid		12.35 2.950 5.408	4.5×10^{-13} 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	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCH}_2\text{OH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	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	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	3.036 (COOH) 4.366 (COOH)	9.20×10^{-4} 4.31×10^{-5}
threonine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHCHOHCH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	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		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		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		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 (μ = 0.5 M)	18.9	1.3 × 10 ⁻¹⁹
PbBr ₂ (μ = 4.0 M)	5.68	2.1 × 10 ⁻⁶
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	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 (CrO ₄ ²⁻)	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 (μ = 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 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$)	7.9	1.3×10^{-8}
BaC_2O_4 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$)	6.0	1×10^{-6}
SrC_2O_4 ($\mu = 0.1 \text{ M}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$)	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}
$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ ($T = 38 \text{ }^\circ\text{C}$)	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⁻)	pK _{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 ₂ SO ₄	4.83	1.5 × 10 ⁻⁵
Hg ₂ SO ₄	6.13	7.4 × 10 ⁻⁷
PbSO ₄	7.79	1.6 × 10 ⁻⁸

Thiocyanate (SCN ⁻)	pK _{sp}	K _{sp}
CuSCN (μ = 5.0 M)	13.40	4.0 × 10 ⁻¹⁴
AgSCN	11.97	1.1 × 10 ⁻¹²
Hg ₂ (SCN) ₂	19.52	3.0 × 10 ⁻²⁰
Hg(SCN) ₂ (μ = 1.0 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	
$\text{H}_2\text{AsO}_4 + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	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° (V)	E° (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° (V)	E° (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° (V)	E° (V)
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2.84	
Carbon	E° (V)	E° (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° (V)	E° (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 ₂ SO ₄ 1.61 1 M HNO ₃ 1.28 1 M HCl
Chlorine	E° (V)	E° (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° (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° (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° (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° (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° (V)
$\text{Ga}^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Ga}(s)$	-0.529	
Gold	E° (V)	E° (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° (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	
$\text{Mn}^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	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)
$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}(l)$	0.8535	
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	0.911	
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l)$	0.7960	
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{Cl}^{-}$	0.2682	
$\text{HgO}(s) + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}(l) + \text{H}_2\text{O}$	0.926	
$\text{Hg}_2\text{Br}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{Br}^{-}$	0.1392	
$\text{Hg}_2\text{I}_2(s) + 2e^{-} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{I}^{-}$	-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)
$Ti^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ti(s)$	-1.63	
$Ti^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons Ti^{2+}$	-0.37	

Tungsten	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$WO_2(s) + 4H^{+} + 4e^{-} \rightleftharpoons W(s) + 2H_2O$	-0.119	
$WO_3(s) + 6H^{+} + 6e^{-} \rightleftharpoons W(s) + 3H_2O$	-0.090	

Uranium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$U^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons U(s)$	-1.66	
$U^{4+} + e^{-} \rightleftharpoons U^{3+}$	-0.52	
$UO_2^{+} + 4H^{+} + e^{-} \rightleftharpoons U^{4+} + 2H_2O$	0.27	
$UO_2^{2+} + e^{-} \rightleftharpoons UO_2^{+}$	0.16	
$UO_2^{2+} + 4H^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons U^{4+} + 2H_2O$	0.327	

Vanadium	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$V^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons V(s)$	-1.13	
$V^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons V^{2+}$	-0.255	
$VO^{2+} + 2H^{+} + e^{-} \rightleftharpoons V^{3+} + H_2O$	0.337	
$VO_2^{+} + 2H^{+} + e^{-} \rightleftharpoons VO^{2+} + H_2O$	1.000	

Zinc	E° (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Zn^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn(s)$	-0.7618	
$Zn(OH)_4^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn(s) + 4OH^{-}$	-1.285	
$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn(s) + 4NH_3$	-1.04	
$Zn(CN)_4^{2-} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn(s) + 4CN^{-}$	-1.34	

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

Lampiran 10 Eltalti 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
Kesetimbangan 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		