

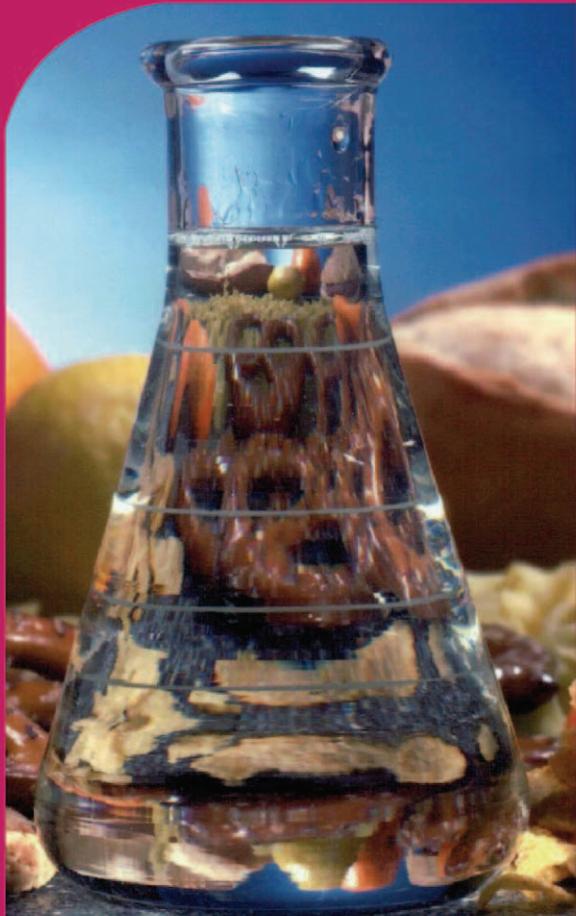


Zulfikar

# Kimia Kesehatan

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 2



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional



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.

## Alur Fikir Buku

Buku Kimia kesehatan memberikan informasi sedarhana 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 sistematik 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>
<b>JILID 1</b>	
<b>Bab 1. Ruang Lingkup Ilmu Kimia .....</b>	
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
<b>Bab 2. Unsur dan Senyawa .....</b>	
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
<b>Bab.3. Atom dan Molekul .....</b>	
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
<b>Bab 4 Tabel Periodik .....</b>	
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
<b>Bab 5 Ikatan Kimia .....</b>	
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
<b>Bab 6 Stoikiometri .....</b>	
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. Penemtuan 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
<b>Bab 7 Reaksi Kimia .....</b>	
7.1. Reaksi kimia.....	101
7.2. Jenis reaksi kimia.....	102
7.2.1. Reaksi pembentukan.....	102
7.2.2. Reaksi penguraian .....	102
7.2.3. Reaksi pengendapan .....	103
7.2.4. Reaksi pertukaran.....	103
7.2.5. Reaksi netralisasi .....	104
7.2.6. Reaksi pembakaran .....	104
7.3. Reaksi oksidasi dan reduksi.....	104
7.4. Bilangan oksidasi.....	105
7.5. Bilangan oksidasi pada senyawa ion.....	106
7.6. Menyetarakan reaksi redoks.....	107
7.6.1. Cara ion elektron .....	108
7.6.2. Cara bilangan oksidasi .....	110
7.7. Sel elektrokimia.....	113

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

## JILID 2

### **Bab 8 Larutan .....**

8.1. Larutan .....	128
8.1.1. Larutan elektrolit dan elektrolit.....	129
8.1.2. Derajat ionisasi.....	129
8.2. Konsentrasi Larutan .....	131
8.2.1. Persen berat.....	131
8.2.2. Persen volume .....	132
8.2.3. Fraksi mol.....	132
8.2.4. Molalitas .....	133
8.2.5. Molaritas.....	133
8.2.6. Normalitas.....	133
8.3. Pengenceran .....	134
8.4. Sifat Larutan.....	135
8.4.1. Asam dan basa .....	135
8.4.2. Pembentukan asam dan basa.....	137
8.4.3. Derajat keasaman dan kebasaan .....	139
8.4.4. Kesetimbangan 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 Kesetimbangan Kimia .....**

9.1. Kesetimbangan .....	159
9.1.1. Sistem tertutup.....	160
9.1.2. Kesetimbangan dinamis .....	160
9.1.3. Jenis reaksi kesetimbangan .....	161
9.2. Tetapan Kesetimbangan .....	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. $\Delta H$ pembentukan.....	190
10.5.4. $\Delta H$ penguraian .....	190
10.5.5. $\Delta H$ pembakaran .....	191
10.5.6. $\Delta H$ 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
 <b>Bab 12 Senyawa Hidrokarbon .....</b>	
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 kompotensi .....	266
<b>JILID 3</b>	
<b>Bab 13 Makromolekul .....</b>	
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
<b>Bab 14 Biomolekul.....</b>	
14.1. Makromolekul pada makhluk hidup .....	281
14.2. Air.....	281
14.3. Karbohidrat .....	283
14.3.1. Monosakarida .....	285
14.3.2. Oligosakarida.....	287
14.3.3. Polisakarida .....	289
14.4. Protein .....	292
14.4.1 Peptida sebagai rantai protein.....	295
14.5. Lipida .....	301
14.5.1 Asam lemak .....	301
14.5.2. Prostaglandin .....	303
14.5.3. Gliserol .....	304
14.5.4. Trigliserida.....	304
14.5.5. Wax .....	305
14.5.6. Membran sel .....	305
14.5.7. Gliseroposfolipida .....	306
14.5.8. Sfingolipid dan glikosfingolipid .....	306
14.5.9. Terpena .....	307
14.5.10. Steroida .....	307
14.6. Asam nukleat .....	309
14.6.1 Nukleosida.....	310
14.6.2. Nukleotida .....	311
Rangkuman .....	312
Uji Kompetensi .....	315
<b>Bab 15 Pemisahan kimia dan analisis .....</b>	
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
<b>LAMPIRAN. A</b>	
<i>Daftar Pustaka .....</i>	340
<i>Glosarium .....</i>	342
<b>LAMPIRAN. B</b>	
<i>Lampiran .....</i>	
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. Eltalpi Pembentukan Std. ( $\Delta H_f^\circ$ ), ( $\Delta G_f^\circ$ ) dan ( $S^\circ$ ). .....	381
<b>LAMPIRAN. C</b>	
<i>Indeks .....</i>	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 dimasukan 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 sederhan. Persiapkan larutan garam dapur ( $\text{NaCl}$ ), asam cuka dapur ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), larutan gula ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) dan larutan alkohol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (etanol), larutan ini mudah kita sediakan, kemudian kita tuang kedalam beker gelas.

### 8.1.2. Derajat Ionisasi ( $\alpha$ )

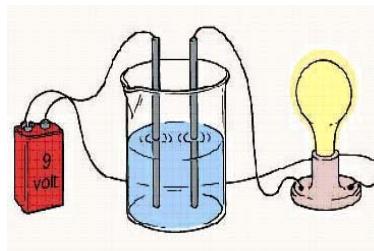
Persiapkan juga peralatannya yaitu bola lampu kecil, kabel, batangan logam besi atau tembaga, selanjutnya dirangkai seperti Gambar 8.2

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	$\text{NaCl}$	✓	
Asam cuka	$\text{CH}_3\text{COOH}$	✓	
Gula	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$		✓
Alkohol (etanol)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$		✓

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
<chem>NaCl</chem>	✓	
<chem>CuSO4</chem>	✓	
<chem>HNO3</chem>	✓	
<chem>CH3COOH</chem>		✓
<chem>C2H2O4</chem>		✓
<chem>C6H8O7</chem>		✓

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	<chem>NaCl</chem>	<chem>C12H22O11</chem>
2	<chem>CH3COOH</chem>	<chem>C2H5OH</chem>

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

Elektrolit kuat	Elektrolit lemah
<chem>NaCl</chem>	<chem>CH3COOH</chem>
<chem>CuSO4</chem>	<chem>C2H2O4</chem>
<chem>HNO3</chem>	<chem>C6H8O7</chem>

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 pertambahan 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, alumunium 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, imiprotrin 0.32 g/L dan sipermetrin 0.4 g/L.

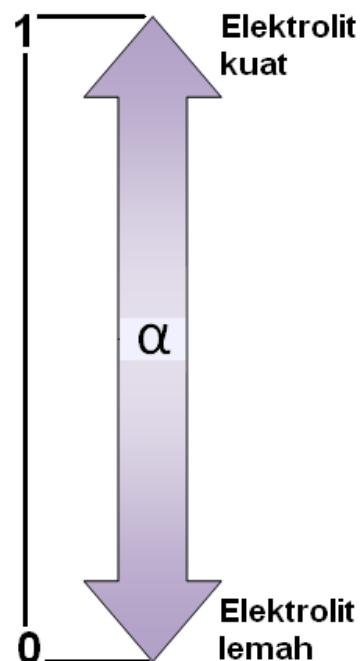
Bentuk penulisan konsentrasi yang juga mudah kita temukan adalah dalam botol minuman, misalnya konsentrasi mengacu pada Angka Kebutuhan Kalori (AKG), sehingga dalam botol minuman tertera, dalam kemasan ini mengandung karbohidrat 6%, Natrium 8%, Kalium 3%, Magnesium 5%, Kalsium 5%, vitamin B3 50%, vitamin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

Dalam ilmu kimia satuan konsentrasi 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  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (%) volume) dalam air, hal ini berarti didalam botol terdapat 14 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan 8 mol air, maka ada dua fraksi dalam larutan, pertama adalah fraksi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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 CuSO<sub>4</sub>, hal ini berarti didalam larutan terdapat 0.5 mol CuSO<sub>4</sub> 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 HNO<sub>3</sub> 3M. Dalam botol tersebut terkandung 3 mol HNO<sub>3</sub> dalam 1 Liter larutan, perhatikan Gambar 8.6.

### 8.2.6. Normalitas

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

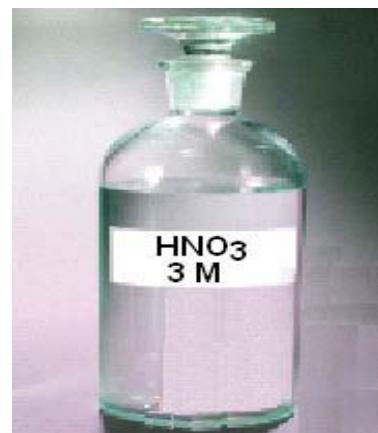
Sebagai contoh: 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam 1 liter larutan, H = 1, S = 32 dan O = 16, kita dapat tentukan gram ekivalennya. Dalam hal ini kita telah mengenal konsep ionisasi. 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 98 gram. (*Ingin konsep mol*).

$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$		1 liter larutan		1 liter larutan	
1 mol		2 mol	1 mol		
98 gram		2 muatan	2 muatan	1 Molar	1 M
49 gram		menghasilkan masing masing 2 muatan	menghasilkan masing masing 1 muatan	2 Normal (2 N)	1 Normal (1 N)
				$\frac{1}{2}$ Molar $\frac{1}{2}$ M	

Untuk mendapatkan larutan 1 N, maka zat yang dibutuhkan hanya 49 gram H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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 CuSO<sub>4</sub>



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.

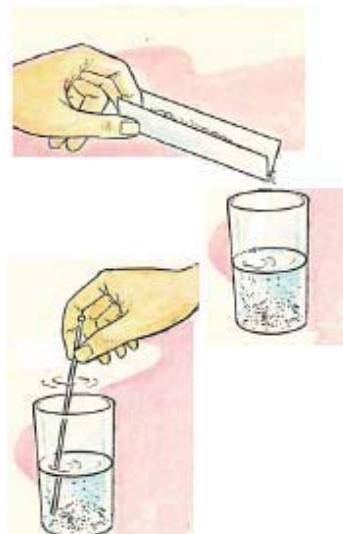
Untuk pengenceran, misalnya 50 mL larutan CuSO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 2 M, diubah konsentrasinya menjadi 0.5 M. Dalam benak kita tentunya dengan mudah kita katakan tambahkan pelarutnya, namun berapa banyak yang harus ditambahkan. Perubahan konsentrasi dari 2 M menjadi 0.5 M, sama dengan pengenceran 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 :

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

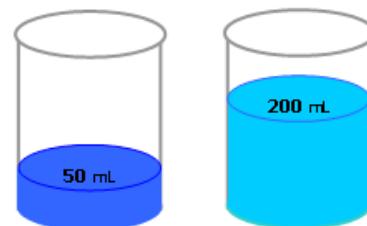
$2 \times 50 = 0.5 \times V_2$

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

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 CuSO<sub>4</sub> 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.

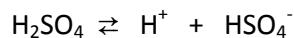
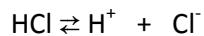
Partikel-partikel yang dikandung dalam satu larutan menyebabkan munculnya sifat-sifat tertentu dari larutan. Secara umum sifat yang dimunculkan oleh larutan dapat kita klasifikasikan menjadi dua bagian besar. Pertama adalah sifat kimia meliputi, keasaman, kebasaan dan garam. Sedangkan yang kedua adalah 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

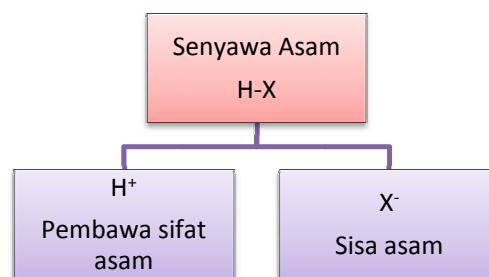
Asam merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, misalnya memiliki rasa asam, dapat merusak permukaan logam juga lantai marmer atau sering juga disebut dengan korosif. Asam juga dapat bereaksi dengan logam dan menghasilkan gas hidrogen, sebagai indikator sederhana terhadap senyawa asam, dapat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

Basa merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, seperti licin jika mengenai kulit dan terasa getir serta dapat merubah kertas lakkmus 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 Arhenius, 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 Arhenius

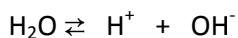


Sedangkan basa adalah zat yang dalam bentuk larutannya dapat melepaskan ion  $\text{OH}^-$ , dan ion hidroksida merupakan pembawa sifat basa.

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.

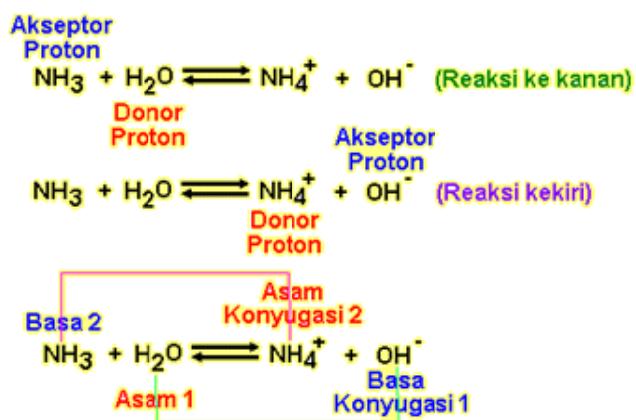


Persamaan diatas menunjukkan adanya ion hidrogen  $[\text{H}^+]$  yang bermuatan positif dan ion hidroksida  $[\text{OH}^-]$  yang bermuatan negatif. Selanjutnya reaksi-reaksi yang melibatkan kedua ion tersebut dikenal dengan reaksi netralisasi.

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

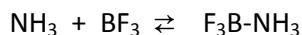


Reaksi kekannya  $\text{NH}_3$  berperan sebagai akseptor proton (Basa) dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai donor proton (Asam). Sedangkan reaksi kekiri, ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat mendonorkan protonnya, sehingga berperan sebagai asam sering disebut dengan asam konyugasi.

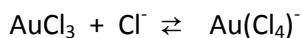
Untuk ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) dapat menerima proton dan berperan sebagai basa dan disebut dengan basa konyugasi.

Reaksi diatas menghasilkan pasangan asam basa konyugasi, yaitu asam 1 dengan basa konyugasinya, dan basa 2 dengan asam konygasinya. Untuk lebih jelasnya contoh lain diberikan seperti pada bagan 8.11, dua molekul  $\text{NH}_3$  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 konyugasi dan basa konyugasi.

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  $\text{BF}_3$  dengan  $\text{NH}_3$ , dimana molekul  $\text{NH}_3$  memiliki pasangan elektron bebas, sedangkan molekul  $\text{BF}_3$  kekurangan pasangan elektron (Bagan 8.12).



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

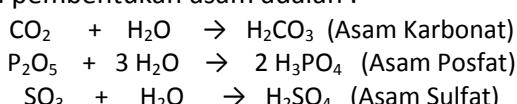


ion klorida memiliki pasangan elektron dapat disumbangkan kepada atom Au yang memiliki orbital kosong (ingat ikatan kovalen koordinasi). Dalam reaksi ini senyawa  $\text{AuCl}_3$ , bertindak sebagai asam dan ion klorida bertindak sebagai basa.

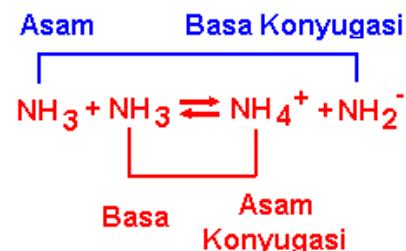
#### 8.4.2. Pembentukan asam dan basa

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

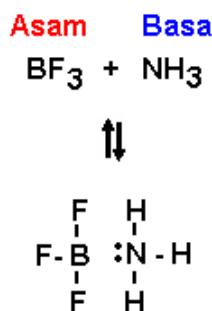
Reaksi pembentukan asam adalah :



Bagan 8.11. Konsep Asam-basa menurut Lowry dan Bronsted



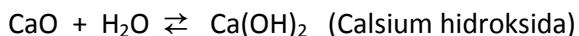
Bagan 8.12. Konsep Asam menurut Lewis



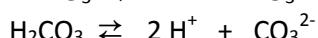
Tabel 8.3. Pasangan Oksida asam dengan asamnya

Oksida asam	Asam
$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{CO}_3$
$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_3\text{PO}_4$
$\text{P}_2\text{O}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_3$
$\text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{SO}_3$
$\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
$\text{N}_2\text{O}_5$	$\text{HNO}_3$
$\text{N}_2\text{O}_3$	$\text{HNO}_2$

Sedangkan basa dapat terbentuk dari oksida basa yang bereaksi dengan air. Oksida basa merupakan oksida logam dan ada pengecualian khususnya untuk amonia ( $\text{NH}_3$ ). Lihat Tabel 8.4.



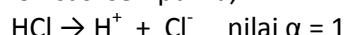
Proses ionisasi asam dan basa, prinsip ionisasi mengikuti konsep Arhenius, asam akan menghasilkan ion hidrogen bermuatan positif dilanjutkan dengan menuliskan sisa asamnya yang bermuatan negatif serta disetarakan muatannya perhatikan Bagan 8.13. Ionisasi asam lainnya,



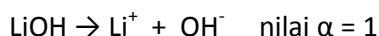
Proses ionisasi basa, juga mengacu pada konsep Arhenius, yaitu menghasilkan ion hidroksida yang bermuatan negatif, dilanjutkan dengan menuliskan sisa basa disertai penyetaraan muatannya seperti contoh dibawah ini.



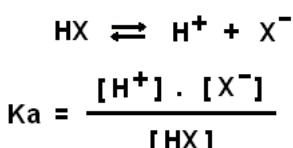
Proses ionisasi untuk asam kuat dan basa kuat sudah kita singgung sebelumnya, dan diindikasikan dengan harga  $\alpha$  yaitu rasio jumlah zat yang terionisasi dan zat mula-mula. Harga  $\alpha$  untuk asam kuat adalah  $\alpha = 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa reaksi berkesudahan atau dengan kata lain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



Sedangkan untuk basa juga demikian



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

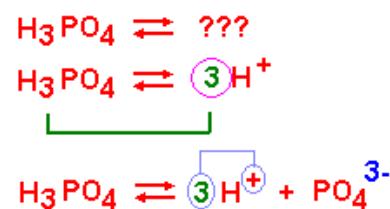


Dari persamaan ini dapat kita ambil kesimpulan jika harga  $\text{Ka}$  besar, berarti jumlah ion cukup besar, demikian pula sebaliknya jika  $\text{Ka}$  kecil maka jumlah zat yang terionisasi kecil, besarnya harga  $\text{Ka}$  inilah yang dapat kita pergunakan untuk memperbandingkan suatu asam dengan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

Tabel 8.4. Pasangan Oksida basa dengan basanya

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

Bagan 8.13. mekanisme ionisasi asam



Tabel 8.5. Harga Ka untuk beberapa asam

Rumus	Harga Ka
H <sub>3</sub> C <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H	$1.8 \times 10^{-5}$
HClO	$2.9 \times 10^{-8}$
HNO <sub>2</sub>	$7.2 \times 10^{-4}$
HClO <sub>2</sub>	$1.1 \times 10^{-2}$
H <sub>2</sub> S	$1.0 \times 10^{-7}$
HCN	$6.2 \times 10^{-10}$
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5.4 \times 10^{-2}$

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



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

Beberapa harga Kb 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 konsentrasi H<sup>+</sup>.

Dalam hal keasaman kita dapat menghitungnya dari konsentrasi H<sup>+</sup>, 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<sup>+</sup>, dan Ma konsentrasi asam dalam Molaritas, perhatikan contoh penyelesaian seperti pada Bagan 8.14, jika diketahui konsentrasi HCl = 10<sup>-5</sup> M dapat ditentukan pHnya, demikian juga untuk H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 0.5 × 10<sup>-6</sup> M, pHnya juga dapat ditentukan.

Sedangkan untuk asam lemah, perhitungan H<sup>+</sup>, didasari pada keadaan kesetimbangan dan mengikuti persamaan serta harga Ka 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 Kb untuk beberapa basa

Rumus	Harga Ka
NH <sub>3</sub>	1.8 × 10 <sup>-5</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	7.4 × 10 <sup>-10</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	4.3 × 10 <sup>-4</sup>
HClO <sub>2</sub>	1.1 × 10 <sup>-2</sup>
NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	8.5 × 10 <sup>-7</sup>
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	1.5 × 10 <sup>-14</sup>
C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	1.5 × 10 <sup>-9</sup>

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



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

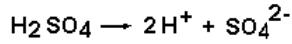
$$[\text{H}^+] = a \cdot \text{Ma}$$

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

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

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

$$\text{pH} = 5$$



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

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

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

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

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

$$\text{pH} = 6$$

**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 kebasaan juga merupakan ukuran kebasaan suatu zat yang dinyatakan kedalam bilangan logaritma yaitu;

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

Untuk basa kuat, dimana seluruh zatnya terionisasi,

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

dimana, b adalah jumlah ion  $OH^-$ ,

$Mb$  = 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 kebasaan 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  $13.5 \times 10^{-8} M$  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

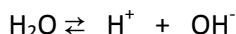
$K_b$  = Tetapan ionisasasi basa lemah

$[L OH]$  = 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. Kesetimbangan Air

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



Pada saat kesetimbangan :

$$\begin{aligned} K_{\text{air}} &= \frac{[\text{H}^+].[\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \\ [\text{H}_2\text{O}].K_{\text{air}} &= [\text{H}^+].[\text{OH}^-] \\ K_w &= \end{aligned}$$

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 M).

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

$$\begin{aligned} K_w &= [\text{H}_2\text{O}].K_{\text{air}} \\ K_w &= 55.5 \cdot 1.8 \times 10^{-16} \\ K_w &= 10^{-14} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} K_w &= [\text{H}^+].[\text{OH}^-] \\ \text{dimana } [\text{H}^+] &= [\text{OH}^-] \\ \text{sehingga} \\ [\text{H}^+] &= \sqrt{K_w} \\ \text{atau} \\ [\text{OH}^-] &= \sqrt{K_w} \\ [\text{H}^+] &= [\text{OH}^-] = 10^{-7} \end{aligned}$$

Sehingga untuk air nilai pH ataupun pOH adalah

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= [\text{OH}^-] = 10^{-7} \\ \text{pH dan pOH} &= 7 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Anilin} &= 13.5 \times 10^{-8} \\ \text{Ingin konsep basa Lewis} \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$\text{pOH} = 8$$

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

Derasat 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.

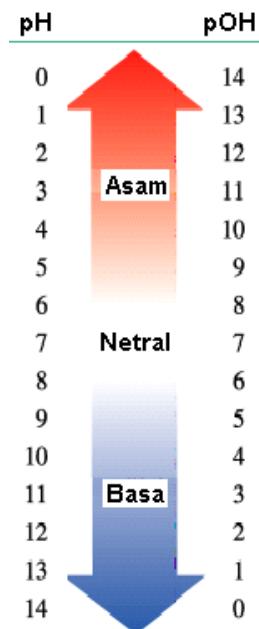
pH normal darah kita berada pada kisaran 7.35 – 7.45, jika pH darah kita berubah dan tidak berada pada kisaran diatas maka akan mengganggu kesehatan kita, apalagi jika terjadi kenaikan atau penurunan pH bisa menyebabkan kematian yaitu jika pH kita dibawah 6.8 atau diatas 8.

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 dikonversi 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 memiliki 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.

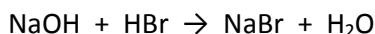


Gambar 8.18. Skala pH

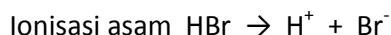


Gambar 8.19. Indikator universal dan pH meter merupakan alat bantu pengukur pH larutan

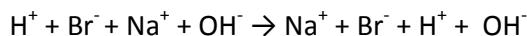
### 8.5.1. Reaksi antara Asam dengan Basa



Untuk mempermudah reaksi pembentukan garam, perlu dilakukan pentahapan :



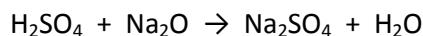
Reaksi ion :



Reaksi Penetralan :



### 8.5.2. Asam dengan Oksida Basa



Tahap reaksi penggaraman :

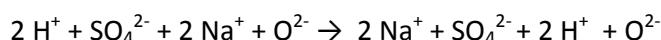


Perlu dicermati koefisien reaksi untuk atom H dalam senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan ion  $\text{H}^+$ , demikian pula untuk muatan  $\text{SO}_4^{2-}$ , disetarakan dengan jumlah  $\text{H}^+$  yang ada.

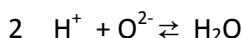


Setarkan jumlah atom Na yang ada di sebelah kiri tanda panah atau pada  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan setarkan muatan atom O sesuai dengan jumlah muatan yang ada pada atom Na yang tersedia.

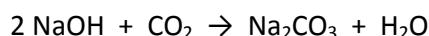
Reaksi ion :



Reaksi Penetralan



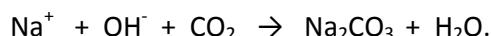
### 8.5.3. Basa dengan Oksida Asam



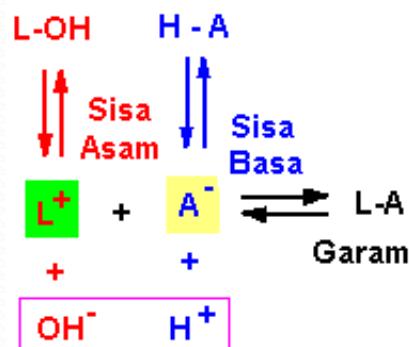
Untuk lebih mudahnya reaksi kita uraikan terlebih dahulu



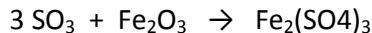
Gas  $\text{CO}_2$  tidak mengalami ionsiasi, namun perlu diingat bahwa  $\text{CO}_2$  sebagai oksida asam akan membentuk sisa asam  $\text{CO}_3^{2-}$ , perhatikan pembentukan asam pada bahasan sebelumnya



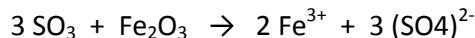
Bagan 8.20. Garam yang dibentuk dari sisa asam dan sisa basa



#### 8.5.4. Oksida Asam dan Oksida Basa

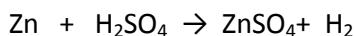


Reaksi ionnya :

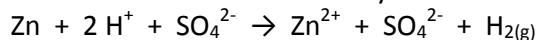


Untuk  $\text{SO}_3$  tidak mengalami ionsisasi, namun perlu diingat bahwa  $\text{SO}_3$  sebagai oksida asam akan membentuk sisa asam  $\text{SO}_3$ , perhatikan pembentukan asam pada bahasan sebelumnya. Sedangkan untuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , merupakan senyawa ion dimana bilangan oksidasi Oksigen 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  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $2\text{H}^+$  menjadi gas  $\text{H}_2$ . Jenis reaksi ini dikenal dengan reaksi reduksi dan oksidasi yang akan kita bahas secara detil dalam bab selanjutnya.

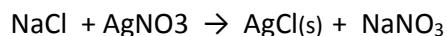
#### 8.5.6. Reaksi Metatesis

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.

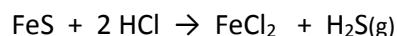
1. Garam LA + garam BX  $\rightarrow$  garam LX + garam BA.

Contoh :



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

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

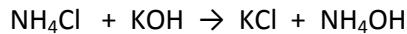


Bagan 8.21. Contoh penyelesaian bilangan oksidasi dari senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

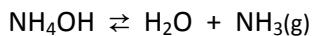
$$\begin{array}{l} \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ | \\ \text{atom O} = -2 \\ \text{Jumlah atom O} = 3 \\ \text{Muatan total} \\ \text{atom O} = -2 \cdot 3 \\ = -6 \end{array}$$

Jumlah atom Fe = 2  
Muatan total atom Fe  
harus dapat menetralkan  
muatan atom O yaitu -6  
sehingga  
 $2 \text{Fe} = +6$   
 $\text{Fe} = +3$

Hasil reaksi berupa gas  $H_2S$  yang dapat lepas keluar dari tempat berlangsungnya reaksi.



Reaksi ini berlanjut dengan menguraikan senyawa  $NH_4OH$



## 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.

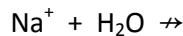
Peristiwa hidrolisis garam sangat tergantung dari komposisi pembentuk garam, sehingga kita dapat kelompokan kedalam empat bagian yaitu; 1) garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat, 2) asam kuat dan basa lemah, 3) asam lemah dan basa kuat dan 4) asam lemah dan basa lemah.

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:



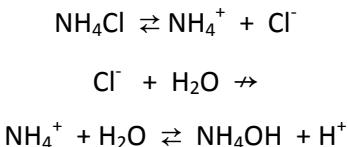
Sifat keasaman atau kebasaan larutan sangat ditentukan oleh keberadaan pelarut yaitu  $H_2O$ , telah kita bahas bahwa dalam kesetimbangan air, dimana  $[OH^-] = [H^+]$  sebesar  $10^{-7}$  sehingga pH dan pOH untuk garam ini = 7.

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

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

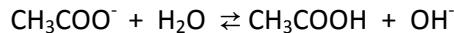
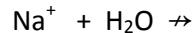
dimana  $K_w$  : Konstanta air =  $10^{-14}$

$K_b$  = 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 ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ).



Dalam 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

$$\begin{aligned} K &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \\ K \cdot [\text{H}_2\text{O}] &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \\ \text{Konstant } K_h &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]} \\ \text{Ingat } K_w &= [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \\ K_b &= \frac{[\text{L}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{LOH}]} \\ \frac{1}{K_b} &= \frac{[\text{LOH}]}{[\text{L}^+] \cdot [\text{OH}^-]} \end{aligned}$$

Jika  $\text{L}^+$  kita ganti dengan  $\text{NH}_4^+$

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

$$\frac{K_w}{K_b} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

Besarnya  $[\text{NH}_4\text{OH}] = [\text{H}^+]$   
sedangkan  $[\text{NH}_4^+] = \text{Garam}$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+]^2 &= \frac{K_w}{K_b} \cdot [\text{Garam}] \\ [\text{H}^+] &= \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot [\text{Garam}]} \end{aligned}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw}{Ka}} \cdot [Garam]$$

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

dimana Kw : Konstanta air =  $10^{-14}$

Ka = 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 Ka ; konstanta ionisasi asam dan Kb; konstanta ionisasi basanya.

Larutan bersifat asam jika  $Ka > Kb$

Larutan bersifat basa jika  $Kb > Ka$

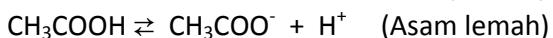
Larutan bersifat netral jika  $Ka = Kb$

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<sup>+</sup> dan menyebabkan garam ini bersifat asam. Beberapa contoh Garam asam seperti Soda kue NaHCO<sub>3</sub> (Natrium bicarbonat atau Natrium hidrogen carbonat), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (Kalium hidrogen posfat).

#### 8.7. Larutan Penyangga atau Buffer

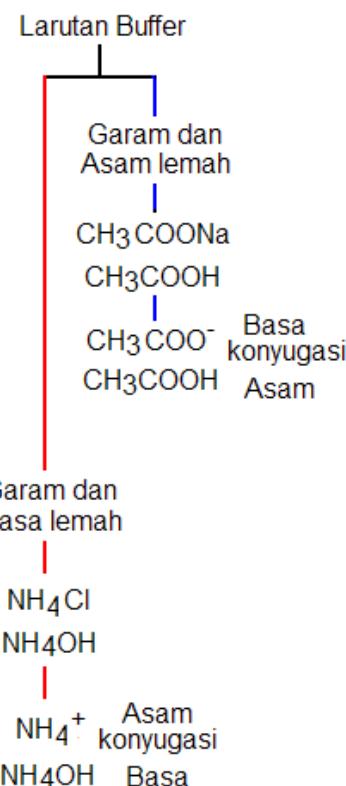
Larutan buffer adalah larutan yang terdiri dari garam dengan asam lemahnya atau garam dengan basa lemahnya. Komposisi ini menyebabkan larutan memiliki kemampuan untuk mempertahankan pH jika kedalam larutan ditambahkan sedikit asam atau basa. Hal ini disebabkan larutan penyangga memiliki pasangan asam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

Kita ambil contoh pasangan antara asam lemah CH<sub>3</sub>COOH dengan garamnya CH<sub>3</sub>COONa. Di dalam larutan



Dalam larutan terdapat CH<sub>3</sub>COOH merupakan asam dan CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> basa konyugasi.

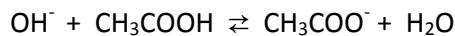
Bagan 8.24. Skema larutan buffer dan komposisi asam basa konyugasi



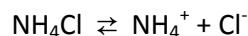
Kehadiran senyawa dan ion ini yang dapat menetralisir adanya asam dan basa dalam larutan. Jika larutan ini ditambahkan asam, terjadi reaksi netralisasi,



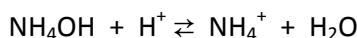
Kehadiran basa dinetralisir oleh  $\text{CH}_3\text{COOH}$



Untuk larutan buffer dengan komposisi lain adalah campuran antara garam dengan basa lemahnya, seperti campuran  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Garam terionisasi



Dalam larutan garam terdapat pasangan basa dan asam konyugasi dari  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{NH}_4^+$ , adanya molekul dan ion ini menyebabkan larutan mampu mempertahankan pH larutan. Tambahan  $\text{H}^+$  dapat dinetralisir oleh  $\text{NH}_4\text{OH}$  sesuai dengan reaksi :



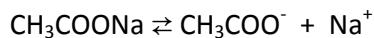
Demikian pula adanya tambahan basa  $\text{OH}^-$  dinetralisir oleh ion ammonium dengan reaksi :



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.

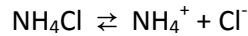
Untuk menetapkan pH larutan buffer dpt kita uraikan sebagai berikut.

### 8.7.1. Garam dengan asam lemahnya



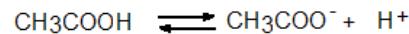
Dari dalam larutan terdapat ion bebas  $\text{H}^+$  yang berasal dari ionisasi asam lemahnya. Penurunan besarnya ion  $\text{H}^+$  dan pH larutan penyanga disajikan pada Bagan 8.25.

### 8.7.2. Garam dengan basa lemahnya



Dalam larutan terdapat  $\text{OH}^-$  bebas yang menyebabkan

### Bagan 8.25. Konsentrasi ion $\text{H}^+$ , dan pH larutan buffer



Dalam larutan ada reaksi keseimbangan Asam lemah, namun jumlah  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  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:



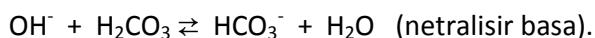
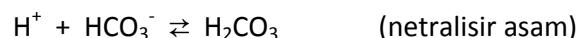
Namun ion ammonium dalam larutan lebih banyak berasal dari garam, dengan cara yang sama pada Bagan 8.25, kita dapat tentukan besarnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  dan  $p\text{OH}$ nya

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

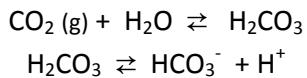
$$p\text{OH} = -\log \left[ K_a \cdot \frac{[\text{Basa}]}{[\text{Garam}]} \right]$$

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. Demikianpula reaksi-reaksi yang terjadi pada makhluk hidup terjadi pada pH tertentu. Agar kondisi reaksi teap berjalan dengan baik maka di dalamnya terdapat larutan buffer.

Dalam darah manusia terdapat larutan buffer dengan komposisi  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{HCO}_3^-$  yang berperan untuk menetralisir gangguan asam maupun gangguan basa. pH darah manusia dijaga konstan pada kisaran 7.4. Kehadiran asam atau basa dalam darah dapat dinetralisir sebagaimana reaksi berikut.



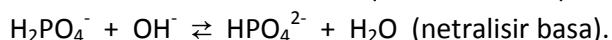
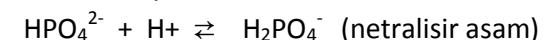
Keseimbangan sistem buffer dalam darah sangat dipengaruhi oleh proses pernafasan dimana Oksigen dan Karbon Dioksida dilepaskan. Kandungan Karbon Dioksida sangat ditentukan oleh tekanan gas karbondioksida sesuai dengan reaksi berikut:



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*. Demikianpula jika terjadi kenaikan nilai pH sampai dengan pH 8.0 juga dapat menyebakan kematian, kasus ini dikenal dengan *alkalosis*.

Sistem larutan penyangga juga terdapat pada cairan intrasel yaitu pasangan asam basa konyugasi  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  sehingga interaksi intrasel dapat berjalan tanpa ada gangguan perubahan keasaman.

Proses netralisasinya adalah:



Dalam laboratorium larutan penyanga 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).

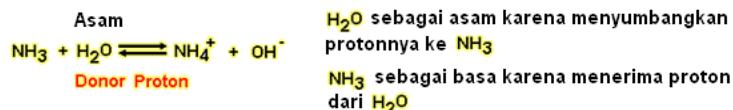


Gambar 8.26. Skema pembuatan larutan buffer (a) jumlah basa lemah berlebih, (b) garam ditambahkan dengan asam lemahnya

## 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  $\alpha$  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 bernotasi (N) merupakan satuan konsentrasi yang sudah memperhitungkan kation atau anion yang dikandung sebuah larutan. Normalitas didefinisikan banyaknya zat dalam gram ekivalen dalam satu liter larutan. Secara sederhana gram ekivalen 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 laktmus biru menjadi merah. Basa merupakan zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, seperti licin jika mengenai kulit dan terasa getir serta dapat merubah kertas laktmus merah menjadi biru.
  14. Asam menurut Arhenius, 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  $\text{BF}_3$  dengan  $\text{NH}_3$ . Molekul  $\text{NH}_3$  sebagai basa karena menyumbangkan pasangan elektron bebasnya, dan molekul  $\text{BF}_3$  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 :  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  (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 ( $\text{NH}_3$ ), dengan contoh reaksi :  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2$  (Kalsium hidroksida).
  19. Ukuran untuk mengetahui keasaman suatu zat dinyatakan dengan Derajat Keasaman atau pH yang besarnya ditentukan oleh konsentrasi ion  $\text{H}^+$ , sehingga  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Demikian pula untuk derajat kebasaan ditentukan oleh konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  besarnya  $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$
  20. Keseimbangan air dijadikan dasar untuk menetapkan skala pH, dan  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ .
  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 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 dinetralisir oleh larutan ini. Atas dasar inilah larutan buffer dipergunakan untuk mempertahankan pH sebuah larutan.
30. pH larutan penyanga yang berasal dari asam lemah dan garamnya disederhanakan dalam :

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

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

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

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  $5 \times 10^{-4}$  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.  $\text{NaHSO}_4$
  - b.  $\text{NH}_4\text{Cl}$
  - c.  $\text{NaF}$
  - d.  $\text{CH}_3\text{COONa}$
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 konyugat
  - c.  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  adalah pasangan asam basa konyugat
  - d.  $\text{NH}_3$  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.  $\text{Na}_2\text{O}$
  - b.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
  - c.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
  - d.  $\text{NaBr}$

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  $\text{NH}_2^-$  merupakan
- Asam menurut teori Archenius
  - Basa menurut teori Bronsted
  - Asam menurut teori Bronsted
  - Zat pengoksida
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:
- $$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$
- 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<sub>2</sub> selama 1 jam maka:
- CO<sub>2</sub> 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<sup>-</sup> bertambah dengan 1 satuan
  - Konsentrasi ion H<sup>+</sup> bertambah 10 kali
  - pH larutan bertambah dengan satu satuan
  - pOH larutan berkurang dengan sepuluh satuan

# UJI KOMPETENSI

## Garam

1. Reaksi yang menghasilkan gas H<sub>2</sub>
  - A. FeS + HCl
  - B. CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O
  - C. Na<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>O
  - D. Cu + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
2. Satu mol Alumunium 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 ;  $1.8 \times 10^{-5}$ 
  - A. 5.7
  - B. 5.8
  - C. 6
  - D. 4.7
5. Ca(OH)<sub>2</sub> sebanyak 7.4 gram dapat dijadikan garam netral oleh 6,35 gram asam berbasis 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)<sub>2</sub> dan Ba(OH)<sub>2</sub> 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.
- KOH.
  - NaOH.
  - Ca(OH)<sub>2</sub>
  - Ba(OH)<sub>2</sub>
8. Jika 20 mL NaOH 0.1 M dapat dinetralkan oleh 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, maka Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah:
- 0.04 mol
  - 0.05 mol
  - 0.08 mol
  - 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
- 8
  - 6
  - 5
  - 4
10. Penambahan sedikit air dalam larutan penyingga akan menyebabkan
- Perubahan pH larutan
  - Perubahan pKa larutan asam
  - Tidak ada perubahan pH dan pKa
  - Perubahan pKa namun pH tetap



# Bab 9. Kesetimbangan Kimia

## Standar Kompetensi

Memahami konsep kesetimbangan reaksi

## Kompetensi Dasar

Menguasai reaksi kesetimbangan

Menguasai faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan

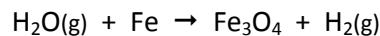
Menentukan hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan

## 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 sistem 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 ( $K_{sp}$ )

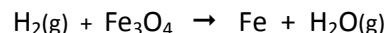
## 9.1. Kesetimbangan

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 :

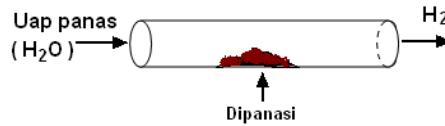


Perhatikan Gambar 9.1

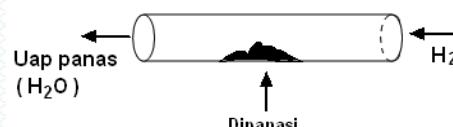
Di lain pihak, jika kita mengalirkan gas hidrogen ( $H_2$ ) kedalam tabung yang berisi besi magnetit yang dipanaskan, maka akan dihasilkan besi dan uap panas, dengan reaksi :



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.



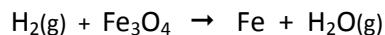
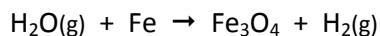
Gambar 9.1. Pengaliran uap panas kedalam tabung yang berisi besi panas



Gambar 9.2. Pengaliran gas H<sub>2</sub> 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  $\text{H}_2\text{O(g)} + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{(g)}$

### 9.1.1. Sistem tertutup

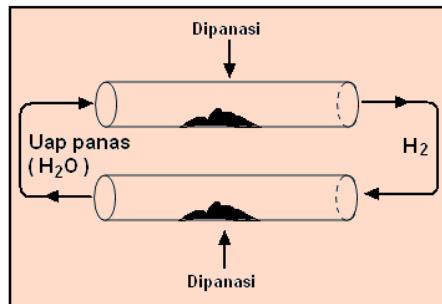
Ruang atau tempat berlangsung reaksi bolak-balik pembentukan dan penguraian besi magnetit seperti Gambar 9.3, merupakan tempat yang dirancang khusus, dan ruang tersebut merupakan ruang tertutup.

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 sistem tertutup. Reaksi bolak-balik dapat terjadi pada sistem tertutup.

### 9.1.2. Kesetimbangan 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 tetapi terjadi treaksi pembentukan, dan pada suatu saat jumlah zat-zat yang bereaksi 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 konsentrasi zat yang bereaksi 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.

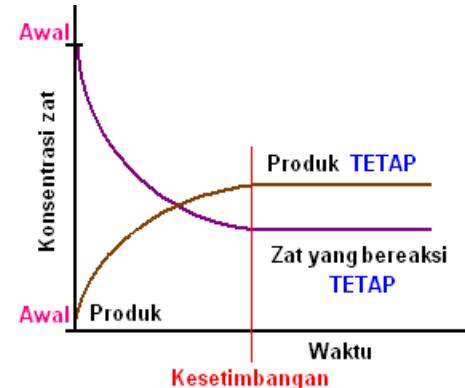
Dari Gambar 9.5. tampak bahwa kecepatan reaksi pembentukan (kekanan)  $v_1$  dan kecepatan reaksi penguraian (ke kiri)  $v_2$ . Kecepatan reaksi  $v_1$  sangat tergantung pada jumlah zat yang bereaksi dan kecepatan reaksi  $v_2$  bergantung pada konsentrasi produk.

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.

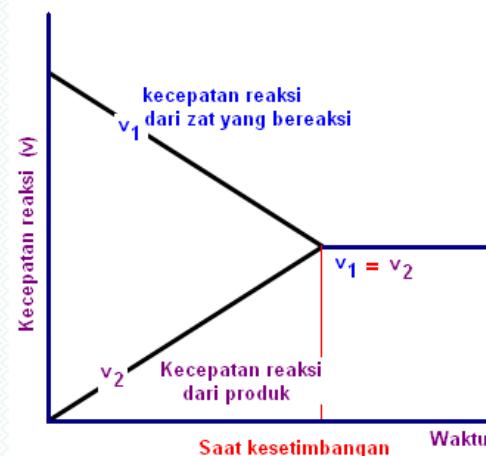
Pada saat tertentu, kecepatan reaksi pembentukan ( $v_1$ ) menjadi sama dengan kecepatan reaksi penguraian ( $v_2$ ). Dalam kondisi  $v_1 = v_2$ , jumlah masing-masing zat tidak berubah terhadap waktu oleh karena itu tidak ada perubahan yang dapat diamati terhadap waktu atau kecepatan reaksi tetap dan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



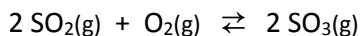
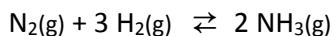
Gambar 9.4. Penurunan dan peningkatan konsentrasi dari zat yang bereaksi dan hasil reaksi pada saat menuju kesetimbangan



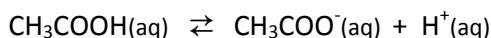
Gambar 9.5. Proses pencapaian keadaan kesetimbangan ditinjau dari kecepatan reaksi

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

Kestimbangan dalam fasa gas :



Kesetimbangan dalam fasa larutan :

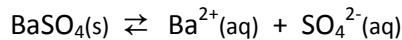


Reaksi kesetimbangan heterogen terjadi jika fasa dari senyawa yang bereaksi berbeda.

Kestimbangan 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 :

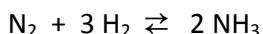


## 9.2. Tetapan kestimbangan kimia

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

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

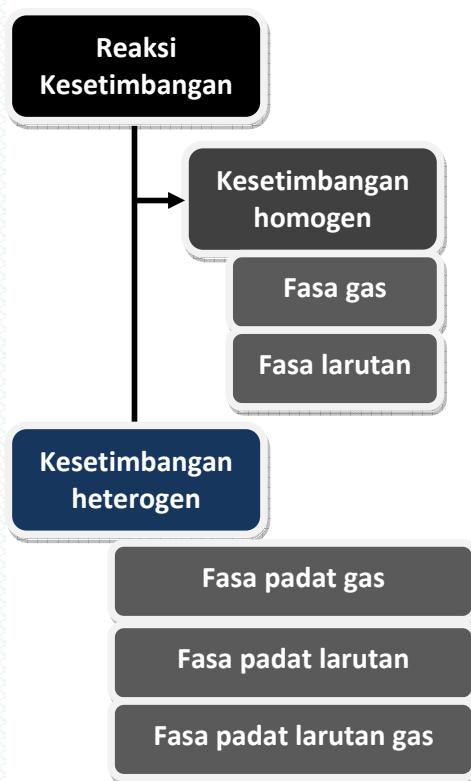
Dalam keadaan kesetimbangan reaksi berlangsung dalam dua arah yaitu ke arah pembentukan dan ke arah penguraian. Kita ambil contoh reaksi berikut



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.

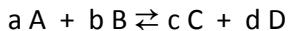
Pada saat kesetimbangan, ke tiga zat ada di dalam campuran, dimana komposisi zat tidak sama atau tidak sesuai dengan persamaan reaksinya.

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)

$pC$  = tekanan gas C, dengan koefisien reaksi c

$pD$  = tekanan gas D dengan koefisien reaksi d

$pA$  = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

$pB$  = 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

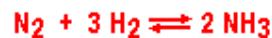
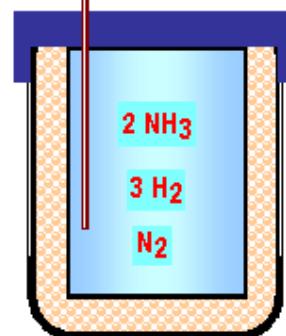
$[A]$  = tekanan gas A dengan koefisien reaksi a

$[B]$  = 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

Termometer



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

Gambar 9.7 Kesetimbangan gas dari pembentukan senyawa NH<sub>3</sub> dari gas N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> dalam sistem 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

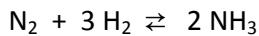
Dari sebuah eksperimen kesetimbangan air dan uap air dalam bejana tertutup (Gambar 9.8), diketahui bahwa penambahan beban menyebabkan adanya tambahan tekanan yang berdampak pada penurunan volume bejana. Adanya reaksi diikuti oleh sistem kesetimbangan untuk mengembalikan tekanan ke keadaan semula, yakni dengan menambah jumlah molekul yang beryubah 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 Chatelier 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

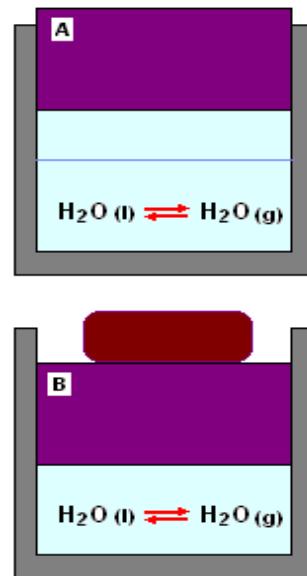
Dalam keadaan kesetimbangan, jika konsentrasi salah satu zat ditingkatkan maka kesetimbangan akan bergeser kearah yang berlawanan dari zat tersebut Untuk lebih jelasnya, kita perhatikan contoh reaksi dibawah ini:



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.

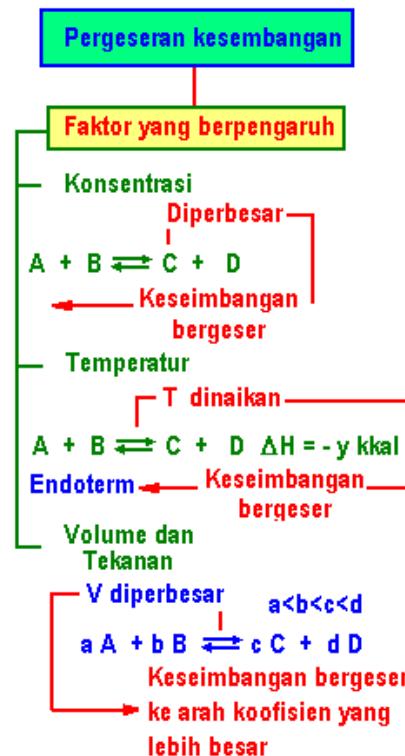
#### 9.3.2. Pengaruh Suhu

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 kearah reaksi yang membutuhkan panas (Bagan 9.9).

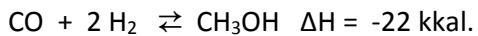


Gambar 9.8. Perubahan tekanan pada kesetimbangan air dan uap air dalam sistem tertutup

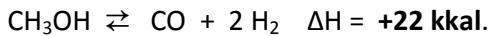
Bagan 9.9. faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan



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

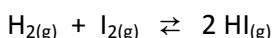
Dari persamaan di atas akan tampak bahwa dengan memperkecil tekanan sama dengan memperbesar volume, dan perubahan tekanan sama dengan perubahan konsentrasi ( $n/V$ ).

Sedangkan untuk tekanan gas total

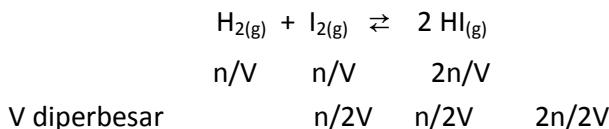
$$P_{tot} = P_A + P_B + P_C + \dots$$

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

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



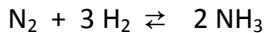
Koefisien gas  $H_2$  dan  $I_2$  adalah 1 (satu), total sebelah koefisien sebelah kiri adalah 2 (dua). Koefisien untuk gas  $HI$  adalah 2 (dua), sehingga koefisien sebelah kiri dan kanan tanda panah adalah sama. Peningkatan volume 2 kali lebih besar tidak memberikan perubahan terhadap rasio konsentrasi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



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:

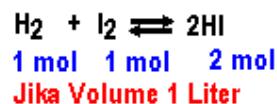


Jika volume diperkecil komposisi konsentrasi di sebelah kiri tanda panah menjadi lebih besar sehingga (atau konsentrasi lebih pekat), dan reaksi bergeser ke arah pembentukan gas amoniak. Demikian pula sebaliknya jika volume diperbesar, terjadi reaksi peruraian dari amoniak menghasilkan gas Nitrogen dan 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 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.



**Jika Volume 1 Liter**

**Tekanan total 2 atm**

$$p H_2 = 1/4 \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p I_2 = 1/4 \times 2 : 0.5 \text{ atm}$$

$$p HI = 2/4 \times 2 : 1.0 \text{ atm}$$

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

$$K_p = 4$$

**Volume diperbesar = 2 Liter**

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

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

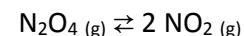
$$p HI = 0.5 \text{ atm}$$

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

$$K_p = 4$$

#### 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  $\alpha$  = derajat disosiasi, dengan persamaan :

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

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<sub>2</sub> dan 3 mol gas H<sub>2</sub>, 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%.

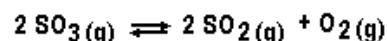
#### Proses Kontak

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

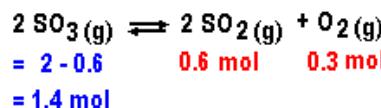
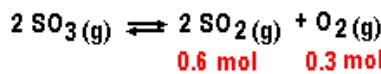
Bagan 9.11 Contoh soal disosiasi untuk sulfur trioksida

Jika gas SO<sub>3</sub> terdisosiasi menjadi SO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dengan harga  $\alpha = 0.3$   
Tuliskan komposisi mol pada saat keseimbangan

$$\alpha = 0.3$$



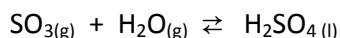
Jika zat mula-mula terdapat 2 mol,  
maka yang terurai sebanyak  
SO<sub>3</sub> terurai  $0.3 \times 2 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$



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 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) dan berlangsung pada suhu  $400^\circ\text{C}$ .

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.

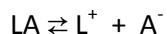
Pada saat pertama zat padat yang kita tambahkan ke dalam pelarut akan mudah larut.

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,

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

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

Ksp (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 adalah mol/L

Untuk reaksi garam yang lebih kompleks, misalnya



Maka persamaan untuk Ksp-nya adalah :

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

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

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

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

Perhatikan Gambar 9.13.



Gambar 9.13. Keadaan dalam proses pelarutan zat

## RANGKUMAN

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

$a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$   
dan berlaku energi bebas Gibbs  $\Delta G = 0$ , dimana

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

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

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

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

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

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

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

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

- 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  $pX$  adalah 4 atm, maka  $pY$
- 1 atm
  - 2 atm
  - 3 atm
  - 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  $K$ :
- 4
  - 9
  - 16
  - 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
- 4
  - 8
  - 2
  - $\frac{1}{2}$
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  $K$
- 4
  - 16
  - 32
  - 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 :
- 1 atm
  - 2 atm
  - 3 atm
  - 4 atm

# UJI KOMPETENSI

## 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  $\text{CaF}_2$  dalam air  $s$  mol/L, maka harga  $K_{sp}$  garam ini adalah  
 A.  $\frac{1}{2} s^2$   
 B.  $\frac{1}{s^3}$   
 C.  $\frac{1}{4} s^4$   
 D.  $4 s^3$
3. Kelarutan  $\text{PbI}_2$  adalah  $1.5 \times 10^{-3}$  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.  $\text{AgNO}_3$   
 b.  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$   
 c.  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$   
 d.  $\text{CaCl}_2$
5. Harga  $K_{sp}$  untuk  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  adalah  $1.2 \times 10^{-11}$ , jika larutan  $\text{MgCl}_2$  sebanyak 2 M, ditambahkan  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  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.  $\text{AgCl}$   
 B.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$   
 C.  $\text{AgI}$   
 D.  $\text{Ag}_2\text{S}$
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  $\text{PbNO}_3$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  dengan konsentrasi 0.01 M, selanjutnya ditambahkan NaOH padat sehingga pHnya menjadi 8, jika  $K_{\text{sp}}$  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 :
- $\text{PbNO}_3$
  - $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
  - $\text{PbNO}_3$  dan  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
  - $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
9. Kelarutan  $L(\text{OH})_2 = 5 \times 10^{-4}$  mol/L, maka larutan jenuh basa tersebut memiliki pH sebesar
- 13
  - 12
  - 11
  - 10
10. Tetapan hasil kali kelarutan  $\text{AgN}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  dan  $\text{SrF}_2$  adalah sama, maka kelartuannya adalah
- $\text{AgN}_3 = \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$
  - $\text{AgN}_3 > \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
  - $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 > \text{SrF}_2$
  - $\text{AgN}_3 < \text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{SrF}_2$

# Bab 10. Kecepatan reaksi Dan Energi

## Standar Kompetensi

- |  |   |
|--|---|
| Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi | Menentukan laju reaksi dan orde reaksi                  |
| Menentukan perubahan entalpi berdasarkan konsep termokimia   | Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi |
|  | Menjelaskan entalpi dan perubahan entalpi               |
|  | Menentukan entalpi dan perubahan entalpi reaksi         |
|  | Menentukan kalor pembakaran berbagai bahan bakar        |

## Tujuan Pembelajaran

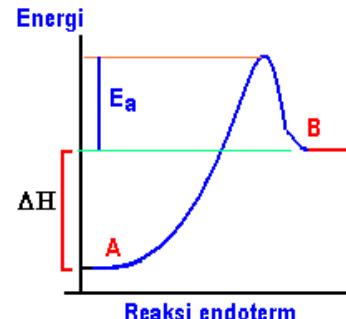
1. Siswa dapat mendefinisikan kecepatan reaksi berdasarkan perubahan konsentrasi terhadap perubahan waktu
2. Siswa dapat mengenal tahap penentu kecepatan reaksi
3. Siswa dapat menetapkan orde suatu reaksi
4. Siswa mampu menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi
5. Siswa dapat mendeskripsikan 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 aktifasi dalam reaksi eksoterm dan endoterm

Reaksi berlangsung karena adanya partikel-partikel, atom atau molekul yang bertumbuhan dan tidak semua tumbuhan menghasilkan reaksi, hanya tumbuhan dengan energi yang cukup yang dapat menghasilkan reaksi. Energi tersebut dikenal dengan Energi aktifasi dan didefinisikan sebagai energi kinetik minimum yang harus dimiliki atau diberikan kepada partikel agar tumbukannya menghasilkan sebuah reaksi. Dalam Hubungannya dengan energi atau  $\Delta H$ , maka enegi aktifasi 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

$\Delta t$  = Selang waktu dalam detik

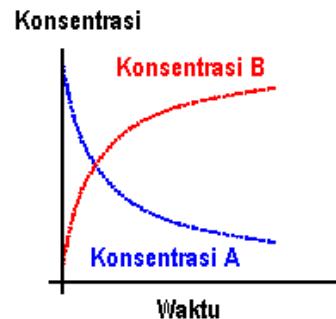
Kecepatan reaksi dapat kita ubah dalam satuan konsentrasi B, yaitu bertambahnya konsentrasi zat B dalam selang waktu tertentu. Jika kita rumuskan :

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

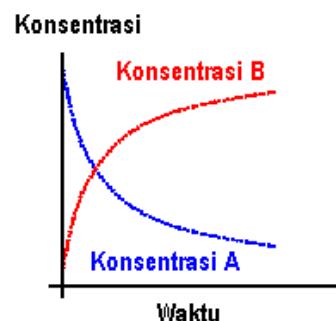
dimana  $V$  = kecepatan dalam mol/L.s

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

$\Delta t$  = selang waktu dalam detik



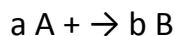
Gambar 10.2. Perubahan konsentrasi zat A dan meningkatnya konsentrasi dalam selang waktu



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:

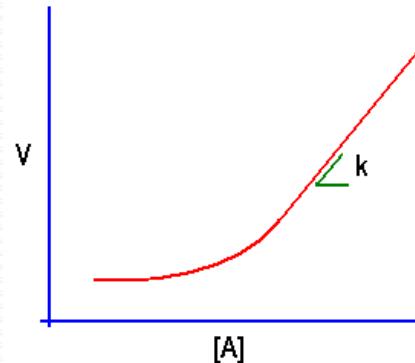
$$V = k \cdot [A]^a$$

$V$  = kecepatan reaksi

$k$  = konstanta kecepatan reaksi

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

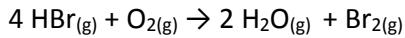
a dan b = koefisien zat A dan zat B dalam persamaan reaksi.



Gambar 10.4. Kecepatan menurut Guldenberg dan Waage

## 10.2. Tahap Reaksi

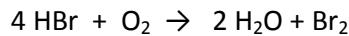
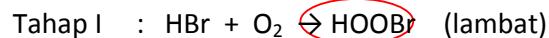
Berlangsungnya reaksi kimia umumnya terjadi dalam beberapa tahap reaksi, misalnya pada oksidasi gas HBr :



Persamaan reaksi diatas menunjukkan bahwa reaksi akan berlangsung apabila 4 molekul HBr bertumbukan sekaligus dengan satu molekul O<sub>2</sub>. 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 O<sub>2</sub>. Deangan cara fikir ini, maka reaksi berlangsung melalui beberapa tahap.

Dari reaksi diatas, tahapan reaksinya adalah:

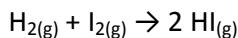


Dari contoh diatas terlihat bahwa kecepatan reaksi ditentukan oleh kecepatan terbentuknya HOOBr yaitu reaksi yang berlangsung paling lambat. Jadi dapat disimpulkan bahwa kecepatan reaksi secara keseluruhan ditentukan oleh tahap yang paling lambat pada reaksi tersebut, tahap yang paling lambat ini disebut 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  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$  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:

$$V = [A]^2 [B]^3$$

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  $10^\circ\text{C}$ , Berapa kali lebih cepat jika kita membandingkan reaksi yang berlangsung pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dengan  $20^\circ\text{C}$ .

Tabel 10.1. Tingkat reaksi atau orde reaksi hasil eksperimen

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



#### 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).

#### 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 konsentrasi akan meningkatkan kecepatan reaksi.

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



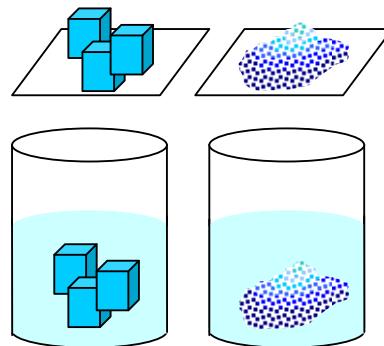
Diperoleh kecepatan reaksinya  $v = k [\text{H}_2][\text{NO}]^2$

Ketika eksperimen diubah dimana konsentrasi nitrogen monoksida diperbesar 2 kali lipat, maka kecepatan reaksipun 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.



Gambar 10.6. Luas permukaan zat sangat berpengaruh pada kecepatan reaksi

Bagan 10.11. Contoh kasus pengaruh peningkatan konsentrasi pada kecepatan reaksi

**Jika konsentrasi mula-mula NO = X  
dan diperbesar menjadi =  
Kecepatan mula-mula  $v = k [\text{H}_2][\text{NO}]^2$**

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

**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 aktifasi dan suhu. Energi aktifasi 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 Archenius sebagai berikut:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$k$  = konstanta kecepatan reaksi

$A$  = tetapan Archenius

$E_a$  = energi pengaktifan

$R$  = tetapan gas umum

$T$  = suhu mutlak

Arhenius juga mengamati didalam eksperimennya khusus reaksi-reaksi yang berlangsung pada temperatur dibawah  $300^\circ\text{C}$ , kenaikan suhu sebesar  $10^\circ\text{C}$  akan menaikkan tetapan kecepatan reaksi menjadi dua kali, sehingga kecepatan reaksinya pun meningkat dua kali.

#### 10.4.4. Katalisator

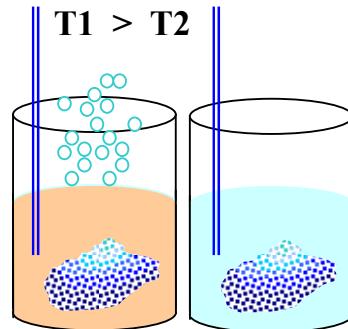
Faktor lain yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah katalisator. Proses berlangsung reaksi dengan adanya katalisator dikenal dengan proses kalisa. Katalisator dalam reaksi kimia berperan untuk menurunkan energi aktifasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.13.

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



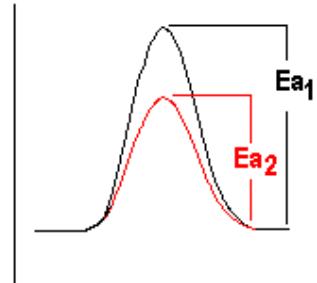
Beberapa katalisator lain yang dipergunakan dalam industri adalah  $\text{V}_2\text{O}_5$  dalam pembuatan asam sulfat dan  $\text{AlCl}_3$  dalam pembuatan Toluen.

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  $T_1 > T_2$ .

Energi Potensial



$Ea_1$  = Energi aktifasi tanpa katalisator

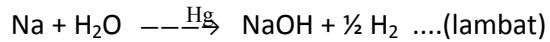
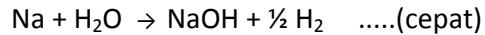
$Ea_2$  = Energi aktifasi dengan katalisator

Gambar 10.13. Penurunan Energi aktifasi oleh sebuah katalisator

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



Pembentukan  $\text{SO}_3$  dengan katalisator gas NO



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

## RANGKUMAN

1. Reaksi berlangsung karena adanya partikel-partikel, atom atau molekul yang bertumbukan dengan energi tertentu (energi aktifasi).
2. Energi aktifasi 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,

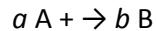
$V$  = kecepatan dalam mol/L.s

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

$\Delta t$  = 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 aktifasi 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 aktifasi
  - 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. Kenaikan 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  $y_N$  dan kecepatan reaksi berdasarkan  $H_2$  dinyatakan sebagai  $y$  maka:
  - a.  $y_N = y H$
  - b.  $y_N = \frac{1}{2} H$
  - c.  $N = \frac{1}{3} y H$
  - d.  $y_N = \frac{1}{4} y H$
13. Laju reaksi A dan 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

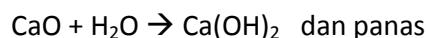
Dalam pendahuluan kita telah memperkenalkan bahwa perubahan atau reaksi kimia selalu disertai dengan perubahan energi. Sebuah reaksi kimia yang terjadi apabila diikuti dengan pelepasan energi atau menghasilkan energi, reaksi ini dikenal dengan eksoterm, sebaliknya reaksi kimia terjadi apabila kedalamnya 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 pertambahan 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.

Entalphi ( $H$ ) didefinisikan sebagai kandungan energi dari suatu zat pada tekanan tetap. Karena tidak mungkin mengukur entalphi, maka yang kita ukur selalu perubahan entalphi ( $\Delta H$ ).

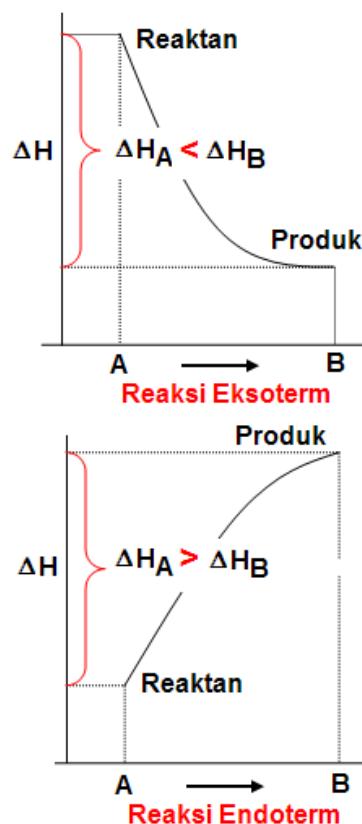
Untuk lebih mudahnya kita cermati kejadian ini, beberapa gram kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) dimasukan kedalam gelas yang berisi air, dan diaduk, dan proses pelarutan terjadi dalam hal ini terjadi reaksi antara air dan kapur tohor. Apa yang terjadi? Reaksi ini meghasilkan panas. Dalam hal ini, panas berpindah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



Jika reaksi berlangsung dari zat A berubah menjadi zat B, maka  $\Delta H$ , 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  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{panas}$



Gambar 10.15. Konsep Entalphi pada perubahan zat.

Besarnya perubahan entalphi pembentukan suatu zat telah diukur secara eksperimen, pengukuran  $\Delta H$  pada  $25^\circ\text{C}$  1atm dinyatakan sebagai  $\Delta H^\circ$  (*perubahan entalphi standar*)

Persamaan reaksi dapat dilengkapi dengan informasi energi yang menyertainya, umumnya dituliskan dengan menambahkan informasi perubahan energi ( $\Delta H$ ) disebelah kanannya. Berdasarkan  $\Delta H$  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  $\Delta H$  bernilai negatif, sehingga  $\Delta H$  produk lebih kecil dibandingkan dengan  $\Delta H$  reaktan.



Reaksi endoterm merupakan reaksi yang menyerap panas,  $\Delta H$  reaksi ini bernilai positif, sehingga  $\Delta H$  produk lebih besar dibandingkan dengan  $\Delta H$  reaktannya.



Dalam termokimia satuan untuk  $\Delta H$  yang lazim digunakan adalah satuan menurut IUPAC yaitu  $\text{kJ mol}^{-1}$ , 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.

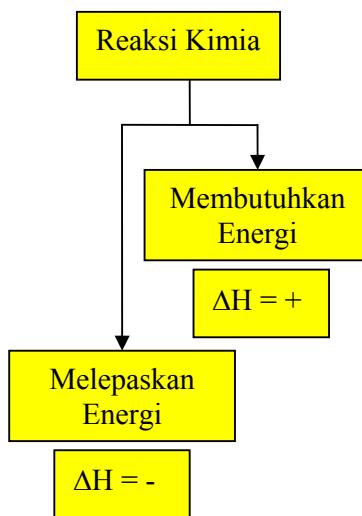
#### **Hukum kekekalan energi**

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.

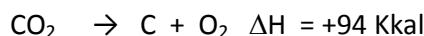
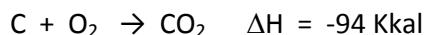
#### **Hukum Laplace**

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.

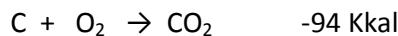
Bagan 10.16. Jenis reaksi dan entalphinya



Panjabaran dari hukum ini untuk entalphi reaksi  $\Delta H$  dan kalor reaksi;



Sedangkan untuk kalor reaksi,



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

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

### Hukum Hess

Hukum ini diajukan oleh Germain Hess, dia menyatakan bahwa entalphi reaksi ( $\Delta H$ ) hanya tergantung pada keadaan awal reaksi dan hasil reaksi dan tidak bergantung pada jalannya reaksi.

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

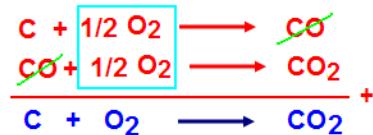
Jika suatu reaksi merupakan penjumlahan aljabar dari dua atau lebih reaksi, maka perubahan entalphi ( $\Delta H$ ) atau kalor reaksinya juga merupakan penjumlahan aljabar dari ( $\Delta H$ ) yang menyertai reaksi. Untuk lebih mudah memahaminya kita perhatikan Bagan 10.17.

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 karbodioksida.

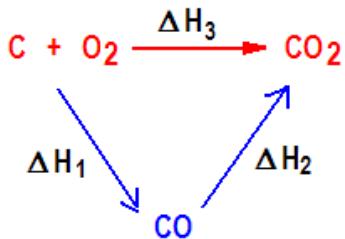
Penjumlahan aljabar  $\Delta H_{reaksi}$  dari setiap tahap reaksi juga dilakukan sesuai dengan tahap reaksi, maka  $\Delta H_{reaksi}$  dari pembentukan gas Karbon dioksida juga dapat dilakukan.

Bagan 10.17. Penjumlahan aljabar reaksi dan entalphi menurut Germain Hess

### Penjumlahan aljabar reaksi



### Penjumlahan aljabar $\Delta H$ reaksi



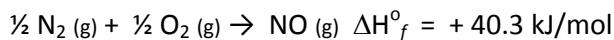
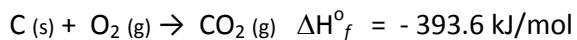
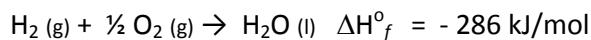
$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

Berdasarkan berbagai jenis reaksi, maka kita juga dapat mengembangkan jenis kalor reaksi atau  $\Delta H$  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. $\Delta H$ pembentukan

Entalphi pembentukan adalah entalphi reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Entalphi pembentukan standar ( $\Delta H_f^0$ ) adalah entalphi reaksi pembentukan yang diukur pada 25°C dengan tekanan 1 atm.

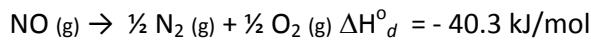
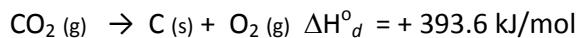
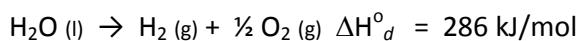
Dari definisi tersebut yang perlu kita cermati adalah pembentukan satu mol senyawa, dari unsur-unsurnya, perhatikan contoh;



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

### 10.5.4. $\Delta H$ penguraian

Entalphi penguraian merupakan kebalikan dari entalphi pembentukan, yaitu entalphi reaksi penguraian dari satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. Jika pengukuran entalphi pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, maka kita akanapatkan entalphi penguraian standar ( $\Delta H_d^0$ ).



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

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



Tabel 10.2. Entalphi pembentukan standar beberapa senyawa

Reaksi Pembentukan	$\Delta H_f^0$ 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

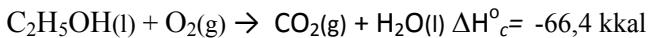
### 10.5.5. $\Delta H$ pembakaran

Entalphi pembakaran standar adalah entalphi reaksi pembakaran sempurna satu mol senyawa dengan oksigen yang diukur pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, lambang entalphi pembakaran standar adalah  $\Delta H^\circ_c$ .

Contoh entalphi pembakaran standar adalah untuk pembakaran unsure adalah :



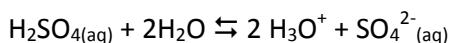
Dan untuk pembakaran senyawa :



### 10.5.6. $\Delta H$ pelarutan

Entalphi pelarutan adalah entalphi reaksi pelarutan dari satu mol senyawa ke dalam pelarut dan menjadi larutan encer. Entalphi pelarutan standar hasil pengukuran pada 25°C dengan tekanan 1 atm dilambangkan dengan  $\Delta H^\circ_s$ .

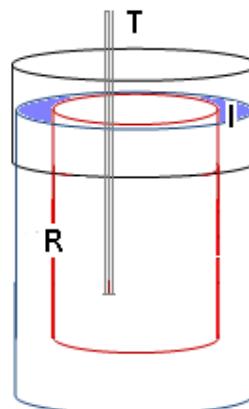
Jika kita mengencerkan asam sulfat ke dalam air, maka secara perlahan-lahan kita memipet asam sulfat dan meneteskannya secara tidak langsung ke air melalui dinding tabung reaksi. Jika kita pegang dinding tabung reaksi akan terasa hangat. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengenceran asam sulfat melepaskan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



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

Perhitungan energi dalam bentuk kalor reaksi maupun entalphi 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  $\Delta H$  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  $x$  °C dengan zat B dengan suhu yang sama  $x$  °C, setelah bercampur dihasilkan zat C yang suhu meningkat menjadi  $z$  °C.



T : Termometer

I : Insulator

R : Reaktor

Gambar. 10.19. Kalorimeter alat pengukur entalphi reaksi

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

$q$ : Kalor reaksi

$m$  : massa zat (gram)

$\Delta t$  : perubahan suhu ( $^\circ C$ )

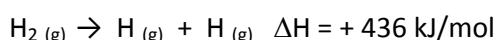
$c$  : Kalor jenis zat cair (J/g  $^\circ C$ ).

Perhatikan contoh soal; 50 mL HCl 1 M, direaksikan dengan 50 mL NaOH 1M kedua-duanya memiliki suhu  $27^\circ C$ , setelah bereaksi suhu meningkat menjadi  $33.5^\circ C$ , Kalor jenis larutan: 4.18 J/gK dimana massa jenis larutan : 1 g/mL. Tentukan entalphi 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 entalphi 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 entalphi dengan menggunakan energi ikat, dapat mencermati contoh soal sebagai berikut.

Tentukan entalphi 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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

$$\Delta H = -q \longrightarrow$$



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

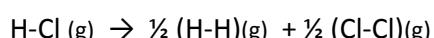
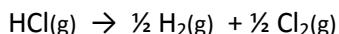
Tabel 10.3. Energi ikat antar atom dari beberapa senyawa

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



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

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

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

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

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-metil propana,  $C_4H_{10}$ ), isopentana (2-metilbutana,  $C_5H_{12}$ ), dan isooctana (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 aromat 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 distillat (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**

Ban 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.

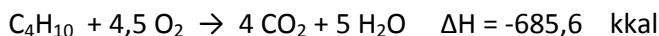
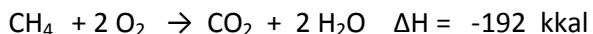
Misalnya gas butana yang ada dalam gas elpiji :



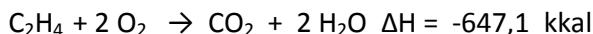
Untuk setiap mol dihasilkan 685,6 kkal, anda dapat mengecek berapa kg gas yang ada di dapur dan kamu dapat menghitung berapa panas yang dihasilkan.

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

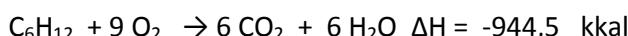
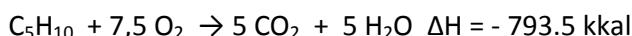
Parafin :



Olefin :



Naften :



Dari data diatas tampak bahwa semakin banyak jumlah atom karbon mengapa semakin besar panas yang dihasilkan yang diindikasikan dengan besarnya  $\Delta H$  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.

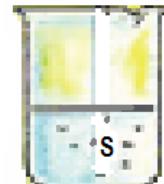
Jika sistem menyerap energi/kalor, maka sebagian energi dipergunakan untuk melakukan kerja ( $W$ ), seperti menyeimbangkan dengan keadaan luar. Sebagian lagi disimpan dalam sistem dan dipergunakan untuk penyusunan atau penataan atom-atom dalam reaksi kimia. Energi yang disimpan ini disebut dengan Energi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

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

$\Delta S$  = 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 etalphi (dengan proses pada tekanan tetap). Kombinasi ini dapat memberikan informasi yang sederhana kepada kita tentang apakah reaksi dapat berlangsung atau tidak berlangsung, proses detil perhatikan Bagan 10.24. Kombinasi ini menghasilkan Persamaan Energi bebas Gibbs yang didapat dari persamaan entropi dan entalphi. 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  $\Delta G$  = Energi bebas Gibbs.

Jika  $\Delta G$  sangat besar dan tandanya negatif menunjukkan bahwa reaksi berlangsung sampai akhir, sebaliknya jika  $\Delta G$  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 entalphi. 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 standar yang dapat dipergunakan untuk menentukan entropi reaksi sebagai harga pembandingnya. Entropi dan Energi bebas Gibbs standar pembentukan, disajikan pada Tabel 10.5.

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

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

## RANGKUMAN

- 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.
- Entalphi ( $H$ ) didefinisikan sebagai kandungan energi dari suatu zat pada tekanan tetap. Karena tidak mungkin mengukur entalphi, maka yang diukur adalah perubahan entalphi ( $\Delta H$ ).
- Untuk reaksi eksoterm adalah reaksi yang menghasilkan panas/kalor. Pada reaksi ini  $\Delta H$  bernilai negatif, sehingga  $\Delta H$  produk lebih kecil dibandingkan dengan  $\Delta H$  reaktan.



- Untuk reaksi endoterm merupakan reaksi yang menyerap panas,  $\Delta H$  reaksi ini bernilai positif, sehingga  $\Delta H$  produk lebih besar dibandingkan dengan  $\Delta H$  reaktannya.



- Hubungan satuan energi dari persamaan diatas adalah : 1 kJ/mol = 0.24 Kkal/mol
- 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.
- 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 :  $CO_2 \rightarrow C + O_2 \quad \Delta H = +94 \text{ Kkal}$
- Dari sisi tanda, tampak jelas perbedaan antara entalphi reaksi dengan kalor reaksi, jika entalphi bernilai positif maka kalor reaksi bernilai negatif, demikian pula sebalik jika entalphi negatif maka kalor reaksi positif.
- Entalphi pembentukan adalah entalphi reaksi pembentukan satu mol senyawa dari unsur-unsurnya. Entalphi pembentukan standar ( $\Delta H_f^0$ ) adalah entalphi reaksi pembentukan yang diukur pada  $25^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm.
- Entalphi penguraian merupakan kebalikan dari entalphi pembentukan, yaitu entalphi reaksi penguraian dari satu mol senyawa menjadi unsur-unsurnya. Jika pengukuran entalphi pada keadaan  $25^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm, maka kita akanapatkan entalphi penguraian standar ( $\Delta H_d^0$ ).

11. Entalphi pembakaran standar adalah entalphi reaksi pembakaran sempurna satu mol senyawa dengan oksigen yang diukur pada keadaan 25°C dengan tekanan 1 atm, lambang entalphi pembakaran standar adalah  $\Delta H^\circ_c$ .
12. Entalphi pelarutan adalah entalphi reaksi pelarutan dari satu mol senyawa kedalam pelarut dan menjadi larutan encer. Entalphi pelarutan standar hasil pengukuran pada 25°C dengan tekanan 1 atm dilambangkan dengan  $\Delta H^\circ_s$
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 entalphi reaksi berdasarkan energi ikat:

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

15. Energi yang lepas sama dengan energi yang diterima, tidak ada energi yang hilang merupakan prinsip kekelan energi atau hukum pertama termodinamika.
16. Minyak bumi memiliki adalah senyawa hidrokarbon (Hydrogen-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  $<30^\circ\text{C}$  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 aromat 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

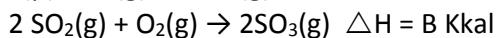
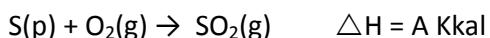
$$G = H - TS$$

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

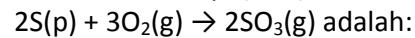
## UJI KOMPETENSI

Pilihlah salah satu jawaban yang benar

1. Diketahui reaksi-reaksi berikut:



Perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) untuk reaksi berikut:



- adalah:
- $(A + B)$  Kkal
  - $(2A + B)$  Kkal
  - $(2A - B)$  Kkal
  - $(A + 2B)$  Kkal

2. Kalor pembentukan  $AgNO_3 = 23$  Kkal/mol Pernyataan ini dapat dituliskan:

- $Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgNO_3 + 23$  Kkal
- $2 Ag(p) + N_2(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2 AgNO_3 + 46$  kkal
- $2 Ag(p) + 2 HNO_3 \rightarrow 2 AgNO_3 + 46$  Kkal
- $Ag_2O(p) + N_2O_5(g) \rightarrow 2 AgNO_3 + 46$  Kkal

3. Jika diketahui kalor pembentukan  $Fe_3O_4 = 226$  Kkal dan kalor pembentukan  $H_2O(g) = 58$  Kkal, maka kalor reduksi



- adalah:
- 6 Kkal
  - 208 Kkal
  - 324 Kkal
  - 498 Kkal

4. Persamaan reaksi  $2 CO + O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 136,6$  Kkal menyatakan bahwa pembakaran 1 mol CO terjadi perubahan entalpi sebesar:

- 136,6 Kkal
- 136,5 Kkal
- 68,3 Kkal
- 68,3 Kkal

5. Pada dasarnya reaksi kimia adalah peristiwa:

- Perubahan wujud
- Pembentukan ikatan
- Pemutusan ikatan
- Pemutusan dan pembentukan ikatan

6. Pada suatu reaksi kimia jika terjadi perpindahan energi dari sistem ke lingkungan, maka energi yang dipindahkan ini berasal dari

- Zat – zat yang bereaksi
- Zat – zat hasil reaksi
- Gesekan selama reaksi
- Perubahan wujut 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  $N_{2(g)} + 2 O_{2(g)} \rightarrow 2 NO_{2(g)}$  dibutuhkan panas sebesar 16,2 Kkal, maka  $\Delta H$  panas pembentukan  $NO_2$  adalah:
- 16,2 Kkal
  - 16,2 Kkal
  - 8,1 Kkal
  - 8,1 Kkal
9. Dari reaksi:
- $$2 C_{2(g)} + 5 O_{2(g)} \rightarrow 4 CO_{2(g)} + 2 H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -674 \text{ Kkal}$$
- Harga perubahan entalpi diatas menunjukkan:
- $\Delta H$  pembentukan  $C_2H_2$  dan unsur-unsurnya
  - $\Delta H$  pembentukan 1 mol  $C_2H_2$  secara semourna
  - $\Delta H$  pembentukan  $CO_2$  dari reaksi  $C_2H_2$  dan  $O_2$
  - $\Delta H$  reaksi 2 mol  $C_2H_2$  dengan  $O_2$
10. Untuk menguraikan 17 gram  $NH_{3(g)}$  ( $BM = 17$ ) menjadi unsur-unsurnya diperlukan energi 11 Kkal, maka panas pembentukan  $NH_{3(g)}$  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 wujut gas
  - Mempertahankan temperatur tetap
  - Mempercepat proses peleburan
13. Diketahui :  $C + 2S \rightarrow CS_2 \quad - 19,7 \text{ Kkal}$   
 $S + O_2 \rightarrow SO_2 \quad +71,2 \text{ Kkal}$   
 $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad +79,8 \text{ Kkal}$   
 $CS_2 + 3O_2 \rightarrow CO_2 + 2SO_2 + X \text{ Kkal}$
- 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  $\text{NO}_{(\text{g})}$  berikut:
- $$\text{N}_2_{(\text{g})} + \text{O}_2_{(\text{g})} \rightarrow 2 \text{NO}_{(\text{g})}$$
- Kalor reaksinya adalah +43,2 Kkal.
- Karena reaksi berlangsung tanpa perubahan volume, maka perubahan energi dalam ( $\Delta U$ ) 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:
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(\text{g})} \quad \Delta H = X$$
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(\text{l})} \quad \Delta H = Y$$
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}_{(\text{s})} \quad \Delta H = Z$$
- Maka kalor sublimasi  $\text{AB}_{(\text{s})}$  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 sistem koloid dalam kehidupan

## Tujuan Pembelajaran

1. Siswa dapat menjelaskan sifat koligatif larutan
2. Siswa dapat mengenal beberapa sifat koligatif larutan
3. Siswa dapat mendeskripsikan sistem 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  $100^{\circ}\text{C}$ , 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 eksperimennya 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

$\Delta P$  = 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:

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

$P$  = tekanan uap larutan

$\Delta P_A^0$  = penurunan tekanan uap jenuh larutan

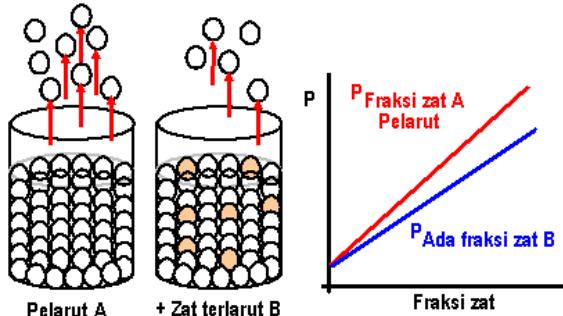
$P_A^0$  = tekanan uap jenuh pelarut murni

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 penyelesaikan soal ada pada bagian 11.2. dibawah.



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**

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

$$\begin{aligned} \text{Air } (H_2O) &= 100 - 18 \text{ gram} = 82 \text{ gram} \\ &= 82/18 \text{ mol} \\ &= 4,56 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Fraksi mol } C_6H_{12}O_6 = \frac{0,1}{0,1 + 4,56} = 0,02$$

a. 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;

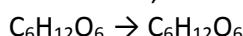
b. Tekanan uap jenuh larutan

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

### 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 Roult 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.

Roult menyederhanakan ke dalam persamaan

$$T_b = k_b \cdot m$$

$T_b$  = kenaikan titik didih larutan

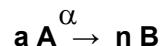
$k_b$  = tetapan kenaikan titik didih molal pelarut  
(kenaikan titik didih untuk 1 mol zat dalam 1000 gram pelarut)

$m$  = molal larutan (mol/100 gram pelarut)

Perubahan titik didih atau  $\Delta T_b$  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  $\alpha$ .



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

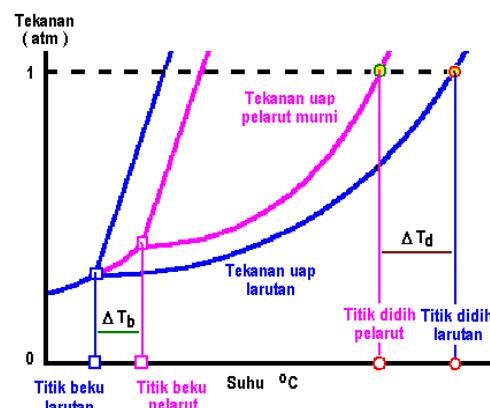
:  $a (1-\alpha) + n a \alpha$

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

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 :

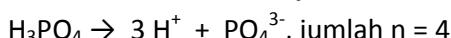
$$\Delta T_b = k_b \cdot m [1 + (n - 1) \alpha]$$

dimana

$n$  = jumlah ion-ion dalam larutan

$\alpha$  = derajat ionisasi

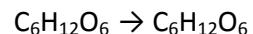
Contoh jumlah ion untuk beberapa elektrolit:



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,



$$0.1 \text{ molal} \rightarrow 0.1 \text{ molal}$$

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

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

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

Diketahui titik didih air adalah  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 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 konsentrasi 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 :

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

$\Delta T_f$  = 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 :

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

$\Delta T_f$  = 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 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:

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

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

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

**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  $\Delta h$ .

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:

$$\pi = C.R.T$$

$\pi$  = tekanan osmosa (dalam atm)

C = konsentrasi zat terlarut mol/L

R = konstanta gas = 0,082 atm.L/mol.K

T = suhu dalam  $^{\circ}$ K

Tekanan osmosa 17 gram suatu zat dalam 1 liter larutan pada suhu 27  $^{\circ}$ C adalah 1,5 atm. Berapakah berat molekul zat tersebut?

Persamaan tekanan osmosa

$$\pi = C.R.T$$

$$\pi = 1.5 \text{ atm}$$

$$R = 0.082 \text{ atm.L/mol.K}$$

$$T = 273 + 27 = 300^{\circ}\text{K}$$

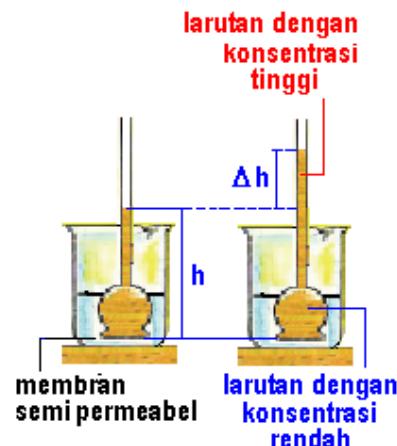
$$1,5 = C \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$C = 0.061 \text{ mol/L}$$

BM dari zat tersebut adalah

$$mol = \frac{Berat}{Mr}$$

$$Mr = 278.$$



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. Raoult menyimpulkan hubungan antara penurunan tekanan uap suatu zat cair dengan konsentrasi larutannya dalam persamaan  $\Delta P = P^0 \cdot X_B$ , dimana  $\Delta P$  = 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  $\alpha$  = 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  $\Delta T_f$  = penurunan titik beku,  $k_f$  = tetapan penurunan titik beku dari zat pelarut dan  $m$  = molal larutan.
6. Hubungannya dengan konsentrasi larutan Van't Hoff menyimpulkan bahwa Tekanan osmotik larutan akan semakin besar apabila konsentrasi (Molar) dari zat terlarut semakin besar.  $\pi = C \cdot R \cdot T$ , dimana  $\pi$  = tekanan osmosa (dalam atm),  $C$  = konsentrasi zat terlarut mol/L,  $R$  = konstanta gas = 0,082 atm.L/mol.K dan  $T$  = suhu dalam  $^{\circ}\text{K}$ .

## UJI KOMPETENSI

### Sifat Koligatif Larutan

1. Pasangan larutan dengan jumlah partikel yang sama adalah larutan:
  - A. 0.01 M NaCl dan 0.01 M BaCl<sub>2</sub>
  - B. 0.01 M BaCl<sub>2</sub> dan 0.01 M C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
  - C. 0.01 M C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> dan 0.01 M MgCl<sub>2</sub>
  - 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 CaCl<sub>2</sub>, 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 (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) 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 CH<sub>3</sub>COOH
  - C. 0.5 M Mg(OH)<sub>2</sub>
  - D. 0.5 M C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
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 (Mr Zat A 60) dalam 1 liter air, dan larutan zat B dari 18 gram (Mr zat B 180). Maka besarnya tekanan osmotik dari zat A dan B adalah
- Zat A > B
  - Zat B > A
  - Zat A = B
  - Zat A  $\leq$  B
9. Tekanan uap air pada  $30^{\circ}\text{C}$  adalah 31.8 mmHg, jika pada kondisi tersebut terdapat 0.056 mol fraksi zat terlarut, Berapa tekanan uap jenuh larutan.
- 1.78 mmHg
  - 30.02 mmHg
  - 33.56 mmHg
  - 10 mmHg
10. Jika diketahui  $R = 0.082 \text{ L atm/mol K}$ . 1.8 gram glukosa (BM Glukosa 180) dilarutkan ke dalam 100 mL air pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$ , Berapa besarnya tekanan osmotik larutan
- 2.46 atm
  - 0.246 atm
  - 0.123 atm
  - 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 fasa dispersi dan medium dispersi, maka koloid dapat kita kelompokan

- 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.

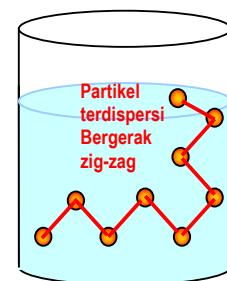
Tabel 11.1. Perbandingan larutan koloid dan suspensi

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

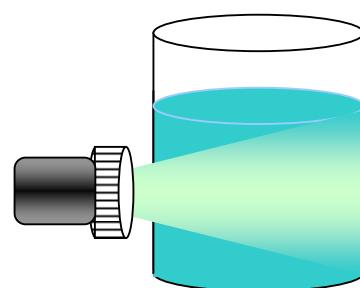
- G. Sol merupakan koloid yang fasa terdispersinya berwujud padat dengan medium pendispersinya berwujud cair. Sol paling banyak kita jumpai seperti, agar-agar panas, cat, kanji, putih telur, sol emas, sol belerang, lem dan lumpur.
- H. Jenis koloid yang terakhir adalah koloid yang memiliki fasa terdispersi 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 Tyndall dapat diamati pada langit yang berwarna biru di siang hari karena adanya pantulan cahaya dari partikel koloid di udara. 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



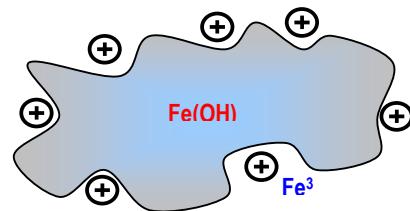
Gambar 11.9. Efek Tyndall dari partikel koloid

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.

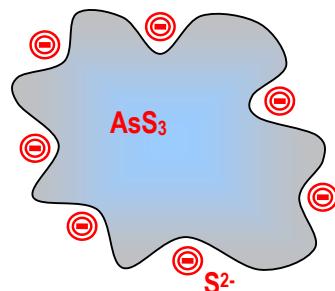
4. Sistem koloid juga memiliki daya adsorbsi yang kuat untuk menarik ion atau muatan listrik dan molekul netral. Hal ini disebabkan karena partikel koloid memiliki permukaan yang sangat luas. Misalnya proses penyerapan air oleh kapur tulis, sol  $\text{Fe(OH)}_3$  dalam air mngandung ion  $\text{Fe}^{3+}$  yang diadsorbsi. Sedangkan untuk yang bermuatan negatif adalah molekul  $\text{As}_2\text{S}_3$ , ion  $\text{S}^{2-}$  yang diadsorbsi. Pemanfaatan sifat adsorbsi dari koloid anatara 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 mengadsorbsi 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 mengadsorbsi pelarutnya sehingga koloid ini kurang stabil dan dapat dengan mudah



Gambar 11.10. Adsorbsi muatan positif dari koloid  $\text{Fe(OH)}_3$



Gambar 11.11. Adsorbsi muatan negatif dari koloid  $\text{As}_2\text{S}_3$

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:

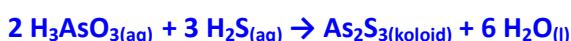
Reaksi redoks



Reaksi hidrolisis (penambahan molekul air)



Dekomposisi



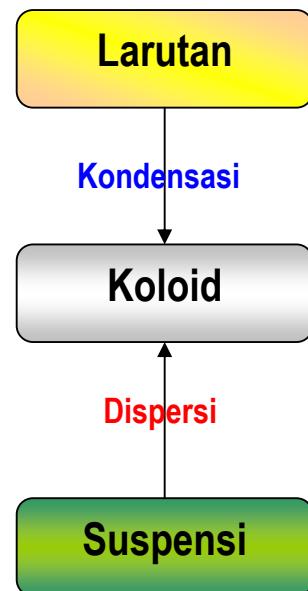
Pergantian pelarut (metatesis)



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,  $\text{Al(OH)}_3$  dengan  $\text{Al(Cl)}_3$  dan endapan  $\text{NiS}$  ditambahkan dengan  $\text{H}_2\text{S}$ .

### 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.

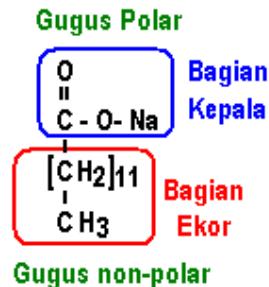
### 11.3.3. Pemisahan Koloid

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 bon 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 kelompokan
 

1. Buih atau busa	5. Emulsi padat
2. Busa padat	6. Aerosol padat
3. Aerosol cair	7. Sol
4. Emulsi cair	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 adsorbsi 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 melindung 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, peptipasi 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.

## UJI KOMPETENSI

### 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

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

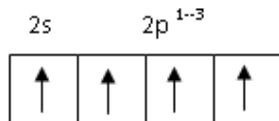
### Tujuan Pembelajaran

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

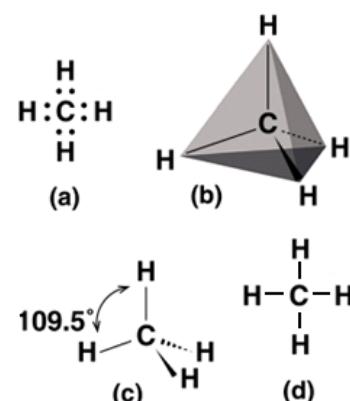
Dalam berikatan sesama atom karbon terdapat tiga kemungkinan, pertama membentuk ikatan tunggal, ikatan rangkap dua dan ikatan rangkap tiga. Untuk penyederhanaan dapat kita ibaratkan ikatan tunggal terjadi dari orbital s dan disebut ikatan ( $\sigma$ ) sigma pada orbital hibrid  $sp^3$  dan bentuk molekul 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  $\pi$ , 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  $120^\circ$ . Sama halnya dengan ikatan rangkap tiga terdapat dua orbital p dalam posisi sejajar sehingga merubah bentuk orbital sp menjadi (bentuk planar) dengan sudut  $180^\circ$ . 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.

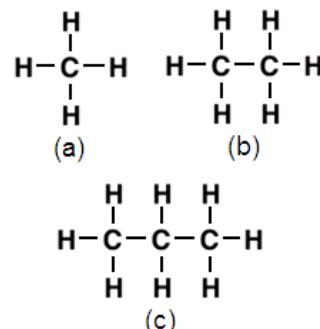
Atom karbon pada senyawa hidrokarbon memiliki posisi yang berbeda-beda. Coba kita perhatikan rumus bangun dibawah ini pada Gambar 12.4.

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.

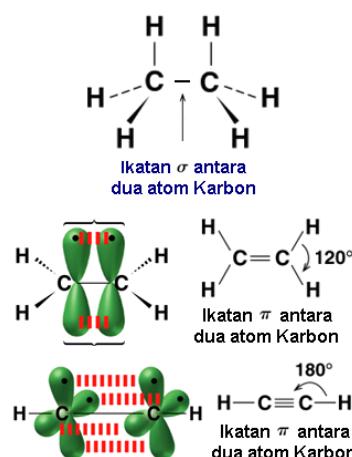
Setiap atom Karbon dalam kerangka senyawa hidrokarbon dapat mengikat atom lain seperti atom



Gambar 12.1. Kekhasan atom karbon dengan bentuk tetrahedral



Gambar 12.2. Bentuk ikatan antar Karbon, membentuk kerangka senyawa hidrokarbon



Gambar 12.3. Ikatan  $\sigma$ ,  $\pi$ , 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.

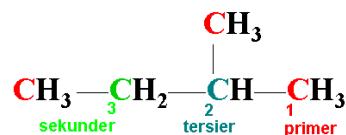
### 12.2.1 Isomer

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.

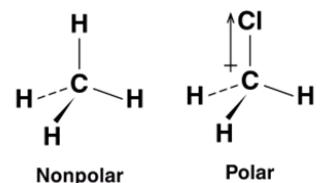
Dalam senyawa hidrokarbon jenuh, isomer yang terjadi karena adanya perbedaan atom atau gugus yang mengganti atom hidrogen dalam rantai utama senyawa hidrokarbon. Contoh sederhana, dari bentuk isomer ini ditunjukkan dengan atom karbon yang mengikat tiga buah gugus metil, sedangkan isomernya mengikat 1 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  $-138^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $-1^{\circ}\text{C}$ , dengan densitas  $0.58\text{g/mL}$ , sedangkan molekul yang kedua memiliki titik leleh  $-159^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $-12^{\circ}\text{C}$  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.

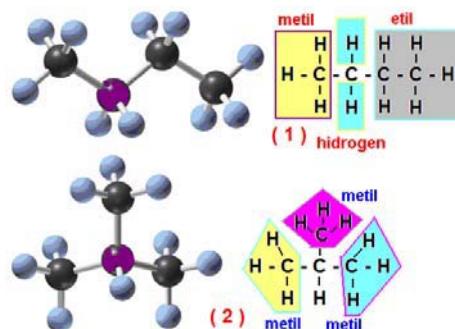


Gambar 12.4. Posisi atom karbon pada senyawa hidrokarbon

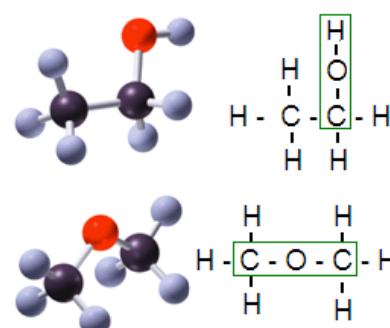


Atom Klor memiliki elektronegatifitas sehingga elektron tertarik pada atom Klor

Gambar 12.5. Polarisasi senyawa hidrokarbon akibat gugus polar



Gambar 12.6. Struktur isomer untuk senyawa dengan rumus molekul  $\text{C}_4\text{H}_{10}$



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 diklasifikasi 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.

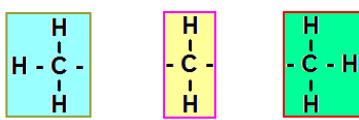
### 12.3. Alkana

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  $CH_2$ .



(di awal) (di antaranya) (di akhir)

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 diantara, 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.

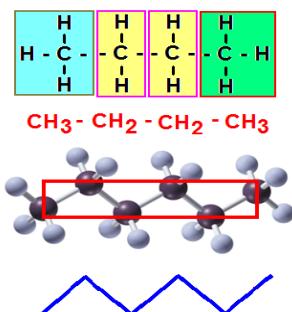
### 12.3.1 Penamaan Alkana

Penamaan senyawa alkana dimulai dengan menyebutkan posisi gugus cabang dalam sebuah rantai utama. Penyebutan rantai utama ini didasari pada nama dari rantai karbon yang terpanjang. Untuk lebih mudahnya kita perhatikan rumus bangun senyawa pada Gambar 12.9.

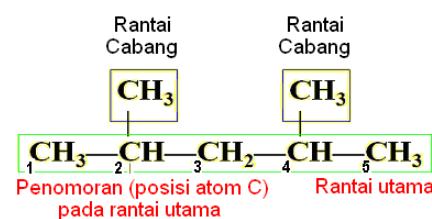
Dari gambar tampak kotak hijau merupakan penunjuk rantai utama dengan jumlah atom karbon sebanyak lima buah, sehingga rantai utama senyawa adalah pentana. Dalam rantai utama, setiap atom karbon diberi nomor untuk menandai posisi atom Karbon pada rantai utamanya, penomoran dapat dimulai dari kiri ke kanan (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.

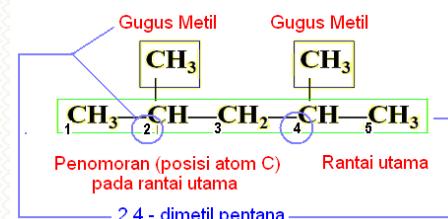
Senyawa-senyawa alkana dapat bereaksi dengan senyawa halogen, dari reaksi ini akan dihasilkan senyawa haloalkana.



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.

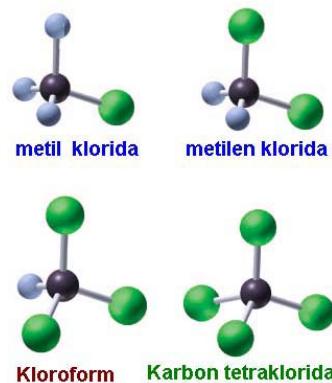
Senyawa ini sangat berbahaya karena dapat merusak ozon yang berada pada lapisan stratosfir. Reaksi terbongkarnya ozon oleh senyawa kloroflorokarbon sebagai berikut;

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

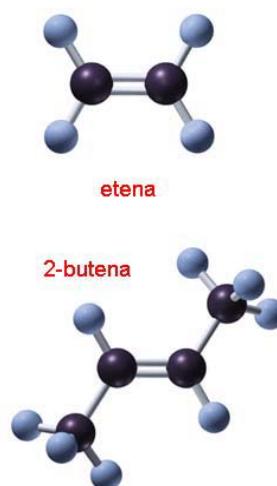
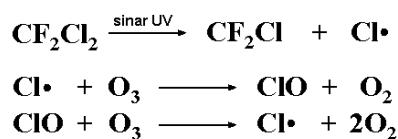
Senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap dua antar atom Karbonnya, dan juga mengikat atom Hidrogen. Jumlah atom Hidrogen merupakan fungsi dari atom Karbonnya, dan mengikuti persamaan:  $C_nH_{2n}$  dimana n adalah jumlah atom C. Senyawa pertama alkena adalah etena atau lebih populer etilena dan merupakan induk deret homolog alkena, hingga deret ini juga disebut dengan deret etilena. Contoh senyawa etilena dan merupakan kerangka deret homolog etilena ditunjukan 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. Derat 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.

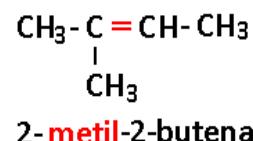
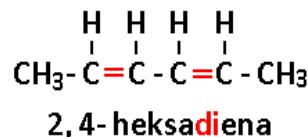
Akhirnya nama alkena dapat ditetapkan yaitu dengan menyebutkan nomor dan gugus cabang dilanjutkan dengan menyebutkan rantai utamanya sesuai dengan jumlah atom C dan mengganti akhiran -ana menjadi -ena. Jika jumlah ikatan rangkap lebih dari satu buah, digunakan awalan **diena** untuk dua ikatan rangkap, 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.

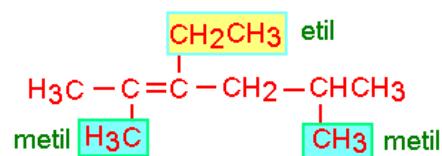
### 12.4.2. Konfigurasi Stereoisomer Alkena

Ikatan rangkap dua terbentuk dari atom karbon yang terhbridisasi  $sp^2$ . Masing-masing atom Karbon memiliki dua jenis orbital atom yaitu orbital sigma ( $\sigma$ ) dan orbital phi ( $\pi$ ).

Bagan 12.14. Struktur molekul alkena dan tata namanya



Bagan 12.15. Penamaan untuk senyawa alkena rantai lurus dan bercabang

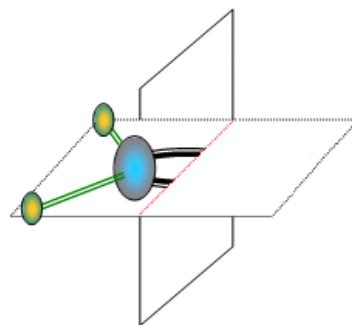
**2-heksena****3-etil-2,5-dimetil-2-heksena**

Orbital  $sp^2$  membentuk sudut  $120^\circ$ , membentuk segitiga datar. Sehingga gugus yang ada memiliki rotasi yang terbatas, perhatikan Gambar 12.16. Molekul etilena berbentuk segi datar.

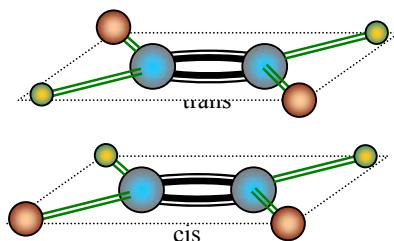
Ikatan  $\pi$  memiliki energi ikat yang cukup besar yaitu 60 kkal/mol, sehingga bentuk segi tiga datar cukup stabil dan menyebabkan alkena hanya memiliki isomer akibat gugus yang sejajar (cis) atau yang berseberangan atau (trans). Bentuk isomer cis dan trans ditunjukkan pada Gambar 12.17.

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	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	Gas	-102°C
Propena	$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2$	Gas	-48°C
1- butena	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	Gas	-12.5°C
1- pentena	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	Cair	30°C
1- heksena	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH} = \text{CH}_2$	Cair	63°C
1- heptena	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH} = \text{CH}_2$	Cair	92°C

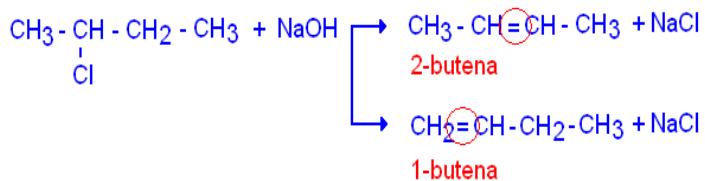
Sifat kimia alkena secara umum relatif stabil dan ikatan antar atom karbonnya lebih kuat dibandingkan dengan ikatan tunggal pada alkana. Reaktifitas senyawa alkena sangat ditentukan oleh sifat ikatan rangkapnya.

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. Reaktifitas 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.

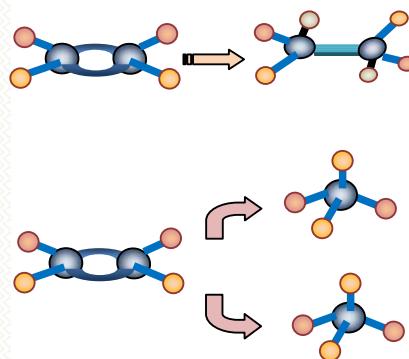
Hilangnya senyawa unsur atau ion halogen dan hidrogen dapat terjadi pada sisi atom Karbon yang berdekatan dengan halogen (disebelah kiri atau kanan), untuk lebih mudahnya perhatikan Bagan 12.20.

Bagan 12.20. Reaksi 2-kloro-butana dengan Basa kuat menghasilkan butena



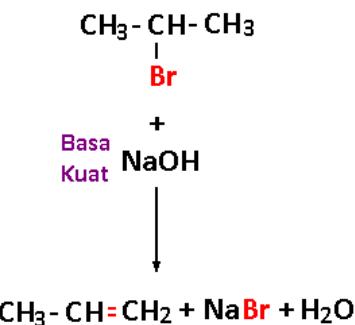
Hasil reaksi senyawa 2-butena merupakan produk utama dan 1-butena merupakan produk minor, dimana jumlah senyawa 2-butena yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan 1-butena. Atom H pada reaksi eliminasi tersebut diambil dari atom C yang mempunyai substituen atau gugus paling banyak. Dalam hal ini atom C-3 yang mengikat 2 atom C (-CH<sub>2</sub>-). 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  $\pi$  (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



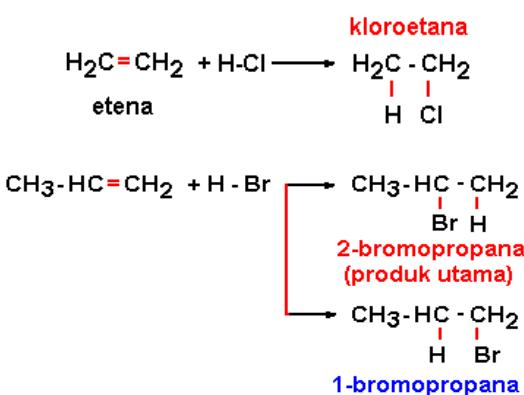
Reaksi reduksi pada alkena adalah penambahan hidrogen oleh gas hidrogen H<sub>2</sub> dan menghasilkan suatu alkana. Reaksi jenis ini lebih dikenal dengan reaksi hidrogenasi. Reaksi tidak berlangsung spontan umumnya memerlukan katalisator.

Hal yang sama juga terjadi pada reaksi halogenasi, dalam hal ini zat yang dipergunakan adalah gas halogen (X<sub>2</sub>), contohnya senyawa F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub> dan I<sub>2</sub>. Kedua reaksi ini disederhanakan pada Gambar 12.21.

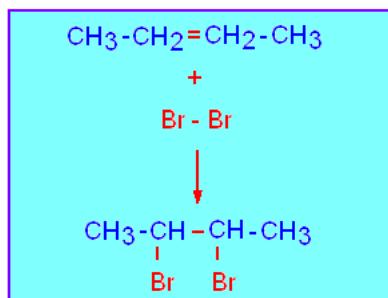
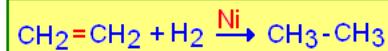
Kedua reaksi ini berbeda dalam perlakuan, untuk reaksi hidrogenasi akan berlangsung dengan baik dan efektif jika ditambahkan katalisator logam. Logam yang umum dipergunakan adalah Nikel. Sedangkan untuk reaksi halogenasi tidak memerlukan katalisator dan reaksi tersebut berlangsung cukup cepat.

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

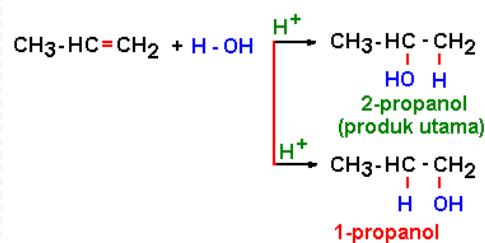


Reaksi hidrasi merupakan jenis reaksi adisi alkena menggunakan air (H<sub>2</sub>O) sebagai pereaksi dengan katalis asam. Seperti reaksi adisi propilena dengan air menggunakan asam sulfat 60%, sesuai persamaan pada Bagan 12.23.



Gambar 12.21. Reaksi hidrogenasi dan halogenasi.

Bagan 12.23. Reaksi hidrasi propilena

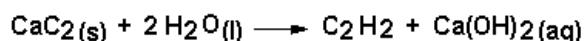


Senyawa alkena juga dapat dioksidasi dengan beberapa reaksi seperti kalium permanganat. Reaksi oksidasi dengan  $\text{KMnO}_4$  dalam suasana netral akan dihasilkan suatu dialkohol yaitu senyawa yang mengandung dua gugus hidroksil saling bersebelahan. Senyawa ini juga lebih dikenal dengan istilah glikol. 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  $\text{C}_2\text{H}_2$ , 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 mereaksikan kalsium karbida dengan air.



Dalam skala kecil, reaksi ini akan memberikan nyalas asetilena untuk lampu karbida. Dulu pekerja tambang menggunakan lampu semacam ini; banyaknya gas yang dihasilkan diatur dengan mengendalikan laju air yang diteteskan 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.

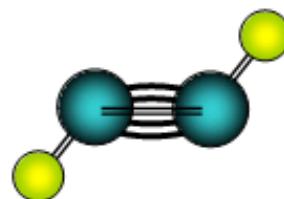
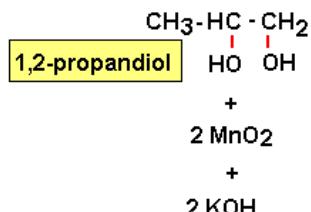
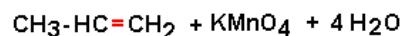
#### 12.5.1. Tata Nama Alkuna

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 akhirannya dengan una.
2. Menetapkan posisi ikatan rangkap tiga pada rantai utama yang ditunjukkan dengan angka.

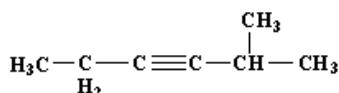
Bagan 12.24. Reaksi oksidasi propilena



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 :



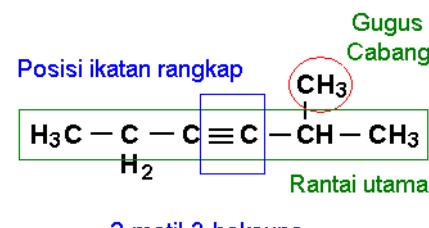
### 12.5.2. Sifat-sifat alkuna

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.

Bagan 12.26. Senyawa alkuna dan tata namanya

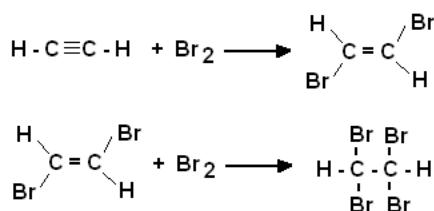


Tabel 12.4. Titik Didih beberapa Senyawa Alkuna

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

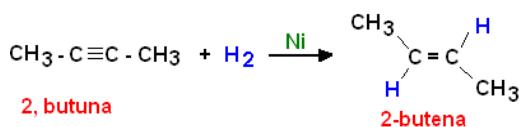
Alkuna sebagai hidrokarbon tak jenuh, memiliki sifat menyerupai alkena tetapi lebih reaktif. Reaktivitas alkuna disebabkan karena terbongkarnya ikatan rangkap tiga dan membentuk senyawa baru. Atas dasar ini maka reaksi alkuna umumnya reaksi adisi. Contoh reaksi adisi alkuna dengan gas halogen, seperti gas bromine ( $\text{Br}_2$ ), klorine ( $\text{Cl}_2$ ) dan iodine ( $\text{I}_2$ ). 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 12.27. 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 Akuna seperti pemanfaatan gas etuna (asetilena) untuk pengelasan. Gas asetilena dibakar dengan gas Oksigen menghasilkan panas yang tinggi ditandai dengan kenaikan suhu sampai dengan  $3000^{\circ}\text{C}$ , 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 ( $\text{Br}_2$ ). 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 tetap tidak berwarna dan terjadi senyawa alkena yang mengandung gugus bromide.



Gambar 12.29. pemanfaatan gas asetilena untuk pengelasan

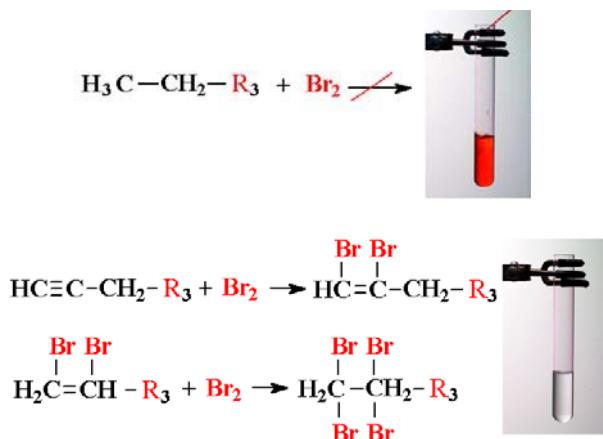
### Bagan 12.30. Isomer senyawa 1-butuna dengan 2- butuna

**Ikatan rangkap tiga pada posisi kedua**

$\text{H}_3\text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$        $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH}_3$   
 Ikatan rangkap tiga pada posisi pertama

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 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 ( $\sigma$ ) sigma pada orbital hibrid  $sp^3$  dan bentuk molekul tetrahedron.
4. Ikatan rangkap dua terjadi pada orbital p, dikenal dengan ikatan  $\pi$ , 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 ke kanan.
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  $\pi$  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  $\pi$  (bersifat lebih lemah), yang dilanjutkan dengan masuknya unsur baru dari luar.

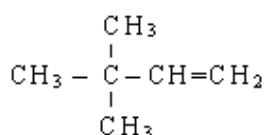
16. Reaksi reduksi alkena dengan hidrogen menghasilkan alkana.
17. Reaksi hidrasi dengan molekul air menghasilkan senyawa alkohol.
18. Reaksi oksidasi alkana dengan  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan senyawa dengan dua gugus hidroksi saling bersebelahan (glikol).
19. Alkena dapat dibuat dengan cara mereaksikan 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. Aalkuna berupa gas tak berwarna dan baunya khas serta mudah teroksidasi atau mudah meledak.
24. Pemanfaatan Akuna seperti pemanfaatan gas etuna (asetilena) untuk pengelasan.
25. Senyawa alkana dapat dibedakan dengan alkena dan alkuna. Pembedaan ini dapat dilakukan dengan reaksi penambahan senyawa Bromine ( $\text{Br}_2$ ).

## UJI KOMPETENSI

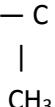
Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

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  $\text{C}_4\text{H}_6$  memiliki isomer sebanyak:
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
6. Rumus kimia senyawa hidrokarbon yang termasuk senyawa alkana adalah:
  - a.  $\text{C}_3\text{H}_6$
  - b.  $\text{C}_5\text{H}_{12}$
  - c.  $\text{C}_6\text{H}_8$
  - d.  $\text{C}_7\text{H}_2$

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-butena
9. Nama yang tepat untuk rumus struktur dibawah ini adalah:



- 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:



- 2-metil-1-butena
- 3-metil-1-butena
- 2-ethyl-2-pentena
- 2 metil-2-pentena

12. Isomer fungsi dari senyawa n-butena adalah:
- 2-butena
  - 2-pentena
  - 1,2-dimetil oktena
  - 2,3-propadiena

13. Senyawa yang termasuk alkena adalah:

- a. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>
- b. C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>
- c. C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>
- d. C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>

14. Nama yang sesuai dengan aturan tata nama organik adalah:

- a. 2-etil-3-metil pentana
- b. 2-isopropil-3-metil pentana
- c. 2,4,4-tribromo heksana
- d. 1,3-dimetil butane

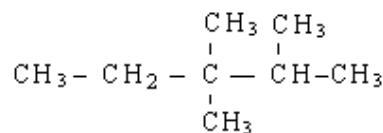
15. Homolog berikutnya yang tertinggi dari C<sub>5</sub>H<sub>10</sub> adalah:

- a. C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>
- b. C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>
- c. C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>
- d. C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>

16. Pada rumus manakah yang memiliki lebih dari satu isomer strukturnya:

- a. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
- b. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>
- c. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>
- d. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>F

17. Nama sistematik untuk senyawa yang memiliki rumus struktur berikut adalah :



- a. 1-metil-2,2-dimetil butana
- b. 1,2-dimetil-2,2-dimetil butana
- c. 3,3-dimetil isoheksana
- d. 2,3,3-trimetil pentana

18. Senyawa yang bukan isomer dari oktana adalah:

- a. 2-metil heptana
- b. 2,3-dimetil heksana
- c. 2,3,4-trimetil pentana
- d. 2,2-dimetil pentane

19. Dalam setiap molekul alkena:

- a. Semua ikatan karbon-karbon adalah ikatan rangkap dua
- b. Terdapat setidaknya satu ikatan karbon-karbon rangkap
- c. Terdapat satu ikatan karbon-karbon rangkap dua
- d. 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:

- a.  $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
- b.  $CH_3 - CH = CH - CH_3$
- c.  $CH_2 = CH_2 - CH_2 - CH_2$
- d.  $CH_2 = CH CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

## 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 lingkar 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.

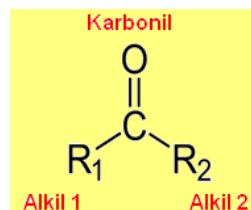
### 12.6.1. Tata Nama Alkanon

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.

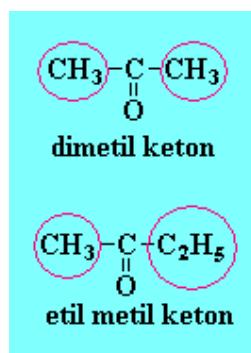
Penamaan alkanon juga dapat dilakukan dengan standar IUPAC. Pertama menetapkan rantai utama yaitu mencari rantai terpanjang yang mengandung gugus fungsi karbonil. Selanjutnya memberi nomor pada rantai terpanjang, dimulai dari C yang terdekat dengan gugus fungsi dan diakhiri dengan menyebutkan nomor dan 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 =  $(CH_3)_2CO$ ), merupakan cairan tak berwarna, mudah menguap, pelarut yang baik. Senyawa ini sering digunakan sebagai pelarut.
2. Asetofenon (metil fenil keton =  $C_6H_5CO$ ) merupakan cairan tak berwarna dan berhablur. Senyawa ini sering digunakan sebagai hipnotik, sedangkan turunannya yaitu senyawa kloroasetofenon banyak dipergunakan sebagai gas air mata.

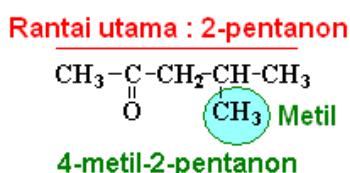


Gambar 12.32. Kerangka senyawa alkanon



Gambar 12.33. Tata nama senyawa alkanon dengan cara 1

Bagan 12.34. Penamaan Alkanon dengan cara IUPAC



### 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  $120^\circ$ . 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 (°C)	Titik leleh (°C)
Propanon	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$	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

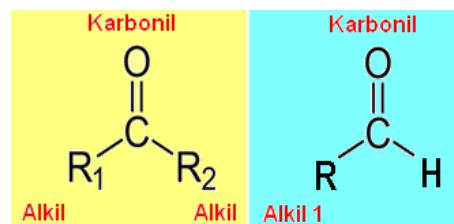
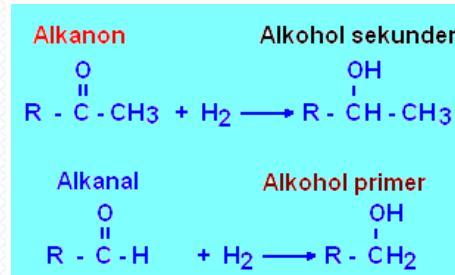
Perbedaan aldehida dengan keton adalah pada kerektifannya. Aldehida lebih reaktif dan mudah dioksidasi maupun direduksi. Reduksi senyawa aldehid menghasilkan alkohol primer sedangkan senyawa hasil reduksi senyawa alkanon adalah alkohol sekunder. Bagan 12.35, menunjukkan perbedaan reaksi reduksi senyawa alkanon dan alkanal yang sama menghasilkan senyawa alkohol.

### 12.7. Alkanal

Alkanal atau yang lebih dikenal sebagai aldehida memiliki rumus umum  $C_nH_{2n}O$  dan merupakan isomer fungsi dengan senyawa keton, dimana 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 (-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).

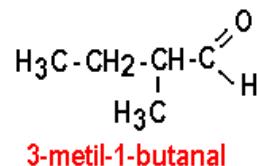
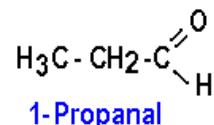
Untuk itu kita lihat beberapa contoh penamaan senyawa alkanal, perhatikan rumus bangun dan rumus molekul untuk senyawa propanal dan 2-metil butanal, seperti tampak pada Bagan 12.37.

### 12.7.2. Pembuatan Aldehida

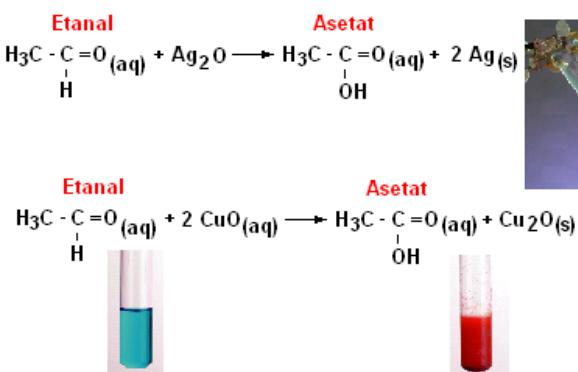
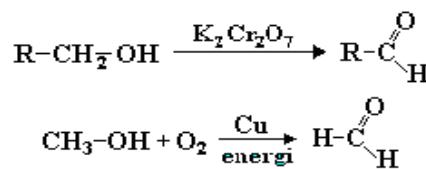
Aldehida dapat dibuat melalui oksidasi lemah alkohol primer menggunakan oksidator  $K_2Cr_2O_7$  dalam suasana asam. Pada produk aldehida komersial, khususnya formaldehida dibuat dengan cara mereaksikan alkohol primer dan udara menggunakan katalis tembaga dan pemanasan. Reaksi ini disederhanakan pada 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

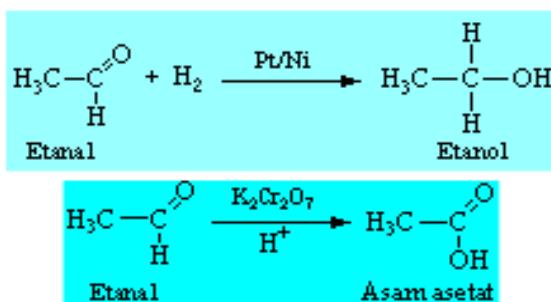


Gambar 12.40. Reaksi oksidasi aldehida dengan oksida logam perak dan tembaga

### 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  $K_2Cr_2O_7$  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

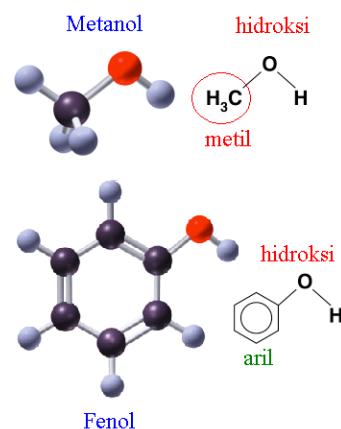
Formaldehida banyak digunakan sebagai bahan pengawet spesimen biologi maupun mayat dan sebagai insektisida. Etanal juga dipergunakan sebagai bahan baku karet buatan. Sedangkan senyawa trans-sinamaldehida dalam kayumanis digunakan sebagai penambah aroma masakan.

## 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 ( $\text{OH}$ ), lihat Gambar 12.42.

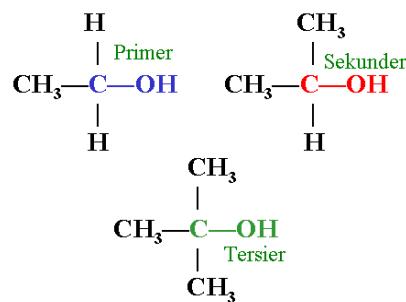
Alkohol memiliki rumus umum  $C_nH_{2n+2}O$ . Berdasarkan jenis atom C dalam rantai alkana yang mengikat gugus OH, maka alkohol dapat dibedakan menjadi alkohol primer, sekunder dan tersier.

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.



Bagan 12.42. Struktur molekul alkanol yang diwakili oleh methanol dan fenol

Bagan 12.43. Klasifikasi alkohol berdasarkan 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

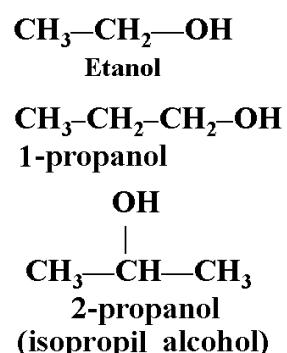
Alkohol umumnya berwujud cair dan memiliki sifat mudah menguap (volatile) tergantung pada panjang rantai karbon utamanya (semakin pendek rantai C, semakin volatil). Kelarutan alkohol dalam air semakin rendah seiring bertambah panjangnya rantai hidrokarbon. Hal ini disebabkan karena alkohol memiliki gugus 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:

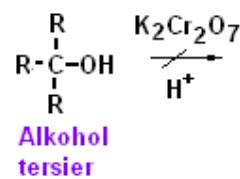
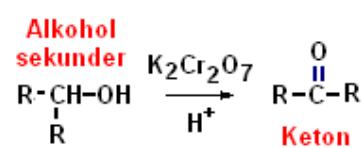
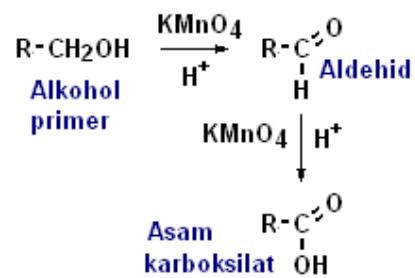
#### 1. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi alkohol dapat digunakan untuk membedakan alkohol primer, sekunder dan tersier. Alkohol primer akan teroksidasi menjadi aldehid 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

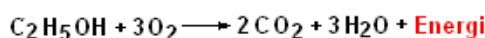


Bagan 12.45. Reaksi oksidasi alkohol primer, sekunder dan tersier



## 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 ( $\text{HX}$ , $\text{PX}_3$ , $\text{PX}_5$ atau $\text{SOCl}_2$ )

Reaksi ini merupakan reaksi substitusi gugus OH dengan gugus halida (X). Reaksi disajikan dibawah ini :



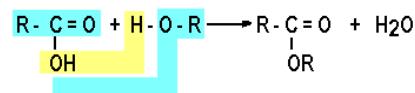
## 12.8.5. Pemanfaatan Alkohol

Dalam kehidupan sehari senayawa 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.

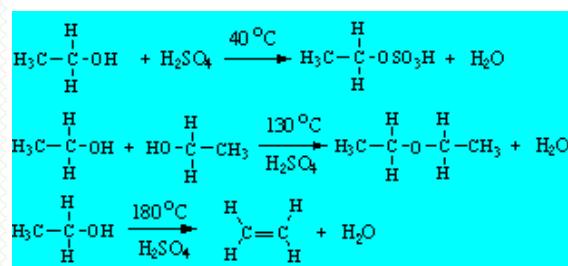
### A. Fenol

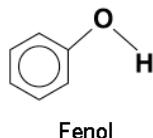
Fenol adalah senyawa alkohol, dimana gugus alkilnya berupa aril atau sikloalkil. Struktur senyawa fenol seperti :

Bagan 12.46. reaksi esterifikasi antara alkanol dengan asam karboksilat



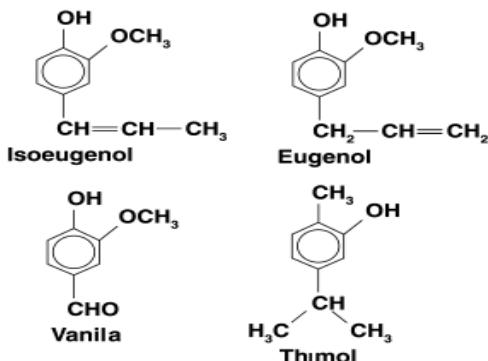
Gambar 12.47. Reaksi alkohol dengan asam sulfat pekat





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

## 12.9. Alkoksi Alkana

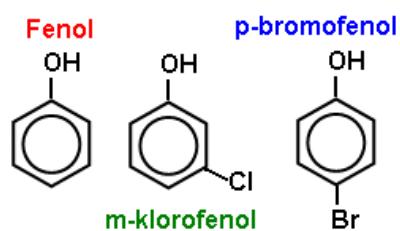
Alkoksi alkana adalah senyawa turunan alkana yang salah satu atom Hidrogennya diganti dengan gugus alkoksi (OR). Senyawa alkoksi alkana juga sangat dikenal dengan nama eter. Untuk lebih mudah mengenali senyawa eter, diketahui dengan memperhatikan atom oksigen yang diapit oleh gugus alkil, lihat Gambar 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



Gambar 12.48. Senyawa turunan fenol, m-klorofenol dan p-bromofenol

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  $\text{CO}_2$  dan uap air, eter terurai oleh asam halida terutama oleh  $\text{HI}$ . Reaksi dengan senyawa  $\text{PX}_3$  (Posfor trihalida) misalnya ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PBr}_3$  dan  $\text{PI}_3$ ) dipergunakan sebagai reaksi pembeda alkanol dengan eter.

Senyawa alkohol dapat bereaksi dengan senyawa  $\text{PX}_3$ , sedangkan senyawa eter tidak bereaksi. Secara umum reaksi tersebut mengikuti persamaan reaksi pada Bagan 12.52.

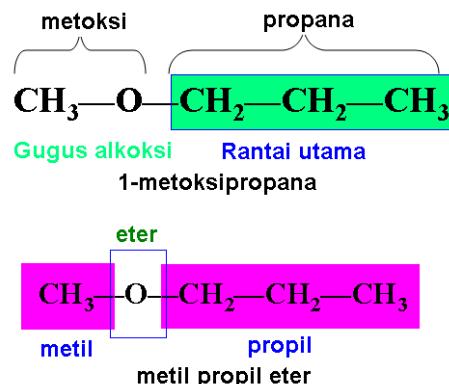
### 12.9.3. Pemanfaatan Eter

Eter yang paling banyak digunakan adalah dietil eter atau etoksi etana. Eter digunakan sebagai pelarut senyawa karbon, zat disinfektan (pembunuhan kuman), zat anastesi dan juga dipakai sebagai senyawa aditif pada bahan bakar untuk menaikkan bilangan oktan.

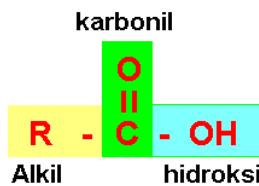
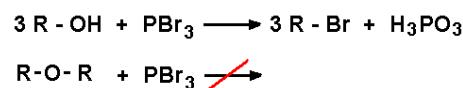
### 12.10. Asam Alkanoat

Asam alkanoat atau lebih populer sebagai asam karboksilat adalah segolongan asam organik yang memiliki gugus fungsional karboksilat ( $\text{COOH}$ ), secara mudah gugus karboksilat adalah gabungan dari gugus karbonil dan hidroksi, (Gambar 12.53).

Bagan 12.51. Penamaan senyawa alkaksi 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  $C_nH_{2n}O$ . 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).

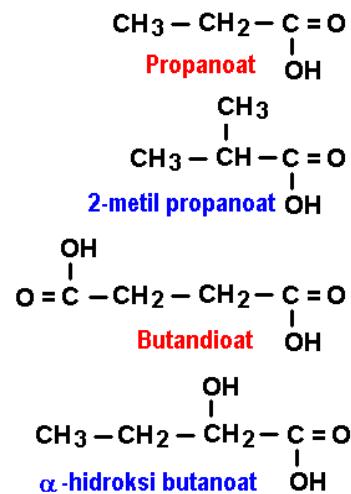
Dalam penamaan juga dapat dipergunakan cara lain yaitu mengganti nomor dengan simbol  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  dan seterusnya. Dengan  $\alpha$  merupakan posisi atom C yang terikat pada gugus karboksilat. Contoh penamaan disajikan pada Gambar 12.54.

### 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.

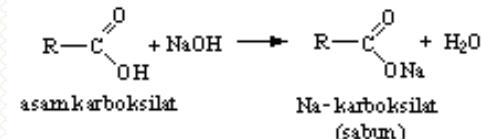
### 12.10.3. Pemanfaatan asam karboksilat

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.

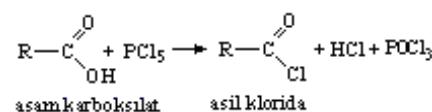
### 12.11. Alkil Alkanoat

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.

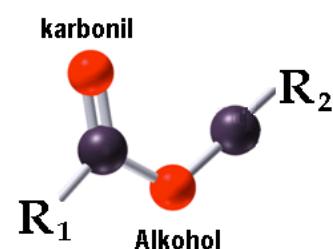
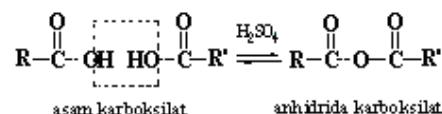
Bagan 12.55. Reaksi penyabunan



**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

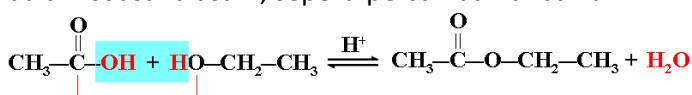
Nama suatu ester terdiri dari dua kata. Kata pertama ialah nama *gugus alkil* yang terikat pada oksigen ester. Kata kedua berasal dari nama *asam karboksilatnya* dengan membuang kata asam.

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 karboksil. 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 CS<sub>2</sub>.

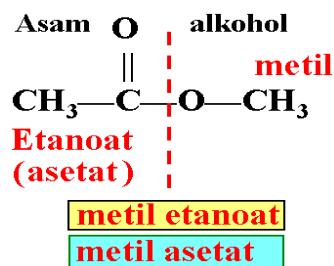
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol, reaksi ini berlangsung dalam suasana asam, seperti persamaan di bawah ini.



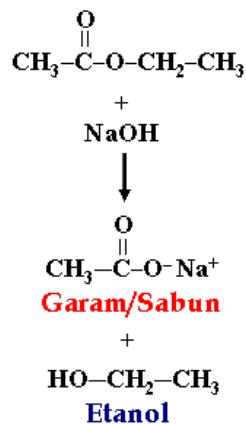
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang dapat balik. Sehingga ester dapat dihidrolisis oleh air pada suasana asam. Hasil reaksi ini adalah asam karboksilat dan alkohol.

Hidrolisis dari ester dalam suasana basa, menghasilkan sabun dan alkohol, lihat persamaan reaksi pada Bagan 12.60.

Bagan 12.59. Tatanama senyawa ester



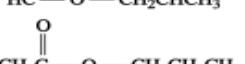
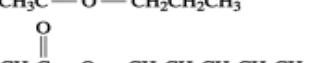
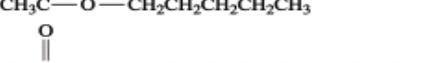
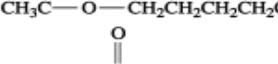
Bagan 12.60. Reaksi hidrolisis ester dalam suasana basa



### 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
	etil metanoat	Rum
	Isobutil metanoat	Rasberry
	Propil etanoat	Pear
	Pentil etanoat	Pisang
	Octil ethanoat	Jeruk
	etil butanoat	Nanas

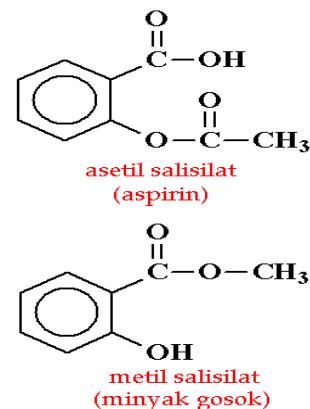
Dalam bidang farmasi, beberapa obat merupakan senyawa ester yang paling populer adalah obat penghilang rasa sakit serta pelemas otot. Senyawa-senyawa tersebut adalah turunan asam salisilat seperti aspirin dan minyak gosok, lihat Gambar 12.61.

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 (-NH<sub>2</sub>).

Alkilamina memiliki ciri khas yaitu pada gugus aminanya. Berdasarkan letak atau posisi dari gugus amina, maka senyawa ini diklasifikasikan.



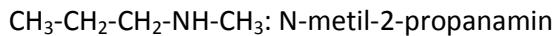
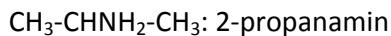
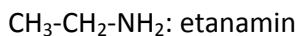
Gambar 12.61. Molekul aspirin dan minyak gosok

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 ( $1^{\circ}$ ), sekunder ( $2^{\circ}$ ) atau tersiernya ( $3^{\circ}$ ), lihat (Gambar 12.63).

Untuk penamaan 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

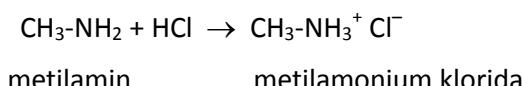


Gambar 12.63. Struktur molekul alkilamin primer, sekunder dan tersier

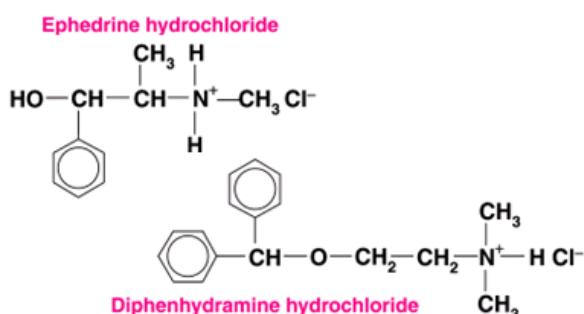
1 Atom C	b.p	2 Atom C	b.p	3 Atom C	b.p
$\text{CH}_4$	-162	$\text{CH}_3\text{-CH}_3$	-89	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	-42
$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	-7	$\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$	7	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3$	36
$\text{CH}_3\text{-OH}$	65	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}$	17	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	48
		$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	79	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	97

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 ammonium seperti :

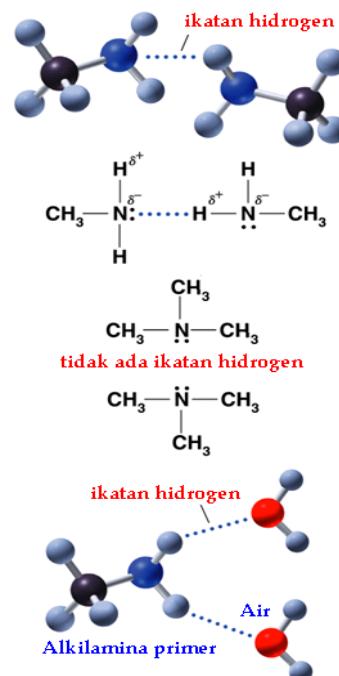


Sifat yang unggul dari persenyawaan garam amina adalah berbentuk padatan dalam suhu kamar, larutan dalam cairan tubuh, sehingga bentuk garam amina ini merupakan pilihan yang tepat untuk membuat obat. Senyawa *ephedrine hydrochloride* dan *difenihidramin hidroklorida* merupakan senyawa yang banyak terdapat pada obat-obat influenza, seperti struktur molekul dibawah ini.



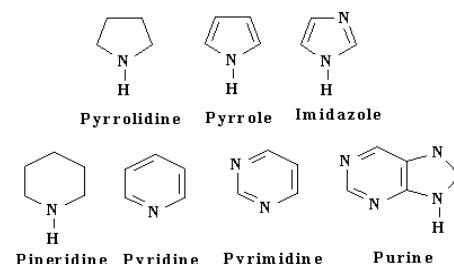
Senyawa alkilamin yang berbentuk siklik (lingkar) bersifat sebagai basa. Bentuk lingkar yang stabil dari senyawa ini adalah cincin dengan segi lima atau segi enam yang mengandung satu atau dua atom nitrogen, seperti Bagan 12.65.

Persenjawaan alkilamina di alam melimpah ruah, dan telah banyak dimanfaatkan untuk obat-obatan khususnya jamu tradisional atau *herbal medicine*, dan yang sedang popular saat ini adalah alkaloid.



Gambar. 12.64. Ikatan hidrogen antar molekul alkil amin kecuali pada tersier alkilamin

Bagan 12.65. Senyawa lingkar 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 tumbuhan-tumbuhan.

Beberapa alkaloid yang terkenal adalah caffeine, dan nikotin yang telah digemari manusia sejak dulu kala. Caffeine 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 effek fisiologisnya adalah menaikkan level adrenalin di dalam darah. Struktur molekulnya mengandung pyrrolidin. Struktur dari kedua molekul ditampilkan pada Gambar 12.66.

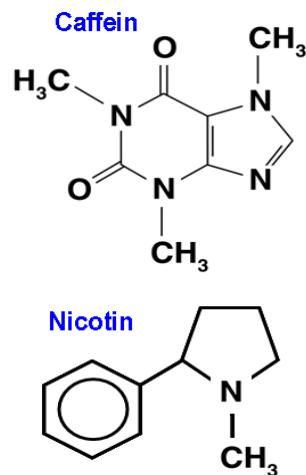
Beberapa alkaloid yang banyak dipergunakan untuk penghilang rasa sakit adalah morfin, heroin dan codein, namun kenyataannya obat ini telah banyak disalah gunakan pemanfaatannya oleh kalangan remaja. Struktur molekul dari alkaloid seperti pada Gambar 12.67 di bawah ini:



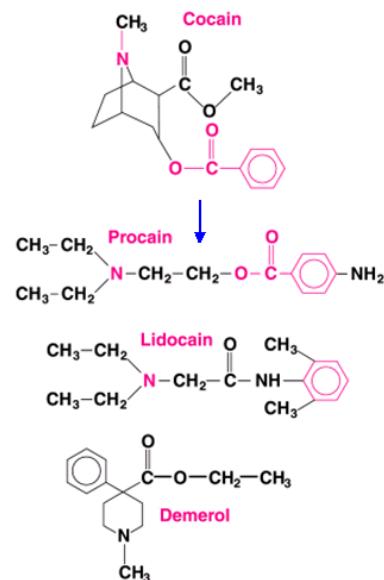
Gambar.12.67. Struktur molekul Heroin, Morfin dan Codein

Dari gambar di atas tampak bahwa molekul dasar dari ketiga persenyawaan tersebut (morphine, heroin dan codeine) merupakan molekul hasil modifikasi dari morphine dengan mengganti beberapa gugusnya, perhatikan warna pink dan kuning.

Senyawa kelompok alkilamin yang juga sering disalah gunakan dan banyak beredar secara illegal adalah senyawa cocaine dan turunannya. Dalam bidang kesehatan cocaine dipergunakan sebagai anestesi. Beberapa turunannya yaitu senyawa procain, lidocain, dan Demerol (Gambar 12.68).



Gambar 12.66. Struktur molekul caffeine yang mengandung imidazol dan nikotin yang mengandung pyrrolidin



Gambar 12.68. Senyawa anestesi yang berasal dari cocaine

Persenyawaan amin memegang peranan penting dalam sistem saraf seperti, acetylcholine, catecholamin, amphetamine, serotonin, histamin dan  $\gamma$ -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	
	pentagon	Siklopentana	
	hexagon	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  $\pi$  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.

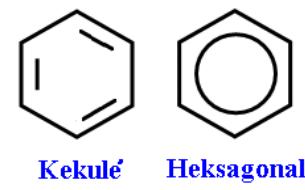
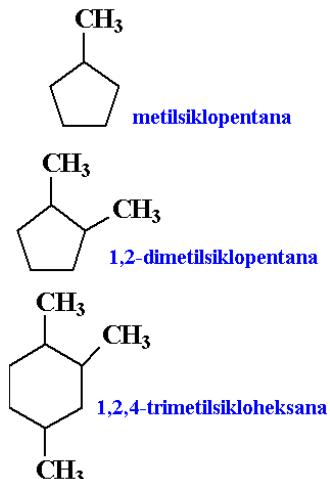
#### 12.14.1. Tata nama benzena dan turunannya

Penamaan benzena berdasarkan aturan IUPAC adalah sebagai berikut:

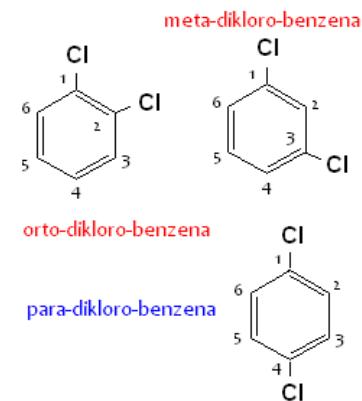
1. Jika hanya terdapat 1 substituen maka penamaannya dilakukan dengan cara menyebutkan nama gugus substituennya diikuti dengan kata 'benzena' dan apabila terdapat dua substituen atau lebih, tentukan gugus utama dan gugus substituennya.
2. Berilah nomor pada atom C dalam cincin benzena dengan mengatur 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 (ortho = substituen pada posisi 1,2), m (meta = substituen pada posisi 1,3) dan p (para = substituen pada posisi 1,4). Penamaan dengan model ini ditunjukan 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.

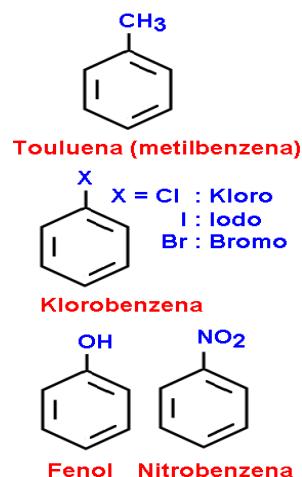
Benzena dapat di hidrogenasi menghasilkan suatu sikloalkana dengan bantuan katalis logam. Reaksi ini disederhanakan pada Gambar 12.74. Senyawa benzena akan mengalami reduksi dan akan menerima atom H, dengan cara melepaskan ikatan rangkapnya. Reaksi ini tidak berlangsung sederhana namun memerlukan katalisator 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

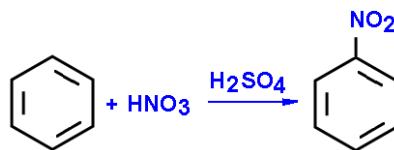
Senyawa benzena merupakan bahan baku yang dapat dipergunakan menjadi bahan lain. Selain itu benzena juga dipergunakan sebagai pelarut organik, khususnya untuk zat yang memiliki sifat non-polar.

Turunan dari senyawa benzena seperti fenol (lihat Gambar 12.72) dipergunakan sebagai zat antiseptik. Umumnya dipergunakan sebagai bahan pembersih toilet.

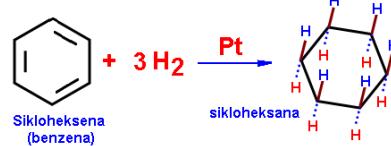


Gambar 12.72. Beberapa senyawa turunan benzena

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. Toluen 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 perekasi 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.

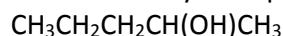
14. *Alkoksi alkana* atau *eter* adalah senyawa turunan alkana yang salah satu atom hidrogennya diganti dengan gugus alkaksi (OR). Eter merupakan isomeri dari alcohol.
15. Eter memiliki titik didih rendah karena sangat sulit membentuk ikatan hidrogen. Kelarutan eter dalam air sangat kecil ( $\pm 1,5\%$ ) mudah terbakar membentuk  $\text{CO}_2$  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 segolongan asam organik yang memiliki gugus fungsional karboksilat ( $\text{COOH}$ ) dengan rumus umum  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .
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  $\text{CaAlPH}_4$  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 suatu gugus alkil ( $R'$ ) dengan rumus struktur  $\text{RCOOR}'$ .
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 alcohol.
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 pusing. Wujud zatnya tergantung dari rantai atom karbonnya. Sifat yang unggul dari persenyawaan garam amino 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 caffein, 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  $C_6H_{12}$ .
31. Benzena tidak mengalami reaksi adisi karena cincin benzena stabil reaksi utama dari benzena adalah reaksi substitusi.
32. Benzena dapat di hidrogenasi 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

1. Termasuk senyawa apakah molekul dibawah ini



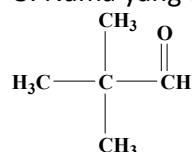
- a. Aldehida
- b. Keton
- c. Alkohol
- d. Alkoksi alkana

2. Dengan jumlah atom C yang sama, Titik didih yang

tertinggi dimiliki oleh seyawa :

- a. Asam etanoat
- b. Etanol
- c. Etanal
- d. Metil metanoat

3. Nama yang tepat untuk senyawa di bawah ini adalah



- a. Isopropanal
- b. 2,2- dimetil propanal
- c. 2-metil butanal
- d. pentanal

4. Kloroasetofenon merupakan senyawa yang banyak digunakan sebagai gas air mata. Senyawa ini merupakan turunan dari

- a. fenol
- b. Asam karboksilat
- c. Alkilamina
- d. alkanon

5. Isomer fungsi dari senyawa n-heksanal adalah

- a. n-heksena
- b. 3-heksanon
- c. propoksi propana
- d. n-heksanol

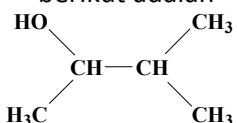
6. Reaksi hidrogenasi 3-metil pentanal dengan katalis Pt akan menghasilkan senyawa

- a. 3-metil pentanon
- b. asam 3-metil pentanoat
- c. 3-metil pentanol
- d. metoksi pentana

7. Diantara senyawa berikut yang sulit dioksidasi, *kecuali*

- a. 2-metil heksana
- b. asam 3-propil oktanoat
- c. 2-metil butanal
- d. Nitrobenzen

8. Senyawa yang merupakan isomer fungsi dari molekul berikut adalah

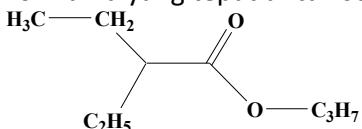


- a. metoksi butana
- b. penatanon
- c. pentanal
- d. asam pentanoat

9. Berikut ini merupakan kegunaan senyawa eter kecuali

- a. sebagai aditif aroma makanan
- b. zat anestesi
- c. disinfektan
- d. pelarut organik non polar

10. Nama yang tepat untuk senyawa berikut adalah



- a. 2-ethyl butirat propil ester
- b. isobutil propanoat
- c. 2-metil butanoat
- d. propil isobutanoat

11. Hasil reaksi antara n-butanol dengan asam etanoat pada suasana asam adalah

- a. etil butanoat dengan air
- b. etoksi butana dan etanol
- c. butil etanoat dan air
- d. butil etanoat dan etanol

12. Reaksi antara asam asetat (asam etanoat) dengan asam bromida akan dihasilkan

- a. bromo etena
- b. bromo etena
- c. asetil bromida
- d. bromo etanol

13. Senyawa berikut merupakan hasil hidrolisis propil oktana pada suasana basa (NaOH)

- a. asam oktanoat dan propanol
- b. natrium propanoat dan oktanol
- c. natrium oktanoat dan propanol
- d. 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, *Chemistry 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 Menteri Pendidikan Nasional Indonesia, No. 22, tahun 2006 *tentang Standar Isi Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Indonesia, No. 23, tahun 2006 tentang *Standar Kompetensi Lulusan Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.
- Rusdiyana, 2004. *Metabolisme Asam Lemak*, USU digital Library.
- Simanjuntak, M.T. dan Silalahi J. 2004, *Biokimia* USU digital Library
- Sudarmaji dkk, 2006: *Toksikologi Logam Berat B3 dan dampaknya bagi Kesehatan*, Surabaya: FKM Universitas Airlangga.
- Suharsono, 2006, *Struktur dan Ekspresi Gen*, Bogor: IPB
- Timberlake, Karen, C. 2000, *Cemistry: An Introduction to General Organic and Biological Chemistry*, London,: Pearson education Inc.
- Wahyuni Sri ST. 2003, *Materi Ringkas dan Soal Terpadu Kimia SMA*, Jakarta : Erlangga.

## GLOSSARIUM

<b><math>\Delta G''</math></b>	Perubahan energi bebas standar
<b>2-Deoksi-D-Ribosa</b>	Gula pentosa penyusun DNA
<b>Accumulator</b>	Lihat Aki
<b>Adenosin</b>	Nukleosida yang terdiri atas gugus adenin dan ribosa
<b>Adsorben</b>	Zat penyerap
<b>Adsorpsi</b>	Penyerapan secara fisika, dengan mengikat molekul yang diserap pada permukaan adsorben
<b>Aerob</b>	Keadaan yang kontak langsung dengan udara atau oksigen
<b>Aerosol Cair</b>	Koloid dengan fasa terdispersi cair dan medium pendispersinya gas
<b>Aerosol Padat</b>	Koloid yang disusun oleh fasa terdispersi padat dengan medium pendispersinya berupa gas
<b>Affinitas Elektron</b>	Energi yang dibebaskan oleh sebuah atom untuk menerima elektron
<b>Air</b>	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
<b>Aki</b>	Salah satu aplikasi sel volta yang tersusun atas elektroda Pb dan PbO, dalam larutan asam sulfat yang berfungsi sebagai elektrolit
<b>Aldolase Fruktosa Difosfat</b>	Enzim yang mengkatalisis penguraian fruktosa 1,6-bifosfat membentuk senyawa gliseraldehida 3-fosfat dan dihidroksiaseton fosfat melalui reaksi kondensasi aldol
<b>Aldosa</b>	Polihidroksi dengan gugus aldehid
<b>Alkalosis</b>	Kelebihan oksigen pada sistem respirasi yang mengakibatkan penurunan kadar $CO_2$ , yang memberi dampak pada kenaikan pH darah
<b>Alkana</b>	Senyawa karbon yang memiliki ikatan tunggal
<b>Alkanal</b>	Aldehida
<b>Alkanol</b>	Senyawa monohidroksi turunan alkana
<b>Alkanon</b>	Senyawa karbon yang mempunyai gugus fungsi karbonil diantara alkil
<b>Alkena</b>	Senyawa karbon yang memiliki ikatan rangkap dua
<b>Alkil Alkanoat</b>	Senyawa turunan asam karboksilat hasil reaksi dengan alkohol
<b>Alkohol Primer</b>	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C primer
<b>Alkohol Sekunder</b>	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C sekunder

<b>Alkohol Tersier</b>	Senyawa alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom C tersier
<b>Alkoksi Alkana</b>	Senyawa yang memiliki gugus fungsi alkoksi yang mengikat gugus alkil atau aril
<b>Alkuna</b>	Suatu hidrokarbon dengan minimal satu ikatan rangkap tiga
<b>Amfoterik</b>	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
<b>Amilase</b>	Enzim penghidrolisis pati
<b>Amilopektin</b>	Polisakarida yang terdiri dari molekul D-Glukopiranosa yang berikatan $\alpha$ (1→ 4) glikosidik dan juga mengandung ikatan silang $\alpha$ (1→ 6) glikosidik
<b>Amilosa</b>	Polisakarida tak bercabang terdiri dari molekul D-Glukopiranosa yang berikatan $\alpha$ (1→ 4) glikosidik dalam struktur rantai lurus
<b>Anhidrat</b>	Keadaan senyawa yang kehilangan molekul air
<b>Anoda</b>	Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi
<b>Apoenzim</b>	Yaitu bagian enzim yang tersusun dari protein, yang akan rusak bila suhu terlampau panas
<b>Ar</b>	Berat atom relatif yang menggunakan berat atom C sebagai pembanding
<b>Asam</b>	Zat yang memiliki sifat-sifat yang spesifik, misalnya memiliki rasa asam, dapat merusak permukaan logam juga lantai marmer atau sering juga disebut dengan korosif
<b>Asam Alkanoat</b>	Asam organik yang memiliki gugs fungsi karboksilat
<b>Asam Amino</b>	Gugus fungsional karboksilat ( $\text{COOH}$ ) dan amina ( $\text{NH}_2$ ) yang terikat pada satu atom karbon ( $\text{C}\alpha$ ) yang sama
<b>Asam Cuka</b>	Asam asetat
<b>Asam Konyugasi</b>	Molekul yang dapat mendonorkan protonnya, sehingga berperan sebagai asam
<b>Asam Lemak</b>	Asam alkanoat atau asam karboksilat berderajat tinggi (memiliki rantai C lebih dari 6)
<b>Asam Lemak Jenuh</b>	Asam lemak yang hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya
<b>Asam Lemak Tidak jenuh</b>	asam lemak yang hanya memiliki minimal memiliki satu ikatan rangkap di antara atom-atom karbon penyusunnya
<b>Asam Nukleat</b>	Polinukleotida
<b>Asetilena</b>	Alkuna yang paling sederhana
<b>Aseton</b>	Senyawa alkanon paling sederhana
<b>Asidosis</b>	Peningkatan jumlah $\text{CO}_2$ dalam darah, sehingga jumlah $\text{H}_2\text{CO}_3$ semakin besar dan terjadi penurunan pH
<b>Atom</b>	Bagian terkecil dari sebuah unsure

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

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

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

<b>Gaya Adhesi</b>	Gaya tarik-menarik antar molekul yang tidak sejenis
<b>Gaya Kohesi</b>	Gaya tarik antar molekul sejenis
<b>Gaya London</b>	Lihat gaya Van der Waals
<b>Gel</b>	Lihat emulsi padat
<b>Gaya Van Der Waals</b>	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
<b>Gerak Brown</b>	Pergerakan yang tidak teratur (zig-zag) dari partikel-partikel koloid
<b>Glikogen</b>	Homopolimer dari glukosa yang bercabang, terdiri dari satuan glukosa yang berikatan $\alpha$ ( $1 \rightarrow 4$ ) dan ikatan silang $\alpha$ ( $1 \rightarrow 6$ ) glikosidik, mirip amilopektin
<b>Glikogenesis</b>	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.
<b>Glikogenolisis</b>	Katabolisme glikogen menjadi glukosa
<b>Glikogenosis</b>	Penyakit penimbunan glikogen akibat tidak adanya 1 atau beberapa enzim yang diperlukan untuk mengubah glikogen menjadi glukosa (untuk digunakan sebagai energi)
<b>Glikol</b>	Dialkohol dengan dua gugus hidroksil saling bersebelahan
<b>Glikolisis</b>	Reaksi pemecahan glukosa menghasilkan 2 ATP dan 2 molekul piruvat
<b>Glikosfingolipid</b>	Lipid mengandung monosakarida yang terikat pada gugus OH gugus sfingosin melalui ikatan glikosida
<b>Glikosida</b>	Senyawa asetal yang terbentuk dari proses penggantian gugus hidroksil (OH) dengan gugus alkaksi (OR)
<b>Gliserol</b>	Senyawa alkohol yang memiliki 3 gugus hidroksil yang saling bersebelahan
<b>Gliseroposfolipid</b>	Lipida yang dibangun oleh molekul asam lemak, fosfat, gliserol, amino dan alkohol
<b>Glukokinase</b>	Enzim yang mengkatalisis fosforilasi D-glukosa yang terdapat di dalam hati
<b>Glukoneogenesis</b>	Reaksi pembentukan glukosa dari molekul non karbohidrat
<b>Glukosa</b>	Suatu gula monosakarida, salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi hewan dan tumbuhan dan merupakan salah satu hasil utama fotosintesis
<b>Gugus Alkaksi</b>	Gugus -OR
<b>Gugus Karbonil</b>	Gugus yang terdiri dari sebuah atom karbon sp2 yang dihubungkan kesebuah atom oksigen oleh satu ikatan sigma dan satu ikatan pi
<b>Hasil Kali Kelarutan</b>	Lihat Ksp

<b>Heksokinase</b>	Enzim yang mengkatalisis fosforilasi heksosa
<b>Hibrid Resonansi</b>	Bentuk stabil yang dibentuk dari proses hibridisasi dan resonansi ikatan, sehingga memiliki tingkat energi minimum
<b>Hibridisasi</b>	Proses perpindahan elektron dari tingkat orbital yang rendah ke yang lebih tinggi
<b>Hidrasi</b>	Reaksi Penyisipan molekul air ke dalam suatu senyawa
<b>Hidrolisis</b>	Reaksi penguraian zat oleh air
<b>Hidrolisis Garam</b>	Lihat hidrolisis
<b>Hukum Avogadro</b>	Pada tekanan dan suhu yang sama, gas-gas yang memiliki volume yang sama mengandung jumlah molekul yang sama pula
<b>Hukum Faraday</b>	Hukum ini menjelaskan hubungan massa suatu zat yang berhasil diendapkan oleh energi listrik
<b>Hukum Gay Lussac</b>	Lihat hukum perbandingan volume
<b>Hukum Hess</b>	Hukum ini menyatakan bahwa entalpi reaksi ( $\Delta H$ ) hanya tergantung pada keadaan awal reaksi dan hasil reaksi dan tidak bergantung pada jalannya reaksi
<b>Hukum Kekekalan Energi</b>	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
<b>Hukum Kekekalan Massa</b>	Hukum ini menyatakan bahwa dalam sebuah reaksi, massa zat-zat sebelum bereaksi sama dengan massa zat sesudah bereaksi
<b>Hukum Laplace</b>	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
<b>Hukum Lavoiser</b>	Lihat hukum kekekalan massa
<b>Hukum Le Cathelier</b>	Hukum ini menyatakan jika suatu sistem berada dalam keadaan setimbang, dan kedalamnya diberikan sebuah aksi, maka sistem tersebut akan memberikan reaksi
<b>Hukum Perbandingan Beganda</b>	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
<b>Hukum Perbandingan Tetap</b>	Perbandingan massa unsur-unsur penyusun sebuah senyawa adalah tetap
<b>Hukum Perbandingan Volume</b>	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
<b>Hukum Proust</b>	Lihat hukum perbandingan tetap

<b>IDDM</b>	<i>Insulin-dependent diabetes mellitus</i> , diabetes melitus akibat rusaknya sel beta penghasil insulin dalam pangkreas yang menyebabkan penderitanya sangat tergantung pada pasokan insulin dari luar
<b>Ikatan Glikosida</b>	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
<b>Ikatan Hidrogen</b>	Ikatan yang terjadi akibat gaya tarik antarmolekul antara dua muatan listrik parsial dengan polaritas yang berlawanan dengan H sebagai atom bermuatan parsial positif.
<b>Ikatan Ion</b>	Ikatan yang terjadi karena adanya gaya listrik elektrostatik antara ion yang bermuatan positif (cation) dengan ion yang bermuatan negatif (anion)
<b>Ikatan Kovalen</b>	Ikatan yang bentuk dengan cara penggunaan elektron secara bersama
<b>Ikatan Logam</b>	Interaksi antar atom di dalam sebuah logam
<b>Ikatan Peptida</b>	Ikatan yang terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus $\alpha$ amino dari molekul asam amino lainnya dengan melepas molekul air
<b>Ilmu Kimia</b>	Ilmu yang mempelajari tentang materi terkait dengan struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya
<b>Isobar</b>	Unsur yang memiliki nomor massa yang sama, namun memiliki jumlah proton dan netron yang berbeda
<b>Isomer</b>	Dua molekul yang memiliki kesamaan rumus molekul namun berbeda dalam penataan atom dalam molekulnya
<b>Isoton</b>	Kondisi dimana dua unsur memiliki jumlah netron yang sama
<b>Isotop</b>	Unsur yang memiliki jumlah elektron dan proton yang sama namun berbeda jumlah netronnya
<b>IUPAC</b>	<i>International Union of Pure and applied Chemistry</i>
<b>Jari-Jari Atom</b>	Jarak dari inti atom sampai dengan elektron pada kulit terluar
<b>Jembatan Fosfo Diester</b>	Molekul yang menghubungkan unit-unit nukleotida membentuk DNA atau RNA
<b>Ka</b>	Tetapan ionisasi asam
<b>Kalorimeter</b>	Alat yang digunakan untuk mengukur kalor yang diserap atau dilepas suatu zat
<b>Karbohidrat</b>	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
<b>Katabolisme</b>	Proses pembongkaran molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana
<b>Katalisator</b>	Zat yang berperan untuk menurunkan Energi aktifasi dalam suatu reaksi kimia

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

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

<b>Orbital</b>	Sub tingkat energi
<b>Orto</b>	Posisi substituen dalam cincin benzena pada posisi 1,2
<b>Osmosa</b>	Lihat osmosis
<b>Osmosis</b>	Proses merembesnya atau mengalirnya pelarut ke dalam larutan melalui selaput semipermeabel
<b>Para</b>	Posisi substituen dalam cincin benzena pada posisi 1,4
<b>Pati</b>	Merupakan campuran dari dua polisakarida berbeda, yaitu amilum dan amilopektin
<b>Pelarut</b>	Bagian terbesar dalam larutan
<b>Pelarut Universal</b>	Pelarut yang dapat berinteraksi dan melarutkan banyak senyawa kimia
<b>Pemekatan</b>	Bertambahnya rasio konsentrasi zat terlarut didalam larutan akibat penambahan zat terlarut
<b>Pengenceran</b>	Berkurangnya rasio zat terlarut didalam larutan akibat penambahan pelarut
<b>Peptipasi</b>	Pemecahan partikel kasar menjadi partikel koloid yang dilakukan dengan penambahan molekul spesifik
<b>Pereaksi Fehling</b>	Reagen yang digunakan untuk membedakan aldehida dan keton berdasarkan pembentukan endapan merah Cu <sub>2</sub> O
<b>Pereaksi Tollens</b>	Reagen yang digunakan untuk membedakan aldehida dan keton berdasarkan pembentukan cermin perak
<b>Per센 Berat</b>	Satuan konsentrasi yang menyatakan banyaknya zat terlarut dalam 100 gram larutan
<b>Per센 Volume</b>	Satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah volume (ml) dari zat terlarut dalam 100 ml larutan
<b>pH</b>	Derajat keasaman
<b>pH Meter</b>	Alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH
<b>Pi</b>	Senyawa fosfat anorganik
<b>pOH</b>	Derajat kebasaan
<b>Polimerisasi</b>	Pembentukan rantai yang panjang dari molekul sederhana
<b>Polisakarida</b>	Molekul yang tersusun dari rantai monosakarida, yang dapat digolongkan ke dalam dua kelompok besar secara fungsional, yaitu struktural polisakarida dan nutrien polisakarida. Sebagai komponen struktural, berperan sebagai pembangun komponen organel sel dan sebagai unsur pendukung intrasel
<b>Polusi</b>	Pencemaran yang terjadi akibat perubahan komposisi penyusun lingkungan tertentu
<b>Potensial Reduksi</b>	Beda potensial elektroda yang ukur menggunakan pembanding SHE
<b>PPi</b>	Senyawa pirofosfat anorganik
<b>Prostaglandin</b>	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

<b>Protein</b>	Senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida
<b>Protein Kontraktil</b>	Dikenal sebagai protein motil, didalam sel dan organisme protein ini berperan untuk bergerak seperti aktin dan myosin
<b>Protein Nutrient</b>	Sering disebut protein penyimpanan, merupakan protein yang sebagai cadangan makanan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan
<b>Protein Pengatur</b>	Protein yang membantu pengaturan aktifitas seluler atau fisiologis, contoh: hormon dan repressor.
<b>Proton</b>	Partikel penyusun inti yang bermuatan positif
<b>Protein Pertahanan</b>	Protein yang memiliki fungsi untuk membangun sistem pertahanan makhluk hidup dari berbagai bentuk serangan dari kuman atau organisme lain
<b>Protein Struktural</b>	Protein yang berperan untuk menyangga atau membangun struktur biologi makhluk hidup
<b>Protein Transport</b>	Protein yang dapat mengikat dan membawa molekul atau ion yang khas dari satu organ ke organ lainnya
<b>PVC</b>	Polivinil klorida)
<b>Reaksi Adisi</b>	Reaksi pemutusan ikatan rangkap dengan cara penambahan unsur baru
<b>Reaksi Dehidrasi</b>	Reaksi penghilangan molekul $H_2O$
<b>Reaksi Eksoterm</b>	Reaksi yang diikuti dengan pelepasan energi atau menghasilkan energi,
<b>Reaksi Endoterm</b>	Reaksi terjadi apabila kedalamnya diberikan energi atau reaksi membutuhkan energi
<b>Reaksi Esterifikasi</b>	Reaksi pembentukan senyawa ester dari molekul asam karboksilat dan alkohol
<b>Reaksi Hidrasi</b>	Reaksi adisi alkena menggunakan air ( $H_2O$ ) dengan menggunakan katalis asam
<b>Reaksi Irreversibel</b>	Reaksi tidak dapat balik, reaksi yang hanya berlangsung kearah pembentukan produk
<b>Reaksi Metatesis</b>	Reaksi pertukaran ion dari dua buah elektrolit pembentuk garam
<b>Reaksi Pembakaran</b>	Reaksi zat dengan oksigen
<b>Reaksi Reversibel</b>	Reaksi dapat balik, reaksi yang dapat berjalan pada dua arah (pembentukan produk sekaligus penguraian kembali produk menjadi reaktan)
<b>Redoks</b>	Reduksi oksidasi
<b>Reduksi</b>	Peristiwa pengeluaran atau pelepasan oksigen dari senyawa yang mengandung oksigen
<b>Reduksi Alkena</b>	Penambahan hidrogen dari gas hidrogen $H_2$ menghasilkan suatu alkana
<b>RNA</b>	<i>Ribonucleic Acid</i> , material genetik yang berperan dalam ekspresi gen yang diwujudkan dalam bentuk protein

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

<b>Struktur Sekunder Protein</b>	Protein yang sudah mengalami interaksi intermolekul, melalui rantai samping asam amino.
<b>Struktur Tersier Protein</b>	Struktur yang dibangun oleh struktur primer atau sekunder dan distabilkan oleh interaksi hidrofobik, hidrofilik, jembatan garam, ikatan hidrogen dan ikatan disulfida (antar atom S)
<b>Struktur Kuarterer Protein</b>	Hasil interaksi dari beberapa molekul protein tersier, setiap unit molekul tersier disebut dikenal dengan subunit
<b>Substrat</b>	Reaktan dalam reaksi enzimatis
<b>Tabel Periodik</b>	Tabel yang berisi nama-nama unsur yang disusun berdasarkan kenaikan nomor atomnya.
<b>Termokimia</b>	Cabang ilmu yang mempelajari hubungan kalor dengan reaksi kimia
<b>Termolabil</b>	Tidak tahan panas tinggi
<b>Terpena</b>	Lipid yang memiliki jumlah atom karbon kelipatan 5, dan tersusun dari unit isoprena yang memiliki 4 atom karbon dan satu cabang pada C2
<b>Tetrahedral</b>	Bentuk 3 dimensi dengan sudut 105
<b>Tingkat Reaksi</b>	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
<b>TNT</b>	2,4,6-Trinitro toluena, senyawa turunan benzena yang digunakan sebagai bahan peledak
<b>Toksik</b>	Bersifat racun
<b>Toluena</b>	Senyawa turunan benzena dengan gugus samping metil
<b>Vitamin C</b>	Asam askorbat
<b>Volatil</b>	Mudah menguap
<b>Voltmeter</b>	Alat elektronik yang digunakan untuk mengukur beda potensial
<b>Wax</b>	Lipid yang dibentuk oleh senyawa asam lemak jenuh dengan alkohol yang memiliki rantai atom karbon yang panjang
<b>Zat Terlarut</b>	Bagian terkecil dalam larutan
<b>Zwitter Ion</b>	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

<b>TABEL PERIODIK UNSUR</b>
1A
<b>H</b> Hydrogen 1,0008
2A
<b>He</b> helium 4,003
3A
<b>Li</b> beryllium 6,941
4A
<b>B</b> boron 10,81
5A
<b>C</b> carbon 12,01
6A
<b>N</b> nitrogen 14,01
7A
<b>O</b> oxygen 16,00
8A
<b>F</b> fluorine 19,00
1A
<b>Na</b> sodium 22,99
2A
<b>Mg</b> magnesium 24,31
3B
<b>Al</b> aluminum 26,98
4B
<b>Si</b> silicon 28,09
5B
<b>P</b> phosphorus 30,97
6B
<b>S</b> sulfur 32,07
7B
<b>Cl</b> chlorine 35,45
8B
<b>Ar</b> argon 39,95
1A
<b>K</b> potassium 39,10
2A
<b>Ca</b> calcium 40,08
3B
<b>Sc</b> scandium 44,96
4B
<b>Ti</b> titanium 47,88
5B
<b>V</b> vanadium 50,94
6B
<b>Cr</b> chromium 52,00
7B
<b>Mn</b> manganese 54,94
8B
<b>Fe</b> iron 55,85
1A
<b>Ni</b> nickel 58,69
2A
<b>Co</b> cobalt 58,93
3B
<b>Cr</b> chromium 58,94
4B
<b>Mn</b> manganese 59,94
5B
<b>Ru</b> rhodium 102,9
6B
<b>Tc</b> technetium (98)
7B
<b>Pd</b> palladium 106,4
8B
<b>Ag</b> silver 107,9
1A
<b>Pt</b> platina 110,4
2A
<b>Au</b> gold 118,7
3B
<b>Cu</b> cuprum 119,0
4B
<b>Co</b> cobalt 120,9
5B
<b>Cr</b> chromium 121,8
6B
<b>Mn</b> manganese 121,8
7B
<b>Fe</b> iron 122,9
8B
<b>Ni</b> nickel 123,9
1A
<b>Al</b> aluminum 124,31
2A
<b>Si</b> silicon 126,9
3B
<b>Sc</b> scandium 127,9
4B
<b>Ti</b> titanium 128,5
5B
<b>V</b> vanadium 129,9
6B
<b>Cr</b> chromium 130,9
7B
<b>Mn</b> manganese 131,9
8B
<b>Fe</b> iron 132,9
1A
<b>Na</b> sodium 133,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 134,9
3B
<b>Al</b> aluminum 135,9
4B
<b>Si</b> silicon 136,9
5B
<b>Sc</b> scandium 137,3
6B
<b>Ti</b> titanium 137,9
7B
<b>V</b> vanadium 138,9
8B
<b>Cr</b> chromium 139,9
1A
<b>K</b> potassium 140,0
2A
<b>Ca</b> calcium 140,8
3B
<b>Sc</b> scandium 140,9
4B
<b>Ti</b> titanium 141,9
5B
<b>V</b> vanadium 142,9
6B
<b>Cr</b> chromium 143,9
7B
<b>Mn</b> manganese 144,9
8B
<b>Fe</b> iron 145,9
1A
<b>Li</b> beryllium 146,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 147,9
3B
<b>Al</b> aluminum 148,9
4B
<b>Si</b> silicon 149,9
5B
<b>Sc</b> scandium 150,9
6B
<b>Ti</b> titanium 151,9
7B
<b>V</b> vanadium 152,9
8B
<b>Cr</b> chromium 153,9
1A
<b>Na</b> sodium 154,0
2A
<b>Mg</b> magnesium 154,9
3B
<b>Al</b> aluminum 155,9
4B
<b>Si</b> silicon 156,9
5B
<b>Sc</b> scandium 157,9
6B
<b>Ti</b> titanium 158,9
7B
<b>V</b> vanadium 159,9
8B
<b>Cr</b> chromium 160,9
1A
<b>K</b> potassium 161,9
2A
<b>Ca</b> calcium 162,9
3B
<b>Sc</b> scandium 163,9
4B
<b>Ti</b> titanium 164,9
5B
<b>V</b> vanadium 165,9
6B
<b>Cr</b> chromium 166,9
7B
<b>Mn</b> manganese 167,9
8B
<b>Fe</b> iron 168,9
1A
<b>Li</b> beryllium 169,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 170,9
3B
<b>Al</b> aluminum 171,9
4B
<b>Si</b> silicon 172,9
5B
<b>Sc</b> scandium 173,9
6B
<b>Ti</b> titanium 174,9
7B
<b>V</b> vanadium 175,9
8B
<b>Cr</b> chromium 176,9
1A
<b>K</b> potassium 177,9
2A
<b>Ca</b> calcium 178,9
3B
<b>Sc</b> scandium 179,9
4B
<b>Ti</b> titanium 180,9
5B
<b>V</b> vanadium 181,9
6B
<b>Cr</b> chromium 182,9
7B
<b>Mn</b> manganese 183,9
8B
<b>Fe</b> iron 184,9
1A
<b>Li</b> beryllium 185,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 186,9
3B
<b>Al</b> aluminum 187,9
4B
<b>Si</b> silicon 188,9
5B
<b>Sc</b> scandium 189,9
6B
<b>Ti</b> titanium 190,9
7B
<b>V</b> vanadium 191,9
8B
<b>Cr</b> chromium 192,9
1A
<b>K</b> potassium 193,9
2A
<b>Ca</b> calcium 194,9
3B
<b>Sc</b> scandium 195,9
4B
<b>Ti</b> titanium 196,9
5B
<b>V</b> vanadium 197,9
6B
<b>Cr</b> chromium 198,9
7B
<b>Mn</b> manganese 199,9
8B
<b>Fe</b> iron 200,9
1A
<b>Li</b> beryllium 201,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 202,9
3B
<b>Al</b> aluminum 203,9
4B
<b>Si</b> silicon 204,9
5B
<b>Sc</b> scandium 205,9
6B
<b>Ti</b> titanium 206,9
7B
<b>V</b> vanadium 207,9
8B
<b>Cr</b> chromium 208,9
1A
<b>K</b> potassium 209,9
2A
<b>Ca</b> calcium 210,9
3B
<b>Sc</b> scandium 211,9
4B
<b>Ti</b> titanium 212,9
5B
<b>V</b> vanadium 213,9
6B
<b>Cr</b> chromium 214,9
7B
<b>Mn</b> manganese 215,9
8B
<b>Fe</b> iron 216,9
1A
<b>Li</b> beryllium 217,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 218,9
3B
<b>Al</b> aluminum 219,9
4B
<b>Si</b> silicon 220,9
5B
<b>Sc</b> scandium 221,9
6B
<b>Ti</b> titanium 222,9
7B
<b>V</b> vanadium 223,9
8B
<b>Cr</b> chromium 224,9
1A
<b>K</b> potassium 225,9
2A
<b>Ca</b> calcium 226,9
3B
<b>Sc</b> scandium 227,9
4B
<b>Ti</b> titanium 228,9
5B
<b>V</b> vanadium 229,9
6B
<b>Cr</b> chromium 230,9
7B
<b>Mn</b> manganese 231,9
8B
<b>Fe</b> iron 232,9
1A
<b>Li</b> beryllium 233,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 234,9
3B
<b>Al</b> aluminum 235,9
4B
<b>Si</b> silicon 236,9
5B
<b>Sc</b> scandium 237,9
6B
<b>Ti</b> titanium 238,9
7B
<b>V</b> vanadium 239,9
8B
<b>Cr</b> chromium 240,9
1A
<b>K</b> potassium 241,9
2A
<b>Ca</b> calcium 242,9
3B
<b>Sc</b> scandium 243,9
4B
<b>Ti</b> titanium 244,9
5B
<b>V</b> vanadium 245,9
6B
<b>Cr</b> chromium 246,9
7B
<b>Mn</b> manganese 247,9
8B
<b>Fe</b> iron 248,9
1A
<b>Li</b> beryllium 249,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 250,9
3B
<b>Al</b> aluminum 251,9
4B
<b>Si</b> silicon 252,9
5B
<b>Sc</b> scandium 253,9
6B
<b>Ti</b> titanium 254,9
7B
<b>V</b> vanadium 255,9
8B
<b>Cr</b> chromium 256,9
1A
<b>K</b> potassium 257,9
2A
<b>Ca</b> calcium 258,9
3B
<b>Sc</b> scandium 259,9
4B
<b>Ti</b> titanium 260,9
5B
<b>V</b> vanadium 261,9
6B
<b>Cr</b> chromium 262,9
7B
<b>Mn</b> manganese 263,9
8B
<b>Fe</b> iron 264,9
1A
<b>Li</b> beryllium 265,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 266,9
3B
<b>Al</b> aluminum 267,9
4B
<b>Si</b> silicon 268,9
5B
<b>Sc</b> scandium 269,9
6B
<b>Ti</b> titanium 270,9
7B
<b>V</b> vanadium 271,9
8B
<b>Cr</b> chromium 272,9
1A
<b>K</b> potassium 273,9
2A
<b>Ca</b> calcium 274,9
3B
<b>Sc</b> scandium 275,9
4B
<b>Ti</b> titanium 276,9
5B
<b>V</b> vanadium 277,9
6B
<b>Cr</b> chromium 278,9
7B
<b>Mn</b> manganese 279,9
8B
<b>Fe</b> iron 280,9
1A
<b>Li</b> beryllium 281,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 282,9
3B
<b>Al</b> aluminum 283,9
4B
<b>Si</b> silicon 284,9
5B
<b>Sc</b> scandium 285,9
6B
<b>Ti</b> titanium 286,9
7B
<b>V</b> vanadium 287,9
8B
<b>Cr</b> chromium 288,9
1A
<b>K</b> potassium 289,9
2A
<b>Ca</b> calcium 290,9
3B
<b>Sc</b> scandium 291,9
4B
<b>Ti</b> titanium 292,9
5B
<b>V</b> vanadium 293,9
6B
<b>Cr</b> chromium 294,9
7B
<b>Mn</b> manganese 295,9
8B
<b>Fe</b> iron 296,9
1A
<b>Li</b> beryllium 297,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 298,9
3B
<b>Al</b> aluminum 299,9
4B
<b>Si</b> silicon 300,9
5B
<b>Sc</b> scandium 301,9
6B
<b>Ti</b> titanium 302,9
7B
<b>V</b> vanadium 303,9
8B
<b>Cr</b> chromium 304,9
1A
<b>K</b> potassium 305,9
2A
<b>Ca</b> calcium 306,9
3B
<b>Sc</b> scandium 307,9
4B
<b>Ti</b> titanium 308,9
5B
<b>V</b> vanadium 309,9
6B
<b>Cr</b> chromium 310,9
7B
<b>Mn</b> manganese 311,9
8B
<b>Fe</b> iron 312,9
1A
<b>Li</b> beryllium 313,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 314,9
3B
<b>Al</b> aluminum 315,9
4B
<b>Si</b> silicon 316,9
5B
<b>Sc</b> scandium 317,9
6B
<b>Ti</b> titanium 318,9
7B
<b>V</b> vanadium 319,9
8B
<b>Cr</b> chromium 320,9
1A
<b>K</b> potassium 321,9
2A
<b>Ca</b> calcium 322,9
3B
<b>Sc</b> scandium 323,9
4B
<b>Ti</b> titanium 324,9
5B
<b>V</b> vanadium 325,9
6B
<b>Cr</b> chromium 326,9
7B
<b>Mn</b> manganese 327,9
8B
<b>Fe</b> iron 328,9
1A
<b>Li</b> beryllium 329,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 330,9
3B
<b>Al</b> aluminum 331,9
4B
<b>Si</b> silicon 332,9
5B
<b>Sc</b> scandium 333,9
6B
<b>Ti</b> titanium 334,9
7B
<b>V</b> vanadium 335,9
8B
<b>Cr</b> chromium 336,9
1A
<b>K</b> potassium 337,9
2A
<b>Ca</b> calcium 338,9
3B
<b>Sc</b> scandium 339,9
4B
<b>Ti</b> titanium 340,9
5B
<b>V</b> vanadium 341,9
6B
<b>Cr</b> chromium 342,9
7B
<b>Mn</b> manganese 343,9
8B
<b>Fe</b> iron 344,9
1A
<b>Li</b> beryllium 345,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 346,9
3B
<b>Al</b> aluminum 347,9
4B
<b>Si</b> silicon 348,9
5B
<b>Sc</b> scandium 349,9
6B
<b>Ti</b> titanium 350,9
7B
<b>V</b> vanadium 351,9
8B
<b>Cr</b> chromium 352,9
1A
<b>K</b> potassium 353,9
2A
<b>Ca</b> calcium 354,9
3B
<b>Sc</b> scandium 355,9
4B
<b>Ti</b> titanium 356,9
5B
<b>V</b> vanadium 357,9
6B
<b>Cr</b> chromium 358,9
7B
<b>Mn</b> manganese 359,9
8B
<b>Fe</b> iron 360,9
1A
<b>Li</b> beryllium 361,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 362,9
3B
<b>Al</b> aluminum 363,9
4B
<b>Si</b> silicon 364,9
5B
<b>Sc</b> scandium 365,9
6B
<b>Ti</b> titanium 366,9
7B
<b>V</b> vanadium 367,9
8B
<b>Cr</b> chromium 368,9
1A
<b>K</b> potassium 369,9
2A
<b>Ca</b> calcium 370,9
3B
<b>Sc</b> scandium 371,9
4B
<b>Ti</b> titanium 372,9
5B
<b>V</b> vanadium 373,9
6B
<b>Cr</b> chromium 374,9
7B
<b>Mn</b> manganese 375,9
8B
<b>Fe</b> iron 376,9
1A
<b>Li</b> beryllium 377,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 378,9
3B
<b>Al</b> aluminum 379,9
4B
<b>Si</b> silicon 380,9
5B
<b>Sc</b> scandium 381,9
6B
<b>Ti</b> titanium 382,9
7B
<b>V</b> vanadium 383,9
8B
<b>Cr</b> chromium 384,9
1A
<b>K</b> potassium 385,9
2A
<b>Ca</b> calcium 386,9
3B
<b>Sc</b> scandium 387,9
4B
<b>Ti</b> titanium 388,9
5B
<b>V</b> vanadium 389,9
6B
<b>Cr</b> chromium 390,9
7B
<b>Mn</b> manganese 391,9
8B
<b>Fe</b> iron 392,9
1A
<b>Li</b> beryllium 393,9
2A
<b>Mg</b> magnesium 394,9
3B
<b>Al</b> aluminum 395,9
4B
<b>Si</b> silicon 396,9
5B
<b>Sc</b> scandium 397,9
6B
<b>Ti</b> titanium 398,9
7B
<b>V</b> vanadium 399,9
8B
<b>Cr</b> chromium 400,9
1A
<b>K</b> potassium 401,9
2A
<b>Ca</b> calcium 402,9
3B
<b>Sc</b> scandium 403,9
4B
<b>Ti</b> titanium 404,9
5B
<b>V</b> vanadium 405,9
6B
<b>Cr</b> chromium 406,9
7B
<b>Mn</b> manganese 407,9

Deret Lantana\*

Deret Actinida-

<sup>175</sup> Tb	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_9$	hexagonal rhombohedral 163.9
<sup>97</sup> Dy	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{10}$	hexagonal rhombohedral 162.5
<sup>98</sup> Ho	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{11}$	hexagonal rhombohedral 165.9
<sup>99</sup> Er	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{12}$	hexagonal rhombohedral 168.9
<sup>100</sup> Tm	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{13}$	hexagonal rhombohedral 170.3
<sup>101</sup> Yb	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{14}$	hexagonal rhombohedral 173.0
<sup>102</sup> No	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{14}$	hexagonal rhombohedral 175.4
<sup>103</sup> Lu	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{14}$	hexagonal rhombohedral 175.0
<sup>104</sup> Lr	$\text{RaB}_{2-\frac{1}{2}}\text{Fe}_{14}$	hexagonal rhombohedral 257.7

Unsur berwarna biru berujung cair pada suhu kamar  
Unsur berwarna merah berujung gas pada suhu kamar  
Unsur berwarna hitam berujung 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	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
Einstenium	Es	99	252	Plutonium	Pu	94	244
Emas	Au	79	196.967	Polonium	Po	84	209
Erbium	Er	68	167.26	Praseodium	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

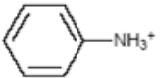
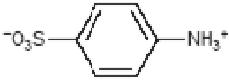
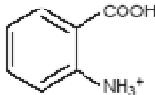
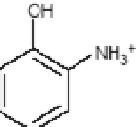
Z	Unsur	Konfigurasi	Z	Unsur	Nomor Atom
1	H	1s1	52	Te	(Kr), 5s2, 4d10, 5p4
2	He	1s2	53	I	(Kr), 5s2, 4d10, 5p5
3	Li	(He) 2s1	54	Xe	(Kr), 5s2, 4d10, 5p6
4	Be	(He) 2s2	55	Cs	(Xe), 6s1
5	B	(He) 2s2, 2p1	56	Ba	(Xe), 6s2
6	C	(He) 2s2, 2p2	57	La	(Xe), 6s2, 5d1
7	N	(He) 2s2, 2p3	58	Ce	(Xe), 6s2, 4f2
8	O	(He) 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	Ti	(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	Di	(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	Spectrum																					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	
1 H	13.598																					
2 He	24.587	54.416																				
3 Li	5.392	75.638	122.451																			
4 Be	9.322	18.211	153.693	217.713																		
5 B	8.298	25.154	37.930	259.268	340.217																	
6 C	11.260	24.383	47.857	64.492	392.077	489.961																
7 N	14.534	29.601	47.448	77.472	97.388	552.057	667.029															
8 O	13.618	35.116	54.954	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	63.445	97.111	126.21	157.93	207.27	239.09	1195.797	1362.164												
11 Na	5.139	47.296	71.64	98.91	138.39	172.15	208.47	264.18	299.87	1465.091	1648.659											
12 Mg	7.646	15.035	30.143	109.24	141.26	186.50	234.94	265.90	327.95	1761.802	1962.613											
13 Al	5.986	18.828	28.447	119.99	153.71	190.47	241.43	284.59	330.21	368.57	442.07	2065.983	2304.080									
14 Si	8.151	16.345	33.492	45.141	166.77	205.05	246.52	303.17	351.10	401.43	476.06	523.50	2437.676	2673.108								
15 P	10.486	19.725	30.118	51.37	65.023	230.43	263.22	309.41	371.73	424.50	479.57	560.41	611.85	2816.943	3069.762							
16 S	10.361	23.33	34.83	47.30	72.68	88.049	260.93	328.23	379.10	447.09	504.78	564.65	651.63	749.74	809.39	3658.425	3946.197					
17 Cl	12.967	23.81	39.61	53.46	67.4	98.03	114.195	148.28	400.05	455.62	529.26	591.97	656.69	749.74	809.39	3658.425	3946.197					
18 Ar	15.759	27.629	40.74	59.81	75.02	91.007	124.319	143.456	422.44	478.68	538.95	618.24	686.09	755.73	854.75	918	4120.778	4426.114				
19 K	4.341	31.625	45.72	60.91	82.66	100.0	117.56	175.814	503.44	564.13	629.09	714.02	787.13	861.77	968	1034	4610.955	4933.931				
20 Ca	6.113	11.871	50.908	67.10	84.41	106.78	127.7	147.24	188.54	211.270	591.25	656.39	726.03	816.61	895.12	974	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	685.89	755.47	829.79	926.00							
22 Ti	6.82	13.58	27.491	43.266	99.22	119.36	140.8	168.5	193.2	215.91	291.497	78.33	861.33	940.36								
23 V	6.74	14.65	29.310	46.207	65.23	128.23	150.21	173.7	205.8	230.5	255.04	308.25	336.267	895.58								
24 Cr	6.766	16.50	30.56	49.1	69.3	90.56	161.1	184.7	209.3	244.4	270.8	298.0	335	384.30	1010.64							
25 Mn	7.435	15.640	33.667	51.2	72.4	95	117.56	154.86	175.814	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	186.13	226.1	250.4	303.8	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	206	336	379	411	444	512	546.8	1403.0					
28 Ni	7.635	18.168	35.17	54.9	75.5	108	133	162	193	224.5	321.2	352	384	430	464	511	607.2	1347				
29 Cu	7.726	20.292	36.43	55.2	79.5	103	139	166	199	222	266	368.8	401	435	484							
30 Zn	9.394	17.964	39.722	59.4	82.6	108	134	174	203	238	274	310.8	419.7	454	490	542	579	619	698	738	1698	
31 Ga	5.999	20.51	30.71	64	93.5	125.71	147.71	193.5	203.13	231.2	261	305	344	384	430	464	511	607.2	1347			
32 Ge	7.899	15.934	34.922	45.71	59.5	82.6	108	134	174	203	238	274	310.8	419.7	454	490	542	579	619	698	738	
33 As	9.81	18.633	28.351	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 Sc	5.695	11.030	43.6	57	71.6	90.8	106	122.3	152	177	324.1											
39 Y	6.38	12.24	20.52	61.8	77.0	93.0	116	129	146.52	191	206	374.0										
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 Te	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	34.93																			

**Lampiran 6 Daftar Tetapan Ionisasi Asam lemah pada 25°C**

Compound	Conjugate Acid	pKa	Ka
acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	4.757	1.75 × 10 <sup>-5</sup>
adipic acid	HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	4.42 5.42	3.8 × 10 <sup>-5</sup> 3.8 × 10 <sup>-6</sup>
alanine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHCH}_3 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.348 (COOH) 9.867 (NH <sub>3</sub> )	4.49 × 10 <sup>-3</sup> 1.36 × 10 <sup>-10</sup>
aminobenzene		4.601	2.51 × 10 <sup>-5</sup>
4-aminobenzenesulfonic acid		3.232	5.86 × 10 <sup>-4</sup>
2-aminobenzoic acid		2.08 (COOH) 4.96 (NH <sub>3</sub> )	8.3 × 10 <sup>-3</sup> 1.1 × 10 <sup>-5</sup>
2-aminophenol		4.78 [NH <sub>3</sub> ]; (T = 20 °C) 9.97 [OH]; (T = 20 °C)	1.7 × 10 <sup>-5</sup> 1.05 × 10 <sup>-10</sup>
ammonia	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9.244	5.70 × 10 <sup>-10</sup>
arginine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHCO} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{NH}_2^+ \\ \diagup \\ \text{NH}_2 \\ \diagdown \end{array}$	1.823 (COOH) 8.991 (NH <sub>3</sub> ) (12.48) (NH <sub>2</sub> )	1.50 × 10 <sup>-2</sup> 1.02 × 10 <sup>-5</sup> 3.3 × 10 <sup>-13</sup>
arsenic acid	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	2.24 6.96 11.50	5.8 × 10 <sup>-2</sup> 1.1 × 10 <sup>-7</sup> 3.2 × 10 <sup>-12</sup>
asparagine	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHCH}_2\text{CHNH}_2 \\    \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	2.14 (COOH); ( $\mu = 0.1$ M) 8.72 (NH <sub>3</sub> ); ( $\mu = 0.1$ M)	7.2 × 10 <sup>-3</sup> 1.9 × 10 <sup>-9</sup>
aspartic acid	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHCH}_2\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	1.990 ( $\alpha$ -COOH) 3.900 ( $\beta$ -COOH) 10.002 (NH <sub>3</sub> )	1.02 × 10 <sup>-2</sup> 1.26 × 10 <sup>-4</sup> 9.95 × 10 <sup>-11</sup>

**Lampiran 6**

benzoic acid		4.202	$6.28 \times 10^{-5}$
benzylamine		9.35	$4.5 \times 10^{-10}$
boric acid	$H_3BO_3$	9.236 (12.74); ( $T = 20^\circ C$ ) (13.80); ( $T = 20^\circ C$ )	$5.81 \times 10^{-10}$ $1.82 \times 10^{-13}$ $1.58 \times 10^{-14}$
carbonic acid	$H_2CO_3$	6.352 10.329	$4.45 \times 10^{-7}$ $4.69 \times 10^{-11}$
catechol		9.40 12.8	$4.0 \times 10^{-10}$ $1.6 \times 10^{-13}$
chloroacetic acid	$ClCH_2COOH$	2.865	$1.36 \times 10^{-3}$
chromic acid	$H_2CrO_4$	-0.2; ( $T = 20^\circ C$ ) 6.51	1.6 $3.1 \times 10^{-7}$
citric acid		3.128 (COOH) 4.761 (COOH) 6.396 (COOH)	$7.45 \times 10^{-4}$ $1.73 \times 10^{-5}$ $4.02 \times 10^{-7}$
cupferron		4.16; ( $\mu = 0.1 M$ )	$6.9 \times 10^{-5}$
cysteine		(1.71) (COOH) 8.36 (SH) 10.77 (NH3+)	$1.9 \times 10^{-2}$ $4.4 \times 10^{-4}$ $1.7 \times 10^{-11}$
dichloroacetic acid	$Cl_2CHCOOH$	1.30	$5.0 \times 10^{-2}$
diethylamine	$(CH_3CH_2)_2NH_2^+$	10.933	$1.17 \times 10^{-11}$
dimethylamine	$(CH_3)_2NH_2^+$	10.774	$1.68 \times 10^{-11}$
dimethylglyoxime		10.66 12.0	$2.2 \times 10^{-11}$ $1 \times 10^{-12}$
ethylamine	$CH_3CH_2NH_3^+$	10.636	$2.31 \times 10^{-11}$
ethylenediamine	$+H_2NCH_2CH_2NH_3^+$	6.848 9.928	$1.42 \times 10^{-7}$ $1.18 \times 10^{-10}$
ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)		0.0 (COOH); ( $\mu = 1.0 M$ ) 1.5 (COOH); ( $\mu = 0.1 M$ ) 2.0 (COOH); ( $\mu = 0.1 M$ ) 2.68 (COOH); ( $\mu = 0.1 M$ ) 6.11 (NH); ( $\mu = 0.1 M$ ) 10.17 (NH); ( $\mu = 0.1 M$ )	1.0 $3.2 \times 10^{-2}$ $1.0 \times 10^{-2}$ $2.1 \times 10^{-3}$ $7.8 \times 10^{-7}$ $6.8 \times 10^{-11}$
formic acid	$HCOOH$	3.745	$1.80 \times 10^{-4}$
fumaric acid		3.053 4.494	$8.85 \times 10^{-4}$ $3.21 \times 10^{-5}$

**Lampiran 6**

glutamic acid		2.23 ( $\alpha$ -COOH) 4.42 ( $\gamma$ -COOH) 9.95 (NH <sub>3</sub> )	$5.9 \times 10^{-3}$ $3.8 \times 10^{-5}$ $1.12 \times 10^{-10}$
glutamine		2.17 ( $\bar{\text{C}}\text{OOH}$ ); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ ) 9.01 (NH <sub>3</sub> ); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ )	$6.8 \times 10^{-3}$ $9.8 \times 10^{-10}$
glycine		2.350 (CCOH) 9.778 (NH <sub>3</sub> )	$4.47 \times 10^{-3}$ $1.67 \times 10^{-10}$
glycolic acid		3.831 (CCOH)	$1.48 \times 10^{-4}$
histidine		1.7 (COOH); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ ) 6.02 (NH); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ ) 9.08 (NH <sub>3</sub> ); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ )	$2 \times 10^{-2}$ $9.5 \times 10^{-7}$ $8.3 \times 10^{-10}$
hydrogen cyanide		9.21	$6.2 \times 10^{-10}$
hydrogen fluoride		3.17	$6.8 \times 10^{-4}$
hydrogen peroxide		11.65	$2.2 \times 10^{-12}$
hydrogen sulfide		7.02	$9.5 \times 10^{-6}$
hydrogen thiocyanate		13.9 0.9	$1.3 \times 10^{-14}$ $1.3 \times 10^{-1}$
8-hydroxyquinoline		4.91 (NH) 9.81 (OH)	$1.23 \times 10^{-5}$ $1.55 \times 10^{-10}$
hydroxylamine		5.96	$1.1 \times 10^{-6}$
hypobromous		8.63	$2.3 \times 10^{-9}$
hypochlorous		7.53	$3.0 \times 10^{-6}$
hypoiodous		10.64	$2.3 \times 10^{-11}$
iodic acid		0.77	$1.7 \times 10^{-1}$
isoleucine		2.319 (CCOH) 9.754 (NH <sub>3</sub> )	$4.80 \times 10^{-3}$ $1.76 \times 10^{-10}$
leucine		2.329 ( $\bar{\text{C}}\text{OOH}$ ) 9.747 (NH <sub>3</sub> )	$4.69 \times 10^{-3}$ $1.79 \times 10^{-10}$
lysine		2.04 (COOH); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ ) 9.08 ( $\alpha$ -NH <sub>3</sub> ); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ ) 10.69 ( $\epsilon$ -NH <sub>3</sub> ); ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ )	$9.1 \times 10^{-3}$ $8.3 \times 10^{-10}$ $2.0 \times 10^{-11}$

**Lampiran 6**

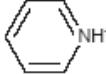
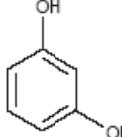
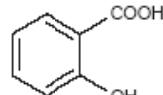
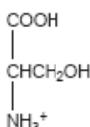
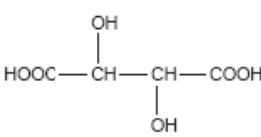
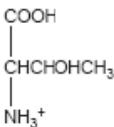
maleic acid		1.910 6.332	$1.23 \times 10^{-2}$ $4.66 \times 10^{-7}$
malic acid		3.459 (COOH) 5.097 (COOH)	$3.48 \times 10^{-4}$ $8.00 \times 10^{-6}$
malonic acid		2.847 5.696	$1.42 \times 10^{-3}$ $2.01 \times 10^{-6}$
methionine		2.20 (COOH); ( $\mu = 0.1$ M) 9.05 (NH3); ( $\mu = 0.1$ M)	$6.3 \times 10^{-3}$ $8.9 \times 10^{-10}$
methylamine		10.64	$2.3 \times 10^{-11}$
2-methylaniline		4.447	$3.57 \times 10^{-5}$
4-methylaniline		5.084	$8.24 \times 10^{-6}$
2-methylphenol		10.28	$5.2 \times 10^{-11}$
4-methylphenol		10.26	$5.5 \times 10^{-11}$
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 (NH3); ( $T = 20$ °C)	$8 \times 10^{-2}$ $2.24 \times 10^{-2}$ $1.15 \times 10^{-3}$ $4.63 \times 10^{-11}$
2-nitrobenzoic acid		2.179	$6.62 \times 10^{-3}$
3-nitrobenzoic acid		3.449	$3.56 \times 10^{-4}$

**Lampiran 6**

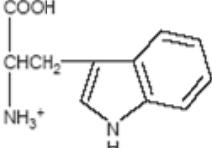
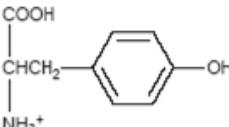
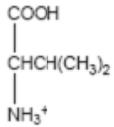
4-nitrobenzoic acid		3.442	$3.61 \times 10^{-4}$
2-nitrophenol		7.21	$6.2 \times 10^{-4}$
3-nitrophenol		8.39	$4.1 \times 10^{-4}$
4-nitrophenol		7.15	$7.1 \times 10^{-4}$
nitrous acid	HNO <sub>2</sub>	3.15	$7.1 \times 10^{-4}$
oxalic acid	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1.252	$5.60 \times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

continued

**Lampiran 6**

propanoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	4.874	$1.34 \times 10^{-5}$
propylamine	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+$	10.566	$2.72 \times 10^{-11}$
pyridine		5.229	$5.90 \times 10^{-6}$
resorcinol		9.30 11.06	$5.0 \times 10^{-10}$ $8.7 \times 10^{-12}$
salicylic acid		2.97 (COOH) 13.74 (OH)	$1.07 \times 10^{-3}$ $1.8 \times 10^{-14}$
serine		2.187 (COOH) 9.209 (NH3+)	$6.50 \times 10^{-3}$ $6.18 \times 10^{-10}$
succinic acid	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	4.207 5.636	$6.21 \times 10^{-5}$ $2.31 \times 10^{-6}$
sulfuric acid	$\text{H}_2\text{SO}_4$	strong	strong
sulfurous acid	$\text{H}_2\text{SO}_3$	1.99 1.91 7.18	$1.0 \times 10^{-2}$ $1.2 \times 10^{-2}$ $6.6 \times 10^{-8}$
D-tartaric acid		3.036 (COOH) 4.366 (COOH)	$9.20 \times 10^{-4}$ $4.31 \times 10^{-5}$
threonine		2.088 (COOH) 9.100 (NH3+)	$8.17 \times 10^{-3}$ $7.94 \times 10^{-10}$
thiosulfuric acid	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0.6 1.6	$3 \times 10^{-1}$ $3 \times 10^{-2}$
trichloroacetic acid	$\text{Cl}_3\text{CCOOH}$	0.66; ( $\mu = 0.1 \text{ M}$ )	$2.2 \times 10^{-1}$
triethanolamine	$(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{NH}^+$	7.762	$1.73 \times 10^{-8}$
triethylamine	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{NH}^+$	10.715	$1.93 \times 10^{-11}$

**Lampiran 6**

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

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	$K_1$ $K_2$	3-Methylpyridine	5.68	
1,3-Propylenediamine	$K_1$ $K_2$	4-Methylpyridine	6.02	
1,4-Butylenediamine	$K_1$ $K_2$	Benzidine	$K_1$ $K_2$	4.97 3.75
			1,10-Phenanthroline	4.86

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*. 5<sup>th</sup> Edition. London: Longman Group.

**Lampiran 8 Data Hasil kali Kelarutan dari beberapa Bahan Kimia.**

Bromide ( $\text{Br}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{CuBr}$	8.3	$5 \times 10^{-9}$
$\text{AgBr}$	12.30	$5.0 \times 10^{-13}$
$\text{Hg}_2\text{Br}_2$	22.25	$5.6 \times 10^{-23}$
$\text{HgBr}_2(\mu = 0.5 \text{ M})$	18.9	$1.3 \times 10^{-19}$
$\text{PbBr}_2(\mu = 4.0 \text{ M})$	5.68	$2.1 \times 10^{-6}$
Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{MgCO}_3$	7.46	$3.5 \times 10^{-8}$
$\text{CaCO}_3$ (calcite)	8.35	$4.5 \times 10^{-9}$
$\text{CaCO}_3$ (aragonite)	8.22	$6.0 \times 10^{-9}$
$\text{SrCO}_3$	9.03	$9.3 \times 10^{-10}$
$\text{BaCO}_3$	8.30	$5.0 \times 10^{-9}$
$\text{MnCO}_3$	9.30	$5.0 \times 10^{-10}$
$\text{FeCO}_3$	10.68	$2.1 \times 10^{-11}$
$\text{CoCO}_3$	9.98	$1.0 \times 10^{-10}$
$\text{NiCO}_3$	6.87	$1.3 \times 10^{-7}$
$\text{Ag}_2\text{CO}_3$	11.09	$8.1 \times 10^{-12}$
$\text{Hg}_2\text{CO}_3$	16.05	$8.9 \times 10^{-17}$
$\text{ZnCO}_3$	10.00	$1.0 \times 10^{-10}$
$\text{CdCO}_3$	13.74	$1.8 \times 10^{-14}$
$\text{PbCO}_3$	13.13	$7.4 \times 10^{-14}$
Chloride ( $\text{Cl}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{CuCl}$	6.73	$1.9 \times 10^{-7}$
$\text{AgCl}$	9.74	$1.8 \times 10^{-10}$
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	17.91	$1.2 \times 10^{-18}$
$\text{PbCl}_2$	4.78	$1.7 \times 10^{-5}$
Chromate ( $\text{CrO}_4^{2-}$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{BaCrO}_4$	9.67	$2.1 \times 10^{-10}$
$\text{CuCrO}_4$	5.44	$3.6 \times 10^{-6}$
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$	11.92	$1.2 \times 10^{-12}$
$\text{Hg}_2\text{CrO}_4$	8.70	$2.0 \times 10^{-9}$

*Lampiran 8*

Cyanide ( $\text{CN}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{AgCN}$	15.66	$2.2 \times 10^{-16}$
$\text{Zn}(\text{CN})_2$ ( $\mu = 3.0 \text{ M}$ )	15.5	$3 \times 10^{-16}$
$\text{Hg}_2(\text{CN})_2$	39.3	$5 \times 10^{-40}$
Ferrocyanide ( $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	15.68	$2.1 \times 10^{-16}$
$\text{Cd}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	17.38	$4.2 \times 10^{-18}$
$\text{Pb}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	18.02	$9.5 \times 10^{-19}$
Fluoride ( $\text{F}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{MgF}_2$	8.18	$6.6 \times 10^{-9}$
$\text{CaF}_2$	10.41	$3.9 \times 10^{-11}$
$\text{SrF}_2$	8.54	$2.9 \times 10^{-9}$
$\text{BaF}_2$	5.76	$1.7 \times 10^{-6}$
$\text{PbF}_2$	7.44	$3.6 \times 10^{-8}$
Hydroxide ( $\text{OH}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	11.15	$7.1 \times 10^{-12}$
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	5.19	$6.5 \times 10^{-6}$
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	3.6	$3 \times 10^{-4}$
$\text{La}(\text{OH})_3$	20.7	$2 \times 10^{-21}$
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	12.8	$1.6 \times 10^{-13}$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	15.1	$8 \times 10^{-16}$
$\text{Co}(\text{OH})_2$	14.9	$1.3 \times 10^{-15}$
$\text{Ni}(\text{OH})_2$	15.2	$6 \times 10^{-16}$
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	19.32	$4.8 \times 10^{-20}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	38.8	$1.6 \times 10^{-39}$
$\text{Co}(\text{OH})_3$ ( $T = 19^\circ\text{C}$ )	44.5	$3 \times 10^{-45}$
$\text{Ag}_2\text{O} (+\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^-)$	15.42	$3.8 \times 10^{-16}$
$\text{Cu}_2\text{O} (+ \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cu}^+ + 2\text{OH}^-)$	29.4	$4 \times 10^{-30}$
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ (amorphous)	15.52	$3.0 \times 10^{-16}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$ ( $\beta$ )	14.35	$4.5 \times 10^{-15}$
$\text{HgO}$ (red) ( $+\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{OH}^-$ )	25.44	$3.6 \times 10^{-26}$
$\text{SnO}$ ( $+\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^-$ )	26.2	$6 \times 10^{-27}$
$\text{PbO}$ (yellow) ( $+\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^-$ )	15.1	$8 \times 10^{-16}$
$\text{Al}(\text{OH})_3$ ( $\alpha$ )	33.5	$3 \times 10^{-34}$

**Lampiran 8**

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

**Lampiran 8**

Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{CaSO}_4$	4.62	$2.4 \times 10^{-5}$
$\text{SrSO}_4$	6.50	$3.2 \times 10^{-7}$
$\text{BaSO}_4$	9.96	$1.1 \times 10^{-10}$
$\text{Ag}_2\text{SO}_4$	4.83	$1.5 \times 10^{-5}$
$\text{Hg}_2\text{SO}_4$	6.13	$7.4 \times 10^{-7}$
$\text{PbSO}_4$	7.79	$1.6 \times 10^{-8}$

Thiocyanate ( $\text{SCN}^-$ )	$\text{p}K_{\text{sp}}$	$K_{\text{sp}}$
$\text{CuSCN}$ ( $\mu = 5.0 \text{ M}$ )	13.40	$4.0 \times 10^{-14}$
$\text{AgSCN}$	11.97	$1.1 \times 10^{-12}$
$\text{Hg}_2(\text{SCN})_2$	19.52	$3.0 \times 10^{-20}$
$\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ( $\mu = 1.0 \text{ M}$ )	19.56	$2.8 \times 10^{-20}$

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

**Lampiran 9 Potensial Reduksi Standar**

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

*Lampiran 9*

	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
<b>Bromine</b>		
$\text{Br}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	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
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \frac{5}{2}\text{Br}_2(\ell) + 3\text{H}_2\text{O}$	1.5	
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1.478	
<b>Cadmium</b>		
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-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	
<b>Calcium</b>		
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2.84	
<b>Carbon</b>		
$\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}$	-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	
<b>Cerium</b>		
$\text{Ce}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ce}(s)$	-2.336	
$\text{Ce}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	1.72	1.70 1 M $\text{HClO}_4$
		1.44 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4$
		1.61 1 M $\text{HNO}_3$
		1.28 1 M HCl
<b>Chlorine</b>		
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	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**

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

*Lampiran 9*

	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
<b>Iodine</b>		
$I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	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	
<b>Iron</b>	$E^\circ$ (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 $H_2SO_4$ 0.44      0.3 M $H_3PO_4$
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	0.356	0.71      1 M HCl
$Fe(\text{phen})_3^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe(\text{phen})_3^{2+}$	1.147	
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	0.356	
<b>lanthanum</b>	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$La^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons La(s)$	-2.38	
<b>Lead</b>	$E^\circ$ (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	
<b>Lithium</b>	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	-3.040	
<b>Magnesium</b>	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (V)	$E^\circ'$ (V)
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-1.17	
$\text{M}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	1.5	
$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.23	
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	1.70	
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.51	
$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2(s) + 4\text{OH}^-$	0.60	
Mercury	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (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*

	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
Oxygen		
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	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		
$P(s, \text{white}) + 3H^+ + 3e^- \rightleftharpoons PH_3(g)$	-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		
$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt(s)$	1.188	
$PtCl_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons Pt(s) + 4Cl^-$	0.758	
Potassium		
$K^+ + e^- \rightleftharpoons K(s)$	-2.924	
Ruthenium		
$Ru^{3+} + e^- \rightleftharpoons Ru^{2+}$	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		
$Se(s) + 2e^- \rightleftharpoons Se^{2-}$		-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		
$SiF_6^{2-} + 4e^- \rightleftharpoons Si(s) + 6F^-$	-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	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2.713	
Strontium	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Sr}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sr}(s)$	-2.89	
Sulfur	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Tl}^{3+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Tl}^+$	1.25	1 M HClO <sub>4</sub>
	0.77	1 M HCl
$\text{Tl}^3 + 3e^- \rightleftharpoons \text{Tl}(s)$	0.742	
Tin	$E^\circ$ (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	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Ti}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ti}(s)$	-1.63	
$\text{Ti}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+}$	-0.37	
Tungsten	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{WO}_2(s) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{W}(s) + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.119	
$\text{WO}_3(s) + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{W}(s) + 3\text{H}_2\text{O}$	-0.090	
Uranium	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{U}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{U}(s)$	-1.66	
$\text{U}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{U}^{3+}$	-0.52	
$\text{UO}_2^{+} + 4\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.27	
$\text{UO}_2^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{UO}_2^{+}$	0.16	
$\text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.327	
Vanadium	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{V}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{V}(s)$	-1.13	
$\text{V}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{2+}$	-0.255	
$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0.337	
$\text{VO}_2^{+} + 2\text{H}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.000	
Zinc	$E^\circ$ (V)	$E^{\circ'}$ (V)
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0.7618	
$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{OH}^-$	-1.285	
$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{NH}_3$	-1.04	
$\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s) + 4\text{CN}^-$	-1.34	

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

**Lampiran 10 Eltalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ ), Energi Bebas Pembentukan Standar ( $\Delta G_f^\circ$ ) dan Entropi Absolut ( $S^\circ$ ).**

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

*Lampiran 10*

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

*Lampiran 10*

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

**Lampiran 10**

Substance	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol <sub>rxn</sub> )	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol <sub>rxn</sub> )	S° (J/mol <sub>rxn</sub> ·K)
<b>Mercury</b>			
Hg (l)	0	0	76.02
Hg <sup>2+</sup> (aq)	171.1	164.40	-32.2
HgO (s)	-90.83	-58.539	70.29
HgCl <sub>2</sub> (s)	-224.3	-178.6	146.0
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (s)	-265.22	-210.745	192.5
HgS (s)	-58.2	-50.6	82.4
<b>Nitrogen</b>			
N <sub>2</sub> (g)	0	0	191.61
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)	-205.0	-108.74	146.4
HNO <sub>2</sub> (aq)	-119.2	-50.6	135.6
NH <sub>3</sub> (aq)	-80.92	-26.50	111.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (aq)	-132.51	-79.31	113.4
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (s)	-365.56	-183.87	151.08
NH <sub>4</sub> Cl (s)	-314.43	-203.87	94.6
<b>Oxygen</b>			
O <sub>2</sub> (g)	0	0	205.138
<b>Phosphorous</b>			
P (s, white)	0	0	41.09
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (aq)	-1277.4	-1018.7	-222
<b>Potassium</b>			
K (s)	0	0	64.18
K <sup>+</sup> (aq)	-252.38	-283.27	102.5
KOH (s)	-424.764	-379.08	78.9
KCl (s)	-436.747	-409.14	82.59
KNO <sub>3</sub> (s)	-494.63	-394.86	133.05
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (s)	-2061.5	-1881.8	291.2
<b>Silicon</b>			
Si (s)	0	0	18.83
SiO <sub>2</sub> (s)	-910.94	-856.64	41.84
<b>Silver</b>			
Ag (s)	0	0	42.55
Ag <sup>+</sup> (aq)	105.579	77.107	72.68
Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>+</sup> (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
<b>Sodium</b>			
Na (s)	0	0	51.21
Na <sup>+</sup> (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	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol <sub>rxn</sub> )	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol <sub>rxn</sub> )	S° (J/mol <sub>rxn</sub> ·K)
<b>Sodium</b>			
NaNO <sub>3</sub> (s)	-467.85	-367.00	116.52
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (s)	-1917.40	-1788.80	173.80
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1387.08	-1270.16	149.58
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1130.68	-1044.44	134.98
NaHCO <sub>3</sub> (s)	-950.81	-851.0	101.7
NaCH <sub>3</sub> COO (s)	-708.81	-607.18	123.0
<b>Sulfur</b>			
S <sub>8</sub> (s)	0	0	31.80
S <sup>2-</sup> (aq)	33.1	85.8	-14.6
SO <sub>2</sub> (g)	-296.830	-300.194	248.22
SO <sub>3</sub> (g)	-395.72	-371.06	256.76
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)	-909.27	-744.53	20.1
SCN <sup>-</sup> (aq)	76.44	92.71	144.3
<b>Tin</b>			
Sn (s)	0	0	44.14
SnO (s)	-285.5	-256.9	56.5
SnO <sub>2</sub> (s)	-580.7	-519.76	52.3
<b>Zinc</b>			
Zn (s)	0	0	41.63
Zn <sup>2+</sup> (aq)	-153.89	-147.06	-112.1
ZnO (s)	-348.28	-318.30	43.64
ZnCl <sub>2</sub> (s)	-415.05	-369.39	111.46
ZnS (s)	-205.98	-201.29	57.7
ZnSO <sub>4</sub> (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
Arhenius	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	Dextro	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		

ISBN 978-602-8320-48-1  
ISBN 978-602-8320-50-4

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

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 17,842,00