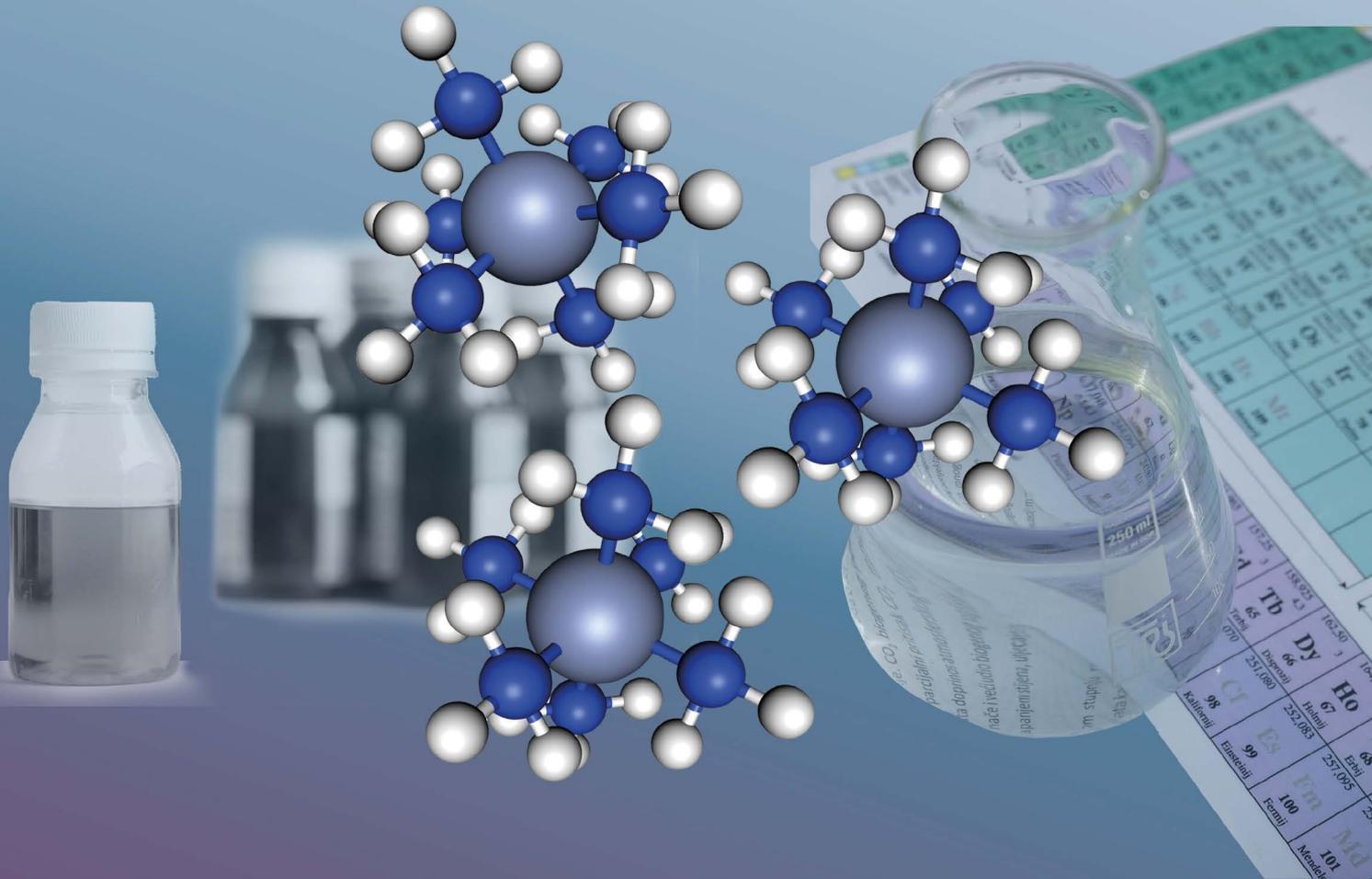


KIMIA DASAR

Untuk Farmasi



Wati Sukmawati
R. Asep Kadarohman
Omay Sumarna
Wahyu Sopandi

KIMIA DASAR

Untuk Farmasi

Wati Sukmawati
R. Asep Kadarohman
Omay Sumarna
Wahyu Sopandi

TABEL PERIODIK

 Logam Alkali	 Halogen
 Logam Alkali Tanah	 Gas Mulia
 Logam Transisi	 Lantanida
 Logam lain	 Aktinida
 Nonlogam	

1 H 1,008	2 He 4,003											18 VIIIA		
3 Li 6,941	4 Be 9,012	5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180							17 VIIA
11 Na 22,99	12 Mg 24,31	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948							18 VIIIA
19 K 39,10	20 Ca 40,08	VIII B										36 Kr 84,80		
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc 98	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	54 Xe 131,29		
55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	86 Rn 222,018		
87 Fr 223	88 Ra 226	89-103	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 266	107 Bh 264	108 Hs 269	109 Mt 268	110 Ds 269	111 Rg 272	112 Cn 277	118 Uuo		

57 La 138,906	58 Ce 140,115	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24	61 Pm 144,913	62 Sm 150,36	63 Eu 151,966	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 172,04	71 Lu 174,967
89 Ac 227,028	90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np 237,048	94 Pu 244,064	95 Am 243,061	96 Cm 247,070	97 Bk 247,070	98 Cf 251,080	99 Es 254	100 Fm 257,095	101 Md 258,1	102 No 259,101	103 Lr 262

Lantanida

Aktinida

KIMIA DASAR **untuk Farmasi**

Diterbitkan oleh



**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA**

**PASAL 72
KETENTUAN PIDANA
SANKSI PELANGGARAN**

KETENTUAN PIDANA

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KIMIA DASAR **untuk Farmasi**

Wati Sukmawati
R. Asep Kadarohman
Omay Sumarna
Wahyu Sopandi

KIMIA DASAR

untuk Farmasi

Penulis : Wati Sukmawati
R. Asep Kadarohman
Omay Sumarna
Wahyu Sopandi
Editor : Audita Ilhami Rifdah
Layout : Audita Ilhami Rifdah

Penerbit:

CV Bintang Semesta Media

Anggota IKAPI Nomor 147/DIY/2021
Jl. Belimbing 38 Jati Rt 007 Rw 000,
Kel. Wonokromo, Kec. Pleret, Kab.
Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
55791 Telp: 4358369. Hp: 085865342317
Email:
bintangsemestamedia@gmail.com
Website: www.bintangpustaka.com

Cetakan Pertama, September 2022
Bintang Semesta Media Yogyakarta
xvi + 246 hal : 21 x 29 cm
ISBN : 978-623-5472-95-9

Dicetak Oleh:
Percetakan Bintang 085865342319

Hak cipta dilindungi undang-undang
All right reserved
Isi di luar tanggung jawab percetakan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar. Tak lupa juga mengucapkan salawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, karena berkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Kami ucapkan juga rasa terima kasih kami kepada pihak-pihak yang mendukung lancarnya buku ajar ini mulai dari proses penulisan hingga proses cetak, yaitu orang tua kami, rekan-rekan kami, penerbit, dan masih banyak lagi yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Adapun, buku ajar kami yang berjudul ‘KIMIA DASAR: Untuk Farmasi’ ini telah selesai kami susun semaksimal dan sebaik mungkin agar menjadi manfaat bagi pembaca yang membutuhkan informasi dan pengetahuan mengenai konsep kimia dasar terutama bidang farmasi.

Dalam buku ini, tertulis pentingnya konsep kimia dasar untuk mahasiswa farmasi. Buku ini disusun dengan menyajikan konteks farmasi yang relevan dengan konsep kimia dan memperhatikan *multiple representation* kimia baik aspek makroskopis, submikroskopis, dan simbolik, serta dikembangkan dengan pendekatan CCT (*Conceptual Change Text*) sehingga membantu mahasiswa memahami konsep kimia dengan baik yang menjadi alternatif pegangan bagi mahasiswa dan dosen yang menempuh studi tersebut.

Kami sadar, masih banyak luput dan kekeliruan yang tentu saja jauh dari sempurna tentang buku ini. Oleh sebab itu, kami mohon agar pembaca memberi kritik dan juga saran terhadap karya buku ajar ini agar kami dapat terus meningkatkan kualitas buku.

Demikian buku ajar ini kami buat, dengan harapan agar pembaca dapat memahami konsep kimia dasar dengan baik dan dapat meningkatkan kemampuan *multiple representation* bagi pembaca. Terima kasih.

Jakarta, 17 Juni 2022

DAFTAR ISI RINGKAS

BAB 1	Materi	1
BAB 2	Struktur Atom	29
BAB 3	Tabel Periodik Unsur	43
BAB 4	Ikatan Kimia	60
BAB 5	Senyawa Kompleks	78
BAB 6	Stoikiometri	87
BAB 7	Reaksi Redoks dan Elektrokimia	109
BAB 8	Kinetika Kimia	145
BAB 9	Kimia Inti	171
BAB 10	Kimia Unsur	189

DAFTAR ISI

BAB 1	Materi	1
1.1.	Pengertian Materi	3
1.2.	Klasifikasi Materi	4
1.2.1.	Unsur	4
1.2.2.	Senyawa	4
1.2.3.	Campuran	4
	<i>Campuran Homogen</i>	6
	<i>Larutan jenuh & tak jenuh 6 • larutan elektrolit & non elektrolit 7</i>	
	<i>Campuran Heterogen</i>	8
	<i>Koloid 8 • Proses perlakuan terhadap pemisahan koloid 9</i>	
	<i>Suspensi 10</i>	
1.2.4.	Pemisahan Campuran	11
	<i>Kristalisasi, Distilasi, Evaporasi 11</i>	
1.2.5.	Sifat Materi	11
	<i>Sifat Fisika 11 • Sifat Kimia 12</i>	
1.2.6.	Perubahan Materi	12
	<i>Perubahan fisika 12 • perubahan kimia 14</i>	
1.2.7.	Hukum-Hukum Dasar Kimia	16
	<i>Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier)</i>	16
	<i>Hukum Perbandingan Tetap</i>	17
	<i>Hukum Perbandingan Berganda</i>	18
	<i>Hukum Perbandingan Volume (Gay-Lussac)</i>	19
	<i>Hukum Avogadro</i>	20
BAB 2	Struktur Atom	29
2.1.	Perkembangan Model Atom	29
	<i>Model atom Dalton 29 • model atom Thomson 29 • model atom Rutherford 30</i>	
	<i>model atom Bohr 30 • model atom Erwin Schrödinger 31</i>	
2.2.	Partikel Penyusun Atom	31
	<i>Proton 31 • elektron 32 • neutron 32 • inti atom 32</i>	
2.3.	Isotop	33
2.3.1.	Manfaat Isotop pada Bidang Farmasi	33
2.4.	Konfigurasi Elektron	33
2.4.1.	Prinsip Aufbau	34
2.4.2.	Aturan Hund	35
2.4.3.	Larangan Pauli	35
2.5.	Bilangan Kuantum	36
2.5.1.	Bilangan Kuantum Utama	36
2.5.2.	Bilangan Kuantum Azimuth	36
2.5.3.	Bilangan Kuantum Magnetik	36
2.5.4.	Bilangan Kuantum Spin	36

DAFTAR ISI

BAB 3	Tabel Periodik Unsur	43
3.1.	Perkembangan Tabel Periodik Unsur	44
	<i>Antoine Lavoisier 44 • Johann Wolfgang Doberainer 44 • John Newlands 45 Dmitri Mendeleev 46 • Henry Moseley 46</i>	
3.2.	Konfigurasi Elektron untuk Menentukan Periode dan Golongan	47
3.3.	Sifat Tabel Periodik Unsur	49
	<i>Sifat logam, jari-jari atom, kereaktifan, potensial ionisasi, afinitas elektron, keelektronegatifan.</i>	
3.4.	Persamaan Reaksi Kimia	50
	3.4.1. Tahapan Penyetaraan Reaksi Kimia dan Koefisien Reaksi	50
3.5.	Contoh Aplikasi Persamaan Reaksi pada Bidang Farmasi	52
BAB 4	Ikatan Kimia	60
4.1.	Peran Elektron dalam Ikatan Kimia	61
	<i>Elektron valensi, simbol Lewis, kation, anion, ikatan kovalen, ikatan ion.</i>	
4.2.	Menentukan Rumus Kimia	61
	4.2.1. Aturan Oktet	61
	4.2.2. Lambang Lewis	61
	4.2.3. Struktur Lewis	62
4.3.	Pembentukan Ikatan Kimia	62
	4.3.1. Ikatan Ionik	62
	4.3.2. Pembentukan Ikatan Kovalen	64
	<i>Ikatan kovalen tunggal 64 • ikatan kovalen rangkap dua 65 ikatan kovalen rangkap tiga 65 • ikatan kovalen koordinasi 65 penyimpangan kaidah oktet 66</i>	
	4.3.3. Pembentukan Ikatan Hidrogen	67
	4.3.4. Gaya van der Waals	68
	<i>Gaya dispersi, gaya dispersi London, folding asam nukleat.</i>	
4.4.	Kepolaran Ikatan	69
	<i>Ikatan kovalen nonpolar, Ikatan kovalen polar.</i>	69
4.5.	Identifikasi Unsur dalam Senyawa	70
4.6.	Bentuk Molekul	70
	<i>Linear, segitiga planar, bengkok, tetrahedral, segitiga piramidal, segitiga bipiramidal, huruf T, tetrahedral tak simetris, oktahedral.</i>	
BAB 5	Senyawa Kompleks	78
5.1.	Pengertian Senyawa Kompleks	79
	<i>Atom logam, atom pusat, logam transisi, anion, ligan.</i>	
5.2.	Susunan Senyawa Kompleks	79
	<i>Ligan monodentat, ligan bidentat, ligan polidentat, ligan kuat dan ligan lemah.</i>	79

DAFTAR ISI

5.3. Menentukan Bilangan Koordinasi	80
5.4. Tata nama Senyawa Kompleks	82
5.4.1. Aturan Penulisan Nama Logam	82
5.4.2. Penulisan Rumus Senyawa Kompleks	82
5.5. Teori Ikatan Valensi	83
5.5.1. Oktahedral	83
5.5.2. Segi Empat Datar	83
5.5.3. Tetrahedral	83
BAB 6 Stoikiometri	87
6.1. Massa Atom Relatif	88
6.2. Konsep Mol	89
<i>Joseph Loschmidt, Avogadro, tetapan Avogadro.</i>	
6.2.1. Massa Molar	90
6.2.2. Massa Molekul Relatif dan Massa	90
6.2.3. Volume Molar	92
6.3. Hukum-Hukum tentang Gas	93
6.3.1. Hipotesis Avogadro	93
6.3.2. Hukum Gas Ideal	93
<i>Hukum Charles 93 • Hukum Amonton 93 • Avogadro 93</i>	
<i>interkonversi mol 94</i>	
6.4. Perhitungan Kimia	95
6.4.1. Penentuan Rumus Empiris dan Rumus Molekul	95
6.4.2. Kadar Presentase	96
6.4.3. Kadar Zat dalam Campuran	97
<i>Persen massa dan persen volume 97 • bagian perjuta 98 • molaritas 98</i>	
<i>molalitas 99 • fraksi mol 100 • air kristal 101 • pereaksi pembatas 101</i>	
BAB 7 Reaksi Redoks & Elektrokimia	109
7.1. Pengertian Reaksi Redoks	110
<i>Reaksi reduksi, reaksi oksidasi, serah terima oksigen, transfer elektron, bilangan oksidasi.</i>	110
7.1.1. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen	110
<i>Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen dalam Bidang Farmasi</i>	112
7.1.2. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Transfer Elektron	114
<i>Zat tereduksi, oksidator, zat teroksidasi, reduktor, pelepasan elektron, penangkapan elektron.</i>	
7.1.3. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Bilangan Oksidasi	115
<i>Peningkatan bilangan oksidasi, penurunan bilangan oksidasi.</i>	

DAFTAR ISI

7.2. Penyetaraan Reaksi Redoks	116
7.2.1. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Bilangan Oksidasi (biloks)	116
7.2.2. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Setengah Reaksi	117
<i>Suasana asam 117 • suasana basa 119</i>	
7.3. Elektrokimia	121
7.3.1. Sel Volta	121
<i>Elektroda 121 • jembatan garam 122 • deret volta 123</i>	
<i>beda potensial reduksi 123</i>	
7.3.2. Potensial Reduksi Standar	125
<i>Elektroda hidrogen, elektroda inert, potensial reduksi standar relatif.</i>	125
7.3.3. Aspek Kualitatif Elektrokimia	127
<i>Termodinamika elektrokimia 127 • kerja listrik 128</i>	
<i>penurunan energi bebas Gibbs 128 • nilai energi bebas standar 129</i>	
<i>persamaan Nernst 130</i>	
7.4. Reaksi Redoks dalam Bidang Farmasi	130
- <i>Organel mitokondria dihidroksiaseton fosfat gliserol-3 fosfat</i>	130
- <i>Gugus prostetik, flavin adenin dinukleotida (FAD), gliserol dehidrogenase, NADH, FADH₂, sitosol, koenzim-Q / biquinon</i>	131
- <i>Kompleks I, NADH-koenzim Q oksidoreduktase, FMN, FMNH₂</i>	132
- <i>Matriks mitokondria, inhibitor rotenon, barbiturat, Kompleks II, FADH₂ suksinat dehidrogenase, suksinat, fumarat, isoprenoid.</i>	133
- <i>Suksinat-koenzim Q oksidoreduktase, intermembran, ATP.</i>	134
- <i>Kompleks III, koenzim Q-sitokrom c oksidoreduktase, mioglobin, hemoglobin, sitokrom c dan c1, anion semiquinon.</i>	134
- <i>Siklus Q pertama, siklus Q kedua.</i>	135
- <i>Inhibitor antimicin A, Kompleks IV, sitokrom c oksidase.</i>	136
<i>Mekanisme Transfer dan Pergerakan Elektron di Empat Pusat Redoks dalam Kompleks IV</i>	137

BAB 8 Kinetika Kimia	145
8.1. Laju Reaksi Kimia	146
8.1.1. Definisi Laju Reaksi Kimia	146
8.1.2. Definisi Laju Reaksi dan Stoikiometri Reaksi	147
8.2. Konsentrasi dan Laju Reaksi	150
8.2.1. Hukum Laju, Tetapan Laju, dan Orde Reaksi	150
<i>Hukum laju 150 • orde reaksi 151</i>	
8.2.2. Menentukan Hukum Laju menggunakan Laju Awal	151
8.2.3. Perubahan Laju dengan Waktu	153
<i>Reaksi orde satu 153 • reaksi orde dua 154 • waktu paruh 155</i>	
8.3. Temperatur dan Laju Reaksi	156
8.3.1. Model Tumbukan	156

DAFTAR ISI

8.3.2. Faktor Orientasi	157
8.3.3. Energi Aktivasi	157
<i>Svante Arrhenius, model tumbukan, energi kinetik.</i>	157
<i>Energi aktivasi, kompleks teraktivasi, keadaan transisi, fraksi molekul.</i>	158
8.3.4. Persamaan Arrhenius	159
8.4. Mekanisme Reaksi	160
8.4.1. Reaksi-Reaksi Elementer	160
<i>Hukum Laju Reaksi Elementer</i>	161
8.4.2. Reaksi-Reaksi Multi Tahapan	161
8.5. Katalis	162
8.5.1. Reaksi Katalisis Homogen	162
8.5.2. Reaksi Katalisis Heterogen	162
8.5.3. Reaksi Katalisis Enzimatik	163
<i>Kompleks enzim-substrat, persamaan Michaelis-Menten.</i>	164

BAB 9 Kimia Inti 171

9.1. Radioaktivitas	173
<i>Radioaktivitas, nuklida, nukleon, proton, neutron, peluruhan spontan.</i>	
9.2. Kestabilan Inti	174
<i>Kestabilan inti atom, energi ikat inti, perbandingan antarpartikel, pita kestabilan, laju peluruhan, waktu paruh, zat radioaktif.</i>	
9.2.1. Waktu Paruh	174
9.2.2. Jenis-Jenis Peluruhan Radioaktif	176
<i>Pemancaran partikel alfa 176 • pemancaran partikel beta 177</i>	
<i>pemancaran radiasi gamma 178 • pemancaran positron 179</i>	
<i>penangkapan elektron, isotop 179 • Isotop C-14 pada Tumbuhan 180</i>	
<i>Pelacakan Radioaktif di Dunia Arkeologi 180 • Sistem Pencitraan di Dunia Kedokteran 180 • Radiofarmaka 181 • Pemecahan Inti 181</i>	
9.3. Reaksi Fisi dan Reaksi Fusi	182
9.3.1. Reaksi Fisi	182
9.3.2. Reaksi Fusi	183
<i>Reaksi fusi pada matahari 183 • kelebihan reaktor nuklir 184</i>	
<i>kekurangan reaktor nuklir 184</i>	

BAB 10 Kimia Unsur 189

10.1. Kelimpahan Unsur-Unsur di Alam.	190
10.2. Gas Mulia	190
10.2.1. Unsur-Unsur Gas Mulia	190
10.2.2. Sifat Gas Mulia	191

DAFTAR ISI

10.2.3. Senyawa-Senyawa Gas Mulia	192
10.2.4. Kegunaan Gas Mulia	192
10.2.5. Pembuatan Gas Mulia	192
10.3. Halogen	192
10.3.1. Ciri-Ciri Halogen	193
10.3.2. Unsur-Unsur Halogen di Alam	193
10.3.3. Sifat-Sifat Halogen	193
10.3.4. Asam Halogenida	193
10.3.5. Asam Oksihalogen	194
10.3.6. Pembuatan Halogen	194
10.3.7. Kegunaan Halogen dan Senyawanya	194
<i>Fluorin, Klorin 194 • Bromin, Iodin 195</i>	
10.4. Alkali (Golongan IA)	195
10.4.1. Ciri-Ciri Alkali	195
10.4.2. Sifat-Sifat Unsur Alkali	195
10.4.3. Sumber Alkali di Alam	196
10.4.4. Kegunaan Logam Alkali dan Senyawanya	196
10.4.5. Warna Nyala Unsur Alkali	196
10.4.6. Pembuatan Logam Alkali	196
10.5. Alkali Tanah (Golongan IIA)	196
10.5.1. Ciri-Ciri Alkali Tanah	196
10.5.2. Sifat-Sifat Kimia Alkali Tanah	197
10.5.3. Sumber Alkali Tanah di Alam	197
10.5.4. Kegunaan Alkali Tanah dan Senyawanya	197
10.5.5. Warna Nyala Unsur Alkali Tanah	197
10.5.6. Pembuatan Logam Alkali Tanah	198
10.6. Unsur-Unsur Periode Ketiga	198
10.6.1. Sifat-Sifat Unsur Periode Ketiga	198
10.6.2. Sumber Unsur Periode Ketiga di Alam	198
<i>Aluminium 198 • Silikon, Fosfor, Belerang 199</i>	
10.7. Unsur-Unsur Periode Keempat (Transisi)	200
Daftar Pustaka	203
Lampiran	206
Biodata Penulis	245

Kamu Harus Tau!

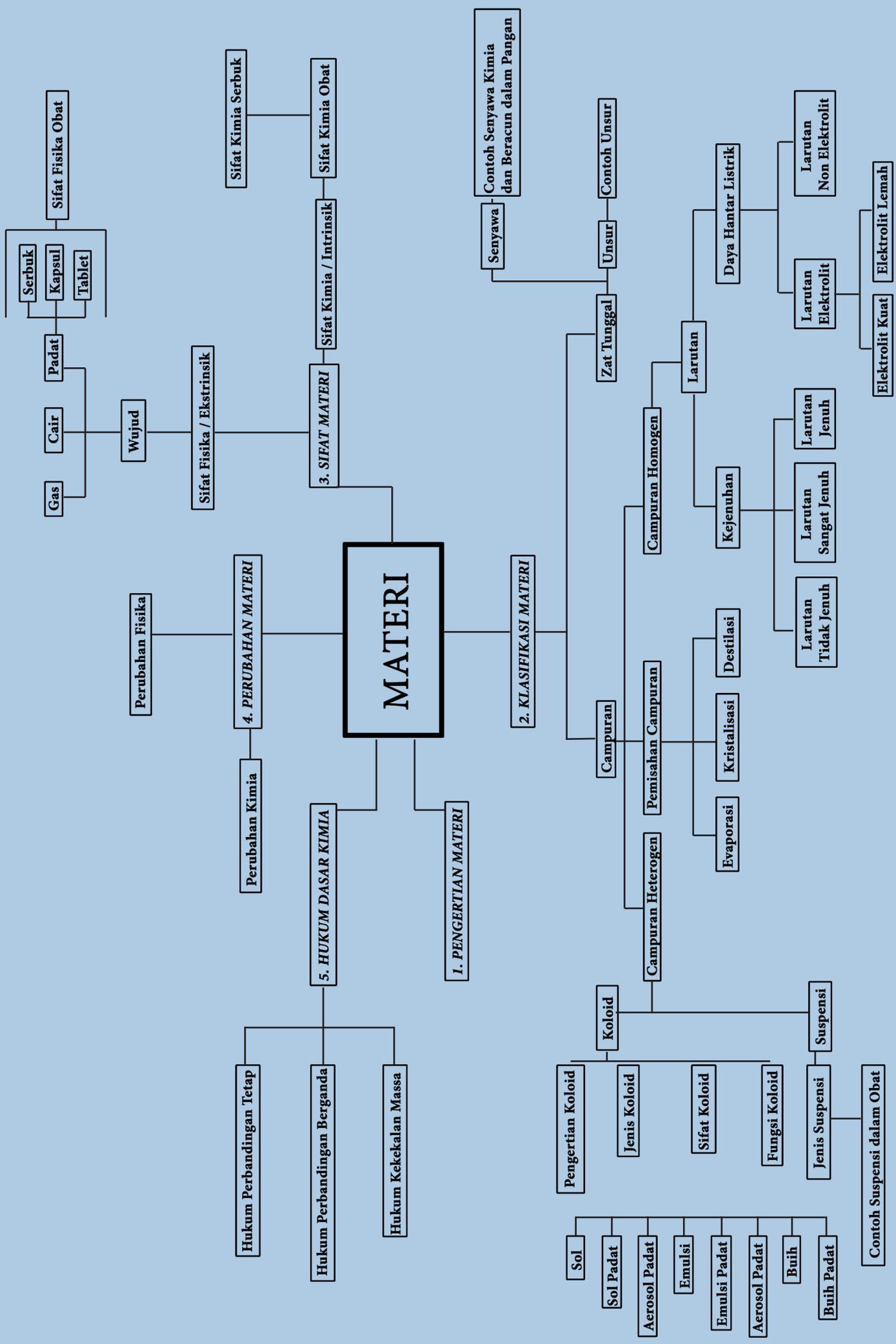
Obat-obatan merupakan bahan-bahan yang tidak asing dan biasa dikonsumsi, baik untuk pengobatan maupun pencegahan. Untuk seseorang yang bekerja di bidang farmasi, obat-obatan merupakan bagian yang harus dipelajari dan dipahami lebih dalam lagi. Menurut pengalaman yang Anda alami, wujud obat-obatan yang beredar di masyarakat ada berapa jenis?

Obat yang beredar di masyarakat umumnya tersedia dalam wujud padat, cair, dan gas. Obat yang berbentuk padat lebih sering ditemukan di lingkungan sekitar dalam bentuk kapsul, tablet, kaplet, pil, atau serbuk. Obat yang ditemukan dalam bentuk cair biasanya dikemas dalam bentuk larutan yang biasanya sering disebut dengan istilah sirup. Namun obat yang berbentuk cair ternyata banyak jenisnya, di antaranya bentuk larutan, sirup, elixir, emulsi, suspensi, gelantik, ekstrak, dan immunosera. Adakah obat yang wujudnya berbentuk gas? Biasanya pasien yang mengalami keluhan tentang pernafasan yang mendapatkan obat berbentuk gas.



MATERI

1.1. Pengertian Materi	3
1.2. Klasifikasi Materi	4
1.2.1. Unsur	
1.2.2. Senyawa	
1.2.3. Campuran	
Campuran Homogen	
<i>Larutan jenuh, lewat jenuh, tidak jenuh, larutan elektrolit, larutan non elektrolit.</i>	
Campuran Heterogen	8
<i>Koloid, proses perlakuan terhadap pemisahan koloid, suspensi.</i>	
1.2.4. Pemisahan Campuran	11
Kristalisasi	
Distilasi	
Evaporasi	
1.2.5. Sifat Materi	11
Sifat Fisika	
<i>Padatan, cairan, gas.</i>	
Sifat Kimia	
1.2.6. Perubahan Materi	12
1.2.7. Hukum-Hukum Dasar Kimia	16
Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier)	
Hukum Perbandingan Tetap	
Hukum Perbandingan Berganda	
Hukum Perbandingan Volume (Gay-Lussac)	
Hukum Avogadro	



MATERI

1. PENGERTIAN MATERI

Perubahan Fisika

4. PERUBAHAN MATERI

Perubahan Kimia

Gas

Cair

Padat

Serbuk

Kapsul

Tablet

Sifat Fisika Obat

Wujud

Sifat Fisika / Ekstrinsik

Sifat Kimia Serbuk

3. SIFAT MATERI

Sifat Kimia / Intrinsik

Sifat Kimia Obat

2. KLASIFIKASI MATERI

Campuran

Zat Tunggal

Unsur

Contoh Senyawa Kimia dan Beracun dalam Pangan

Campuran Heterogen

Campuran Homogen

Evaporasi

Kristalisasi

Destilasi

Daya Hantar Listrik

Pengertian Koloid

Sol

Sol Padat

Aerosol Padat

Emulsi

Emulsi Padat

Aerosol Padat

Buih

Buih Padat

Jenis Koloid

Sifat Koloid

Fungsi Koloid

Jenis Suspensi

Contoh Suspensi dalam Obat

Pemisahan Campuran

Kejenuhan

Larutan

Larutan Elektrolit

Larutan Non Elektrolit

Larutan Tidak Jenuh

Larutan Sangat Jenuh

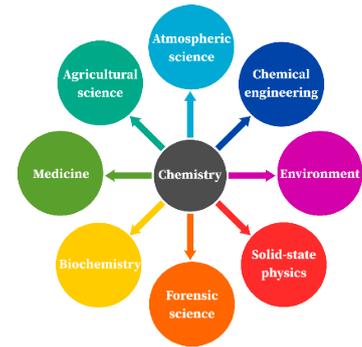
Larutan Jenuh

Larutan Elektrolit Kuat

Larutan Elektrolit Lemah

PENTINGNYA ILMU KIMIA DALAM BIDANG FARMASI

Untuk dapat mempelajari dan memakai obat-obatan, maka peran ilmu kimia menjadi sangat penting. **Ilmu kimia mempelajari struktur dan sifat materi serta perubahan materi dan energi yang terlibat dalam perubahan tersebut.** Ilmu kimia dianggap sebagai **ilmu inti** (Gambar 1.1) karena terkait erat dan bermanfaat untuk ilmu alam lainnya seperti ilmu farmasi. Oleh karena itu orang yang bekerja di bidang farmasi harus belajar ilmu kimia sebagai bekal untuk mempelajari konsep lainnya di farmasi. Konsep ilmu kimia digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik fisika dan kimiawi serta komposisi suatu obat, pelarutan campuran, bahkan dosis obat serta hal-hal lainnya yang berkaitan dengan tingkat bahaya obat bagi tubuh manusia. Ilmu kimia juga sangat berperan dalam penanganan kesehatan yang terkait bidang farmasi, misalnya penyakit *diabetes mellitus* yang dapat disebabkan karena rusaknya sel-sel pankreas akibat proses autoimun sehingga kurang aktif dalam memproduksi hormon insulin sebagai respon terhadap tingginya kadar gula dalam darah. Hal lain yang berkaitan adalah karena resisten insulin yang dapat terjadi pada reseptor insulin atau pada tahap-tahap metabolik yang dipengaruhi oleh hormon insulin. Peran ilmu kimia penting dalam mengetahui urutan **asam amino hormon insulin**. Saat ini melalui proses **rekayasa genetika**, hormon insulin dapat diproduksi di industri dalam skala besar untuk menangani penyakit *diabetes mellitus*.



Gambar 1.1. Keterkaitan ilmu kimia dengan ilmu lainnya.

Sumber: chemistrygod.com



Gambar 1.2. Alam semesta beserta isinya merupakan materi.

Sumber: guillermoferla-unsplash.com



Gambar 1.3. Tabung oksigen.

Sumber: samuelramos-unsplash.com

1.1. PENGERTIAN MATERI

Sebelum mempelajari lebih lanjut tentang ilmu kimia alangkah lebih baiknya Anda memahami dahulu arti materi. **Materi** adalah *segala sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang*. Materi dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti alam semesta (Gambar 1.2), udara, tanah, makanan, obat-obatan dan lainnya. Contoh-contoh tersebut disebut materi karena **menempati ruang** dan **memiliki massa**. Saat ini kita mudah memahami konsep materi karena kita dengan mudah mengetahui ukuran massa dan volume dari objek yang kita amati dengan menggunakan berbagai alat yang kini sudah banyak ditemukan dan semakin canggih. Bahkan untuk mengukur udara yang sangat ringan dan tidak nampak pun kini ilmuwan sudah memiliki cara untuk mengukur massanya, yaitu dengan cara memampatkan gas menjadi volume yang lebih kecil dan berubah menjadi cair sehingga lebih mudah diukur. Seperti contohnya oksigen cair yang digunakan oleh pasien di rumah sakit (Gambar 1.3).

Konsep yang Banyak Dipahami

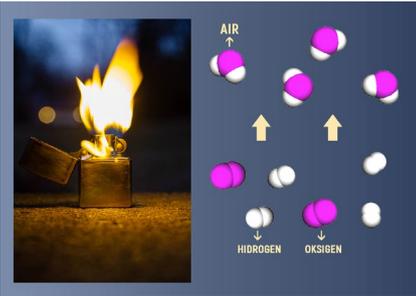
Udara bukan termasuk materi karena tidak dapat dilihat.

Konsep yang Benar

Udara merupakan materi, karena udara menempati ruang dan mempunyai massa.



Gambar 1.4. Belerang.
Sumber: dan meyers-unsplash.com



Gambar 1.5. Proses pembakaran hidrogen dan oksigen membentuk uap air.

Konsep yang Banyak Dipahami

- Semua gas adalah senyawa.
- Memiliki sifat unsur penyusunnya.

Konsep yang Benar

- Gas ada yang tergolong unsur, senyawa, dan campuran.
- Memiliki sifat baru yang berbeda dengan penyusunnya.



Gambar 1.6. Obat untuk melembakan pembuluh darah.
Sumber : kimiafarma.co.id

Konsep yang Banyak Dipahami

Unsur yang tersusun dari molekul unsur dianggap sebagai senyawa. Contohnya O_2 disusun oleh 2 unsur O .

Konsep yang Benar

O_2 merupakan unsur diatomik. partikel penyusunnya adalah molekul unsur. Satu molekul O_2 terdiri dari dua atom O .

1.2. KLASIFIKASI MATERI

Materi dikelompokkan menurut sifat dan komposisi penyusunnya. Secara umum ilmuwan mengelompokkan materi menjadi dua bagian yaitu **zat tunggal** dan **campuran**. **Zat tunggal** terbagi dalam kelompok **unsur** dan **senyawa**, sementara **campuran** dapat berupa **campuran homogen** dan **campuran heterogen**.

1.2.1. Unsur

Unsur adalah *zat tunggal yang tidak dapat diuraikan menjadi zat yang lebih sederhana melalui reaksi kimia*. Unsur-unsur yang sudah teridentifikasi meliputi 94 unsur alami dan 24 unsur buatan. Unsur dapat kita kelompokkan dalam unsur logam, metaloid, dan non logam. Contoh unsur alami adalah belerang (S) (Gambar 1.4), belerang sangat banyak manfaatnya salah satunya dapat digunakan sebagai obat antiseptik di dunia kesehatan.

1.2.2. Senyawa

Senyawa adalah *zat tunggal yang terbentuk melalui penggabungan dua atau lebih unsur dengan perbandingan massa yang tetap*. Senyawa terbentuk ketika satu unsur bereaksi dengan satu atau lebih unsur lain. Sifat senyawa berbeda dengan sifat unsur-unsur penyusunnya. Misalnya dalam susu terkandung air yang tersusun atas senyawa H_2O yang tersusun atas dua atom hidrogen (H) dan satu atom oksigen (O) dengan perbandingan tetap sebesar 1 : 8.

Di alam, hidrogen ditemukan dalam bentuk unsur bebas diatom dalam bentuk gas dan oksigen juga ditemukan dalam bentuk gas. Tampak jelas bahwa sifat air di alam berbentuk cair, sedangkan unsur-unsur penyusunnya, yakni hidrogen dan oksigen berbentuk gas. Beberapa contoh senyawa lain seperti garam alkaloid antara lain *efedrin HCl* (bermanfaat untuk mengurangi pembengkakan pembuluh darah di hidung), *papaverin HCl* (obat untuk melembakan pembuluh darah) (Gambar 1.6), *piridoksin HCl* (suplemen vitamin), dan *aspirin $C_9H_8O_4$* (obat sakit kepala) merupakan bahan obat-obatan. Selain senyawa yang dapat dijadikan bahan obat-obatan, ternyata ada juga senyawa yang berbahaya untuk tubuh bahkan bersifat racun contohnya asam sianida (HCN) yang dapat kita temukan pada umbi kayu yang biasa dikonsumsi.

1.2.3. Campuran

Zat murni berupa unsur atau senyawa dapat saling bercampur satu sama lain dengan komposisi yang tidak tetap menghasilkan suatu campuran, misalnya kalian dapat mencampurkan susu dengan air dengan takaran yang tidak tetap sesuai selera yang semuanya menghasilkan air susu yang

berguna bagi kesehatan. Susu mengandung zat gizi esensial untuk pembentukan tulang dan gigi, yaitu unsur kalsium dan unsur fosfor serta memiliki **senyawa tiamin** yang mencegah penyakit beri-beri, serta senyawa **asam linoleat** dan **fosfolipid** yang mencegah penyakit diabetes, hipertensi, tumor, dan kanker. Contoh lain campuran adalah tanah, air laut, udara, larutan obat, larutan garam dll.

Gambar 1.7 merupakan ilustrasi proses pelarutan campuran antara garam dan air, dalam larutan tersebut terurai ion Na^+ , Cl^- , NaCl , H_2O , Hidrasi ion Na^+ dan ion Cl^- . Setelah dicampurkan dan diaduk, maka garam terlarut dalam air sert terbentuk larutan garam yang berasa asin. Berdasarkan proses tersebut dapat dikatakan bahwa garam terlarut dan tersebar secara merata di air sehingga membentuk larutan homogen. Dapat disimpulkan bahwa campuran adalah penggabungan dua zat atau lebih melalui proses fisika sehingga zat-zat penyusunnya masih mempertahankan sifat masing-masing. Dengan kata lain masih memiliki sifat dari penyusun campuran tersebut, berbeda dengan senyawa yang memiliki sifat yang berbeda dengan penyusunnya. Contohnya proses pencampuran belerang (S) dengan besi (Fe). Saat serbuk belerang dan besi dicampurkan maka kedua serbuk tersebut dapat dipisahkan dengan cara meletakkan magnet sehingga serbuk besi tertarik oleh magnet (Gambar 1.8). Namun saat campuran serbuk belerang dengan besi tersebut dipanaskan ternyata tidak ada satupun yang tertarik oleh magnet karena campuran serbuk belerang dan besi yang dipanaskan membentuk senyawa baru yaitu FeS .



Gambar 1.7. Proses pembakaran hidrogen dan oksigen membentuk uap air.

Konsep yang Banyak Dipahami

Pada pelarutan garam, komponen yang terdapat dalam larutan tersebut adalah: Na^+ , Cl^- .

Konsep yang Benar

Pada pelarutan garam, komponen yang terdapat dalam larutan tersebut adalah: Na^+ , Cl^- , H_2O , Hidrasi Ion Na^+ dan Cl^- .

Perbedaan Senyawa dan Campuran

Tabel 1.1. Perbedaan Senyawa dan Campuran

No	Senyawa	Campuran
1	Dihasilkan melalui reaksi kimia.	Dihasilkan melalui proses fisika.
2	Jumlah komponen penyusun tetap.	Jumlah komponen penyusun berubah.
3	Tersusun atas dua atau lebih unsur.	Tersusun atas dua atau lebih zat.
4	Memiliki sifat yang berbeda dengan unsur penyusunnya.	Masih memiliki sifat penyusunnya.
5	Dapat dipisahkan dengan reaksi kimia.	Dapat dipisahkan dengan cara fisika.

Campuran tidak selalu berbentuk cair seperti larutan, tetapi campuran dapat berwujud padat, cair, dan gas. Campuran diklasifikasikan ke dalam **campuran homogen** dan **campuran heterogen**.



Gambar 1.8. Serbuk besi yang tercampur dengan serbuk belerang tertarik oleh magnet.

Sumber : sainskimia.com

Konsep yang Banyak Dipahami

Campuran homogen hanya larutan berwujud cair.

Konsep yang Benar

Campuran homogen berupa larutan berwujud padat, cair, dan gas.



chi chen



jingming pan



vladimiranikeev

Gambar 1.9. Larutan teh, batang emas, dan udara adalah contoh campuran homogen.

Sumber : unsplash.com

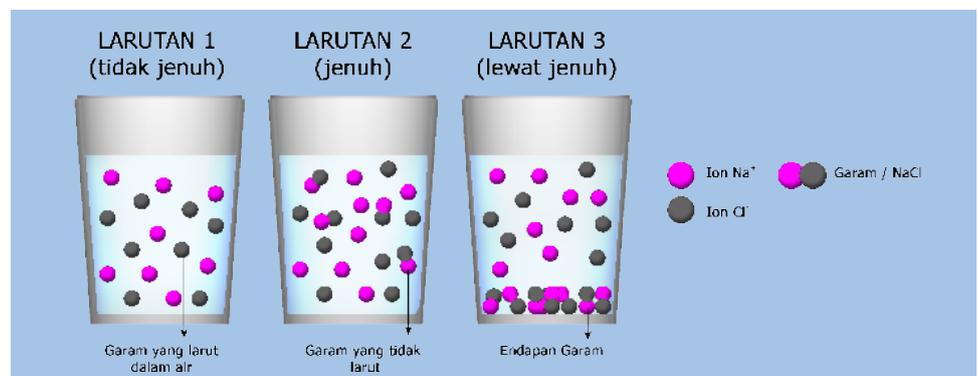
a. Campuran Homogen

Campuran homogen adalah *campuran yang memiliki komposisi sama dan seragam serta tidak ada batas di setiap bagian*. Campuran homogen biasa disebut larutan, misalnya larutan teh, batang emas, dan udara (Gambar 1.9). Larutan biasa diaplikasikan dalam bidang farmasi untuk sediaan obat berbentuk sirup, cuci mulut, obat tetes telinga dan mata, dan lain-lain. Selain berwujud cair, larutan juga ada yang berbentuk gas contohnya udara, dan larutan yang berbentuk padat contohnya perhiasan emas (perhiasan emas yang kita pakai bukan emas murni melainkan campuran emas dan perak). Emas murni sifatnya rapuh sehingga perlu ditambahkan dengan tembaga agar kuat dan mudah dibentuk.

Larutan dalam ilmu kimia merupakan *campuran dua atau lebih zat yang berbeda secara kimia yang dikatakan homogen pada skala molekuler, larutan memiliki komposisi yang sama pada satu titik dengan komposisi pada titik lainnya dalam campuran*. Ketika suatu zat dilarutkan ke dalam zat lain sebagai medium pelarut, larutan terbentuk. **Zat terlarut** disebut **solute**, sedangkan **zat sebagai medium pelarut** dinamakan **solvent**. Istilah larutan umumnya digunakan untuk keadaan zat cair, tetapi ditemukan juga larutan dalam keadaan gas dan padat. Udara, misalnya, merupakan larutan dalam keadaan gas yang terdiri dari oksigen dan nitrogen dengan sejumlah kecil beberapa gas lainnya, dan emas adalah contoh larutan dalam bentuk padat yang terdiri dari emas dan perak. Larutan adalah campuran homogen yang terbentuk akibat proses pelarutan zat terlarut ke dalam medium pelarut.

Berdasarkan jumlah zat terlarut, larutan dibedakan menjadi larutan tidak jenuh, larutan jenuh, dan larutan lewat jenuh.

Larutan Tidak Jenuh, Larutan Jenuh, Larutan Lewat Jenuh



Jika dalam 100 ml air dimasukkan garam sebanyak 20 gr pada suhu 200°C, maka larutan yang terbentuk merupakan larutan yang tidak jenuh karena kelarutan garam pada suhu 200°C adalah 36 gr/100 ml air larutan (1). Jika dalam 100 ml air dimasukkan 40 gr garam maka dihasilkan larutan garam

(3). Jika larutan (2) yang mengandung garam yang tidak larut dipanaskan maka garam akan larut. Selanjutnya didinginkan seperti suhu awal (200°C) mengakibatkan sebagian garam mengendap dan diperoleh kembali larutan jenuh seperti larutan (3).

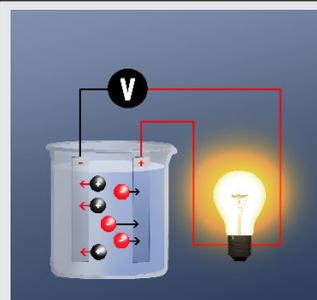
Kasus lain jika kita melarutkan sejumlah CH_3COONa yang tidak larut, maka larutan tersebut dikatakan **larutan tidak jenuh (1)**. Jika di dalam larutan terdapat CH_3COONa yang tidak larut maka disebut **larutan jenuh (2)**. Berikutnya jika larutan (2) didinginkan ke suhu semula maka terdapat CH_3COONa yang mengendap seperti larutan (3) dan disebut **larutan lewat jenuh (3)** karena pada suhu yang sama mengandung CH_3COONa yang lebih banyak dari yang seharusnya (seperti larutan 1). Larutan ini tidak stabil jika ke dalamnya dimasukkan sebutir kristal CH_3COONa , hal tersebut mengakibatkan larutan kelebihan CH_3COONa . Maka diperoleh larutan 4 yang memiliki endapan CH_3COONa .

Larutan Elektrolit, Elektrolit Lemah, dan Non Elektrolit

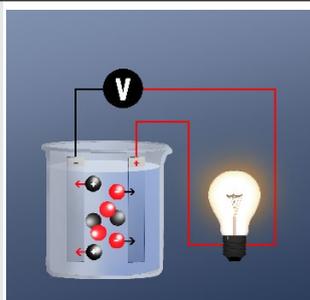
Larutan dapat dikelompokkan berdasarkan daya hantar listrik menjadi larutan elektrolit, larutan elektrolit lemah, dan larutan non elektrolit.

Tabel 1.2. Perbedaan Larutan Elektrolit, Elektrolit Lemah, dan Non Elektrolit

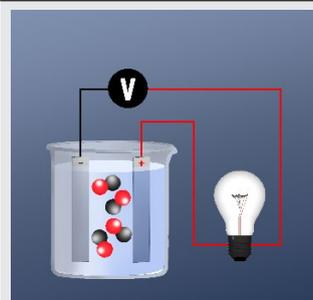
Larutan Elektrolit Kuat	Larutan Elektrolit Lemah	Larutan Non Elektrolit
Merupakan larutan yang terdisosiasi sempurna sehingga mengandung ion-ion bebas yang dapat menghantarkan listrik, contohnya garam yang dilarutkan dalam air.	Merupakan larutan yang terdisosiasi sebagian sehingga mengandung sedikit ion-ion bebas yang dapat menghantarkan listrik, contohnya larutan asam asetat.	Merupakan larutan yang tidak terdisosiasi sehingga hanya terdapat molekul-molekul dalam larutan yang tidak dapat menghantarkan listrik, contohnya gula yang dilarutkan dalam air.
$\text{NaCl (s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{aq})$



Disolusi sempurna, lampu terang karena dalam kristal NaCl sudah ada ion-ion tapi tidak bergerak bebas, saat dalam air jadi bergerak bebas.



Ionisasi sebagian, lampu redup karena CH_3COOH bukan senyawa ion dan saat dilarutkan dengan air hanya sedikit ion yang dihasilkan.



Tidak ada ion, lampu tidak nyala.

Konsep yang Banyak Dipahami

Saat larutan dikatakan jenuh bahkan lewat jenuh berarti proses pelarutan terhenti.

Konsep yang Benar

Saat larutan dikatakan jenuh proses pelarutan masih terjadi dan terbentuk kesetimbangan antara laju pelarutan dan pembentukan endapan.

Konsep yang Banyak Dipahami

Proses ionisasi terjadi dalam larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah.

Konsep yang Benar

Proses disosiasi terjadi dalam larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah.

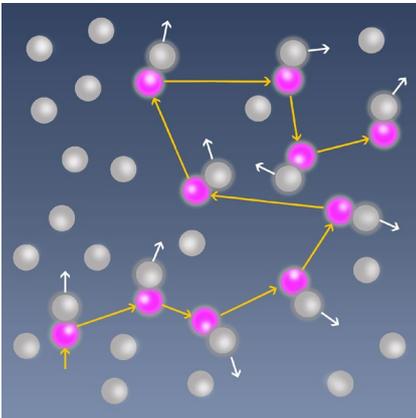
Karena peristiwa ionisasi mengubah molekul atau atom menjadi ion. Sedangkan disosiasi merupakan perubahan senyawa ionik (garam/kompleks) menjadi partikel, ion atau radikal. Jadi ionisasi merupakan bagian dari disosiasi elektrolitik.

b. Campuran Heterogen

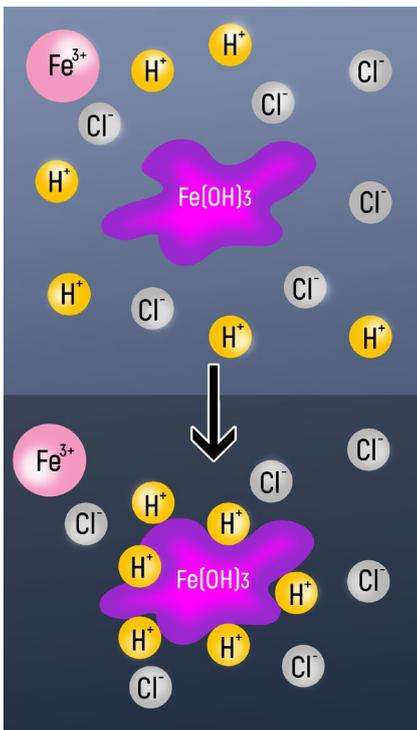
Campuran heterogen adalah *campuran dengan komposisi zat serba tidak sama di setiap tempat dalam campuran tersebut*. Contohnya campuran serbuk besi dengan belerang. Saat diaduk campuran tersebut tidak menyatu dan masih dapat dipisahkan menggunakan magnet. Contoh campuran heterogen adalah koloid dan suspensi.



Gambar 1.10. Peristiwa Efek Tyndall, cahaya diteruskan melalui larutan (kiri) tetapi dihamburkan oleh sistem koloid Fe_2O_3 (kanan).



Gambar 1.11. Gerak Brown.



Gambar 1.12. Peristiwa adsorpsi oleh koloid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bermuatan positif karena permukaan koloid menyerap ion H^+ .

Koloid

Koloid mempunyai ukuran partikel dan sifat di antara larutan dan *suspensi*. Koloid terlihat seperti larutan yang homogen, namun ketika dilihat menggunakan **mikroskop ultra** sebenarnya merupakan campuran yang heterogen. Koloid umumnya tampak keruh, misalnya emulsi susu dalam air.

Sifat-sifat Koloid

1. Efek Tyndall

Sistem koloid jika dikenakan seberkas cahaya dapat memantulkan dan menghamburkan cahaya tersebut karena panjang gelombang cahaya tampak (400 – 750 nm) berukuran hampir sama dengan kumpulan partikel koloid yang berukuran nano sehingga mampu menghamburkan cahaya (Gambar 1.10).

2. Gerak Brown

Gerak Brown adalah gerak zig zag yang bersifat acak yang terjadi akibat adanya tumbukan antar partikel koloid yang bermuatan sama sehingga terjadi tolakan elektrostatis dalam sistem koloid (Gambar 1.11). Gerak Brown dapat diamati menggunakan mikroskop ultra.

3. Adsorpsi

Sistem koloid mempunyai luas permukaan yang besar sehingga melalui **gaya adhesi** dapat mengadsorpsi partikel-partikel lain yang bermuatan yang menjadikan sistem koloid dapat bermuatan positif atau negatif (Gambar 1.12.). Kegunaan sifat adsorpsi sistem koloid antara lain adalah untuk membuang kotoran, mengadsorpsi warna, memekatkan bijih tambang, memisahkan campuran, dan proses pemurnian lainnya. Contohnya pemutihan gula, pewarnaan tekstil, dan penjernihan air.

4. Koloid Liofil dan Liofob

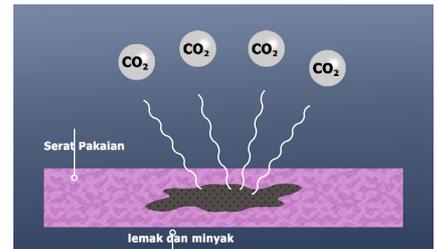
Koloid jenis sol dimana fase terdispersi selalu berfasa padat dapat dibedakan berdasarkan **afinitas** partikel-partikel fase terdispersi terhadap partikel-partikel **medium pendispersi**, yaitu **sol liofil** dan **sol liofob**.

Sol liofil adalah sol yang partikel-partikel fase terdispersinya menarik dengan kuat partikel-partikel medium pendispersi. Jika air sebagai medium pendispersi dinamakan hidrofил. Sol hidrofил memiliki permukaan yang mengandung ion bermuatan atau gugus polar, misalnya sabun, detergen,

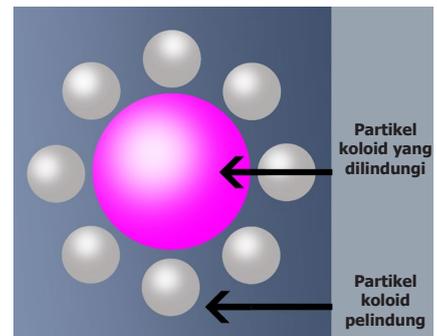
agar-agar, kanji, dan gelatin. **Sol liofob** adalah sol yang partikel-partikel fase terdispersinya menolak dengan kuat partikel-partikel medium pendispersi. Sol liofob mudah mengalami koagulasi, misalnya sol belerang, sol $\text{Fe}(\text{OH})_3$, sol emas, dan sol As_2S_3 .

5. Koloid Pelindung

Koloid pelindung adalah koloid yang membentuk lapisan yang mengelilingi suatu sistem koloid untuk mencegah gaya tarik elektrostatis dengan partikel-partikel koloid lain yang bermuatan berlawanan sehingga tidak mengalami koagulasi (Gambar 1.14). Contohnya gelatin pada cat dan es krim, serta kasein pada susu kental manis.



Gambar 1.13. Koloid liofil.

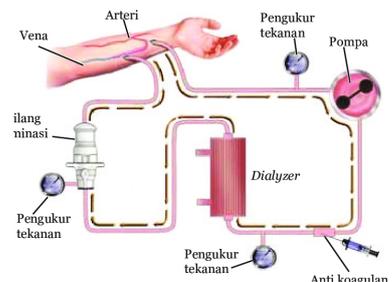


Gambar 1.14. Koloid pelindung.

Proses Perlakuan Terhadap Pemisahan Koloid

1. Dialisis

Sistem koloid biasanya dipertahankan kestabilannya dengan menambahkan sedikit ion-ion yang berasal dari larutan elektrolit. Ion-ion berlebih dari larutan elektrolit tersebut dapat mengganggu kestabilan koloid sehingga harus dibuang dengan cara dialisis menggunakan alat **dialisator**. Sistem koloid dimasukkan ke dalam kantong **semipermeabel** dan dicelupkan ke dalam air mengalir sampai ion-ion berlebih keluar melalui pori-pori selaput membran semipermeabel. Proses dialisis yang paling dikenal terjadi pada pasien penderita gagal ginjal saat melakukan proses pencucian darah (Gambar 1.15).

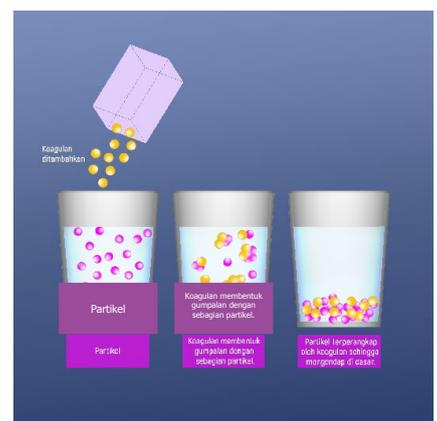


Gambar 1.15. Proses pencucian darah dengan cara dialisis.

Sumber : www.researchgate.net/figure

2. Koagulasi

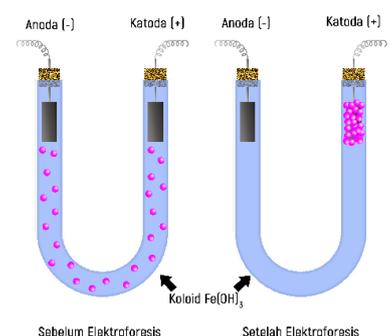
Sistem koloid biasanya mengadsorpsi ion-ion sehingga menjadi bermuatan. Ketika terdapat ion-ion lain yang bermuatan berlawanan terjadi gaya tarik elektrostatis sehingga terjadi koagulasi atau penggumpalan yang menyebabkan terjadinya pengendapan karena partikel-partikel menjadi berukuran **suspensi** (Gambar 1.16). Contoh koagulasi adalah penggumpalan pada susu basi dan telur yang direbus.



Gambar 1.16. Koagulasi

3. Elektroforesis

Sistem koloid menjadi bermuatan karena mengadsorpsi ion-ion tertentu. Ketika sistem koloid ditempatkan dalam medan listrik, partikel-partikel koloid akan bergerak ke **elektrode** yang mempunyai muatan berlawanan. **Sel elektroforesis** menggunakan cara kerja tersebut. Contohnya pembuatan sarung tangan karet, mengurangi pencemaran udara pada corong uap pembakaran batu bara, penyaring debu pada pabrik, pengidentifikasi DNA manusia serta mampu mengidentifikasi kelainan genetik pada makhluk hidup.



Gambar 1.17. Elektroforesis



Gambar 1.18. Intan termasuk sol padat.
Sumber : *bas van den eijkhof - unsplash.com*



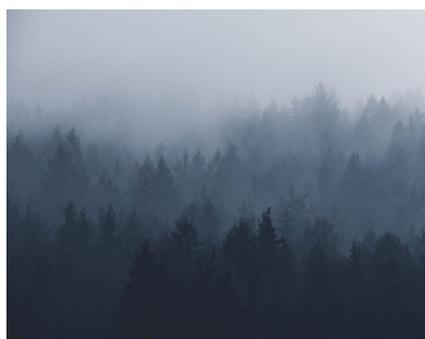
Gambar 1.19. Cat termasuk sol.
Sumber : *taelynn christopher - unsplash.com*



Gambar 1.20. Mentega termasuk emulsi padat.
Sumber : *sorin gheorghita - nsplash.com*



Gambar 1.21. Susu termasuk emulsi.
Sumber : *an vision - unsplash.com*



Gambar 1.22. Kabut termasuk aerosol.
Sumber : *paul gilmore - unsplash.com*

Tabel 1.3. Jenis Koloid dan Contohnya

Fase Terdispersi	Medium Pendispersi	Nama Koloid	Contoh
Padat	Padat	Sol padat	Kaca berwarna, intan, paduan logam.
	Cair	Sol	Cat, tinta, kanji, selai, lem, darah, sol emas, sol belerang.
	Gas	Aerosol padat	Asap, debu.
Cair	Padat	Emulsi padat	Mentega, keju, jeli, mutiara.
	Cair	Emulsi	Susu, santan, minyak ikan, kosmetik pembersih wajah (<i>milk cleanser</i>), mayones, krim.
	Gas	Aerosol	Kabut, awan (Gambar 1.22), <i>hairspray</i> .
Gas	Padat	Busa Padat	Batu apung (Gambar 1.23), karet busa.
	Cair	Busa	Busa sabun, krim kocok (Gambar 1.24)

Suspensi

Suspensi adalah campuran heterogen yang ukuran partikel yang terdispersinya besar dan tersebar merata pada medium pendispersinya. Contoh suspensi dalam dunia farmasi adalah obat berwujud cair yang mengandung serpihan serbuk padat halus yang tidak larut dan tidak boleh cepat mengendap. Kestabilan suspensi dijaga dengan menambahkan zat tambahan tertentu sehingga ketika dikocok perlahan segera terdispersi kembali. Pembuatan suspensi oral ini disebabkan obat-obat tertentu hanya stabil bila disuspensi dan tidak stabil bila berada dalam larutan.



Gambar 1.23. Batu apung termasuk busa padat.
Sumber : *ubuy.co.id*



Gambar 1.24. Krim kocok termasuk busa.
Sumber : *didi miam - unsplash.com*

Obat suspensi oral ini mudah diminum dengan dosis relatif besar untuk anak-anak.

Tabel 1.4. Perbedaan Larutan, Koloid, dan Suspensi

Sifat	Sistem Dispersi		
	Larutan	Koloid	Suspensi
Bentuk Campuran	Homogen	Homogen secara kasat mata, heterogen dengan mikroskop ultra.	Heterogen
Ukuran	< 1 nm	1-100 nm	>100 nm
Fase	Satu fase	Dua fase	Dua fase
Kestabilan setelah didiamkan beberapa saat	Stabil, setelah didiamkan beberapa saat tidak memisah dan tidak mengendap.	Umumnya stabil, setelah didiamkan beberapa saat tidak memisah (tahan lama) dan sukar mengendap.	Tidak stabil, karena setelah didiamkan beberapa saat memisah dan mengendap.
Penyaringan	Tidak dapat disaring.	Dapat disaring dengan penyaring ultra.	Dapat disaring.

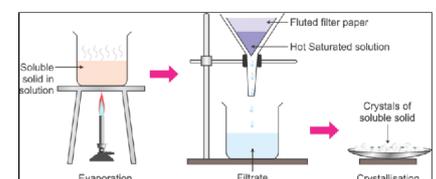


Gambar 1.25. Obat dalam bentuk suspensi
Sumber: *touwfiqu barbhuiya - unsplash.com*

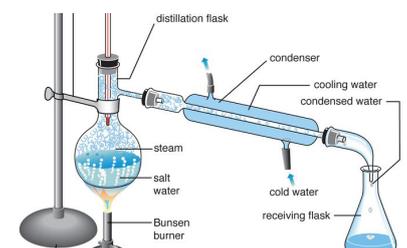
1.2.4. Pemisahan Campuran

Tabel 1.5. Proses Pemisahan Campuran

	Kristalisasi	Distilasi	Evaporasi
Pengertian	Pemisahan zat padat dari suatu campuran dengan cara mengkristalkan karena berbeda kelarutan.	Pemisahan zat cair yang merupakan campuran zat-zat yang mudah menguap,	Memisahkan zat padat dari larutan.
Mekanisme	Gambar 1.26	Gambar 1.27	Gambar 1.28
Contoh	Pembentukan kristal sebagai bahan baku obat.	Memisahkan air dengan alkohol dalam larutan alkohol.	Pembuatan garam dari air laut.



Gambar 1.26. Mekanisme kristalisasi.
Sumber: *topperlearning.com*



Gambar 1.27. Mekanisme distilasi.
Sumber: *britannica.com*

1.2.5. Sifat Materi

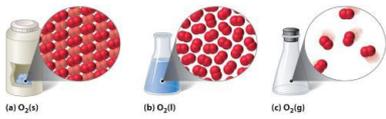
a. Sifat Fisika

Sifat fisika adalah sifat suatu zat yang diamati dan diukur tanpa mengubah identitas zat tersebut. Contohnya warna, wujud, dan berat jenis. Suatu zat dapat berwujud padat, cair, dan gas pada suhu dan tekanan tertentu.

- **Padatan** adalah zat dengan struktur yang **rigid** (kaku) dan bentuk yang **pasti**. Zat berwujud padat mempunyai susunan partikel yang teratur. Contoh padatan adalah kapsul, serbuk, dan tablet pada obat, ketiga obat tersebut berwujud padat hanya bentuk dan fungsi serta tujuan



Gambar 1.28. Mekanisme evaporasi.
Sumber: *britannica.com*



Gambar 1.29. Wujud O_2 padat ($-218^\circ C$), cair ($-183^\circ C$) dan gas ($25^\circ C$) (kiri ke kanan).

Sumber : chem.libretexts.org

Konsep yang Banyak Dipahami

Suatu zat yang sama saat dalam keadaan padat, cair, dan gas tersusun dari senyawa yang berbeda.

Konsep yang Benar

Suatu zat yang sama saat dalam keadaan padat, cair, dan gas tersusun dari senyawa yang sama.

penggunaannya yang membedakan.

- **Cairan** adalah zat yang bersifat fluida yang dapat mengalir dan berbentuk sesuai wadah yang ditempati. Contoh sirup, obat tetes mata, obat kumur, dll
- **Gas** adalah zat yang bentuknya sesuai wadah yang ditempati dan bersifat fluida yang dapat mengembang tanpa batas dengan jarak antar partikel yang saling berjauhan. Contoh gas O_2 dan CO_2 .

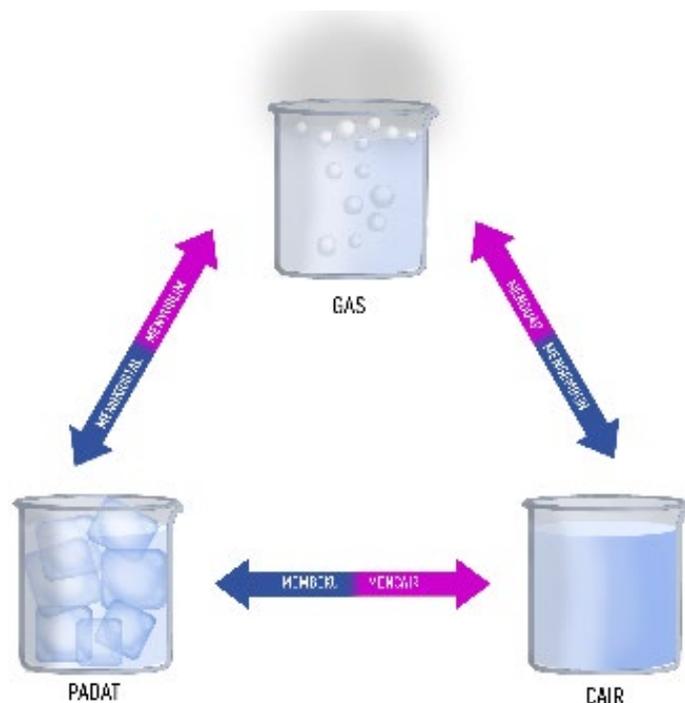
b. Sifat Kimia

Sifat kimia adalah sifat yang hanya dapat diamati dan diukur dengan mengubah suatu zat menjadi zat lain dengan identitas yang berbeda. Sifat kimia yang berubah disebabkan karena terjadi perubahan struktur atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya. Beberapa sifat kimia adalah berkarat, beracun, mudah membusuk, mudah terbakar, dan mudah meledak.

1.2.6. Perubahan Materi

Perubahan wujud tidak membentuk suatu zat baru. Seperti halnya perubahan wujud air menjadi es dan menjadi uap air. Zat yang terbentuk masih sama yaitu air. Perubahan tersebut dinamakan dengan perubahan fisika.

Perubahan fisika hanya mengubah wujud suatu zat tanpa adanya perubahan dalam komposisi materi sebagaimana terlihat dalam diagram pada Gambar 1.20 berikut.



Gambar 1.30. Perubahan wujud zat.

Untuk lebih memahami perubahan fisika pada suatu materi, lakukan eksperimen berikut.

MARI MELAKUKAN PERCOBAAN!

Ekstperimen Kimia : Es Susu Buatanku

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	Kantong plastik besar	1 buah
2.	Kantong plastik kecil	Secukupnya
3.	Wadah plastik	1 buah
4.	Garam dapur kasar	Secukupnya
5.	Es batu	2 kg
6.	Susu kental manis	Secukupnya
7.	Air matang	Secukupnya



Prosedur

1. Buatlah campuran susu dan air matang dalam wadah plastik (banyaknya susu yang dicampurkan ke dalam air tergantung dari rasa manis yang diinginkan).
2. Tempatkan air susu ke dalam beberapa kantong plastik kecil, kemudian ikat ujung masing-masing kantong plastik kecil tersebut.
3. Masukkan es batu ke dalam kantong plastik besar hingga memenuhi setengah kantong, tambahkan garam dapur kasar di atas permukaan es batu tersebut.
4. Masukkan kantong-kantong plastik kecil berisi air susu ke dalam kantong plastik besar yang berisi es batu dan garam kasar. Ikat bagian atas kantong plastik besar.
5. Kocok dan tekan-tekan plastik besar tersebut, pastikan es batu dalam kantong dapat menyelimuti kantong plastik kecil yang ada di dalamnya. Lakukan hal ini hingga air susu membeku (kurang lebih dibutuhkan waktu 10 menit hingga membeku).
6. Buka ikatan kantong plastik besar, kemudian keluarkan kantong-kantong plastik kecil dari dalamnya. Es susu dapat langsung dinikmati bersama-sama.

Analisis

1. Apa jenis materi pada air
2. susu?
Apa guna penambahan garam kasar pada kegiatan kimia diatas?
3. Apa jenis perubahan materi pada perubahan air susu menjadi es susu. Jelaskan alasannya!

Perubahan kimia adalah perubahan suatu zat menjadi zat baru dengan sifat fisika dan sifat kimia yang berbeda dari zat asalnya, contohnya peristiwa reaksi antara gas oksigen dengan hidrogen membentuk senyawa air.

Reaksi kimia merupakan perubahan materi yang mengubah komposisi dalam materi yang dicirikan dengan adanya perubahan warna dan suhu serta pembentukan endapan dan gas. Selain itu, reaksi kimia terkadang membutuhkan suatu katalis untuk mempercepat terjadinya reaksi, misalnya susu dapat diubah menjadi yoghurt melalui reaksi kimia dengan menambahkan biokatalis berupa mikroorganisme seperti bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*.

MARI MELAKUKAN PERCOBAAN!

Eksperimen Kimia : Yoghurt Buatanku

Perubahan kimia pada proses fermentasi susu menjadi yoghurt melibatkan perombakan senyawa nutrisi seperti protein, lemak, dan laktosa dalam susu oleh bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* sebagai sumber karbon dan sumber energi untuk pertumbuhan kedua bakteri tersebut yang mengubah **laktosa** menjadi **asam piruvat** selanjutnya diubah menjadi asam laktat yang meningkatkan keasaman susu sehingga kasein menjadi tidak stabil dan terkoagulasi membentuk *gel yoghurt*.

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	Susu sapi segar	1 Liter
2.	Bibit Yoghurt	1/2 cangkir
3.	Panci	1 buah
4.	Food container kapasitas 1L	1 buah



Prosedur

1. Tuang susu ke dalam panci dan panaskan menggunakan kompor dengan api kecil sambil diaduk perlahan sampai susu berubah menjadi padat (jangan sampai susu mendidih dan hangus pada bagian bawah).
2. Angkat susu dan dinginkan dengan meletakkan panci ke dalam wadah yang berisi air sambil diaduk secara perlahan hingga suhu susu mencapai 430°C.
3. Saat mencapai suhu yang diinginkan, tuangkan bibit yoghurt ke dalam panci yang berisi susu tersebut. Aduk bibit *yoghurt* dengan susu hingga rata secara keseluruhan.
4. Pindahkan susu yang sudah tercampur dengan bibit *yoghurt* ke dalam wadah bersih.
5. Tutup rapat sehingga tidak ada ruang udara bisa masuk agar proses inkubasinya berjalan dengan sempurna.

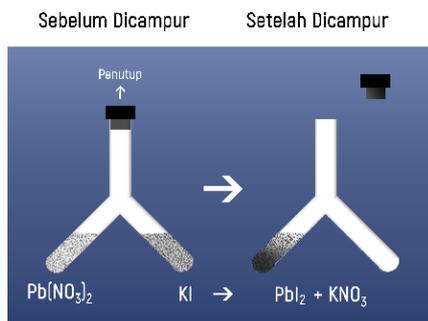
6. Saat proses inkubasi terjadi, diamkan cairan yoghurt agar bakteri tumbuh dan berkembang. Pastikan suhu saat proses inkubasi terjadi ada pada suhu 38°C. Proses ini akan memakan waktu selama 7 jam. Semakin lama didiamkan maka tingkat keasaman akan semakin tinggi dan tekstur akan menjadi lebih kental.
7. Setelah mendinginkan selama 7 jam atau lebih, dinginkan yoghurt yang telah mengental beberapa jam sebelum dikonsumsi agar yoghurt lebih awet.

Analisis

1. Apa fungsi bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* pada pembuatan yoghurt diatas?
2. Apa jenis perubahan materi pada perubahan susu menjadi yoghurt? Jelaskan alasannya.
3. Sebutkan materi kimia pada susu sebelum terjadinya proses fermentasi dan sebutkan materi pada pada yoghurt setelah terjadinya proses fermentasi.

1.2.7. Hukum-Hukum Dasar Kimia

a. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)



Gambar 1.32. Hukum kekekalan massa.

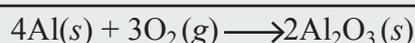
Menurut Lavoisier, massa zat yang dibakar dalam wadah terbuka akan bertambah karena telah menyerap sesuatu dari udara. Reaksi pembakaran dalam wadah tertutup mengakibatkan massa total zat pembakaran tidak berubah karena tidak ada materi yang diserap dari udara atau yang dilepaskan ke udara. Kesimpulan dari percobaan Lavoisier adalah

“massa zat-zat yang bereaksi sama dengan massa zat-zat hasil reaksi”.

Saat kita mereaksikan suatu zat dalam ruang tertutup, sejatinya tidak ada zat yang keluar atau masuk dalam proses reaksi sehingga tidak menimbulkan perubahan massa.

Contoh soal

Dalam kegiatan yang dilakukan di laboratorium farmasi sebanyak 10,8 gram logam aluminium habis bereaksi dengan 9,6 gram oksigen dalam ruang tertutup membentuk aluminium oksida menurut persamaan reaksi:



Tentukan jika massa aluminium oksida yang dapat terbentuk Ar: Al = 27; O = 16

Diketahui

- massa logam aluminium = 10,8 gram
- massa gas Oksigen = 9,6 gram
- Ar: Al = 27; O = 16

Ditanyakan

Berapakah massa aluminium oksida yang terbentuk?

Pembahasan

Karena reaksi berlangsung dalam wadah tertutup, maka massa aluminium oksida yang terbentuk adalah 10,8 gram + 9,6 gram = 20,4 gram sesuai dengan hukum kekekalan massa.

Namun demikian untuk mengetahui lebih lanjut tentang berapa banyak yang bereaksi dan produk yang dihasilkan, kita perlu memahami terlebih dahulu hukum-hukum berikutnya.

b. Hukum Perbandingan Tetap

Air merupakan senyawa kimia yang istimewa karena memiliki tiga wujud dalam suhu kamar (25°C), baik padat, cair maupun gas. Air memiliki rumus molekul H₂O yang tersusun atas dua atom unsur hidrogen dan satu atom unsur oksigen. Jika membandingkan massa atom hidrogen dan oksigen pada H₂O, maka perbandingan massa atom H dan Massa atom O dalam H₂O dapat dihitung dengan melihat jumlah atom pada H₂O, yaitu 2 atom H dan 1 atom O. Oleh karena itu massa 2H : massa O adalah

$$\begin{array}{r}
 2 \text{ atom H} \times \text{Ar.H} : 1 \text{ atom O} \times \text{Ar.O} \\
 2 \times 1 : 1 \times 16 \\
 2 : 16 \\
 1 : 8
 \end{array}$$

Dengan :

- Ar: H = 1; O = 16

Air sebagai salah satu senyawa kimia dalam keadaan berwujud padat, cair dan gas memiliki perbandingan massa H : O = 1 : 8. Air akan memiliki perbandingan yang tetap dari manapun air tersebut berasal dan didapatkan. Perbandingan tetap dari unsur-unsur suatu senyawa memenuhi salah satu hukum dasar kimia yakni **Hukum Perbandingan Tetap** yang berbunyi, “Setiap reaksi kimia, massa zat yang bereaksi dengan sejumlah tertentu zat lain, selalu tetap”.

Contoh Soal

Senyawa besi (II) sulfida terbentuk dari unsur besi dan unsur belerang dengan perbandingan Fe:S = 7:4. Untuk membuat senyawa besi (II) sulfida seberat 120 gram, berapa gram besi dan belerang yang diperlukan?

Diketahui

- Perbandingan Fe:S = 7:4
- Berat senyawa besi (II) sulfida = 120 gram

Ditanyakan

Berapa gram besi dan belerang yang diperlukan?

Pembahasan

Perbandingan Fe:S = 7:4

massa besi yang diperlukan adalah = $\frac{7}{11} \times 120 \text{ gram} = 76,36 \text{ gram}$

massa belerang yang diperlukan = $\frac{4}{11} \times 120 \text{ gram} = 43,64 \text{ gram}$

Konsep yang Dipahami

Perbandingan massa unsur-unsur senyawa-senyawa dipengaruhi oleh wujudnya.

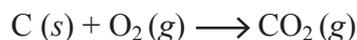
Konsep yang Benar

Perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa bernilai tetap, tidak dipengaruhi oleh wujudnya.

Contohnya hidrogen dan oksigen pada senyawa air akan selalu tetap bagaimanapun wujud air tersebut, yakni H : O = 1 : 8.

c. Hukum Perbandingan Berganda

Telah diketahui bahwa gas karbon dioksida merupakan gas yang dihasilkan dari hasil pernapasan manusia. Sedangkan pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan gas karbon monoksida. Perhatikan rumus kimia dari kedua gas tersebut!



Kedua gas tersebut merupakan senyawa kimia dengan unsur penyusun yang sama yakni unsur karbon dan unsur oksigen. Berdasarkan beberapa puluhan senyawa yang ada di alam, **Dalton** mengemukakan bahwa *bila dua unsur membentuk lebih dari satu senyawa, maka perbandingan massa dari unsur satu yang bersenyawa dengan sejumlah tertentu unsur lain merupakan bilangan bulat sederhana*. Pernyataan tersebut dikenal dengan **Hukum Kelipatan Perbandingan**. Berdasarkan contoh dua gas di atas, perbandingan jumlah unsur oksigen pada gas

CO : CO₂ adalah 1 : 2 ;

FeO : Fe₂O₃ adalah 1:3 ;

H₂O : H₂O₂ adalah 1 : 2.

Contoh Soal

Unsur A dan B membentuk dua macam senyawa dengan komposisi sebagai berikut.

Senyawa	Massa A	Massa B
I	50 %	50 %
II	60 %	40 %

Tentukan perbandingan massa B di dalam senyawa I dan II pada massa A yang tetap!

Diketahui

Senyawa I = A : B = 50% : 50 % = 1 : 1

Senyawa II = A : B = 60% : 40 % = 3 : 2

Ditanyakan

Berapakah perbandingan massa B di dalam senyawa I dan II pada massa A yang tetap?

Pembahasan

Untuk massa A yang tetap berarti nilai A harus sama, maka

Senyawa I = A : B = 50% : 50 % = 3 : 3

Senyawa II = A : B = 60% : 40 % = 3 : 2

d. Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay-Lussac)

Gay-Lussac menyatakan bahwa “Pada tekanan dan suhu sama, perbandingan volume gas-gas pereaksi dan gas-gas hasil reaksi merupakan bilangan bulat dan sederhana”.

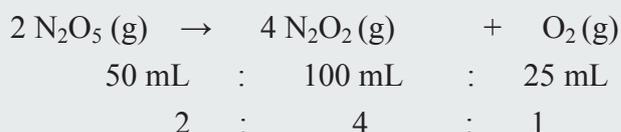
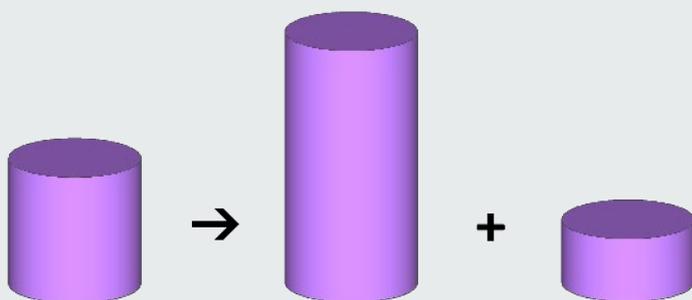
Contoh Soal:

Sebanyak 50 mL (100°C, 1 atm) gas dinitrogen pentoksida terurai menjadi 100 mL (100°C, 1 atm) gas nitrogen dioksida dan 25 mL (100°C, 1 atm) gas oksigen.

- Apakah hasil percobaan tersebut memenuhi hukum perbandingan volume?
- Berapa banyak gas nitrogen dioksida dan oksigen yang dapat dihasilkan jika 0,4 L (100°C, 1 atm) gas dinitrogen pentoksida terurai?

Pembahasan

- Perbandingan volume gas-gas yang terlibat dalam reaksi



Ya, memenuhi hukum perbandingan volume, karena nilai perbandingan volume gas-gas tersebut bilangan bulat dan sederhana.

- Perbandingan volume gas dinitrogen pentoksida : gas nitrogen dioksida : gas oksigen = 2 : 4 : 1

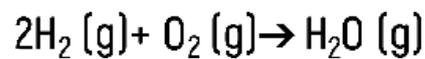
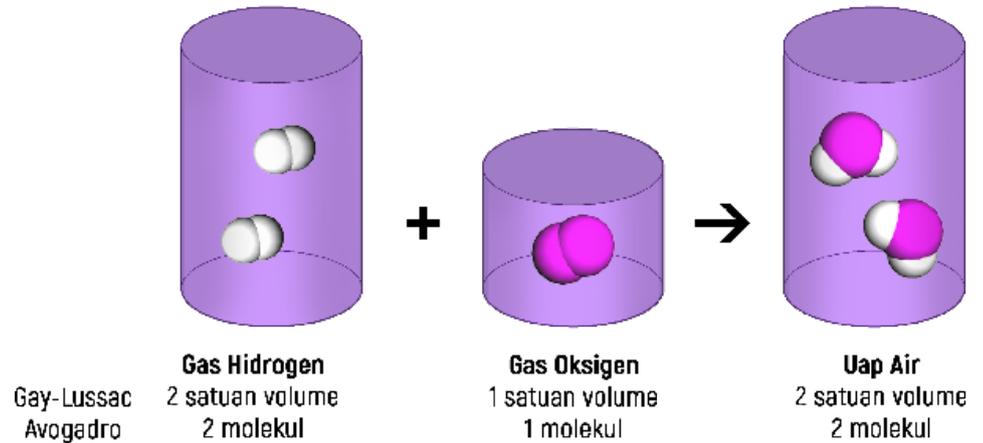
untuk 0,4 L gas dinitrogen pentoksida yang terurai akan dihasilkan:

volume gas nitrogen dioksida

volume gas oksigen = $\frac{1}{2} \times 0,4 = 0,2 \text{ L}$.

e. Hukum Avogadro

Hukum Avogadro menyatakan bahwa “Pada suhu dan tekanan yang sama, volume yang sama dari semua gas mengandung jumlah molekul yang sama”. Jadi, koefisien reaksi dalam suatu persamaan reaksi menunjukkan perbandingan jumlah molekul gas, sebagaimana ilustrasi gambar berikut.

**LATIHAN SOAL****Pilihan Ganda**

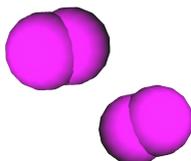
Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

- 1.1 Diketahui suatu materi mempunyai sifat komponen penyusun yang tidak tampak lagi setelah bergabung. Jenis materi yang dimaksud adalah ...
- A. Senyawa
B. Campuran
C. Unsur
D. Zat
E. Molekul senyawa
- 1.2 Zat murni berupa unsur yang mengikat gugus heme sehingga hemoglobin darah berfungsi efektif untuk menyalurkan oksigen ke sel-sel tubuh adalah....
- A. Besi
B. Fosfor
C. Kalsium
D. Natrium
E. Magnesium

1.3 Jika pipa besi dibiarkan di udara, maka lama kelamaan akan terbentuk karat besi $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{10}\text{H}_2\text{O}$. Karat besi merupakan ...

- A. Unsur
- B. Campuran
- C. Senyawa
- D. Zat
- E. Molekul senyawa

1.4 Model partikel berikut ini merupakan jenis partikel ...

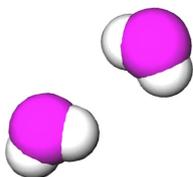


- A. Ion
- B. Molekul unsur
- C. Molekul senyawa
- D. Atom
- E. Unsur

1.5 Raksa merupakan jenis logam yang berbentuk cair pada suhu kamar dan biasanya digunakan untuk termometer. Partikel penyusun raksa tersebut adalah ...

- A. Molekul unsur
- B. Atom
- C. Ion
- D. Molekul senyawa
- E. Campuran berbagai jenis logam

1.6 Model partikel berikut ini merupakan jenis partikel ...



- A. Ion
- B. Molekul unsur
- C. Molekul senyawa
- D. Atom
- E. Unsur

1.7 Zat murni pada garam beryodium yang dapat mencegah penyakit gondok mengandung senyawa....

- A. Natrium klorida
- B. Kalsium klorida
- C. Natrium iodida
- D. Kalium iodat
- E. Natrium iodat

1.8 Minyak ikan mengandung asam dokosaheksanoat (DHA) dan asam eikosapentanoat (EPA) yang berfungsi mencegah penyumbatan darah, penyakit jantung, dan kanker. Kandungan dalam minyak ikan tersebut merupakan materi kimia berupa....

- A. Atom
- B. Ion
- C. Unsur
- D. Senyawa
- E. Campuran

1.9 Alkohol 70% yang dijual di apotek digunakan sebagai cairan antiseptik yang dapat membunuh bakteri. Alkohol 70% tersebut mengandung materi kimia berupa....

- A. 70% unsur alkohol dan 30% unsur air
- B. 70% senyawa metanol dan 30% senyawa air
- C. 70% senyawa etanol dan 30% senyawa air
- D. 70% senyawa etanol dan 30% senyawa metanol
- E. Campuran berisi 70% senyawa etanol dan 30% senyawa air

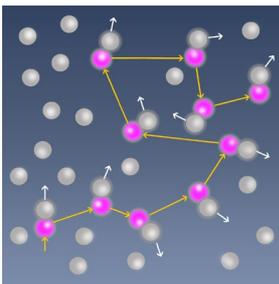
1.10 Sterilisasi alat-alat kesehatan menggunakan autoklaf untuk membunuh bakteri. Perubahan fisika dalam proses sterilisasi tersebut berupa....

- A. Mencair
- B. Membeku
- C. Menguap
- D. Menyublim
- E. Mengembun

1.11 Berikut ini adalah peristiwa-peristiwa koagulasi pada partikel koloid, kecuali ...

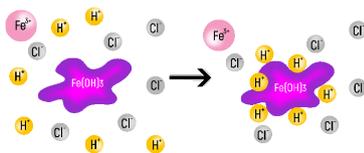
- A. Penggumpalan lateks
- B. Pengobatan sakit perut
- C. Pengendapan debu pada cerobong asap
- D. Penjernihan lumpur dari air sungai
- E. Pembentukan delta pada muara sungai

1.12 Gerak Brown dalam sistem koloid seperti ditunjukkan pada gambar berikut terjadi karena ...



- A. Gravitasi
- B. Tolak-menolak antara partikel koloid yang bermuatan sama
- C. Tarik-menarik antara partikel koloid yang berbeda muatan
- D. Tumbukan antara partikel koloid
- E. Tumbukan molekul medium dengan partikel koloid

1.13 Koloid dapat menyerap ion pada permukaannya. Sifat ini disebut ...



- A. Koagulasi
- B. Absorpsi
- C. Adsorpsi
- D. Dialisis
- E. Elektroforesis

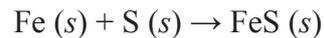
1.14 Contoh pemanfaatan dialisis pada kehidupan sehari – hari adalah...

- A. Proses cuci darah
- B. Pembuatan susu bubuk
- C. Pembuatan lem kanji
- D. Pembuatan es krim
- E. Alat pengendapan Cottrel

1.15 Yang termasuk koloid hidrofob adalah ...

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| A. Amilum dalam air | D. Lemak dalam air |
| B. Protein dalam air | E. Agar-agar dalam air |
| C. Putih telur dalam air | |

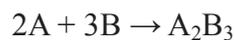
1.16 Serbuk besi sebanyak 28 gram (Ar Fe = 56) direaksikan dengan 20 gram belerang (Ar S = 32) sesuai persamaan reaksi kimia:



Zat yang tersisa sesudah reaksi berakhir adalah

- | | |
|--------------------|--------------|
| A. 2 gr belerang | D. 8 gr besi |
| B. 2,5 gr belerang | E. 5 gr besi |
| C. 4 gr besi | |

1.17 Suatu reaksi berlangsung sebagai berikut:



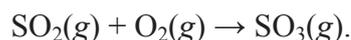
(Ar A = 20, B = 30) maka untuk bereaksi dengan 10 gram A diperlukan B sebanyak

- | | |
|------------|--------------|
| A. 10 gram | D. 45 gram |
| B. 30 gram | E. 22,5 gram |
| C. 15 gram | |

1.18 Jika perbandingan massa hidrogen dan oksigen dalam air adalah 1 : 8, maka untuk menghasilkan 45 gram air dibutuhkan

- | | |
|--|--|
| A. 5 gram hidrogen dan 40 gram oksigen | D. 5 gram hidrogen dan 9 gram oksigen |
| B. 40 gram hidrogen dan 5 gram oksigen | E. 45 gram hidrogen dan 5 gram oksigen |
| C. 5 gram hidrogen dan 8 gram oksigen | |

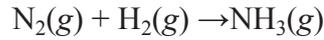
1.19 Bila gas SO₂ direaksikan dengan oksigen terjadi reaksi:



Jika volume gas belerang dioksida yang bereaksi 4 liter, maka

- | | |
|-----------------------------------|--|
| A. dibutuhkan 1 liter gas oksigen | D. dihasilkan 4 liter gas belerang trioksida |
| B. dibutuhkan 4 liter gas oksigen | E. dihasilkan 2 liter gas belerang trioksida |
| C. dibutuhkan 6 liter gas oksigen | |

- 1.20 Dua liter gas nitrogen direaksikan dengan dua liter gas hidrogen menghasilkan gas amonia sesuai reaksi:

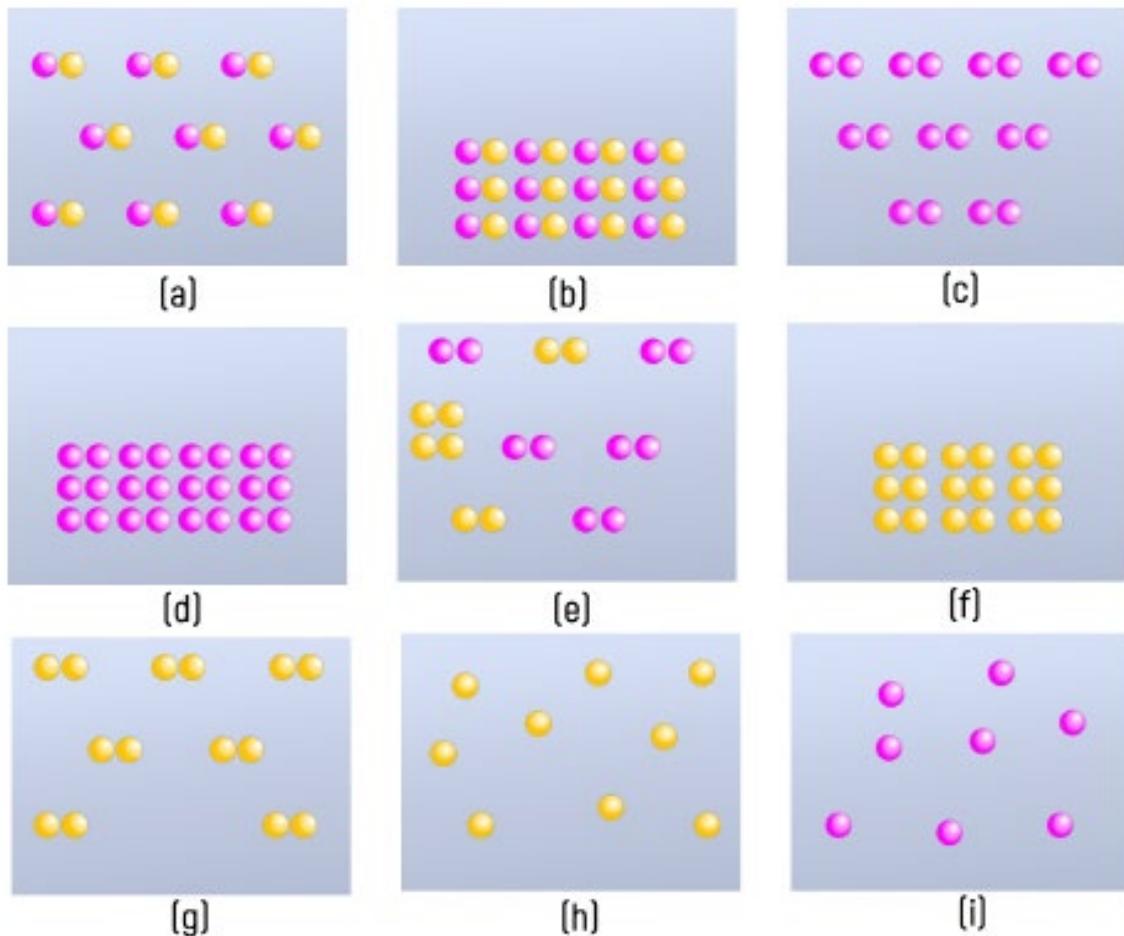


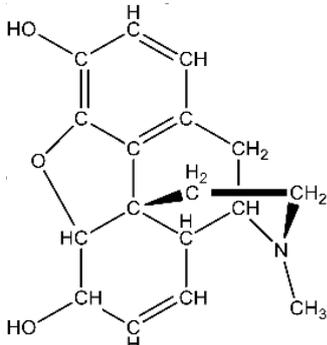
Jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama, maka volume gas amonia yang dihasilkan

- A. 1 liter
B. 2 liter
C. 3 liter
D. 4 liter
E. 6 liter

ESAI

- 1.21 Gambar di bawah ini mengilustrasikan susunan atom dalam beberapa sampel materi. Kategorikan setiap gambar (a) hingga (i) ke dalam unsur, senyawa, molekul unsur, atau molekul senyawa!



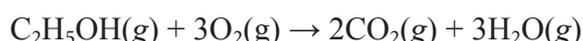
- 1.22
- 
- Morfin pada kadar tertentu secara medis digunakan dalam suatu operasi untuk menghilangkan rasa sakit karena morfin bekerja langsung pada sistem saraf pusat. Penyalahgunaan morfin dapat menyebabkan muntah, penglihatan kabur, jantung berdebar-debar, dan penurunan kesadaran sampai menyebabkan kematian. Struktur morfin adalah sebagai berikut. Tuliskan jenis unsur dan jumlah atom unsur tersebut pada senyawa morfin di samping!

- 1.23 Dalam dunia farmasi koloid banyak dimanfaatkan untuk membuat obat-obatan. Apa alasan yang mendasari obat-obatan dibentuk dengan bahan dasar koloid? Sebutkan 3 contoh obat yang berbentuk koloid.
- 1.24 Ibu Ani pergi ke apotek terdekat dari rumahnya untuk membeli obat batuk anak berbentuk sirup seperti gambar berikut.



- Apakah obat batuk sirup untuk anak-anak di atas termasuk campuran? Jelaskan alasannya.
- Jika termasuk campuran, maka sebutkan komponen bahan kimia pada campuran di atas. Apakah beberapa bahan kimia tersebut termasuk unsur atau senyawa? Jelaskan alasannya.

- 1.25 Obat demam dan sakit kepala berupa aspirin yang diminum akan berada pada bentuk basa dalam air sehingga mudah larut dalam darah, lalu ditransport oleh aliran darah menuju jaringan yang menjadi target. Dalam jaringan yang menjadi target, aspirin diprotonasi menjadi bentuk asam sehingga dapat melewati membran sel nonpolar untuk menghambat enzim yang memproduksi prostaglandin sehingga meredakan demam dan sakit kepala. Apa jenis perubahan materi yang dialami aspirin tersebut? Jelaskan alasannya.
- 1.26 Gas etanol pada suhu dan tekanan tertentu dapat berwujud gas (C_2H_5OH) jika dibakar sempurna dengan udara yang mengandung 20% oksigen akan menghasilkan gas CO_2 dan H_2O , menurut persamaan reaksi:



Jika udara digunakan adalah 60L pada suhu dan tekanan yang sama maka tentukan:

- volume etanol yang dibakar
 - volume gas karbon dioksida yang dihasilkan
- 1.27 Berikut adalah hasil percobaan reaksi antara tembaga (Cu) dengan belerang (S) menghasilkan tembaga sulfida.

No.	Massa Cu (gr)	Massa S(gr)	Massa CuS (gr)
1.	0,24	0,12	0,36
2.	0,30	0,15	0,45
3.	0,40	0,20	0,60
4.	0,50	0,25	0,75

Berdasarkan data hasil percobaan tersebut, berapakah perbandingan massa tembaga dan belerang dalam senyawa CuS?

Kamu Harus Tau!



Sumber: <https://social-innovation.hitachi/>

Atom disusun oleh proton, elektron, dan neutron dan memiliki manfaat dalam berbagai bidang kehidupan. Salah satunya proton yang dikembangkan untuk dunia kesehatan. Terapi sinar proton merupakan perawatan kanker tercanggih yang mengurangi efek samping yang umumnya dialami pada radioterapi konvensional. Sistem ini bekerja dengan menembakkan sinar proton ke lokasi tumor, di mana partikel ini melepaskan energinya. Sel sehat di depan tumor mendapatkan radiasi dosis rendah, dan sel sehat di belakang tumor tidak terpapar sama sekali.

Lalu apa itu proton? Darimanakah proton tersebut diperoleh? Apa hubungan proton dengan ilmu kimia dan bidang farmasi?

STRUKTUR ATOM

2.1. Perkembangan Model Atom

Model atom Dalton, model atom Thomson, model atom Rutherford, model atom Bohr, model atom Erwin Schrödinger.

2.2. Partikel Penyusun Atom

Proton, elektron, neutron, Eugen Goldstein, William Crookes, J.J.Thomson, tabung sinar katoda, James Chadwick, penembakan partikel alfa, Ernest Rutherford, hamburan sinar alfa oleh lempeng emas.

2.3. Isotop

Isotop stabil, isotop radioaktif.

2.3.1. Manfaat Isotop pada Bidang Farmasi

2.4. Konfigurasi Elektron

Susunan elektron dalam orbital atom berdasarkan teori mekanika gelombang, teori Heisenberg.

2.4.1. Prinsip Aufbau

2.4.2. Aturan Hund

2.4.3. Larangan Pauli

2.5. Bilangan Kuantum

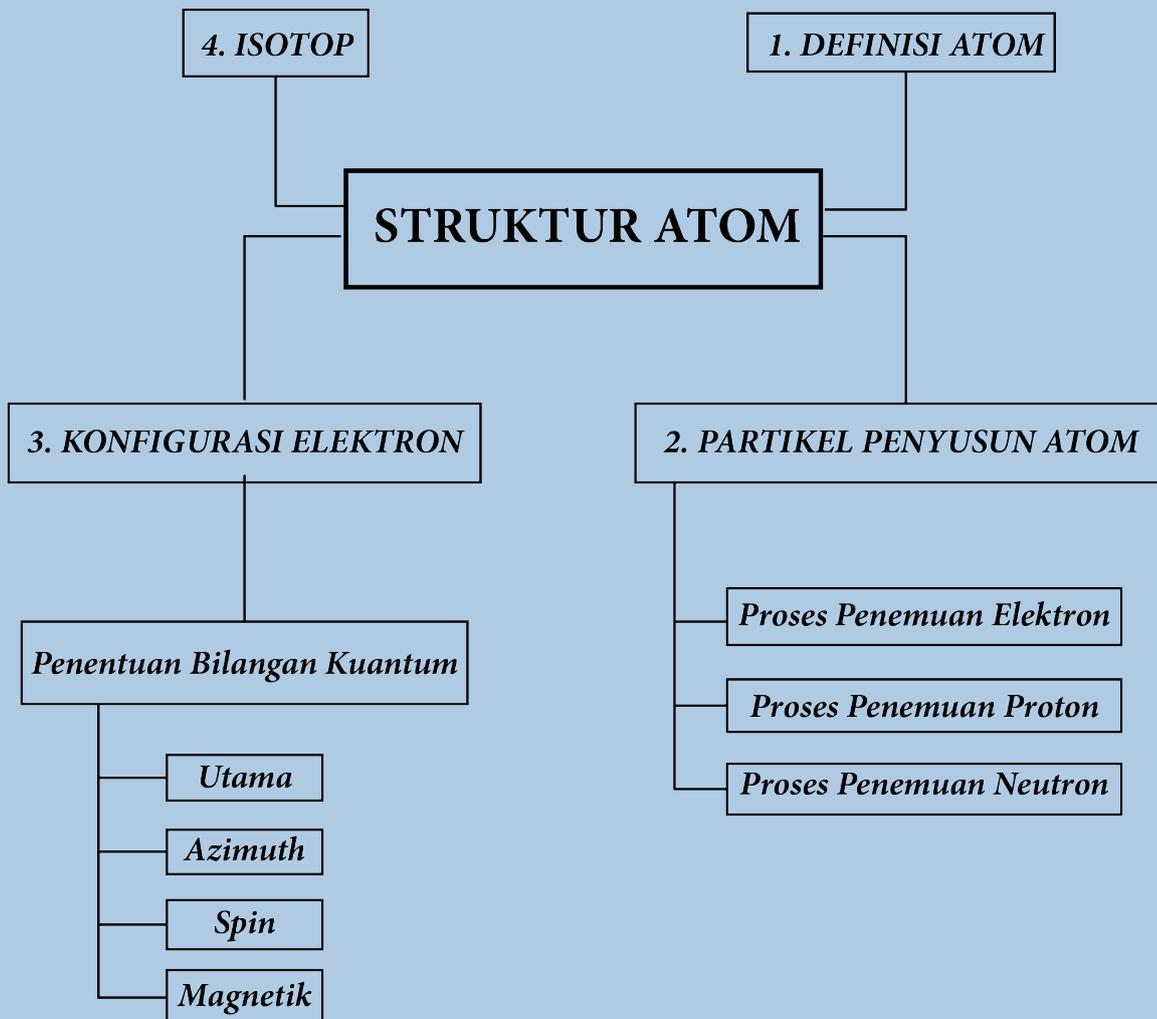
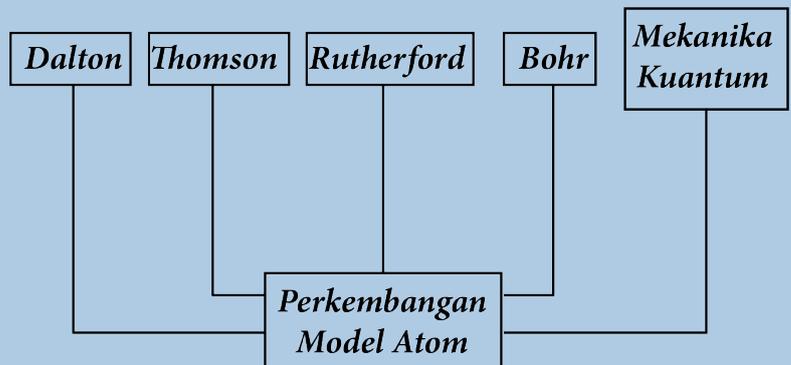
Menggambarkan ukuran orbital dan tingkat energi elektron.

2.5.1. Bilangan Kuantum Utama

2.5.2. Bilangan Kuantum Azimuth

2.5.3. Bilangan Kuantum Magnetik

2.5.4. Bilangan Kuantum Spin



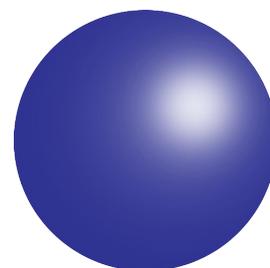
Penelitian yang sudah dilakukan pada reaksi kimia di zaman dahulu telah menghasilkan beberapa hukum dasar kimia yang sampai saat ini digunakan dalam mempelajari ilmu kimia secara umum. Berdasarkan hukum-hukum dasar kimia tersebut, terutama hukum kekekalan massa dan hukum perbandingan tetap, **Dalton** mengajukan teori atom yang menyatakan bahwa **zat tidak bersifat kontinu** (tidak berdiri sendiri), melainkan *tersusun atas partikel-partikel kecil yang disebut atom*. Atom-atom dari suatu unsur tertentu adalah identik. Makna atom berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dan dijelaskan oleh para ahli sesuai perkembangan mulai dari *John Dalton, Sir Joseph John Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr, dan Mekanika Kuantum (Werner Heisenberg dan Erwin Schrödinger)* akan dijelaskan sejarahnya di bawah ini.

2.1. PERKEMBANGAN MODEL ATOM

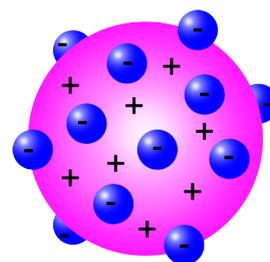
Atom sebagai partikel terkecil divisualisasikan dengan beberapa model atom berdasarkan kesesuaian dengan data hasil eksperimen seperti tersaji dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Perkembangan Model Atom

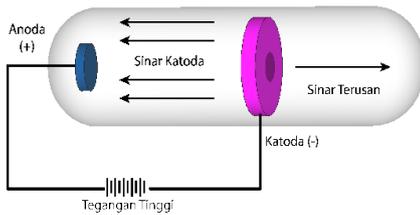
Model Atom Dalton	
Tahun	(1776-1844)
Hipotesis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atom seperti bola bersifat pejal. 2. Atom merupakan bagian terkecil dari materi. 3. Setiap unsur memiliki atom yang berbeda. 4. Unsur yang sama memiliki atom yang sama.
Kelebihan	Dapat menjelaskan hukum kekekalan massa dan hukum perbandingan tetap.
Kekurangan	Tidak dapat menjelaskan penempatan isotop.
Model Atom Thomson	
Tahun	1900an
Hipotesis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atom bukanlah bagian terkecil dari suatu zat. 2. Massa elektron atom lebih kecil dari massa atom. 3. Secara keseluruhan atom bersifat netral. Hal ini dikarenakan muatan atom positif dan negatif yang ada pada atom sama dan suatu atom tidak memiliki muatan positif dan negatif yang berlebihan. 4. Atom dengan muatan positif akan tersebar secara merata ke seluruh bagian atom, kemudian atom itu dinetralkan oleh elektron-elektron yang tersebar di antara muatan positif.



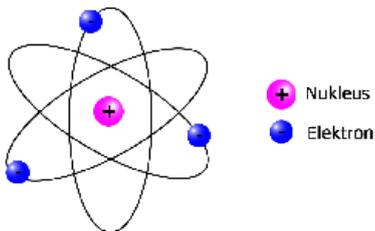
Gambar 2.1. Model Atom Dalton.



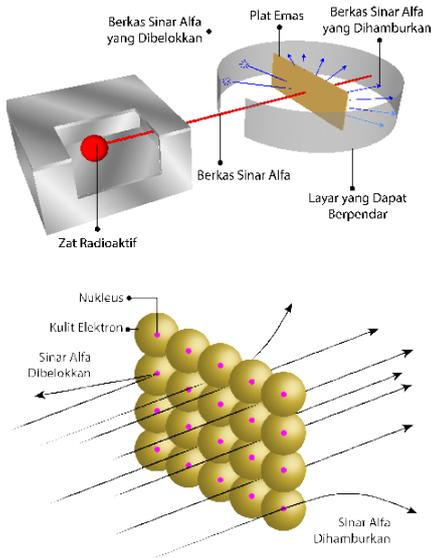
Gambar 2.2. Model Atom Thomson.



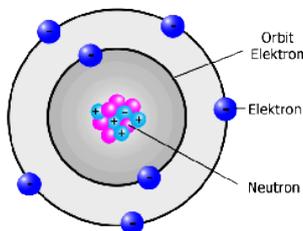
Gambar 2.3. Tabung katoda.



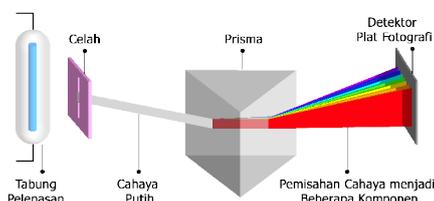
Gambar 2.4. Model Atom Rutherford.



Gambar 2.5. Percobaan Rutherford, hamburan sinar alfa pada lempengan emas.



Gambar 2.6. Model Atom Bohr.



Gambar 2.7. Percobaan Niels Bohr.

Tabung katoda ditemukan oleh **William Crookes** (Gambar 2.3). Thomson mengembangkan penelitiannya tentang sinar katoda. Thomson menemukan bahwa sinar katoda adalah sebuah partikel. Hal ini disebabkan karena sinar katoda mampu memutar baling-baling yang diletakkan antara katoda dan anoda. Setelah mengetahui hal itu, Thomson menyatakan bahwa sinar katoda termasuk ke dalam partikel penyusun atom (partikel subatom) yang memiliki muatan negatif yang sekarang disebut dengan elektron.

Percobaan dan Hasil

Kelebihan

Dapat menjelaskan sifat listrik elektron sebagai partikel subatomik bermuatan negatif.

Kekurangan

Tidak dapat menggambarkan pola susunan muatan positif dan negatif dalam atom berbentuk bulat.

Model Atom Rutherford

Tahun

1910

Hipotesis

Atom tersusun atas inti atom berukuran sangat kecil yang bermuatan positif dengan elektron-elektron bermuatan negatif mengelilingi inti atom tersebut (Gambar 2.4).

Percobaan dan Hasil

Rutherford membuat rancangan percobaan penembakan atom emas dengan partikel alfa yang dipancarkan unsur radioaktif (Gambar 2.5).

Hasil percobaan ini membuat Rutherford menyatakan hipotesisnya bahwa atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif dan dikelilingi elektron yang bermuatan negatif, sehingga atom bersifat netral.

Kelebihan

Elektron-elektron yang mengelilingi inti atom berukuran sangat kecil mendorong munculnya gagasan tentang lintasan/keudukan elektron yang disebut kulit elektron.

Kekurangan

Elektron-elektron yang bergerak mengelilingi inti atom disertai pemancaran energi sehingga energi elektron akan berkurang yang mengakibatkan lintasannya makin lama akan mendekati inti dan jatuh ke dalam inti.

Model Atom Neils Bohr

Tahun

1913

Hipotesis

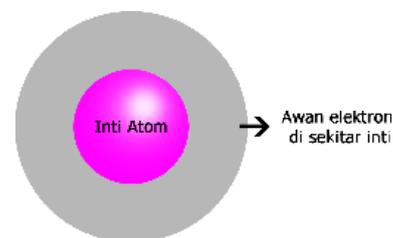
Elektron-elektron menempati kulit elektron dengan tingkat energi tertentu ketika mengelilingi inti atom (Gambar 2.6).

Percobaan dan Hasil

Bohr melakukan percobaannya dengan menggunakan spektrum atom hidrogen (Gambar 2.7). Dari hasil percobaannya, Bohr memberikan gambaran keadaan/keudukan orbit elektron dalam menempati daerah di sekitar inti atom. Bohr berpendapat bahwa elektron mengelilingi inti atom pada orbit/lintasan tertentu, dan hanya terdapat orbit dalam jumlah tertentu dan perbedaan antara orbit satu dengan yang lain adalah jarak orbit dari inti atom.

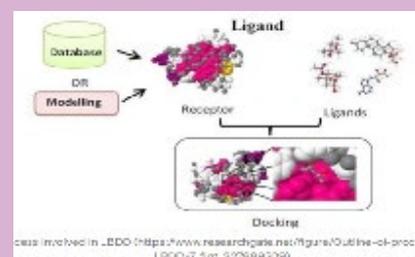
Model Atom Erwin Schrödinger

Tahun	1926
Hipotesis	Tidak mungkin menentukan posisi dan momentum suatu benda pada saat bersamaan, yang dapat ditentukan adalah kebolehjadian penemuan elektron pada jarak tertentu dari inti atom.
Kelebihan	Awan elektron di sekitar inti menunjukkan tempat kebolehjadian elektron (Gambar 2.8). Orbital menggambarkan tingkat energi elektron. Orbital-orbital dengan tingkat energi yang sama atau hampir sama akan membentuk subkulit. Beberapa sub kulit bergabung membentuk kulit. Dengan demikian kulit terdiri dari beberapa subkulit dan subkulit terdiri dari beberapa orbital.
Kekurangan	Kekurangan yang pertama dari atom mekanika kuantum adalah persamaan tersebut hanya dapat diterapkan secara eksak untuk partikel dalam kotak serta atom yang memiliki elektron tunggal. Kekurangan yang kedua dari atom mekanika kuantum adalah sulit untuk diterapkan dalam sistem makroskopis dengan kumpulan atom.



Gambar 2.8. Model atom mekanika kuantum.

Di masa pandemi Covid-19, banyak ilmuwan berlomba-lomba untuk menemukan formulasi yang tepat untuk melawan virus Covid-19. Salah satunya ilmuwan kimia dengan menggunakan metode komputasi (Docking) berbasis mekanika kuantum melakukan kajian desain obat anti virus Covid-19, sehingga tingkat kesembuhan ditingkatkan dan resiko kematian diturunkan. Berikut contoh desain obat menggunakan kimia komputasi.

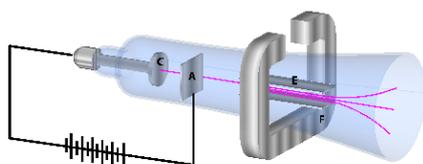


2.2. PARTIKEL PENYUSUN ATOM

Atom tersusun atas partikel-partikel subatomik berupa proton, elektron dan neutron seperti dijelaskan dalam tabel 2.2 berikut.

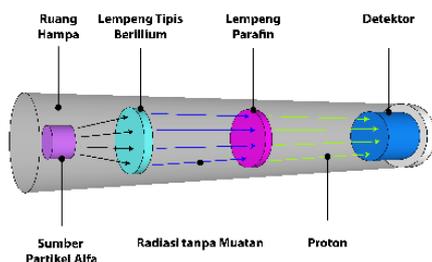
Tabel 2.2. Proton, Elektron, Neutron, Inti Atom

Proton	
Penemu / Tahun	Eugen Goldstein (1886)
Proses Percobaan	Goldstein memodifikasi tabung sinar katoda yang ditemukan William Crookes dengan cara melubangi lempeng katoda. Dari percobaan ini, Goldstein menemukan gas yang ada di belakang katoda berpijar. Artinya, radiasi dari anoda menembus lempengan katoda lewat lubang yang sudah dibuat.



A = Anoda
C = Katoda
E = Lempeng kondensator bermuatan listrik
F = Layar berpendar / fluoresens

Gambar 2.9. Percobaan J.J. Thomson.



Gambar 2.10. Percobaan James Chadwick.

Proses Percobaan

Artinya, radiasi sinar ini bermuatan positif (itu alasan dinamakan anoda dan kemudian dinamakan proton).
2. Massa proton terkecil diperoleh pada atom Hidrogen yaitu Massa 1 proton = 1 sma = $1,66 \times 10^{-24}$ gram dengan muatan 1 proton = $+1 = 1,6 \times 10^{-19}$ C

Elektron

Penemu / Tahun

Joseph John Thomson/1897

Proses Percobaan

Thomson melakukan percobaan memakai tabung sinar katoda. Ada 2 plat elektroda, salah satu plat logam yang ada pada ujung tabung berfungsi sebagai katoda. Dua plat ini dimasukkan ke dalam tabung kaca bertekanan rendah, dan dialirkan listrik bertegangan tinggi sampai mampu melepas elektron dari katoda ke anoda.

Hasil Percobaan

1. Radiasi ini jika dibelokkan memakai medan magnet, maka akan menuju ke kutub magnet positif. Artinya, sinar katoda bermuatan negatif.

Neutron

Penemu / Tahun

James Chadwick / 1932

Proses Percobaan

Percobaan dilakukan dengan penembakan partikel alfa pada inti atom berilium (Be) dan dihasilkan radiasi partikel berdaya tembus tinggi (Gambar 2.10).

Chadwick mengamati bahwa berilium yang ditembak dengan partikel α memancarkan suatu partikel yang mempunyai daya tembus yang sangat tinggi dan tidak dipengaruhi oleh medan magnet maupun medan listrik. Partikel ini diberi nama neutron

Hasil Percobaan

1. Partikel yang menimbulkan radiasi berdaya tembus tinggi itu bersifat netral (neutron) atau tidak bermuatan.
2. Massa sebutir neutron adalah $1,675 \times 10^{-24}$ gram.

Inti Atom

Penemu / Tahun

Ernest Rutherford / 1911

Proses Percobaan

Percobaan dilakukan dengan hamburan sinar alfa oleh lempeng emas.

Hasil Percobaan

Hasil percobaan ini membuat Rutherford menyatakan hipotesisnya bahwa atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif dan dikelilingi elektron yang bermuatan negatif, sehingga atom bersifat netral.

Tabel 2.3. Proton, Elektron, Neutron, Inti Atom

Partikel	Lambang	Muatan relatif terhadap proton	Massa atom relatif pada skala 12 (sma)
Proton	p	+1	1,0076
Elektron	e^-	-1	0,000549
Neutron	n	0	1,0090

* Tidak ada dalam atom stabil

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa partikel dasar atom adalah proton, elektron, dan neutron yang disajikan pada tabel 2.3.

2.3. ISOTOP

Suatu unsur seperti oksigen (O) ternyata di alam ditemukan tidak hanya memiliki nomor massa 16, tetapi ditemukan juga nomor massa 15,17,18. Hal ini menunjukkan bahwa unsur yang sama dapat memiliki jumlah neutron yang berbeda. Atom-atom yang seperti itu disebut isotop. Perbedaan nomor massa suatu isotop dapat menyebabkan perbedaan sifat radioaktivitas isotop tersebut, sehingga isotop suatu unsur dikelompokkan kedalam **isotop stabil** dan **isotop radioaktif**.

Isotop stabil tidak meluruh atau mengalami peluruhan dengan waktu sangat lama, misalnya Bismuth-209 yang mengalami peluruhan alfa, tetapi memiliki waktu paruh $1,9 \times 10^{19}$ tahun (yang lebih dari satu miliar kali lebih lama dari perkiraan usia alam semesta). Contoh isotop unsur stabil lainnya ialah Timah (^{116}Sn 14,54% ; ^{117}Sn 7,68%; ^{118}Sn 24,22% ; ^{119}Sn 8,59%), Tellurium (^{124}Te , ^{125}Te , ^{126}Te , ^{128}Te), sedangkan **isotop radioaktif** merupakan jenis isotop yang memiliki jumlah proton yang sama dan dapat mengalami peluruhan. Contoh isotop radioaktif di antaranya Hidrogen (^1H , ^2H , ^3H), Helium (^3He , ^4He), Karbon (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C), dan sebagainya.

2.3.1. Manfaat Isotop pada Bidang Farmasi

Beberapa isotop bersifat radioaktif, dengan sifat tersebut isotop-isotop dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Salah satunya pada bidang farmasi. Berikut fungsi dan manfaat isotop pada bidang farmasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.4. Contoh Manfaat Isotop

Nama Unsur	Kegunaan
Iodin -123	Mendeteksi penyakit otak atau untuk mengetahui gangguan ginjal.
Kobalt-60 (Co-60)	Terapi yang mematikan sel kanker dan tumor.
Karbon-14 (C-14)	Mencari ketidaknormalan pada diabetes dan anemia.
Oksigen-18 (O-18)	Mempelajari reaksi esterifikasi.
Iodin-131	Mempelajari kelainan pada kelenjar tiroid.

2.4. KONFIGURASI ELEKTRON

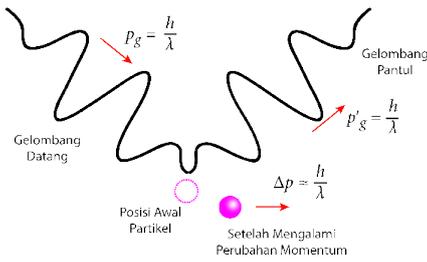
Susunan elektron dalam atom ternyata memuat keberhasilan penelitian dan mengikuti beberapa aturan yaitu **prinsip Aufbau**, **aturan Hund**, dan **larangan Pauli**.

Konsep yang Banyak Dipahami

Isotop adalah atom dengan jumlah proton berbeda tetapi nomor massa sama.

Konsep yang Benar

Isotop adalah atom dengan jumlah proton sama tetapi jumlah neutron berbeda.

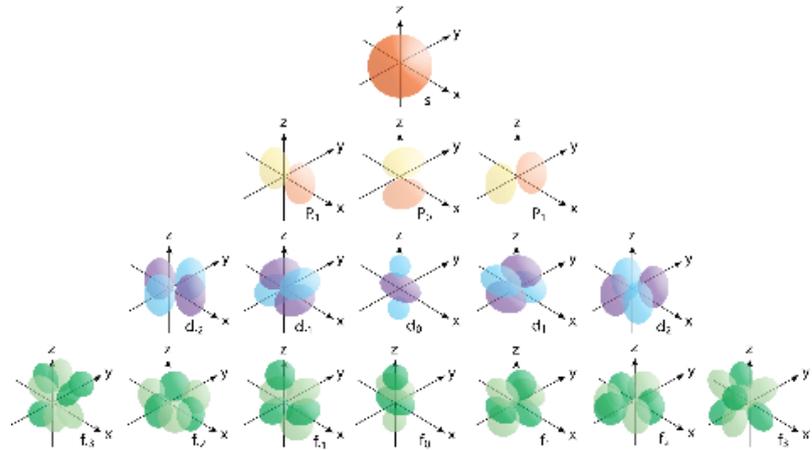


Gambar 2.11. Ketidakpastian Heisenberg | Interdisciplinary Physics

Konfigurasi elektron merupakan susunan elektron-elektron dalam orbital atom berdasarkan teori mekanika gelombang yang menyatakan dualisme sifat elektron sebagai partikel dan gelombang. Elektron bersifat sebagai gelombang yang menyebabkan lintasan-lintasan elektron saat mengelilingi inti atom meruah dari sekitar inti atom sampai jarak tak terhingga. Hal ini diperkuat dengan **teori Heisenberg** tentang azas ketidakpastian yang menyatakan bahwa *tidak mungkin menentukan posisi elektron secara tepat di sekitar atom, yang dapat kita tentukan hanya menentukan kebolehjadian letak elektron di sekitar inti atom.*

Daerah kebolehjadian menemukan elektron di sekitar atom disebut dengan istilah **orbital**.

Gambar 2.12. Berdasarkan teori Born, ini adalah representasi dari probabilitas tiga dimensi dari lokasi elektron di sekitar atom. Empat orbital, dalam kompleksitas yang meningkat, adalah: s, p, d, dan f. Informasi tambahan diberikan tentang bilangan kuantum magnetik orbital (m).

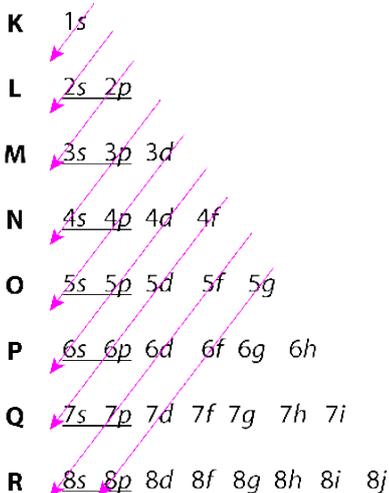


Dalam melakukan konfigurasi elektron, ada beberapa aturan yang harus diperhatikan, di antaranya adalah Prinsip Aufbau, Aturan Hund, dan Larangan Pauli.

2.4.1. Prinsip Aufbau

Pada prinsip Aufbau menjelaskan tentang urutan penempatan elektron di dalam orbital yang didasarkan pada urutan tingkat energinya dari orbital dengan tingkat energi terendah hingga tertinggi. Berikut grafik konfigurasi elektron.

Kulit Sub Kulit

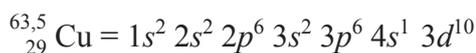
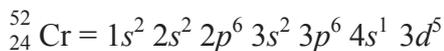
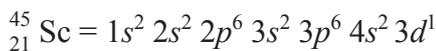
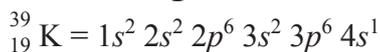


Gambar 2.13. Cara pengisian elektron.

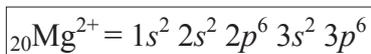
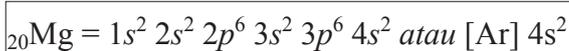
Kulit	Sub Kulit	Elektron Maksimal	Kesimpulan
K	1s ²	2	² Untuk kulit ke-n, maka jumlah elektron maksimalnya dapat diketahui dengan menggunakan rumus : <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> Jumlah Elektron = 2n² </div>
L	2s ² 2p ⁶	8	
M	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰	18	
N	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 4f ¹⁴	32	
O	5s ² 5p ⁶ 5d ¹⁰ 5f ¹⁴ 5g ¹⁸	50	
P	6s ² 6p ⁶ 6d ¹⁰ 6f ¹⁴ 6g ¹⁸ 6h ²²	72	

Setiap kulit (n) memiliki jumlah sub kulit tertentu (l) seperti dijelaskan pada penjelasan berikut:

Contoh Konfigurasi Elektron



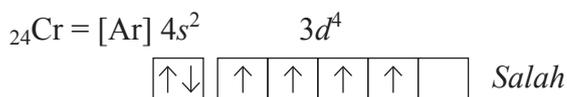
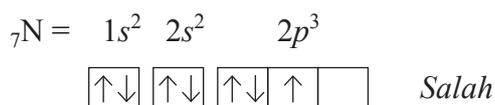
Contoh Konfigurasi Ion



Ketika Mg melepaskan 2e menjadi Mg^{2+} maka elektron yang dikonfigurasi adalah: $20 - 2 = 18$ Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konfigurasi elektron Mg dengan Mg^{2+} terletak pada 4s, karena Mg^{2+} hanya sampai 3p. Sehingga konfigurasi Mg memiliki 4 kulit (K,L,M,N) sedangkan pada Mg^{2+} hanya memiliki 3 kulit (K,L,M).

2.4.2. Aturan Hund

Elektron akan menempati orbital-orbitalnya dengan menggunakan aturan bahwa elektron akan memenuhi orbital-orbitalnya terlebih dahulu sebelum berpasangan. Aturan tersebut biasa disebut dengan aturan Hund.



2.4.3. Larangan Pauli

Pauli menyatakan bahwa elektron-elektron dalam satu atom tidak boleh mempunyai empat bilangan kuantum yang sama. Misalnya, subkulit 2s terisi oleh dua elektron. Tiga bilangan kuantum ($n = 2, l = 0, m = 0$) bernilai sama. Satu bilangan kuantum terakhir, yaitu bilangan kuantum spin(s) mempunyai nilai berbeda, yaitu $+\frac{1}{2}$ dan $-\frac{1}{2}$.

Konsep yang Banyak Dipahami

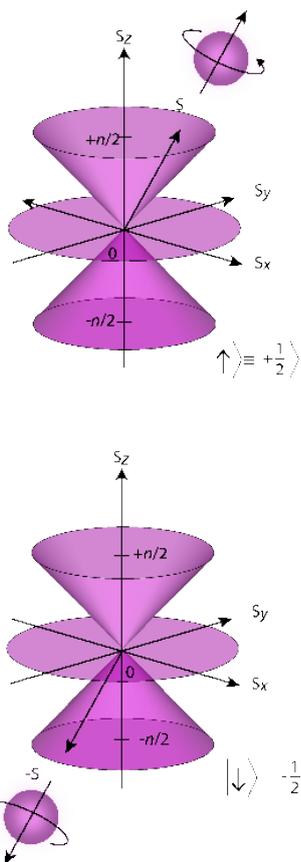
Pada konfigurasi pada ion (+) maka elektron dijumlahkan dengan total ion (+) dan jika ion (-) elektron dikurangi dengan jumlah ion (-).

Contoh:
 ${}_{20}\text{Mg}^+ = 20 + 1 = 21$
 ${}_{20}\text{Mg}^- = 20 - 1 = 19$

Konsep yang Benar

Pada konfigurasi pada ion (+) maka elektron dikurangi dengan total ion (+) dan jika ion (-) elektron ditambahkan dengan jumlah ion (-).

Contoh:
 ${}_{20}\text{Mg}^+ = 20 - 1 = 19$
 ${}_{20}\text{Mg}^- = 20 + 1 = 21$



Gambar 2.13. Model bilangan kuantum keempat, spin (s). Model ini gambaran partikel dengan putaran (s) atau momentum setengah sudut.

Konsep yang Banyak Dipahami

Elektron-elektron tersebar dan ditempatkan mulai dari orbital berenergi tinggi ke orbital berenergi rendah.

Konsep yang Benar

Elektron-elektron tersebar dan ditempatkan mulai dari orbital berenergi rendah ke orbital berenergi tinggi.

Konsep yang Banyak Dipahami

Pada Larangan Pauli, semua orbital harus terisi penuh dengan elektron dan dalam satu orbital boleh memiliki spin yang sama.

Konsep yang Benar

Larangan Pauli adalah dalam satu orbital boleh tidak penuh dan dalam satu orbital tidak boleh memiliki spin yang sama.

Pengisian elektron-elektron dalam setiap jenis orbital disajikan dalam tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5. Jumlah Elektron pada Orbital

Nama Sub Kulit	Jumlah Orbital	Gambar Orbital	Jumlah Elektron
s	1	$\uparrow\downarrow$	2
p	3	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	6
d	5	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	10
f	7	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	14

2.5. BILANGAN KUANTUM

Model atom mekanika kuantum mengemukakan daerah kebolehjadian menemukan elektron atau rapatan elektron dalam suatu atom. Rapatan elektron di sekitar inti atom ditunjukkan dengan bilangan kuantum.

Bilangan kuantum ini menggambarkan ukuran, bentuk, orientasi, dan arah rotasi dalam ruang orbital pada atom.

2.5.1. Bilangan Kuantum Utama

Bilangan kuantum utama menggambarkan ukuran orbital dan tingkat energi elektron. Bilangan kuantum utama menunjukkan nomor kulit yang ditempati elektron yakni :

K bernilai $n = 1$

L bernilai $n = 2$

M bernilai $n = 3$

N bernilai $n = 4$

dan seterusnya.

2.5.2. Bilangan Kuantum Azimuth

Bilangan kuantum azimuth menggambarkan bentuk orbital dan sub tingkatan energi elektron. Bilangan kuantum azimuth (ℓ) menunjukkan subkulit yang ditempati elektron yakni subkulit s ($\ell = 0$), p ($\ell = 1$), d ($\ell = 2$), f ($\ell = 3$).

2.5.3. Bilangan Kuantum Magnetik

Bilangan kuantum magnetik menggambarkan orientasi orbital yang ditempati elektron. Bilangan kuantum magnetik menunjukkan nomor orbital yang bernilai m dalam kisaran $-\ell$ sampai $+\ell$.

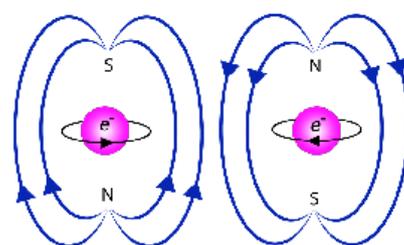
Tabel 2.6. Jumlah Orbital pada Bilangan Kuantum Magnetik

Bilangan Kuantum Azimut (l)	Tanda Orbital	Bilangan Kuantum Magnetik (m)	Jumlah Orbital
0	s	0	1
1	p	-1,0,+1	3
2	d	-2,-1,0,+1,+2	5
3	f	-3,-2,-1,0,+1,+2,+3	7

2.5.4. Bilangan Kuantum Spin

Bilangan kuantum spin menggambarkan arah rotasi elektron. Rotasi elektron pada sumbunya dapat searah jarum jam ($s = +1/2$) atau berlawanan arah jarum jam ($s = -1/2$).

Perputaran elektron berkaitan dengan medan magnet. Kutub dan garis-garis magnet dari gaya berkaitan dengan masing-masing spin elektron. Elektron dengan spin berlawanan memiliki medan magnet yang berlawanan. Tentu saja gambaran tentang spin elektron ini hanya memiliki arti kalau karakteristik elektron dianggap sebagai partikel.



Gambar 2.14. Arah perputaran elektron dalam orbital.

Contoh Soal

Sebelum menentukan bilangan kuantum, terlebih dahulu harus menentukan konfigurasi elektron dari sebuah unsur.

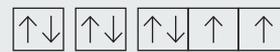
${}_{16}\text{S}$ mempunyai konfigurasi elektron: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$.

$3p^4$	Bilangan Kuantum Utama	Dari konfigurasi di atas, bilangan kuantum utamanya adalah 3. Karena angka 3 tersebut menunjukkan ukuran orbital atau kulit $n = 3$						
	Bilangan Kuantum Azimut	p adalah subkulit dari elektron tersebut, sehingga akan diperoleh nilai $l = 1$. Sesuai dengan ketentuan bahwa: $s=0, p=1, d=2, f=3$						
	Bilangan Kuantum Magnetik	Karena berada pada subkulit p, maka bilangan kuantum akan ada di antara -1, 0, +1. Berarti ada 3 orbital yang bisa diisi dan angka 4 dari $3p^4$ adalah jumlah panah yang harus diisi. Jika masing-masing elektron memiliki bilangan kuantum berbeda yaitu: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">↑↓</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">↑</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">↑</td></tr><tr><td style="text-align: center;">-1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">+1</td></tr></table> 2 elektron $m=-1$ 1 elektron $m=0$ 1 elektron $m= +1$	↑↓	↑	↑	-1	0	+1
	↑↓	↑	↑					
-1	0	+1						
Bilangan Kuantum Spin	Panah yang mengarah ke atas memiliki nilai $+1/2$, sedangkan panah yang mengarah ke bawah bernilai $-1/2$. Dari hasil di atas, panah yang terakhir adalah panah yang menghadap ke bawah, sehingga nilai dari bilangan kuantum spin adalah $s= -1/2$.							

Contoh Soal

1. Tentukan keempat bilangan kuantum elektron yang ditandai dengan tebal dari atom O!

Jawab:



$$n = 2, l = 1, m = -1, s = -\frac{1}{2}$$

2. Tentukan keempat bilangan kuantum elektron yang ditandai dengan tebal dari atom Mg^{2+} !

Jawab:



$$n = 3, l = 1, m = +1, s = -\frac{1}{2}$$

3. Tentukan keempat bilangan kuantum elektron yang ditandai dengan tebal dari atom Na!

Jawab:



$$n = 3, l = 0, m = 0, s = +\frac{1}{2}$$

LATIHAN SOAL**Pilihan Ganda**

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

2.1 Pernyataan berikut terkait teori atom dari John Dalton:

- (1) Atom berbentuk pola pejal yang sangat kecil.
- (2) Atom merupakan partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi.
- (3) Atom dari unsur yang sama memiliki sifat sama, sedangkan atom dari unsur yang berbeda memiliki massa dan sifat yang berbeda.
- (4) Reaksi kimia tidak dapat mengubah suatu atom menjadi atom lain.

Dari pernyataan di atas yang menjadi kelemahan teori atom Dalton adalah pernyataan...

- | | | | |
|----|------------|----|---------------|
| A. | 1, 2 dan 3 | D. | 4 |
| B. | 2 dan 4 | E. | 1, 2, 3 dan 4 |
| C. | 1 dan 3 | | |

2.2 Dalam suatu atom elektron di sekitar inti atom dan tidak jatuh ke dalam, hal ini disebabkan karena...

- A. elektron bergerak dengan lintasan dan jarak tertentu dari inti atom
- B. gaya tolak-menolak antara elektron dan inti atom, relatif besar
- C. adanya penghalang antara inti atom dan elektron
- D. massa elektron relatif kecil dibandingkan massa inti atom
- E. elektron dalam kondisi diam di sekitar inti atom

2.3 Unsur klor dengan lambang $^{35}_{17}\text{Cl}$ mengandung....

- | | | | |
|----|---------------------------|----|---------------------------|
| A. | 17 <i>n</i> , 18 <i>p</i> | D. | 18 <i>n</i> , 35 <i>p</i> |
| B. | 17 <i>n</i> , 35 <i>p</i> | E. | 35 <i>n</i> , 17 <i>p</i> |
| C. | 18 <i>n</i> , 17 <i>p</i> | | |

2.4 Jika diketahui nuklida $^{23}_{11}\text{Na}$, maka jumlah elektron, proton dan neutron adalah....

- A. 23 proton, 12 elektron, 11 neutron
- B. 11 proton, 12 elektron, 23 neutron
- C. 11 proton, 11 elektron, 12 neutron
- D. 11 proton, 12 elektron, 11 neutron
- E. 12 proton, 11 elektron, 11 neutron

2.5 Atom – atom di bawah ini yang tidak memiliki kecenderungan bermuatan – 1 adalah

- | | | | |
|----|------------------|----|------------------|
| A. | ^9F | D. | ^{35}Br |
| B. | ^{11}Na | E. | ^{53}I |
| C. | ^{17}Cl | | |

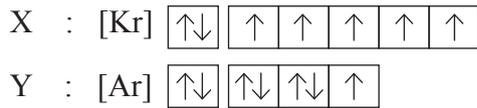
2.6 Pengisian elektron menurut Aufbau adalah

- | | | | |
|----|---|----|-----------------------------|
| A. | Dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi | D. | Dari kulit yang paling luar |
| B. | Dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi rendah | E. | Secara acak |
| C. | Semua tingkat energi di isi bersama – sama | | |

2.7 Dua buah unsur memiliki notasi ${}_{13}^{27}\text{X}$ dan ${}_{17}^{35}\text{Y}$. Diagram orbital yang paling tepat untuk elektron terakhir dari unsur X adalah.... (Nomor atom Ar = 18, Kr = 36, Ne = 10).

- A. $[\text{Kr}] \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \square \square \square$ D. $[\text{Ne}] \uparrow\downarrow \uparrow \square \square \square \square \square$
 B. $[\text{Ar}] \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow$ E. $[\text{Ne}] \uparrow \uparrow \uparrow \square \square \square$
 C. $[\text{Ne}] \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \square \square \square$

2.8 Diagram orbital 2 buah unsur sebagai berikut:



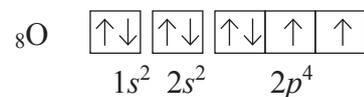
Nomor atom unsur X adalah....

- A. 6 D. 24
 B. 16 E. 25
 C. 17

2.9 Perhatikan notasi unsur berikut: ${}_{19}^{39}\text{K}$
 Konfigurasi elektron ion K^+ adalah

- A. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
 B. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
 C. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^1$
 D. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^3$
 E. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^2 4p^1$

2.10 Tentukan nilai keempat bilangan kuantum elektron yang ditandai dengan tebal dari atom O!

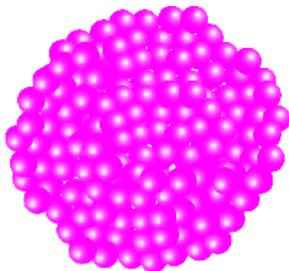


- A. $n = 2, l = 1, m = -1, s = -\frac{1}{2}$
 B. $n = 2, l = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$
 C. $n = 2, l = 1, m = 0, s = -\frac{1}{2}$
 D. $n = 2, l = 1, m = -1, s = +\frac{1}{2}$
 E. $n = 2, l = 1, m = +1, s = +\frac{1}{2}$

2.11 Isotop yang digunakan untuk mempelajari kelainan kelenjar tiroid adalah...

- A. Iodin -123 D. Oksigen-18
 B. Kobalt-60 E. Iodin-131
 C. Karbon-14

- 2.12 Menurut teori atom mekanika kuantum volume ruang yang memiliki kebolehjadian terbesar menemukan elektron adalah



- A. Orbital atom
- B. Kulit elektron
- C. Awan elektron
- D. Bilangan kuantum magnetik
- E. Bilangan kuantum spin

- 2.13 Dua elektron dalam suatu orbital akan berputar pada porosnya dengan arah yang berlawanan. Kesimpulan ini diambil berdasarkan fakta bahwa

- A. Elektron dapat berpindah kulit.
- B. Elektron bergerak mengitari inti.
- C. Daya ikat atom tiap unsur berbeda-beda.
- D. Setiap unsur memberikan warna spektrum yang berbeda.
- E. Tidak boleh terjadi tolak menolak antara dua elektron dalam suatu atom.

ESAI

- 2.14 Tuliskan manfaat isotop unsur di bawah ini dalam bidang farmasi:

I-131, Pu-238, Tc-99 & Ti-201, Na-24, Xe-133, P-32, Fe-59, Cr-51, Se-75, Tc-99, Ga-67, C-14, Co-60.

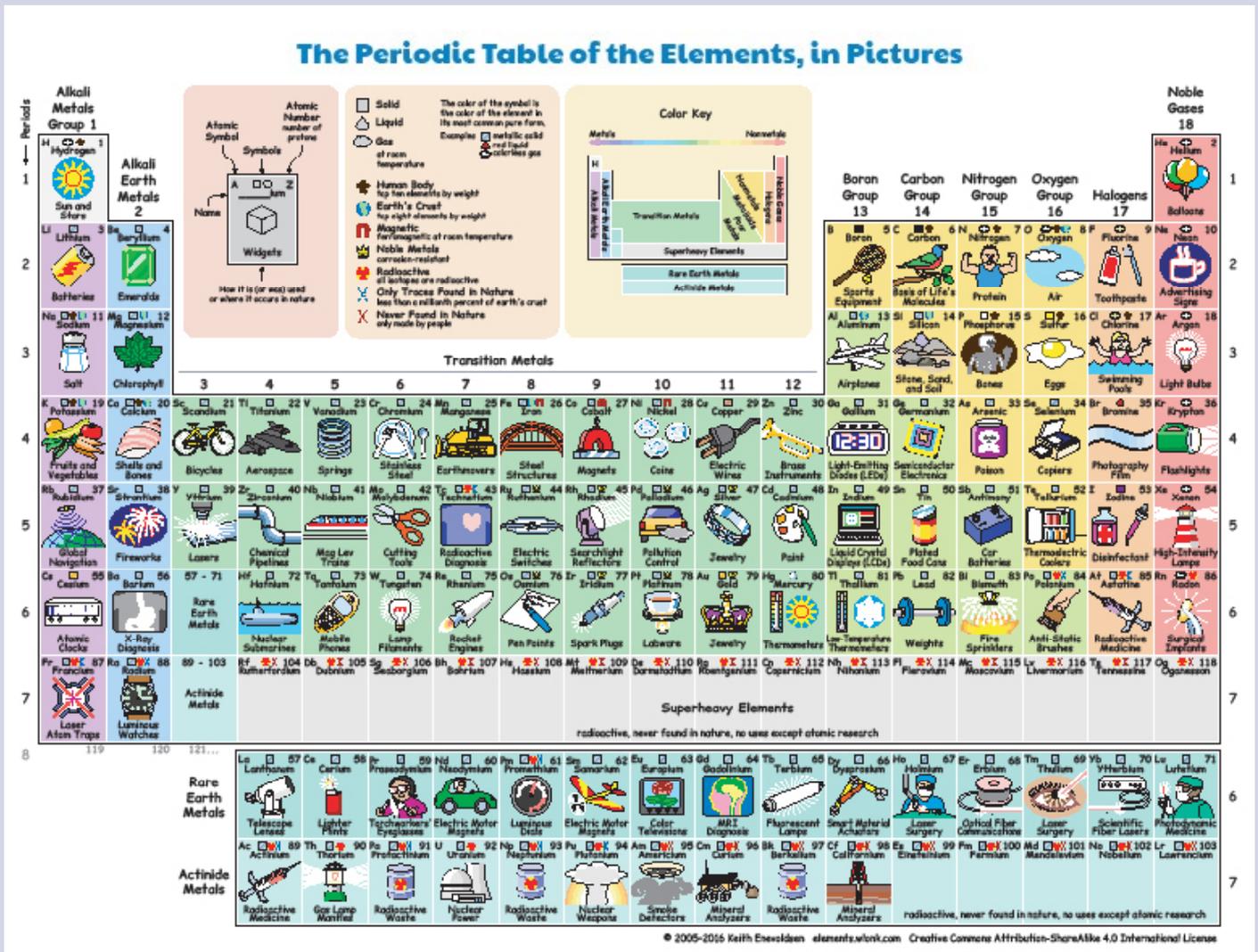
- 2.15 Penyakit anemia salah satunya disebabkan karena kekurangan zat besi yang dibutuhkan sebagai atom pusat pada gugus heme untuk pembentukan hemoglobin darah. Jika unsur besi mempunyai 30 neutron serta menempati periode 4 dan golongan VIIIB, maka

- a. Tuliskan konfigurasi elektron unsur besi
- b. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur besi

- 2.16 Penyakit anemia salah satunya dapat dicegah dengan mengkonsumsi hati, kacang-kacangan, dan biji-bijian karena banyak mengandung unsur tembaga yang dapat membantu absorpsi besi dan merangsang sintesis hemoglobin. Jika unsur tembaga mempunyai nomor atom dan jumlah neutron berturut-turut adalah 29 dan 35, maka

- a. Tentukan nomor massa unsur tembaga
- b. Tuliskan konfigurasi elektron unsur tembaga
- c. Tentukan letak golongan dan periode unsur tembaga dalam tabel periodik

Kamu Harus Tau!



Sumber: <https://style.tribunnews.com/2016/11/30/tabel-periodik-kreatif-bikin-anak-sekolah-mudah-menghafal-unsur-kimia-yang-sulit>

Keith Enevoldsen berinovasi membuat tabel periodik yang mengagumkan yang bisa memberikan setidaknya satu contoh manfaat dari unsur tersebut. Sebagai contoh, ada Thulium untuk operasi laser mata, Cerium untuk flints ringan, dan Krypton untuk senter. Selain itu, Strontium untuk kembang api, dan xenon untuk lampu intensitas tinggi di dalam mercusuar.

Lalu seiring perkembangan teknologi adakah unsur baru yang ditemukan di era modern ini? Lalu adakah unsur baru tersebut memiliki manfaat untuk dunia farmasi? Jika ada, tentu sebagai mahasiswa farmasi kita juga harus selalu update terhadap perkembangan tabel periodik unsur.

TABEL PERIODIK UNSUR

3.1. Perkembangan Tabel Periodik Unsur

Pengelompokkan unsur, Antoine Lavoisier, Johann Wolfgang Doberainer, John Newlands, Dmitri Mendeleev, Henry Moseley.

3.2. Konfigurasi Elektron untuk Menentukan Periode dan Golongan

Konfigurasi elektron, Bohr, kulit atom, subkulit atom, tingkatan energi, model atom mekanika kuantum, orbital, penentuan golongan dan periode.

3.3. Sifat Tabel Periodik Unsur

Sifat logam, jari-jari atom, kereaktifan, potensial ionisasi, afinitas elektron, keelektronegatifan.

3.4. Persamaan Reaksi Kimia

3.4.1. Tahapan Penyetaraan Reaksi Kimia dan Koefisien Reaksi

3.5. Contoh Aplikasi Persamaan Reaksi pada Bidang Farmasi

Unsur-unsur yang telah ditemukan sangat banyak dengan sifat-sifat tertentu, ada yang mirip dan ada juga yang sangat berbeda. Para ilmuwan berusaha mengelompokkan dengan tujuan untuk mempermudah dan mempelajari unsur-unsur tersebut dan memperkirakan sifat unsur dengan benar melalui perkembangan tabel periodik unsur.

3.1. PERKEMBANGAN TABEL PERIODIK UNSUR

Penyusunan tabel periodik unsur mengalami perkembangan dari masa ke masa sesuai dengan kevalidan data hasil eksperimen yang terlihat dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Sejarah Perkembangan Tabel Periodik Unsur
Pengelompokan Unsur Menurut Antoine Lavoisier (1769)



Gambar 3.1. Antoine Lavoisier

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Antoine_Lavoisier

	Lavoisier mengelompokkan unsur-unsur menjadi unsur logam dan unsur non logam.	
	Logam	Non Logam
Prinsip Pengelompokan	Pada suhu kamar (250°C), berwujud padat kecuali raksa (Hg).	Pada suhu kamar (250°C) dapat berwujud padat, cair, atau gas.
	Mengkilap.	Tidak mengkilap.
	Konduktor kalor dan listrik.	Isolator
	Mudah ditempa atau diregangkan.	Umumnya rapuh, terutama yang berwujud padat.
	Kelebihan	Sebanyak 33 unsur sudah dikelompokkan berdasarkan sifat logam dan nonlogam.
Kekurangan	Pengelompokan masih terlalu umum.	
Pengelompokan Unsur Menurut Johann Wolfgang Doberainer (1817)		



Gambar 3.2. Johann Wolfgang Doberainer

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Johann_Wolfgang_Doberainer

Kelompok tiga unsur (triade) berdasarkan kenaikan massa atom relatif. Unsur ke-2 memiliki massa atom sama dengan massa rata-rata unsur ke-1 dan ke-3 dengan sifat fisika dan sifat kimia berada diantara kedua unsur tersebut.

Prinsip
Pengelompokan

Kelompok	Unsur	Massa Atom	Kelompok	Unsur	Massa Atom
Senyawa Pembentuk Garam	Cl	35,5	Senyawa Pembentuk Alkali	Li	7
	Br	80		Na	23
	I	127		K	39
Senyawa Pembentuk Garam	S	32	Senyawa Pembentuk Alkali	Ca	40
	Se	79		Sr	88
	Te	12,8		Ba	136

Berdasarkan tabel di atas nilai massa atom yang di tengah merupakan rata-rata dari penjumlahan antara unsur yang di atas dan bawahnya.

Misal Cl, Br, I

$$\text{Massa atom Br} = \frac{\text{massa atom Cl} + \text{massa atom I}}{2}$$

$$= \frac{35,5 + 127}{2} = 81,25 \approx 81$$

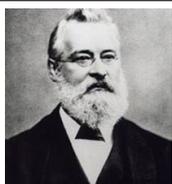
Kelebihan

Unsur kedua merupakan massa atom rata-rata dari massa atom unsur pertama dan ketiga dengan kemiripan sifat berdasarkan massa atom relatif.

Kekurangan

Triade belum mencakup unsur-unsur lain yang mempunyai sifat fisika dan sifat kimia yang mirip.

Pengelompokan Unsur Menurut John Newlands (1865)



Gambar 3.3. John Newlands

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/John_Newlands

Prinsip
Pengelompokan

Berdasarkan kenaikan massa atom relatif, pengulangan sifat unsur terjadi pada setiap unsur kedelapan sehingga disebut Hukum Oktaf.

1-Do	2-Re	3-Mi	4-Fa	5-Sol	6-La	7-Si
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co,Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce,La	Zr	Di, Mo	Ro,Ru
Pd	Ag	Cd	U	Sn	Sb	I
Te	Cs	Ba	Ta	W	Nb	Au
Pt, Ir	Os	V	Tl	Pb	Bi	Th

Berdasarkan tabel tersebut, unsur ke 1 memiliki kemiripan sifat dengan unsur ke 8, unsur ke 2 memiliki kemiripan sifat dengan unsur ke 9 begitu seterusnya.

Kelebihan Pengelompokan berdasarkan kenaikan massa atom relatif dengan melibatkan unsur-unsur yang jumlahnya lebih banyak.

Kekurangan Penggolongan unsur berdasarkan oktaf tidak sesuai untuk unsur dengan massa atom relatif yang besar.

Pengelompokan Unsur Menurut Dmitri Mendeleev (1869)



Gambar 3.4. Dmitri Mendeleev

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Dmitri_Mendeleev

Prinsip Pengelompokan

Periode	Golongan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd
4	K	Ca	-	Ti	V	Vr	Mn	
	Cu	Zn	-	-	As	Se	Br	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	-	
	Ag	Cd	In	Zn	Sb	Te	I	

Kelebihan

- Menyediakan beberapa tempat kosong untuk unsur-unsur yang belum ditemukan.

- Memprediksikan sifat-sifat unsur yang belum ditemukan berdasarkan kemiripan sifat dalam suatu golongan.

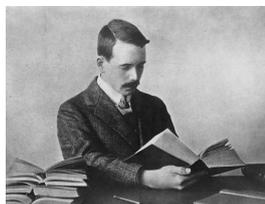
Kekurangan

- Beberapa unsur dengan massa atom relatif lebih besar diletakkan mendahului unsur yang massa atom relatifnya lebih kecil.

- Belum melibatkan penggolongan unsur berdasarkan elektron valensi menjadi golongan unsur utama, transisi, dan transisi dalam.

- Terdapat unsur-unsur yang dikelompokkan tidak berdasarkan kenaikan massa atom relatif.

Pengelompokan Unsur Menurut Henry Moseley (Tabel Periodik Unsur Modern) (1912)

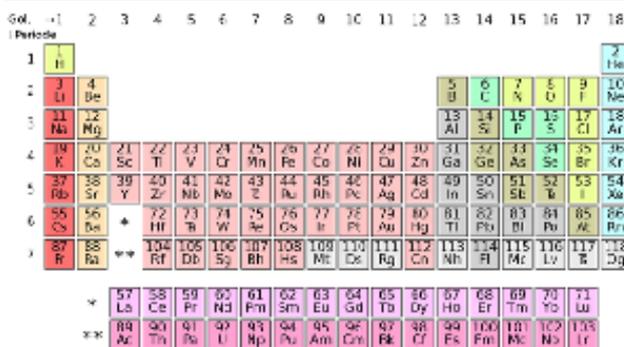


Gambar 3.5. Henry Moseley

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Henry_Moseley

Berdasarkan percobaan penembakkan sinar katoda terhadap suatu atom unsur ditemukan bahwa keperiodikan sifat fisika dan kimia unsur disusun berdasarkan nomor atomnya. Ada 2 buah lajur dalam SPU Modern. Laju pertama merupakan lajur mendatar yang disebut dengan periode. Laju kedua merupakan laju tegak yang disebut dengan golongan.

Prinsip Pengelompokan



Gambar 3.6. Tabel Periodik Modern

Kelebihan

Pengelompokan unsur sudah berdasarkan kesamaan sifat fisika dan kimia berdasarkan periode dan golongannya.

Kekurangan

-

3.2. KONFIGURASI ELEKTRON UNTUK MENENTUKAN PERIODE DAN GOLONGAN

Konfigurasi elektron adalah penyusunan elektron-elektron dalam suatu atom. Berdasarkan model atom Bohr, elektron-elektron ditempatkan dalam kulit-kulit atom dengan tingkat energi tertentu.

Pada konfigurasi elektron model Bohr, elektron suatu atom yang masih tersisa pada tingkat kulit pertama akan mengisi kulit kedua, ketiga, keempat, dan seterusnya. Banyaknya elektron yang mengisi masing-masing kulit elektron dinyatakan melalui rumus $2n^2$.

Perlu Diingat!
Jumlah elektron maksimal pada kulit ke- n adalah $2n^2$.

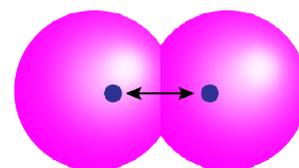
Nilai n	Kulit	Nilai l yang Diperbolehkan	Label Subkulit	Nilai m yang diperbolehkan	Jumlah Subkulit	Jumlah Orbital dalam Kulit	Jumlah e^- dalam Kulit
1	K	0	s	0	1	1	2
2	L	0	s	0	1	4	8
		1	p	-1,0,+1	3		
3	M	0	s	0	1	9	18
		1	p	-1,0,+1	3		
		2	d	-2,-1,0,+1,+2	5		
4	N	0	s	0	1	16	32
		1	p	-1,0,+1	3		
		2	d	-2,-1,0,+1,+2	5		
		3	f	-3,-2,-1,0,+1,+2,+3	7		

Banyaknya elektron pada kulit K ($n = 1$) adalah 2. Banyaknya elektron pada kulit L ($n = 2$) adalah 8.

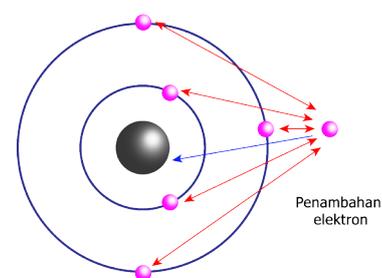
Banyaknya elektron pada kulit M ($n = 3$) adalah 18. Banyaknya elektron pada kulit N ($n = 4$) adalah 32.

3.3. SIFAT TABEL PERIODIK UNSUR

Sifat Unsur	Dalam Satu Periode	Dalam Satu Golongan
Sifat Logam adalah sifat khas yang dimiliki oleh logam.	→ <i>Semakin kecil</i> kelogamannya.	↓ <i>Semakin besar</i> kelogamannya.
Jari-jari Atom adalah jarak dari inti atom ke orbital elektron terluar (Gambar 3.10).	→ <i>Semakin kecil</i> jari-jari atomnya.	↓ <i>Semakin besar</i> jari-jari atomnya.
Kereaktifan adalah mudah atau sukarnya suatu atom untuk bereaksi dengan atom lainnya membentuk ikatan.	→ <i>Semakin kecil</i> kereaktifannya	↓ <i>Semakin besar</i> kereaktifannya.
Potensial Ionisasi adalah energi minimum yang diperlukan oleh suatu atom netral atau ion untuk melepas 1 buah elektron.	→ <i>Semakin besar</i> potensial ionisasinya.	↓ <i>Semakin kecil</i> potensial ionisasinya.
Afinitas Elektron adalah perubahan energi yang terjadi ketika satu elektron diterima oleh atom suatu unsur dalam keadaan gas (Gambar 3.11).	→ <i>Semakin besar</i> afinitas elektronnya.	↓ <i>Semakin kecil</i> afinitas elektronnya.
Keelektronegatifan adalah ukuran kecenderungan atau kemampuan suatu atom untuk menangkap atau menarik elektron dari atom lain.	→ <i>Semakin besar</i> keelektronegatifannya.	↓ <i>Semakin kecil</i> keelektronegatifannya.
Keasaman adalah kekuatan asam yang dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen.	→ <i>Semakin besar</i> keasamannya.	↓ <i>Semakin kecil</i> keasamannya.



Gambar 3.10. Inti atom.



- ↔ Tolak menolak
- ← Tarik menarik
- Elektron
- Nukleus / inti atom

Penambahan elektron ke dalam atom gas oksigen terisolasi disertai dengan pelepasan beberapa energi karena daya tarik antara inti (nukleus) dengan elektron yang ditambahkan lebih kuat daripada daya tolakan antara elektron yang ditambahkan dengan 6 elektron yang sudah ada dalam atom oksigen.

Gambar 3.11. Afinitas elektron.

→ Semakin ke kanan

↓ Semakin ke bawah

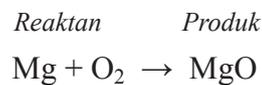
3.4. PERSAMAAN REAKSI KIMIA

Konfigurasi elektron selain digunakan untuk memprediksi posisi periode dan golongan suatu unsur, juga dapat memberi informasi mengenai kereaktifan suatu unsur melalui elektron valensi yang biasanya terlibat dalam reaksi kimia.

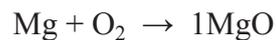
3.4.1. Tahapan Penyetaraan Reaksi Kimia dan Koefisien Reaksi

Reaksi kimia dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi yang disetarakan berdasarkan langkah-langkah berikut.

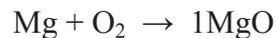
1. Menuliskan pereaksi (ruas kiri) dan hasil reaksi (ruas kanan).



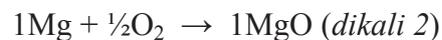
2. Menyetarakan atom-atomnya.



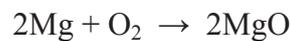
Karena Mg di sebelah kanan ada 1, maka Mg di sebelah kiri ada 1 juga, artinya Mg ruas kiri dan kanan sudah sama dan setara.



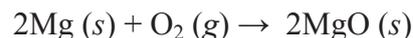
Karena Mg di ruas kanan 1 maka O di ruas kanan juga 1, artinya agar setara, maka O di ruang kiri harus disetarakan. Karena O di ruas kiri ada 2 maka O di ruas kiri dikalikan 1/2 sehingga O di ruas kiri juga berjumlah 1 dan O di ruas kiri dan kanan sama. Agar tidak ada koefisien dalam bentuk pecahan, maka seluruh koefisien dikalikan 2.



3. Menyesuaikan koefisien reaksi



4. Menuliskan wujud materi pada pereaksi dan hasil reaksi



Konsep yang Dipahami

Dalam menyetarakan reaksi indeks tidak dikalikan dengan koefisien.

Contoh:



Artinya atom C = 2

Atom O = 2

Konsep yang Benar

Dalam menyetarakan reaksi indeks harus dikalikan dengan koefisien.

Contoh:



Artinya atom C = 2

Atom O = 4

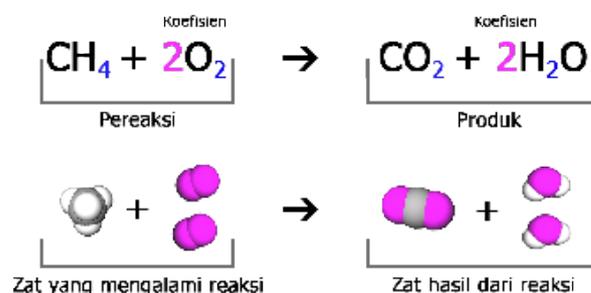
Konsep yang Dipahami

Setiap reaksi adalah reaksi penggabungan, artinya hanya menghasilkan satu produk

Konsep yang Benar

Setiap reaksi akan menghasilkan satu produk atau lebih.

Contoh Persamaan Reaksi Level Submikroskopis



Gambar 3.12. Reaksi pembentukan CH_4 .

Contoh Soal

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara gas metana (CH₄) dengan gas oksigen membentuk gas karbon dioksida dan uap air.

Pembahasan

1. Menuliskan pereaksi (ruas kiri) dan hasil reaksi (ruas kanan).



2. Menyetarakan atom-atomnya.

a. Tetapkan koefisien CH₄ adalah 1, sedangkan koefisien zat-zat lainnya dimisalkan dengan huruf atau variabel.



b. Setarakan jumlah atom C dan H.

<i>Jumlah atom di ruas kiri</i>	<i>Jumlah atom di ruas kanan</i>	Σ Ruas Kiri = Σ Ruas Kanan
C = 1	C = b	b = 1
H = 4	H = 2c	2c = 4 maka c = 2

c. Masukkan koefisien b dan c sehingga persamaan reaksi menjadi:



d. Setarakan jumlah atom O.

<i>Jumlah atom di ruas kiri</i>	<i>Jumlah atom di ruas kanan</i>	Σ Ruas Kiri = Σ Ruas Kanan
O = 2a	O = 2 + 2 = 4	2a = 4 maka a = 2

e. Persamaan reaksi setara selengkapnya adalah



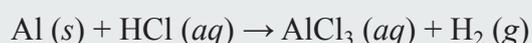
Untuk selanjutnya, koefisien 1 tidak perlu ditulis sehingga persamaan reaksinya menjadi

**Contoh Soal**

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara logam aluminium dengan larutan asam klorida membentuk larutan aluminium klorida dan gas hidrogen.

Pembahasan

1. Menuliskan pereaksi (ruas kiri) dan hasil reaksi (ruas kanan).



2. Menyetarakan atom-atomnya.

a. Tetapkan koefisien AlCl₃ = 1, sedangkan koefisien zat-zat lainnya

dimisalkan dengan huruf atau variabel.



b. Setarakan jumlah Al dan Cl.

<i>Jumlah atom di ruas kiri</i>	<i>Jumlah atom di ruas kanan</i>	Σ Ruas Kiri = Σ Ruas Kanan
Al = a	Al = 1	a = 1
Cl = b	Cl = 3	b = 3

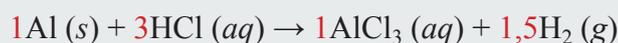
Masukkan a dan b pada persamaan reaksi, sehingga persamaan reaksi menjadi



d. Setarakan jumlah atom H.

<i>Jumlah atom di ruas kiri</i>	<i>Jumlah atom di ruas kanan</i>	Σ Ruas Kiri = Σ Ruas Kanan
H = 3	H = 2c	2c = 3, maka c = 1,5

Masukkan koefisien c, sehingga persamaan reaksinya menjadi

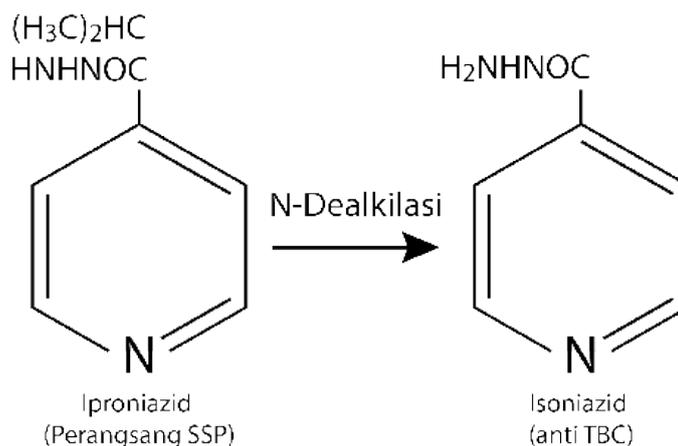


Karena koefisien tidak boleh mengandung pecahan, untuk membulatkan pecahan, maka semua koefisien dikalikan dua, sehingga persamaannya menjadi:



3.4. CONTOH APLIKASI PERSAMAAN REAKSI PADA BIDANG FARMASI

Reaksi metabolisme pada obat TBC, Isoniazid (INH) bekerja dengan cara menghambat sintesis asam mikolik, yaitu suatu komponen esensial dinding sel bakteri. Mekanisme inilah yang nantinya akan menimbulkan efek terapi obat yang bersifat bakterisid terhadap organisme *Mycobacterium tuberculosis* yang aktif bertumbuh secara intraseluler dan ekstraseluler.



Gambar 3.12. Reaksi metabolisme obat TBC.

LATIHAN SOAL**Pilihan Ganda**

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

3.1 Letak unsur dan konfigurasi elektron yang tepat untuk unsur ${}_{19}\text{X}$ adalah... (nomor atom Ar = 18)

- A. periode 4, golongan IA, $[\text{Ar}] 4s^1$
- B. periode 1, golongan IB, $[\text{Ar}] 4d^1$
- C. periode 1, golongan IIA, $[\text{Ar}] 4s^2$
- D. periode 2, golongan IIB, $[\text{Ar}] 4d^2$
- E. periode 3, golongan IVA, $[\text{Ar}] 4s^2 3d^2$

3.2 Letak unsur X dengan nomor atom 26 dan nomor massa 56 dalam sistem periodik unsur terletak pada golongan dan periode...

- A. IIA dan 6
- B. VIB dan 3
- C. VIB dan 4
- D. VIIIB dan 3
- E. VIIIB dan 4

3.3 Unsur Y dalam sistem periodik unsur terletak pada periode dan golongan...

X : $[\text{Ne}] \boxed{1}$

Y : $[\text{Ne}] \boxed{1\downarrow} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1}$

- A. IIA, 5
- B. IIA, 6
- C. IIA, 7
- D. IVA, 5
- E. VA, 3

3.4 Unsur ${}_{16}\text{T}$ dalam sistem periodik unsur terletak pada golongan dan periode berturut-turut...

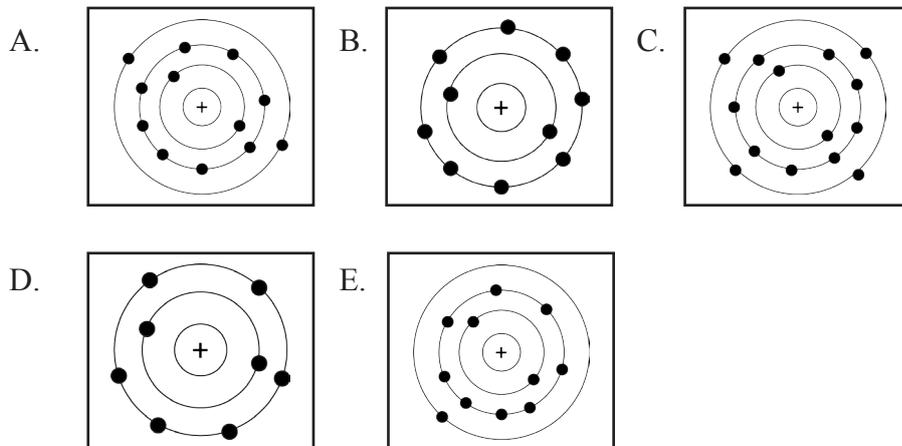
- A. IVA, periode 3
- B. VA, periode 2
- C. VIA, periode 3
- D. VIIA, periode 3
- E. IVB, periode 2

3.5 Konfigurasi elektron dari unsur P adalah... (nomor atom Ne = 10, Ar = 18)

${}_{11}^{23}\text{P}$, ${}_{12}^{24}\text{Q}$, ${}_{17}^{35,5}\text{R}$

- A. $[\text{Ne}] 3s^1$
- B. $[\text{Ne}] 4s^1$
- C. $[\text{Ar}] 3s^1$
- D. $[\text{Ar}] 4s^1$
- E. $[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$

3.6 Pada soal nomor 5 diketahui konfigurasi elektron dari unsur Q, jika unsur Q membentuk ion dapat ditunjukkan pada gambar...



3.7 Salah satu isotop unsur alumunium adalah ${}_{13}^{27}\text{Al}$, hal ini menunjukkan bahwa dalam atom alumunium tersebut terdapat....

- A. 13 proton, 14 elektron, dan 27 neutron
- B. 13 proton, 13 elektron, dan 27 neutron
- C. 13 proton, 13 elektron, dan 14 neutron
- D. 14 proton, 14 elektron, dan 13 neutron
- E. 27 proton, 27 elektron, dan 14 neutron

3.8 Konfigurasi elektron dari unsur X adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$
Unsur tersebut terletak pada...

- A. golongan IIIA periode 5
- B. golongan VA periode 5
- C. golongan VA periode 3
- D. golongan IIIA periode 4
- E. golongan VIA periode 5

3.9 Lima unsur dalam satu periode dinyatakan sebagai berikut.

- (1) Massa atom unsur B lebih kecil daripada unsur C.
- (2) Keelektronegatifan unsur A lebih besar daripada unsur D tetapi lebih kecil daripada unsur B.
- (3) Energi ionisasi unsur E lebih kecil daripada unsur D.
- (4) Jumlah elektron valensi unsur A lebih kecil daripada unsur B.

Urutan letak unsur dalam tabel periodik unsur dari kiri ke kanan adalah ...

- A. A, B, C, D, dan E
- B. A, B, C, E, dan D
- C. C, E, D, A, dan B
- D. E, D, C, B, dan A
- E. E, D, A, B, dan C

- 3.10** Untuk membuat karbon tetraklorida (CCl_4), gas metana (CH_4) direaksikan dengan gas klor (Cl_2) menurut persamaan reaksi: $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + \text{HCl}$ (belum setara)
Berdasarkan reaksi tersebut maka perbandingan mol CCl_4 dan HCl yang dihasilkan adalah.....
- A. 1 : 1
B. 1 : 2
C. 1 : 4
D. 2 : 3
E. 2 : 5
- 3.11** Berdasarkan reaksi: $a\text{C}_5\text{H}_{12} + b\text{O}_2 \rightarrow c\text{CO}_2 + d\text{H}_2\text{O}$
Maka nilai a b c dan d berturut-turut adalah.....
- A. 1, 8, 5, 6
B. 1, 4, 5, 3
C. 1, 8, 5, 3
D. 2, 8, 5, 6
E. 2, 4, 5, 6
- 3.12** Jika reaksi di bawah ini disetarakan maka koefisien HCN dan H_2O berturut-turut adalah.....
 $\text{CH}_4 (g) + \text{NH}_3 (g) + \text{O}_2 (g) \rightarrow \text{HCN} (g) + \text{H}_2\text{O} (g)$
- A. 2 dan 2
B. 2 dan 3
C. 3 dan 2
D. 3 dan 6
E. 2 dan 6
- 3.13** Satu mol senyawa hidrokarbon (C_xH_y) bereaksi dengan 5 mol gas oksigen, membentuk 2 mol gas CO_2 dan 4 mol dan 4 mol uap air. Senyawa hidrokarbon yang dimaksud adalah.....
- A. CH_4
B. C_2H_4
C. C_2H_6
D. C_3H_8
E. C_4H_8
- 3.14** Perhatikan persamaan reaksi : $a\text{Cu} + b\text{HNO}_3 \rightarrow c\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$
Jika koefisien H_2O dan NO_2 berturut turut adalah 4 dan 2, maka nilai a, b dan c adalah.....
- A. 3, 8, 3
B. 3, 3, 4
C. 8, 3, 4
D. 3, 4, 2
E. 8, 4, 2
- 3.15** Berdasarkan reaksi: $2\text{Cu}_2\text{S}(l) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O}(s) + 2\text{SO}_2(g)$, maka pernyataan di bawah ini yang tidak benar adalah.....
- A. Jumlah pereaksi lebih banyak dibandingkan hasil reaksi
B. Perbandingan mol antara SO_2 dan O_2 adalah 2 : 3

- C. Jumlah atom-atom di kanan tanda panah sama dengan jumlah atom-atom di kiri tanda panah
 D. Cu_2S yang bereaksi berupa larutan
 E Terdapat 6 buah atom oksigen di bagian kanan tanda panah

ESAI

3.16 Lengkapi sketsa tabel periodik unsur berikut!

											Q			M	
Y												J	W	R	T
	Z														X

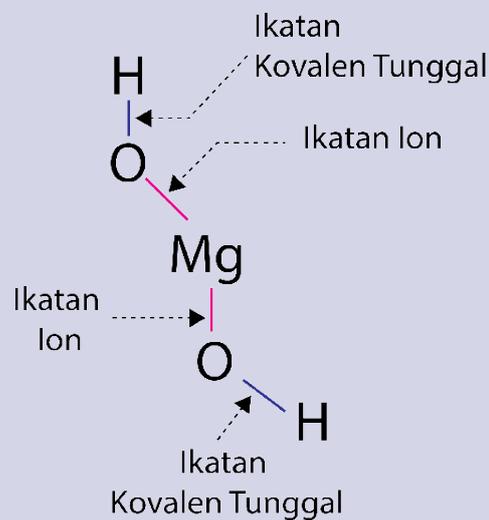
- Unsur mana yang mempunyai jumlah elektron terbanyak pada kulit terluarnya?
- Unsur mana yang mempunyai elektron valensi 3?
- Unsur mana yang bersifat logam dan mempunyai elektron valensi 2?
- Tulis lambang unsur untuk pengganti; (i) Z; (ii) R, dan (iii) Q

3.17 Tuliskan persamaan reaksi setara untuk setiap reaksi berikut.

- larutan kalium hidroksida dengan larutan asam fosfat membentuk larutan kalium fosfat dan air.
- aluminium dengan larutan asam nitrat membentuk larutan aluminium nitrat, air, dan gas nitrogen dioksida.

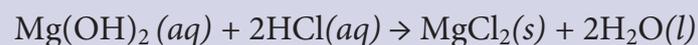
3.18 Baterai merkuri digunakan dalam bidang kesehatan seperti dalam alat pacu jantung karena mempunyai kapasitas jauh lebih tinggi dan lebih awet dibandingkan baterai sel kering. Hal ini disebabkan baterai merkuri memberikan voltase lebih konstan sebesar 1,35 volt. Kekonstanan voltase ini akibat tidak ada perubahan komposisi elektrolit selama pengoperasian baterai merkuri, yaitu reaksi sel keseluruhan dalam baterai merkuri hanya melibatkan zat padat. Baterai merkuri terdiri atas anoda seng diamalgamkan dengan merkuri yang bersentuhan dengan elektrolit alkali kuat yang mengandung seng oksida dan merkuri (II) oksida. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi di anoda dan di katoda pada baterai merkuri tersebut.

Kamu Harus Tau!



Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Magnesium_hidroksida

Magnesium hidroksida Mg(OH)_2 berwujud padatan serbuk putih yang tidak berasa dan dapat mengabsorpsi CO_2 secara perlahan dari udara. Magnesium Hidroksida digunakan sebagai antasida untuk menetralkan asam lambung. Kelenjar lambung dalam tubuh setiap harinya memproduksi cairan lambung yang mengandung HCl dengan konsentrasi sekitar 0,03 M, hal ini menyebabkan lambung bersifat asam dengan pH sekitar 1,5. Produksi asam lambung yang berlebihan akan menyebabkan penyakit tukak lambung atau sering disebut dengan maag yang mesti dinetralkan oleh antasida dengan persamaan reaksi berikut.



Magnesium hidroksida bereaksi dengan asam lambung menghasilkan magnesium klorida dan air. Selain menetralkan asam lambung, antasida juga meningkatkan pertahanan mukosa lambung dengan memicu produksi prostaglandin pada mukosa lambung, tetapi ketika jumlahnya berlebih akan menjadi obat pencahar yang menyebabkan diare.

IKATAN KIMIA

4.1. Peran Elektron dalam Ikatan Kimia

Elektron valensi, simbol Lewis, kation, anion, ikatan kovalen, ikatan ion.

4.2. Menentukan Rumus Kimia

4.2.1. Aturan Oktet

Lewis dan Kossel, monoatomik, inert.

4.2.2. Lambang Lewis

4.2.3. Struktur Lewis

4.3. Pembentukan Ikatan Kimia

4.3.1. Ikatan Ionik

Ikatan ion, ion positif, ion negatif, kristal.

4.3.2. Pembentukan Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, ikatan dativ, ikatan kovalen semipolar, ikatan kovalen tunggal, skatan kovalen rangkap 2, ikatan kovalen rangkap 3, penyimpangan kaidah oktet.

4.3.3. Pembentukan Ikatan Hidrogen

4.3.4. Gaya van der Waals

Gaya dispersi, gaya dispersi London, folding asam nukleat.

4.4. Kepolaran Ikatan

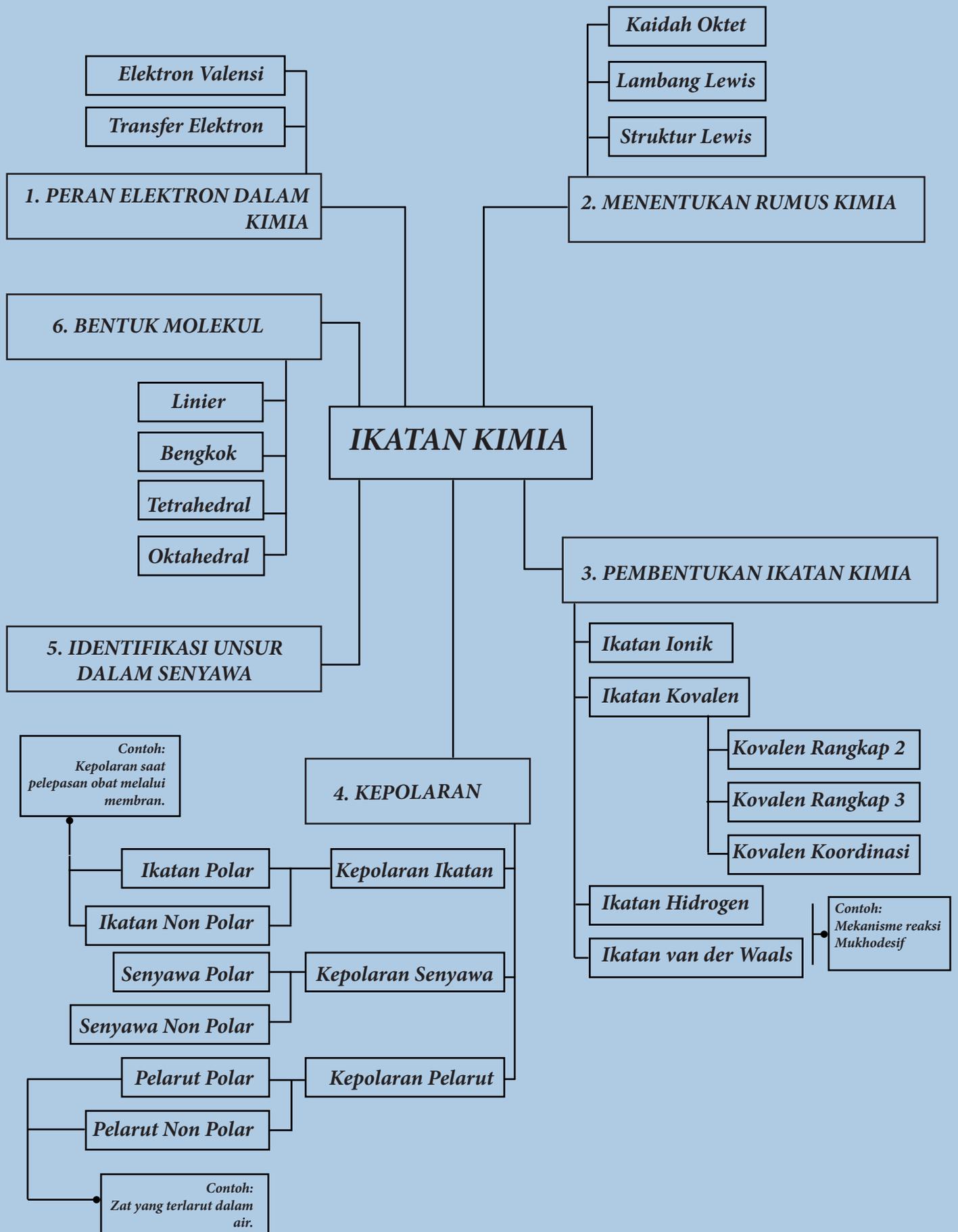
Ikatan polar dan nonpolar, Ikatan kovalen nonpolar, Ikatan kovalen polar.

4.5. Identifikasi Unsur dalam Senyawa

Analisis unsur, analisis kualitatif, analisis kuantitatif, KLT, HPLC, spektrofotometri.

4.6. Bentuk Molekul

Linear, segitiga planar, bengkok, tetrahedral, segitiga piramidal, segitiga bipiramidal, huruf T, tetrahedral tak simetris, oktahedral.



Unsur-unsur yang ada di alam ditemukan dalam bentuk senyawa, sedangkan unsur dalam bentuk monoatomik hanya terbatas pada unsur-unsur gas mulia.

4.1. PERAN ELEKTRON DALAM IKATAN KIMIA

Konfigurasi elektron dapat digunakan untuk menentukan golongan suatu unsur berdasarkan elektron valensi atom unsur tersebut. **Elektron valensi** juga sangat berperan dalam pembentukan suatu ikatan kimia. Pembentukan ikatan kimia yang melibatkan elektron valensi digambarkan melalui **simbol Lewis** yakni suatu lambang unsur dikelilingi oleh titik-titik yang menunjukkan elektron valensi unsur tersebut. Ikatan kimia menurut **teori Lewis** sebagai berikut.

1. Pembentukan ikatan kimia sangat ditentukan oleh elektron valensi.
2. Ikatan kimia terbentuk melalui dua cara yaitu:
 - a. **Kation** (atom yang telah melepaskan e) dan **anion** (atom yang telah menarik e) yang saling tarik menarik melalui gaya elektrostatik dalam suatu struktur kristal, disebut **ikatan ion**.
 - b. Pemakaian bersama pasangan elektron di antara atom-atom yang berikatan, disebut **ikatan kovalen**.
3. Transfer elektron atau pemakaian bersama pasangan elektron untuk membentuk ikatan kimia bertujuan menghasilkan konfigurasi elektron dengan 8 elektron valensi yang lebih stabil.

4.2. MENENTUKAN RUMUS KIMIA

4.2.1. Aturan Oktet

Lewis dan Kossel mengemukakan aturan Oktet bahwa *kebanyakan atom-atom dikelilingi oleh 8 elektron jika atom-atom berikatan dengan atom lain*. Unsur-unsur gas mulia di alam ditemukan dalam bentuk **monoatomik**. Jika konfigurasi elektronnya dicermati, ternyata untuk atom-atom lain seperti atom Na ditemukan di alam dalam bentuk Na^+ . Konfigurasi $ns^2 np^6$ yang stabil menyebabkan unsur-unsur gas mulia bersifat **inert**. Semua atom unsur berusaha mencapai kestabilan konfigurasi elektron seperti unsur-unsur gas mulia ini melalui ikatan kimia.

4.2.2. Lambang Lewis

Pembentukan ikatan kimia digambarkan dengan **lambang Lewis** yang terdiri atas lambang unsur yang menunjukkan inti atom (proton dan neutron) serta semua elektron di kulit dalam. Titik-titik menunjukkan elektron-elektron di kulit terluar (elektron valensi).

Contoh:

Atom $_{17}\text{Cl}$ dengan konfigurasi elektron: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Elektron valensi : 7

Struktur Lewis : $\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$

4.2.3. Struktur Lewis

Struktur Lewis adalah kombinasi lambang Lewis yang menggambarkan transfer elektron atau pemakaian bersama pasangan elektron dalam suatu ikatan kimia.

Contoh:

Struktur Lewis pada pembentukan ikatan ion	Struktur Lewis pada pembentukan ikatan kovalen
$\text{Na}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \rightarrow \text{Na}\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$	$\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \rightarrow \text{H}\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$

4.3. PEMBENTUKAN IKATAN KIMIA**4.3.1. Ikatan Ionik**

Pada ikatan ionik, terjadi transfer elektron dari satu atom ke atom lainnya. Atom yang menerima elektron menjadi bermuatan negatif, sedangkan atom yang melepas elektron akan bermuatan positif. Jika atom menerima elektron, maka atom tersebut menjadi **ion negatif** atau dikenal dengan istilah **anion**. Sedangkan jika atom melepas elektron, maka atom tersebut menjadi **ion positif** atau **kation**. Karena adanya perbedaan muatan antar ion (ion positif dan ion negatif), maka ion positif dan negatif akan saling tarik menarik oleh gaya elektrostatis. Kejadian inilah yang merupakan dasar dari ikatan ionik. **Ikatan ion** biasanya terjadi antara unsur logam yang mempunyai harga keelektronegatifan kecil dengan unsur nonlogam yang memiliki harga keelektronegatifan besar. Simak pembentukan ikatan ion pada senyawa natrium klorida (NaCl) berikut.

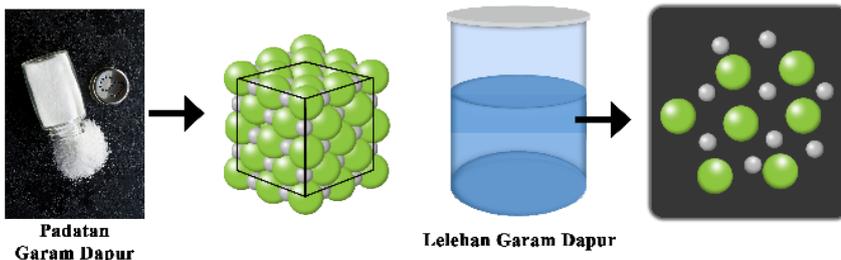
- Atom Na memiliki 11 elektron dengan 1 elektron valensi, ditulis dengan lambang Lewis sebagai $\text{Na}\cdot$.
- Atom Na melepas 1 elektron valensinya, membentuk **ion positif** sehingga jumlah total elektronnya menjadi 10 (mirip konfigurasi elektron $_{10}\text{Ne}$).
- Atom Cl memiliki 17 elektron dengan 7 elektron valensi, ditulis dengan lambang Lewis sebagai $\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$.
- Atom Cl menerima 1 elektron dari atom Na, sehingga atom Cl berubah menjadi **ion negatif** dan jumlah total elektronnya menjadi 18 (mirip

konfigurasi elektron $_{18}\text{Ar}$).

- Kemudian kedua ion tersebut saling tarik menarik (berikatan) membentuk senyawa natrium klorida.
- Setiap ion dikelilingi oleh sejumlah ion yang muatannya berlawanan yang membentuk senyawa berupa kristal. **Kristal adalah suatu bentuk / keadaan materi, yang terbentuk dari susunan partikel-partikel dalam ruang tiga dimensi.**
- Secara sederhana pembentukan ikatan NaCl dituliskan sebagai berikut.



Susunan ion dalam senyawa NaCl dapat dilihat pada Gambar 4.1; setiap ion Na^+ dikelilingi oleh 6 ion Cl^- , sebaliknya setiap ion Cl^- dikelilingi oleh 6 ion Na^+ .



Gambar 4.2. Bentuk ikatan padatan garam dapur dan lelehan garam dapur setelah dipanaskan. Sumber: Whitten, -. Hlm. 54

Setelah memahami proses pembentukan ikatan ion, selanjutnya dijelaskan cara menuliskan rumus senyawa ion. Misalnya, proses pembentukan senyawa CaCl_2 , jumlah muatan yang terlibat dalam ikatan harus nol.

Contoh Soal

Tentukan rumus senyawa dari $\text{Ca}^{2+}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g})$!

Diketahui

Muatan Ca^{2+} adalah +2

Muatan Cl^- adalah -1

Pembahasan

dikali koefisien muatan Cl^-

$$\text{Ca}^{2+}(\text{g}) \times 1 \rightarrow 1\text{Ca}^{2+}(\text{g}) \quad \text{total muatan} = +2$$

dikali koefisien muatan Ca^{2+}

$$\text{Cl}^-(\text{g}) \times 2 \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{g}) \quad \text{total muatan} = -2$$

$$\text{Ca}^{2+}(\text{g}) + 2\text{Cl}^-(\text{g}) \rightarrow \text{CaCl}_2 \quad \text{total muatan} = 0$$

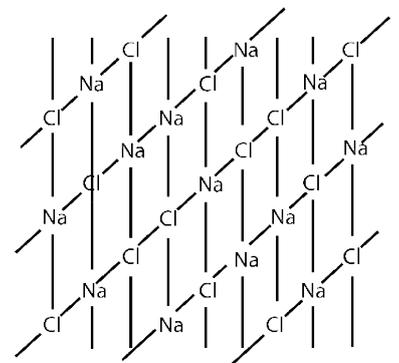
↳ Rumus Senyawa

Konsep yang Dipahami

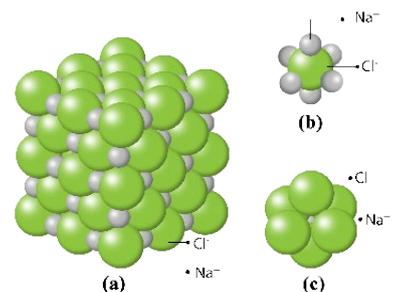
Ion saling berikatan karena adanya transfer elektron dari atom logam-non logam, adanya pasangan elektron ikatan, gaya tarik menarik antar elektron.

Konsep yang Benar

Ion saling berikatan karena adanya gaya tarik-menarik (elektrostatik) antara ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Senyawa yang dibentuk oleh ikatan ion disebut senyawa ion.



Gambar 4.1. Susunan Ion Na^+ dan Cl^- dalam senyawa NaCl.



Gambar 4.3. (a) Kisi kristal NaCl, (b) ion Cl^- dikelilingi oleh 6 ion Na^+ (c) ion Na^+ dikelilingi oleh 6 ion Cl^- . Sumber: Whitten, -. Hlm. 54

Konsep yang Dipahami

Ikatan ionik antara Na dan Cl pada garam dapur memiliki jarak yang berdekatan dalam berbagai keadaan.

Konsep yang Benar

Saat senyawa ionik dipanaskan, maka ikatan antar ion merenggang.

4.3.2. Pembentukan Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen terjadi akibat pemakaian bersama pasangan elektron ikatan untuk mencapai konfigurasi oktet atau duplet. Pasangan elektron ikatan yang digunakan bersama tersebut umumnya berasal dari sumbangan kedua atom yang berikatan kovalen. Jika pasangan elektron ikatan yang digunakan bersama berasal dari salah satu atom saja, disebut **ikatan kovalen koordinasi** atau **ikatan dativ** atau **ikatan kovalen semipolar**. Ikatan kovalen biasanya terjadi antar atom unsur-unsur non logam karena selisih harga keelektronegatifan relatif kecil atau sama. Ikatan kovalen biasa digambarkan dengan **struktur Lewis**.

Konsep yang Dipahami

Ikatan kovalen terbentuk agar atom memenuhi aturan oktet atau duplet.

Konsep yang Benar

Ikatan kovalen terbentuk karena atom-atom yang terlibat memiliki harga keelektronegatifan yang besar.

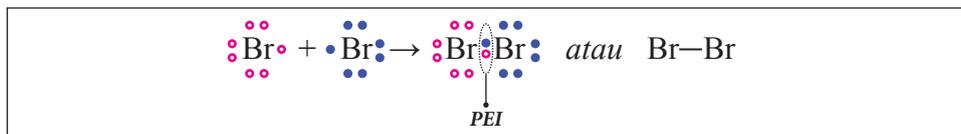
1. Ikatan Kovalen Tunggal

Ikatan kovalen tunggal adalah ikatan kovalen yang memiliki satu pasangan elektron ikatan yang digunakan secara bersama. Perhatikan contoh-contoh ikatan kovalen tunggal berikut.

Contoh Soal

a. Gambarkan struktur Lewis dari Br_2 !

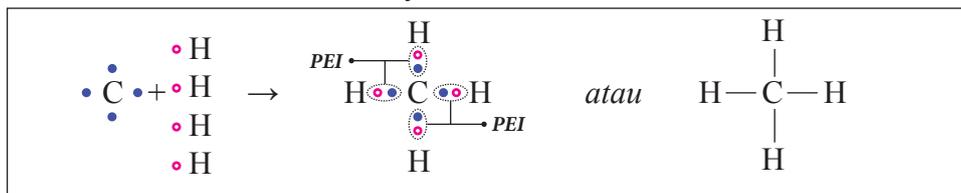
$${}_{35}\text{Br} : 2 \ 8 \ 18 \ 7 \rightarrow \text{elektron valensi} = 7$$



b. Gambarkan struktur Lewis dari CH_4 !

$${}_{6}\text{C} : 2 \ 4 \rightarrow \text{elektron valensi} = 4$$

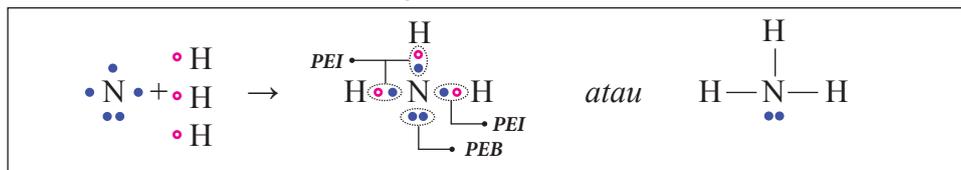
Atom H hanya memiliki satu elektron valensi.



c. Gambarkan struktur Lewis dari NH_3 !

$${}_{7}\text{N} : 2 \ 5 \rightarrow \text{elektron valensi} = 5$$

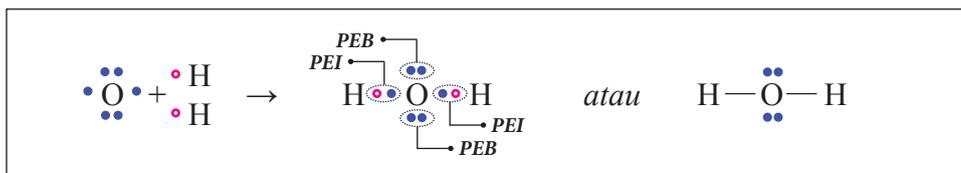
Atom H hanya memiliki satu elektron valensi.



d. Gambarkan struktur Lewis dari H_2O !

$${}_{8}\text{O} : 2 \ 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$

Atom H hanya memiliki satu elektron valensi.



2. Ikatan Kovalen Rangkap Dua

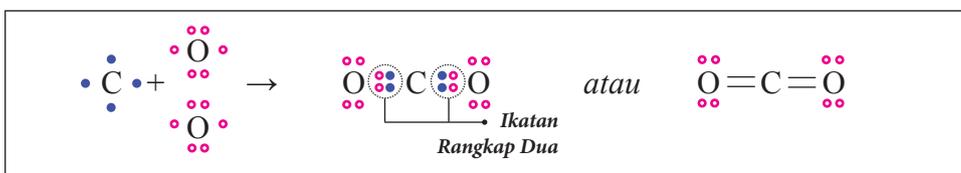
Ikatan kovalen rangkap 2 adalah ikatan yang masing-masing atomnya memberikan sumbangan dua elektron valensi untuk membentuk dua pasang elektron ikatan. Hal itulah yang membuatnya menjadi ikatan rangkap dua. Contohnya adalah O_2 dan CO_2 .

Contoh Soal

a. Gambarkan struktur Lewis dari CO_2 !

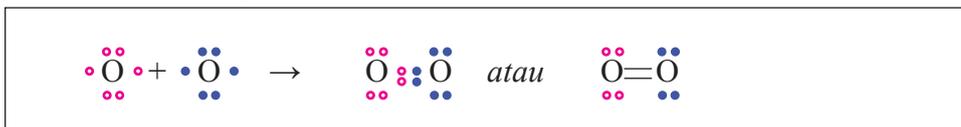
$${}_8O : 2 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$

$${}_6C : 2 \cdot 4 \rightarrow \text{elektron valensi} = 4$$



b. Gambarkan struktur Lewis dari O_2 !

$${}_8O : 2 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$



3. Ikatan Kovalen Rangkap Tiga

Ikatan kovalen rangkap tiga merupakan ikatan yang terjadi antara dua atom yang melibatkan enam elektron ikatan dalam satu ikatan kovalen. Struktur Lewis senyawa yang berikatan rangkap tiga seperti N_2 berikut.

$${}_7N : 2 \cdot 5 \rightarrow \text{elektron valensi} = 5$$



4. Ikatan Kovalen Koordinasi

Ikatan kovalen koordinasi adalah ikatan kovalen dengan pasangan elektron ikatan berasal dari sumbangan atom yang mempunyai PEB kepada atom pasangannya dengan menyediakan orbital kosong agar memenuhi aturan oktet. Beberapa senyawa yang mengandung ikatan kovalen koordinasi seperti H_2SO_4 dan SO_3 berikut.

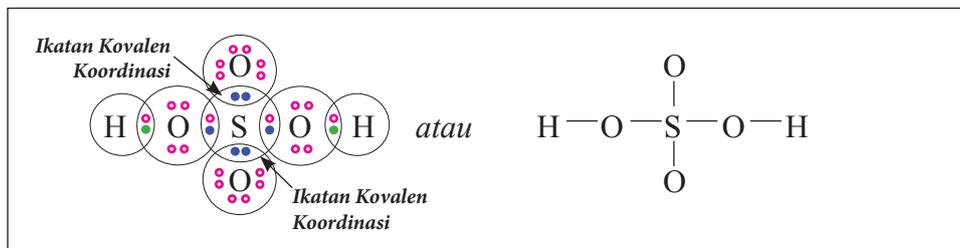
Contoh Soal

a. Gambarkan struktur Lewis dari H_2SO_4 !

$${}_8\text{O} : 2 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$

$${}_{16}\text{S} : 2 \cdot 8 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$

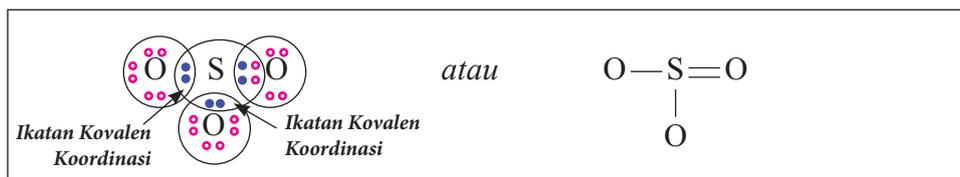
Atom H hanya memiliki satu elektron valensi.



b. Gambarkan struktur Lewis dari SO_3 !

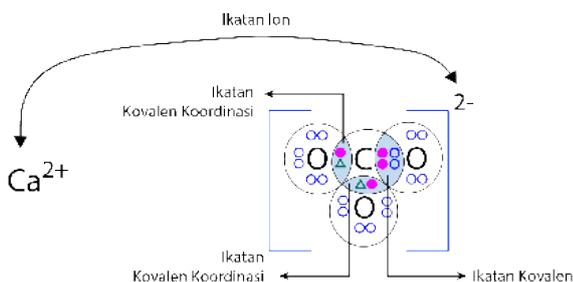
$${}_8\text{O} : 2 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$

$${}_{16}\text{S} : 2 \cdot 8 \cdot 6 \rightarrow \text{elektron valensi} = 6$$



Suatu senyawa terkadang mempunyai ketiga jenis ikatan kimia yaitu **ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan kovalen koordinasi**; misalnya pada senyawa ion kalsium karbonat, CaCO_3 yang mempunyai ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan kovalen koordinasi sebagaimana terlihat dalam **struktur Lewis dan Kossel** pada gambar berikut.

Gambar 4.4. Struktur Lewis dan Kossel pada senyawa CaCO_3 .



5. Penyimpangan Kaidah Oktet

Aturan oktet biasanya berlaku bagi unsur-unsur yang menempati periode kedua, yaitu jika elektron valensi menempati subkulit $2s$ dan $2p$. Berikut Beberapa senyawa kovalen yang menyimpang dari aturan oktet sebagai.

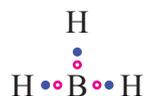
Contoh

a. Senyawa kovalen dari berilium (Be), boron (B), dan aluminium (Al) seperti BeH_2 , BH_3 , BCl_3 , dan AlH_3 . Perhatikan struktur Lewis berikut.

${}_5\text{B}: 2\ 3 \rightarrow$ elektron valensi : 3

H memiliki satu elektron valensi.

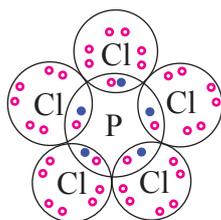
Struktur Lewis:



Jumlah elektron pada atom B hanya berjumlah 6, masih kurang 2 elektron untuk memenuhi kaidah oktet.

- b. Senyawa dengan jumlah elektron valensi ganjil seperti NO_2 .
- c. Unsur-unsur periode 3 keatas mampu melampaui aturan oktet seperti PCl_5 , SF_6 , ClF_3 . Perhatikan struktur Lewis untuk senyawa PCl_5 berikut!

${}_{15}\text{P}: 2\ 8\ 5 \rightarrow$ elektron valensi : 5



Jumlah elektron pada atom P berjumlah sepuluh elektron (kelebihan dua elektron).

Tabel 4.1. Sifat-sifat Umum Senyawa Ion dan Kovalen Sederhana

Senyawa Ion	Senyawa kovalen Sederhana
Titik leleh tinggi.	Titik leleh rendah.
Titik didih tinggi.	Titik didih rendah.
Larut dalam air.	Larut dalam pelarut organik.
Tidak dapat dibakar.	Dapat terbakar.
Lelehan dan larutannya dapat menghantarkan listrik.	Lelehannya tidak dapat menghantarkan listrik.
pada suhu kamar, umumnya berwujud padat.	Pada suhu kamar, umumnya berwujud gas, cair atau padat.

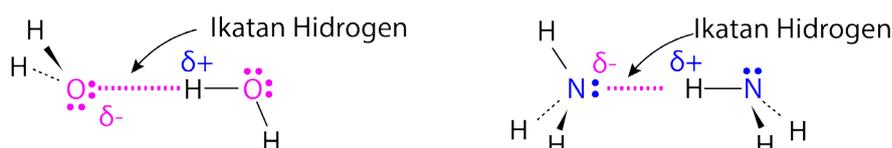
4.3.3. Pembentukan Ikatan Hidrogen

Air yang menjadi kebutuhan utama makhluk hidup terdiri dari hidrogen dan oksigen membentuk H_2O . Ketika dua molekul air berkumpul, ujung negatif dari satu molekul menarik ujung positif dari molekul lain dan menghasilkan ikatan yang dikenal sebagai ikatan hidrogen. **Ikatan hidrogen** adalah gaya antar molekul yang melibatkan atom hidrogen dengan atom unsur dengan

keelektronegatifan sangat besar dan mempunyai pasangan elektron bebas seperti N, O, atau F. Ikatan hidrogen terjadi pada ikatan N—H, O—H, dan F—H yang sangat polar, sehingga atom H bermuatan parsial positif dan muatan parsial negatif pada atom elektronegatif (N, O, atau F). Simak ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul H₂O dan antar molekul NH₃, pada Gambar 4.5 berikut.

Gambar 4.5. Ikatan hidrogen pada H₂O dan NH₃.

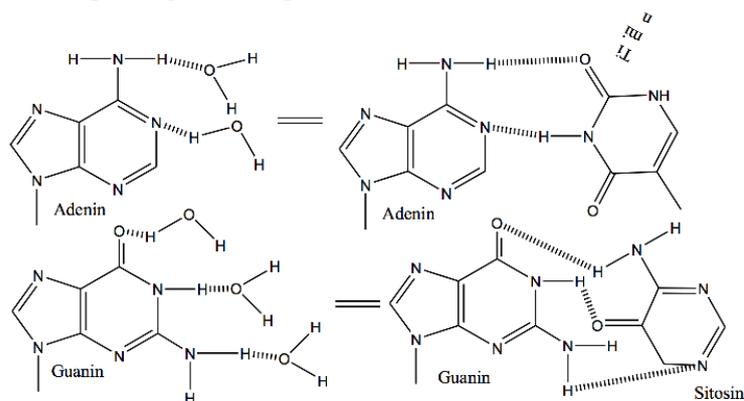
Sumber: McMurry, John E., Fay, Robert C., & Robinson, Jill K. 2016. *Chemistry (7th edition)*. New Jersey: Pearson Education, Inc.



Ikatan hidrogen jauh lebih kuat dibandingkan gaya dipol-dipol. Hal ini disebabkan atom hidrogen berukuran relatif kecil dan tidak memiliki elektron yang dapat melindungi (*shielding*) inti atom sehingga lebih mudah didekati oleh pasangan elektron bebas pada molekul lain.

Dalam konteks farmasi dan kesehatan, ikatan hidrogen penting bagi kestabilan struktur sekunder yang reguler biomolekul seperti asam nukleat dan protein. Hal ini terjadi karena ketika gugus polar dari struktur primer biomolekul berikatan hidrogen dengan molekul-molekul air dipaksa berlipat membentuk putaran atau lembaran yang teratur dalam struktur sekunder biomolekul. Ikatan hidrogen antar gugus polar dengan molekul-molekul air dalam struktur primer yang terekspos air dengan terpaksa diputuskan dan digantikan dengan ikatan hidrogen antar gugus polar di interior lingkungan hidrofobik struktur sekunder dalam jumlah yang sama. Misalnya ikatan hidrogen antar pasangan basa pada asam nukleat berikut.

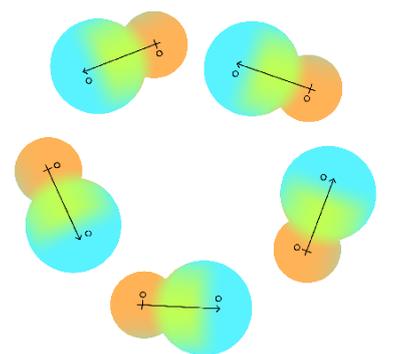
Gambar 4.6. Ikatan Hidrogen antar pasangan basa dalam asam nukleat.



4.3.4. Gaya van der Waals

Gaya van der Waals mencakup gaya dipol-dipol dan daya dispersi yang relatif lemah. Suatu molekul polar memiliki dipol permanen yang memposisikan diri sedemikian rupa sehingga kutub yang berbeda muatan saling berhadapan dan saling tarik menarik menghasilkan gaya dipol-dipol.

Suatu molekul nonpolar dapat memiliki momen dipol sesaat akibat perubahan posisi elektron dari satu daerah ke daerah lain. Momen dipol sesaat ini dapat mengimbas molekul nonpolar lain menghasilkan **gaya dispersi**. **Gaya dispersi London** penting bagi farmasi dan kesehatan berdasarkan fakta bahwa hampir semua biomolekul mengandung bagian non-polar dalam jumlah signifikan. Jika bagian non-polar dari biomolekul dikemas sedemikian rupa sehingga terkemas di interior struktur biomolekul dengan sangat rapat yang hanya menyisakan sedikit celah dan berjarak sangat dekat minimum 3,6 Å, maka akan menghasilkan banyak energi dari gaya dispersi London. Energi ini sebagian digunakan untuk mempertahankan struktur biomolekul yang teratur dan fungsional. Fakta membuktikan bahwa *mekanisme untuk memaksimalkan gaya dispersi London (di bagian interior struktur fungsional masing-masing) berjalan karena proses **folding asam nukleat dan protein**.*



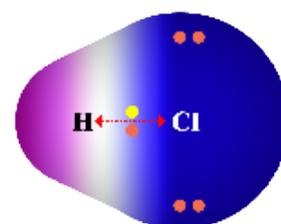
Gambar 4.7. Ikatan Van Der Waals

4.4. KEPOLARAN IKATAN

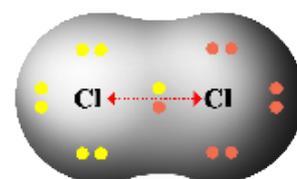
Berdasarkan jenis atom dan harga keelektronegatifan, ikatan kovalen dibedakan menjadi **ikatan polar** dan **nonpolar**.

Ikatan kovalen nonpolar tersusun atas atom sejenis yang memiliki harga keelektronegatifan yang sama sehingga gaya tarik terhadap pasangan elektron ikatan sama kuat, yang menyebabkan distribusi muatan elektron berada simetris di sekitar inti atom, misalnya molekul H₂, Cl₂, dan O₂.

Ikatan kovalen polar tersusun atas atom yang beda jenis yang memiliki harga keelektronegatifan berbeda sehingga gaya tarik terhadap pasangan elektron ikatan jauh lebih kuat oleh atom yang lebih elektronegatif. Misalnya pada molekul HCl, atom Cl lebih elektronegatif sehingga menarik elektron di sekitar inti atom lebih kuat ke arahnya. Akibatnya distribusi muatan pada H dan Cl tidak simetris, atom Cl bermuatan parsial negatif dan atom H bermuatan parsial positif.



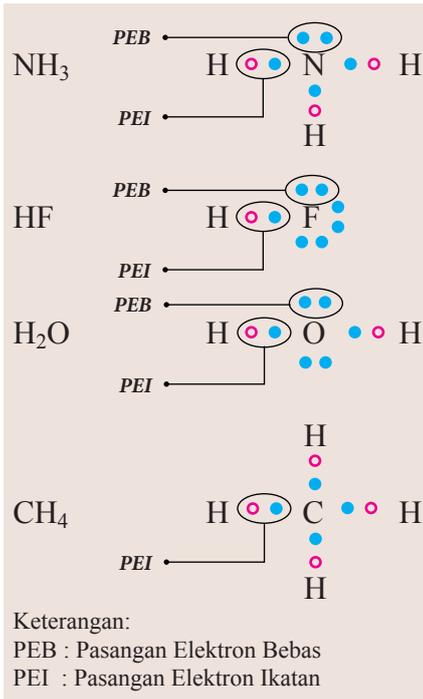
Ikatan Kovalen Polar



Ikatan Kovalen Non Polar

Gambar 4.8. Ikatan Kovalen Polar dan Non Polar

Tabel 4.2. Karakteristik Ikatan Kovalen Polar dan Nonpolar		
Karakteristik	Senyawa Kovalen Polar	Senyawa Kovalen Nonpolar
Perbedaan Harga Keelektronegatifan	Besar.	Sangat kecil atau nol.
Pasangan Elektron Ikatan (PEI)	Tertarik ke atom yang lebih elektronegatif.	Tertarik sama kuat oleh atom-atom yang berikatan.
Pasangan Elektron Bebas (PEB)	Atom pusat memiliki PEB.	Atom pusat tidak memiliki PEB.
Bentuk Molekul	Asimetris (mengutub).	Simetris (proporsional).
Daya Hantar Listrik	Dapat menghantarkan listrik.	Tidak dapat menghantarkan listrik.
Momen Dipol	Lebih dari nol.	Sama dengan nol.
Kelarutan	Larut dalam pelarut polar .	Larut dalam pelarut nonpolar.



Gambar 4.9. Cara menentukan ikatan kovalen polar dan nonpolar.



Gambar 4.10. Analisis Kualitatif Kandungan Fosfor pada P_2O_5 dengan menambahkan pelarut HCl 25%.

Sumber: (<https://www.jagadkimia.com/2018/10/penentuan-fosfor-p2o5-dengan-ekstrak.html>)

Penentuan kepolaran senyawa poliatomik mengikuti beberapa langkah berikut.

1. Tentukan atom pusat.
2. Gambarkan struktur Lewis.
3. Tentukan ada tidaknya PEB.
4. Jika ada PEB berarti polar, jika tidak ada berarti nonpolar.
5. Untuk semua ikatan hidrogen, merupakan senyawa polar.

Berikut contoh cara menentukan ikatan kovalen polar dan nonpolar dari senyawa NH_3 , HF , H_2O dan CH_4 berdasarkan struktur Lewis pada gambar disamping. Berdasarkan struktur lewis di samping, senyawa kovalen polar adalah NH_3 , HF dan H_2O sedangkan senyawa kovalen nonpolar adalah CH_4 .

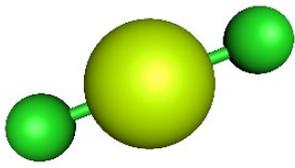
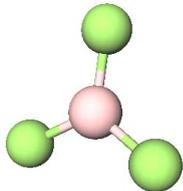
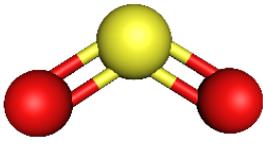
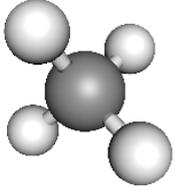
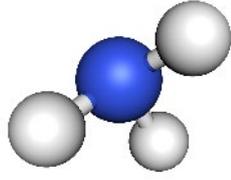
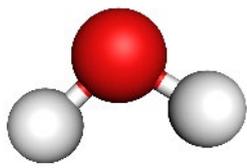
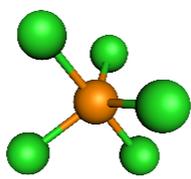
4.5. IDENTIFIKASI UNSUR DALAM SENYAWA

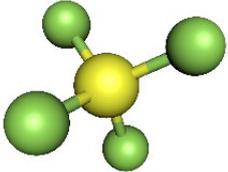
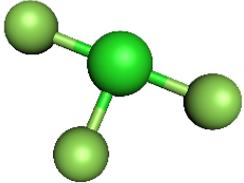
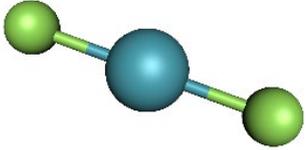
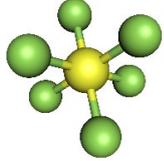
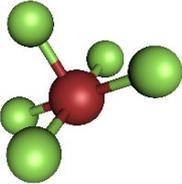
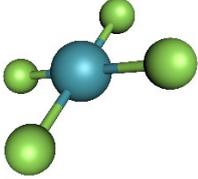
Tenaga farmasi mengidentifikasi senyawa obat melalui tahap untuk menentukan keberadaan unsur selain karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Unsur-unsur lain yang diperiksa adalah nitrogen (N), sulfur (S), fosfor (P), dan halogen (Cl, Br, dan I) yang sangat berpengaruh terhadap langkah pengujian senyawa obat tersebut. **Analisis unsur** dalam senyawa obat dapat dilakukan kualitatif dan kuantitatif. **Analisis kualitatif bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan unsur dalam senyawa obat dengan cara penambahan reaksi atau kromatografi lapis tipis. Analisis kuantitatif dilakukan dengan tujuan untuk menghitung komposisi atau kadar unsur tertentu pada senyawa obat dilakukan dengan cara KLT, HPLC, spektrofotometri.** Berikut contoh penentuan kadar fosfor pada gambar di samping.

4.6. BENTUK MOLEKUL

Suatu molekul memiliki bentuk molekul sedemikian rupa yang stabil dengan meminimalkan tolakan pasangan elektron dalam kulit valensi atau menghasilkan energi lebih rendah yang stabil ketika orbital-orbital atom saling berinteraksi atau ketika pembentukan orbital molekul. **Bentuk molekul adalah suatu gambaran geometris yang dihasilkan jika inti atom-atom terikat dihubungkan oleh garis lurus yang menunjukkan letak pasangan elektron ikatan.** Bentuk geometris suatu molekul umumnya ditentukan berdasarkan data eksperimen, sehingga diperoleh aturan-aturan umum yang dapat digunakan untuk meramalkan bentuk molekul. Pada Tabel 4.3, disajikan beberapa bentuk molekul berupa gambar geometris yang dihasilkan dengan menghubungkan inti-inti atom dengan garis lurus.

Tabel 4.3. Beberapa Bentuk Molekul Sederhana

Pasangan Elektron Berikatan (PEI)	Pasangan Elektron Bebas (PEB)	Jumlah Pasangan Elektron (PEB + PEI)	Bentuk	Sudut Ideal Ikatan	Contoh Molekul	Gambar
2	0	2	Linear	180°	BeCl_2	
3	0	3	Segitiga Planar	120°	BF_3	
2	1	3	Bengkok	120°	SO_2	
4	0	4	Tetrahedral	109.5°	CH_4	
3	1	4	Segitiga Piramidal	107.5°	NH_3	
2	2	4	Bengkok	104.5°	H_2O	
5	0	5	Segitiga Bipiramidal	$90^\circ, 120^\circ$	PCl_5	

Pasangan Elektron Berikatan (PEI)	Pasangan Elektron Bebas (PEB)	Jumlah Pasangan Elektron (PEB + PEI)	Bentuk	Sudut Ideal Ikatan	Contoh Molekul	Gambar
4	1	5	Tetrahedral Tak Simetris (bidang 4)	$90^\circ, 120^\circ$	SF ₄	
3	2	5	Huruf T	90°	ClF ₃	
2	3	5	Linear	180°	XeF ₂	
6	0	6	Oktahedral	90°	SF ₆	
5	1	6	Segiempat Piramidal	90°	BrF ₅	
4	2	6	Segiempat Planar	90°	XeF ₄	

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

4.1 Pasangan senyawa di bawah ini yang merupakan senyawa ion adalah ...

- | | | |
|--|-----------------------------|----------------|
| A. NaCl dan KBr | C. SO ₂ dan HCl | E. KCl dan HCl |
| B. CH ₄ dan NH ₃ | D. H ₂ O dan KBr | |

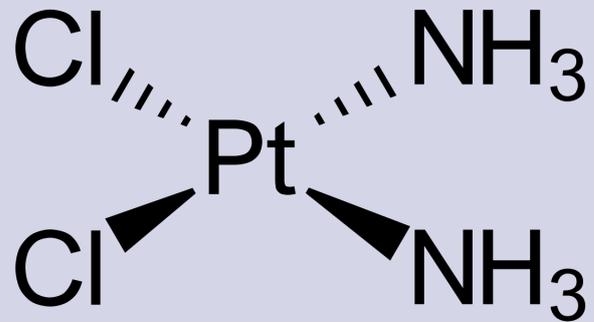
- 4.2 Nomor atom unsur P, Q, R dan S adalah 6, 9, 11, dan 18. Pasangan unsur-unsur yang diharapkan dapat membentuk ikatan ion adalah ...
- A. P dan Q C. Q dan S E. P dan S
B. R dan Q D. S dan R
- 4.3 Suatu senyawa dengan rumus molekul XY. Jika konfigurasi elektron atom X: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ dan konfigurasi elektron atom Y: $1s^2 2s^2 2p^4$, maka XY mempunyai ikatan ...
- A. Kovalen polar C. Kovalen koordinasi E. Logam
B. Kovalen non polar D. Elektrovalen
- 4.4 Pasangan unsur yang membentuk ikatan kovalen adalah ...
- A. $_{17}\text{X}$ dan $_{11}\text{Y}$ C. $_6\text{R}$ dan $_{17}\text{Q}$ E. $_{19}\text{A}$ dan $_{35}\text{B}$
B. $_{12}\text{P}$ dan $_{17}\text{Q}$ D. $_{20}\text{M}$ dan $_{16}\text{T}$
- 4.5 Deretan senyawa berikut ini tergolong senyawa kovalen, kecuali ...
- A. HF, HCl, HI C. H_2O , NH_3 , CO_2 E. IF_5 , CCl_4 , CF_4
B. BH_3 , BF_3 , CO_2 D. Li_2O , CaO , MgO
- 4.6 Di antara senyawa berikut yang bukan molekul kovalen polar adalah ...
- A. HCl C. NH_3 E. PCl_3
B. NaCl D. H_2O
- 4.7 Di antara senyawa-senyawa berikut, yang dapat membentuk ikatan hidrogen adalah ...
(1) HF
(2) NH_3
(3) H_2O
(4) HCl
- A. (1), (2) dan (3) C. (1) dan (3) E. (1), (2), (3) dan (4)
B. (2) dan (3) D. (1), (2) dan (4)
- 4.8 Diketahui nomor atom H = 1; C=6; N = 7; O = 8; P=15; dan Cl =17. Senyawa berikut mengikuti aturan oktet, kecuali ...
- A. CHCl_3 C. H_2O E. PCl_5
B. NH_3 D. CH_4
- 4.9 Unsur X mempunyai konfigurasi elektron 2. 8. 6. Unsur tersebut akan membentuk ion ...
- A. X^{3-} C. X^- E. X^{2+}
B. X^{2-} D. X^+

- 4.16** Senyawa berikut dapat larut dalam air kecuali....
- A. NaCl C. HCl E. KCl
 B. CCl₄ D. NH₃
- 4.17** Kelompok senyawa yang dapat membentuk ikatan hidrogen adalah...
- A. H₂O, H₂S dan HCl D. NH₃, H₂S, dan HF
 B. H₂O, PH₃, dan HBr E. HF, NH₃ dan H₂O
 C. NH₃, H₂O, dan HBr
- 4.18** Nomor atom unsur X = 5 dan nomor atom unsur Y = 17, keduanya membentuk senyawa XY₃. Bentuk molekul senyawa tersebut adalah....
- A. Linear C. Piramida trigonal E. Oktahedron
 B. Segitiga sama sisi D. Sudut
- 4.19** Molekul dengan orbital hibrida *sp*² memiliki bentuk orbital ...
- A. Linear C. Segitiga piramida E. Oktahedral
 B. Segitiga datar D. Tetrahedral
- Esai**
- 4.20** Tuliskan struktur Lewis untuk senyawa ion BaO dan MgCl₂!
- 4.21** Perkirakan bentuk molekul dari senyawa yang terjadi antara unsur ₅X dengan ₃₅Y!
- 4.22** Ramalkan bentuk molekul untuk:
- a. Fosfin (PF₃)
 b. Hidrogen sulfida (H₂S)
 c. Gas klor (Cl₂)
- 4.23** Obat sakit maag mengandung komponen utama berupa senyawa magnesium hidroksida, Mg(OH)₂ yang berfungsi untuk menetralkan kelebihan asam lambung. Jika nomor atom unsur Mg, O, dan H berturut-turut 12, 8, dan 1; maka gambarkan proses pembentukan senyawa magnesium hidroksida tersebut melalui aturan Kossel dan struktur Lewis!
- 4.24** Gambarkan struktur Lewis untuk senyawa kovalen koordinat H₂SO₄!

Kamu Harus Tau!



Sumber: webdokter.com



Cisplatin adalah suatu obat kemoterapi yang telah lama diketahui dan digunakan secara luas dalam dunia kedokteran. Kandungan cisplatin adalah senyawa kompleks cis-diaminadikloroplatina (II) dengan platinum sebagai atom pusat dan amina sebagai ligan. Senyawa kompleks platinum merupakan suatu alkylating agent yang paling penting pada kelompok anti kanker karena mempunyai aktivitas merusak sel kanker. Penelitian Rosenberg memperlihatkan DNA merupakan target utama kerja platinum. Cara kerja alkilator ini adalah membentuk ion karbonium (alkil) yang sangat reaktif. Gugus alkil ini akan berikatan kovalen silang pada konstituen sel yang nukleofilik sehingga terjadi miscoding, ketidakstabilan DNA, untuk selanjutnya sintesis RNA dan protein tidak terjadi dan mengakibatkan matinya sel kanker. Pada sel kanker kerusakan yang disebabkan platinum tidak dapat dikenali. Sebaliknya kerusakan pada sel sehat akan dikenali dan diperbaiki oleh repair enzyme.

Diskusi:

1. Apa itu senyawa kompleks?
2. Apa perbedaan atom pusat dan ligan?
3. Bagaimana rumus kimia dari senyawa kompleks diaminadikloroplatina (II)?
4. Berapa bilangan oksidasi Platinum (Pt) pada senyawa kompleks diaminadikloroplatina (II)?

SENYAWA KOMPLEKS

5.1. Pengertian Senyawa Kompleks

Atom logam, atom pusat, logam transisi, anion, ligan.

5.2. Susunan Senyawa Kompleks

Ligan monodentat, ligan bidentat, ligan polidentat, ligan kuat dan ligan lemah, ligan medan kuat, ligan medan lemah.

5.3. Menentukan Bilangan Koordinasi

5.4. Tatanama Senyawa Kompleks

5.4.1. Aturan Penulisan Nama Logam

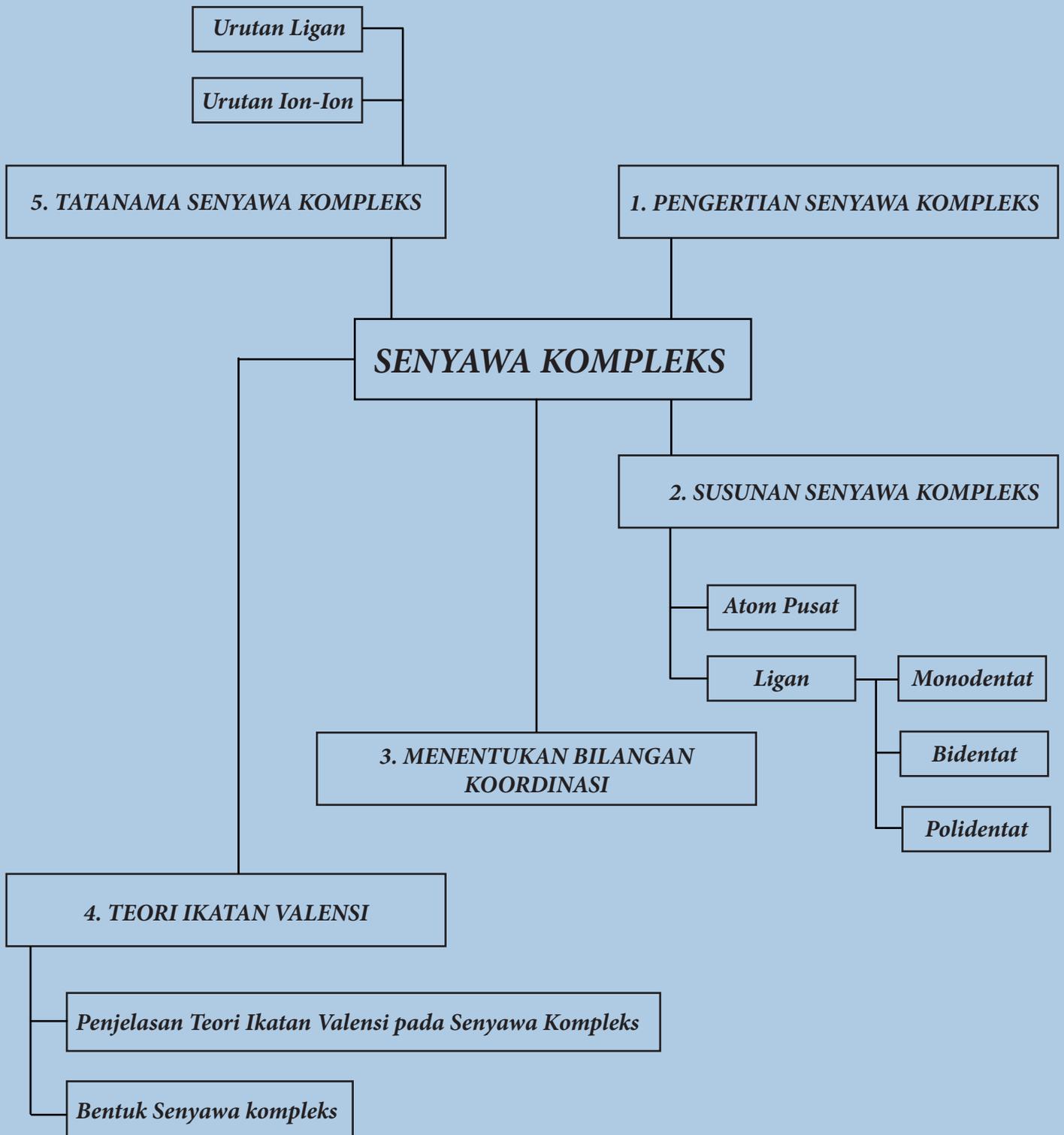
5.4.2. Penulisan Rumus Senyawa Kompleks

5.5. Teori Ikatan Valensi

5.5.1. Oktahedral

5.5.2. Segi Empat Datar

5.5.3. Tetrahedral



5.1. PENGERTIAN SENYAWA KOMPLEKS

Senyawa kompleks adalah senyawa yang tersusun dari atom logam/atom pusat, yang umumnya adalah logam transisi, dengan anion atau ligan yang terikat melalui ikatan koordinasi. Senyawa kompleks ini umumnya ditemui pada logam transisi karena logam tersebut memiliki banyak ruang kosong pada orbital *d* nya yang dapat ditempati pasangan elektron bebas dari ligan. Kompleks dapat bermuatan positif, netral, atau bermuatan negatif. Muatan keseluruhan pada suatu kompleks tergantung pada keadaan oksidasi logam dan muatan yang dibawa oleh ligan.

5.2. SUSUNAN SENYAWA KOMPLEKS

Alfred Werner (1866-1919) menyatakan bahwa ion kompleks tersusun atas atom pusat berupa ion logam transisi yang berikatan kovalen koordinasi dengan molekul netral atau anion yang disebut ligan. Suatu ligan dapat dibedakan berdasarkan jumlah atom sebagai berikut.

a. Ligan Monodentat

Ligan monodentat adalah ligan yang berikatan kovalen koordinasi melalui satu PEB dengan atom pusat. Beberapa ligan monodentat antara lain F^- , Cl^- , Br^- , CN^- , CO , NH_3 , H_2O , CH_3OH , dan OH^- .

b. Ligan Bidentat

Ligan bidentat adalah ligan yang berikatan kovalen koordinasi melalui dua PEB dengan atom pusat. Beberapa ligan bidentat antara lain anion diamin, difosfin, dieter.

c. Ligan Polidentat

Ligan polidentat adalah ligan yang berikatan kovalen koordinasi melalui lebih dari dua atau lebih PEB dengan atom pusat.

d. Ligan Kuat dan Ligan Lemah

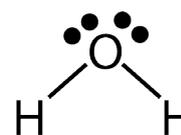
Ada dua jenis utama ligan yang dikategorikan berdasarkan teori medan kristalnya yaitu ligan kuat (atau ligan medan kuat) dan ligan lemah (atau ligan medan lemah). Perbedaan utama antara ligan kuat dan ligan lemah berkaitan dengan pemisahan orbital dengan medan dari ligan. Pemisahan orbital setelah berikatan dengan ligan medan yang kuat menyebabkan perbedaan yang lebih tinggi antara orbital tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih rendah. Pemisahan orbital setelah mengikat ke ligan medan yang lemah menyebabkan perbedaan yang lebih rendah antara orbital tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih rendah.

Konsep yang Dipahami

Senyawa kompleks memiliki atom pusat berupa logam golongan utama atau transisi.

Konsep yang Benar

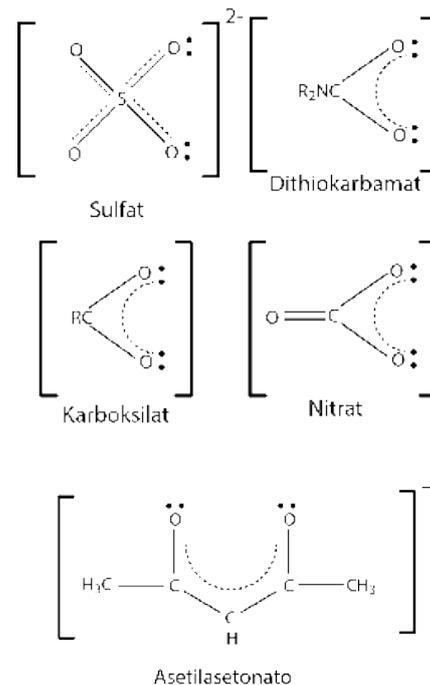
Senyawa kompleks hanya memiliki atom pusat dari logam golongan transisi karena dapat berperan sebagai asam Lewis dengan menyediakan orbital-orbital *d* yang kosong untuk menerima pasangan elektron.



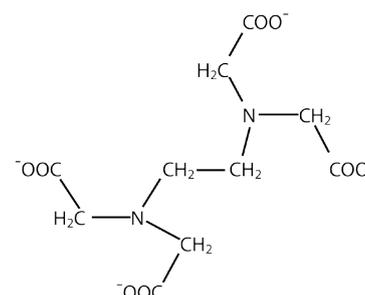
Monodentat / Unidentat

Hanya mampu menyumbang 1 PEB. Contoh : F^- , Cl^- , Br^- , NH_3

Gambar 5.1. Ligan Monodentat.



Gambar 5.2. Ligan Bidentat.



Gambar 5.3. Struktur EDTA.

tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih rendah.

Ligan kuat atau **ligan medan kuat** adalah ligan yang dapat menghasilkan pemisahan bidang kristal yang lebih tinggi. Ini berarti, pengikatan ligan medan yang kuat menyebabkan perbedaan yang lebih tinggi antara orbital tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih rendah. Contohnya termasuk CN^- (ligan sianida) dan CO (ligan karbonil).

Ligan lemah atau **ligan medan lemah** adalah ligan yang dapat menghasilkan pemisahan bidang kristal yang lebih rendah. Ini berarti, pengikatan ligan medan lemah menyebabkan perbedaan yang lebih rendah antara orbital tingkat energi yang lebih tinggi dan lebih rendah. Dalam hal ini, karena perbedaan rendah antara dua tingkat orbital menyebabkan tolakan antara elektron pada tingkat energi tersebut, orbital energi yang lebih tinggi dapat dengan mudah diisi dengan elektron jika dibandingkan dengan yang ada pada orbital energi rendah. Kompleks yang dibentuk dengan ligan ini disebut “**kompleks putaran tinggi**”. Contoh ligan bidang yang lemah termasuk I^- (ligan iodida), Br^- (ligan bromida), dll.

5.3. MENENTUKAN BILANGAN KOORDINASI

Bilangan koordinasi adalah jumlah atom donor yang mempunyai PEB pada suatu ligan yang berikatan kovalen koordinasi dengan atom pusat dalam ion kompleks. Misalnya, bilangan koordinasi dalam senyawa $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ adalah 6 (oktahedral), karena terdapat enam atom donor (N dari NH_3) yang berikatan kovalen koordinasi dengan atom pusat Co^{3+} . Bilangan koordinasi bernilai 6 untuk struktur ion kompleks oktahedral, bernilai 4 untuk struktur ion kompleks tetrahedral atau segi empat planar, dan bernilai 2 untuk struktur ion kompleks linear. Berikut contoh cara menentukan bilangan oksidasi (biloks).

Konsep yang Dipahami

Bilangan oksidasi senyawa kompleks sama dengan muatan pada ion kompleks.

Konsep yang Benar

Bilangan oksidasi atom pusat dalam senyawa kompleks bergantung pada banyaknya ion serta jumlah dan jenis ligan.

Contoh Soal

1. Tentukan biloks Fe dari reaksi :



$$\text{biloks Fe} + 6(\text{CN}^-) = -4$$

$$\text{biloks Fe} + 6(-1) = -4$$

$$\text{biloks Fe} - 6 = -4$$

$$\text{biloks Fe} = 6 - 4$$

$$\text{biloks Fe} = +2$$

2. Tentukan biloks Pt dari reaksi :

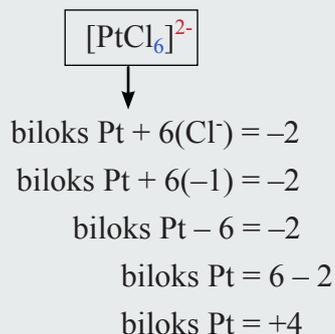


$$\text{biloks Pt} + 2(\text{NH}_3) = +4$$

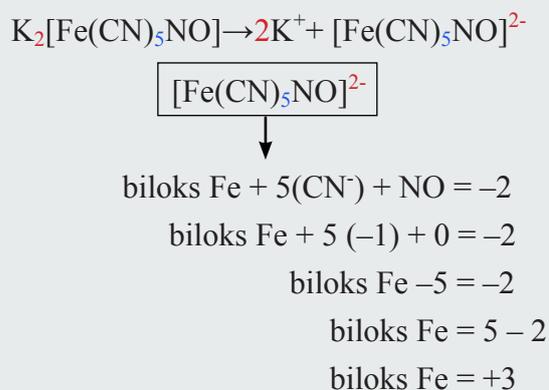
$$\text{biloks Pt} + 2(0) = +4$$

$$\text{biloks Pt} = +4$$

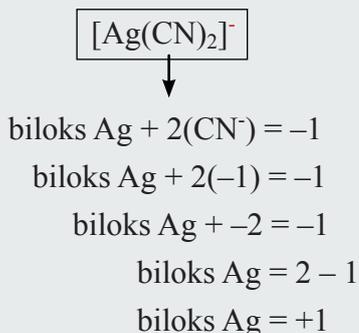
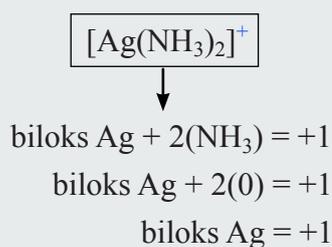
3. Tentukan biloks Pt dari :



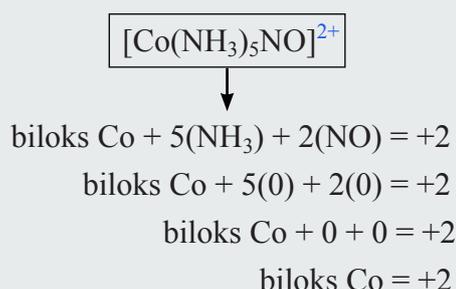
4. Tentukan biloks Fe dari reaksi:



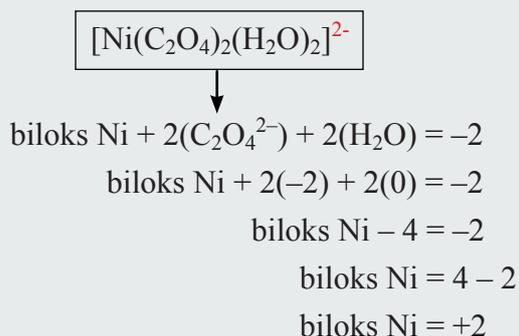
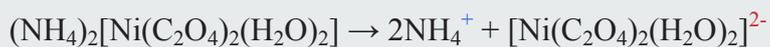
5. Tentukan biloks Ag dari reaksi:



6. Tentukan biloks Co dari reaksi:



7. Tentukan biloks Ni dari reaksi:



5.4. TATANAMA SENYAWA KOMPLEKS

Dalam menuliskan nama dari suatu senyawa kompleks, beberapa aturan dasar adalah sebagai berikut.

1. Nama kation mendahului anion.
2. Untuk ion kompleks, ligan dinamai terlebih dahulu sesuai urutan abjad diikuti nama ion logam.

Contoh

- a. $[\text{CoSO}_4(\text{NH}_3)_4]\text{NO}_3$: tetraamminulfatkobalt (III) nitrat
- b. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: kalium heksasianoferat (II)

Konsep yang Dipahami

Pemberian nama atom pusat dalam senyawa kompleks berlaku sama.

Konsep yang Benar

Pemberian nama atom pusat berbeda, jika atom pusat dalam ion kompleks sebagai kation maka diberi nama logam diikuti bilangan oksidasi. Sedangkan jika atom pusat dalam ion kompleks sebagai anion maka diberi nama logam bahasa Latin diberi akhiran *-at* diikuti bilangan oksidasi.

5.4.1. Aturan Penulisan Nama Logam

- a. Dalam ion kompleks, nama ion logam dituliskan terakhir.
- b. Atom pusat dalam ion kompleks bermuatan negatif (anion) diberi akhiran *-at*.

Contoh: $\text{Na}[\text{Co}(\text{CO})_4]$ = natrium tetrakarbonilkobalt*at* (I)

- c. Atom pusat dalam ion kompleks netral bermuatan positif (kation) menggunakan nama Indonesia.

Contoh:

$[\text{Co}(\text{NO}_2)_3(\text{NH}_3)_3]$ = Triamminodinitrokobalt(III)

$[\text{CoSO}_4(\text{NH}_3)_4]\text{NO}_3$ = Tetraamminulfatkobalt(III)

- d. Bilangan oksidasi atom pusat dituliskan dengan angka romawi dalam tanda kurung di belakang nama logam tersebut.

5.4.2. Penulisan Rumus Senyawa Kompleks

Penulisan rumus molekul senyawa kompleks berdasarkan aturan berikut.

- a. Ion kompleks dituliskan dalam tanda kurung “[.....]”
- b. Logam dituliskan pertama, diikuti ligan
- c. Ligan dituliskan setelah logam dengan urutan:

ligan negatif – ligan netral – ligan positif

- d. Urutan penulisan ligan dengan muatan yang sama disesuaikan dengan urutan abjad.

Contoh:

● Triamminodinitrokobalt (III) = $[\text{Co}(\text{NO}_2)_3(\text{NH}_3)_3]$

● Kalium nitrosilpentasianoferat(II) = $\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$

● Pentaamminodinitrokobalt(III) klorida *atau*

Pentaamminodinitro-N-kobalt(III) klorida = $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$

● Pentaamminodinitrokobalt(III) klorida *atau*

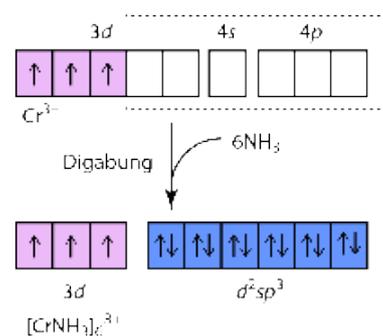
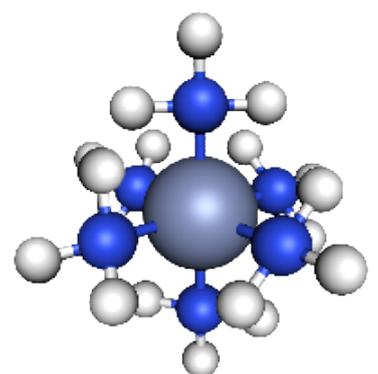
Pentaamminodinitro-O-kobalt(III) klorida = $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$

5.5. TEORI IKATAN VALENSI

Teori ikatan valensi dapat digunakan untuk menjelaskan pembentukan ikatan dalam ion kompleks. Pada pembentukan **ion kompleks**, orbital-orbital *d* yang kosong pada **ion transisi** berhibridisasi membentuk **orbital hibrida** untuk berikatan **kovalen koordinasi** dengan suatu ligan. **Ligan** berperan sebagai basa Lewis dengan memberikan satu atau lebih PEB kepada orbital-orbital *d* kosong dalam atom pusat yang berperan sebagai **asam Lewis**. Jenis hibridisasi pada ion logam (atom pusat) akan menentukan geometri ion kompleks tersebut.

5.5.1. Oktahedral

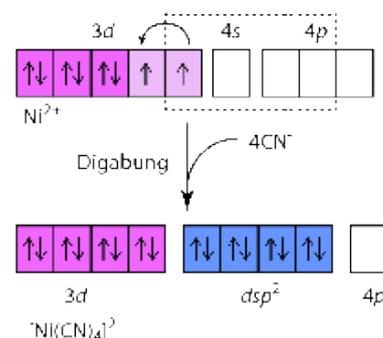
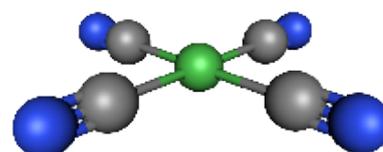
Geometri oktahedral dengan bilangan koordinasi 6 dapat dicontohkan dalam pembentukan ion heksaaminkrom(III), $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$. Enam orbital Cr^{3+} yang kosong (2 orbital *3d*, 1 orbital *4s*, 3 orbital *4p*) membentuk orbital hibrida d^2sp^3 (oktahedral), kemudian 6 PEB dalam atom donor N pada ligan NH_3 mengisi keenam orbital kosong tersebut. Elektron orbital *3d* yang tidak berpasangan memberikan sifat **paramagnetik**.



Gambar 5.4. Oktahedral.

5.5.2. Segi Empat Datar

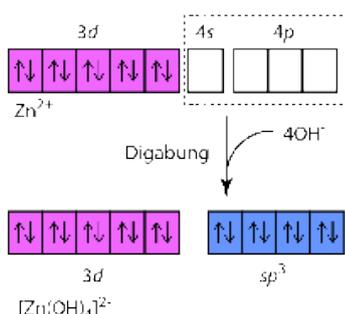
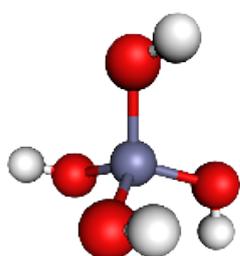
Geometri segi empat datar dengan bilangan koordinasi 4 dapat dicontohkan dalam pembentukan ion tetrasiano nikelat(II), $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$. Di dalam orbital d^8 dari Ni^{2+} , terdapat dua orbital yang setengah penuh, untuk membentuk hibridisasi dsp^2 , maka elektron dari salah satu orbital akan mengisi orbital lainnya dan membiarkan satu orbital kosong. Orbital kosong ini akan bergabung dengan orbital *4s* dan *4p* membentuk dsp^2 . Elektron orbital *3d* yang berpasangan memberikan sifat **diamagnetik**.



Gambar 5.5. Segi Empat Datar.

5.5.3. Tetrahedral

Ion logam yang mempunyai subkulit *d* yang terisi penuh, seperti Zn^{2+} , biasanya akan membentuk kompleks tetrahedral. Contohnya ion $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. Satu orbital *4s* dan tiga orbital *4p* dalam Zn^{2+} berhibridisasi membentuk empat orbital sp^3 .



Gambar 5.6. Tetrahedral.

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

5.1 Rumus kimia senyawa difosforus pentoksida adalah

- A. PO_5 C. 2PO_5 E. $2\text{P}_2\text{O}_5$
 B. P_5O_2 D. P_2O_5

5.2 Nama senyawa yang tepat untuk Fe_2O_3 adalah....

- A. besi oksida C. Besi dioksida E. Besi (III) oksida
 B. dibesi trioksida D. Besi (II) Oksida

5.3 Rumus kimia dari Timah(IV) klorida adalah

- A. Sn_4Cl C. SnCl_2 E. Sn_2Cl
 B. SnCl_4 D. SnCl

5.4 Nama yang benar untuk senyawa $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah....

- A. besi sulfida C. besi (III) sulfat E. besi sulfat
 B. besi sulfida D. besi (II) sulfat

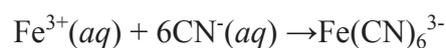
5.5 Unsur transisi yang memiliki bilangan oksidasi nol terdapat pada senyawa

- A. $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ C. $\text{Ni}(\text{CO})_4$ E. $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_3$
 B. $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6\text{SO}_4$ D. $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6(\text{OH})_3$

5.6 Ion Co^{2+} mempunyai konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 3d^7$. Jumlah elektron yang tidak berpasangan dalam ion Co^{2+} adalah

- A. 1 C. 3 E. 7
 B. 2 D. 5

5.7 Pada reaksi pembentukan kompleks berikut.



Ikatan antara atom pusat dan ligan adalah

- A. logam
 B. ionik
 C. kovalen polar
 D. kovalen koordinasi
 E. van der Waals

- 5.8 Ion kompleks berikut yang namanya tidak tepat adalah
- A. $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$: ion tetrasianonikelat(II)
 - B. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$: ion diaminargentat(I)
 - C. $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$: ion heksaaquokobalt(III)
 - D. $[\text{PtCl}_6]^{2-}$: ion heksakloroplatinat(IV)
 - E. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$: ion diklorotetramin kobalt(III)
- 5.9 Nama yang tepat untuk senyawa kompleks dengan rumus $(\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2)\text{Cl}$ adalah
- A. krom(III) tetramin dikloro klorida
 - B. tetramindiklorokrom (III) klorida
 - C. diklorotetraminkromat(III) klorida
 - D. tetramindiklorokromat(III) klorida
 - E. diklorotetraminkrom(III) monoklorida
- 5.10 Suatu senyawa kompleks terdiri atas logam kromium, anion fluorida, molekul air, dan anion klorida, dengan data tambahan berikut.
- Bilangan oksidasi atom pusat = +3
Bilangan koordinasi atom pusat = 6
Muatan kompleks = 1+
- Senyawa kompleks tersebut adalah
- A. $[\text{CrF}_2(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}$
 - B. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{F}_2\text{Cl}$
 - C. $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}$
 - D. $[\text{CrClF}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}$
 - E. $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{F}$

Esai

- 5.11 Tentukan jenis hibridisasi dan geometri molekul ion kompleks $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
- 5.12 Tentukan jenis hibridisasi dan geometri molekul ion kompleks $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$
- 5.13 Beri nama untuk beberapa ion kompleks berikut.
- a. $\text{Au}(\text{CN})_4^-$
 - b. $[\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$
 - c. CoF_6^-
- 5.14 Tuliskan rumus ion kompleks dengan nama berikut.
- a. ion heksasianoferat(II)
 - b. ion tetramintembaga(II)
 - c. ion diaquodisianotembaga(I)
- 5.15 Sejumlah logam terlibat dalam reaksi redoks dalam sistem biologis dimana tingkat oksidasi logam berubah. Manakah diantara logam-logam berikut yang paling mungkin berperan dalam reaksi tersebut: Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn? Jelaskan.

Kamu Harus Tau!



Sumber: <https://roberto.sorin-unsplash.com>

Komposisi dalam suatu campuran sangatlah penting contohnya komposisi pada obat-obatan. Jika salah dalam menentukan komposisi maka obat yang dikonsumsi tidak akan menghasilkan khasiat yang diharapkan. Penentuan komposisi obat dapat dilakukan dengan menggunakan konsep ilmu kimia yaitu stoikiometri. Selain itu, dengan konsep stoikiometri kita dapat memperkirakan bahan yang dipakai dan produk yang dihasilkan dalam suatu reaksi. Obat yang diproduksi dengan komposisi dan khasiat yang tepat tentu akan mempengaruhi harga jual produk. Dalam mempelajari stoikiometri, mahasiswa harus memahami prinsip dasar perhitungan kimia seperti massa atom relatif, massa molekul relatif, konsep mol, hukum-hukum tentang gas, perhitungan kimia, kadar zat dalam campuran, dan pereaksi pembatas.

STOIKIOMETRI

6.1. Massa Atom Relatif

Spektrometer massa, isotop C-12, isotop C-13, isotop C-14, makna relatif.

6.2. Konsep Mol

Joseph Loschmidt, Avogadro, tetapan Avogadro.

6.2.1. Massa Molar

Massa atom, massa molekul, massa ion.

6.2.2. Massa Molekul Relatif dan Massa

6.2.3. Volume Molar

Standard temperature and pressure.

6.3. Hukum-Hukum tentang Gas

6.3.1. Hipotesis Avogadro

gas dengan volume yang sama memiliki jumlah molekul (n) yang sama jika diukur pada tekanan dan suhu yang sama.

6.3.2. Hukum Gas Ideal

Hukum Charles, Hukum Amonton, Avogadro, interkonversi mol, massa dan volume.

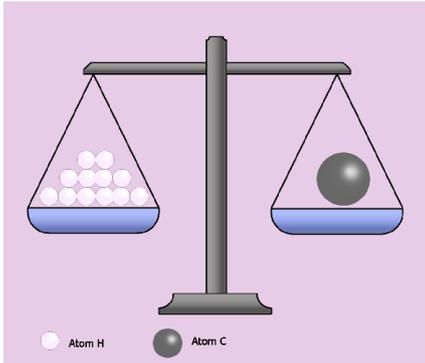
6.4. Perhitungan Kimia

6.4.1. Penentuan Rumus Empiris dan Rumus Molekul

6.4.2. Kadar Presentase

6.4.3. Kadar Zat dalam Campuran

Persen massa dan persen volume. bagian perjuta, molaritas, molalitas, fraksi mol, air kristal, pereaksi pembatas.



Gambar 6.1. Atom C lebih berat dari atom H.

6.1. MASSA ATOM RELATIF

Mempelajari ilmu kimia tidak akan terlepas dari pemahaman tentang **atom**. **Atom** berukuran sangat kecil. Pengukuran massa satu atom secara langsung sangat tidak mungkin untuk dilakukan. Pengukuran massa suatu atom hanya dapat dilakukan dengan membandingkan dengan massa atom standar yang sudah ditetapkan. Misalnya untuk atom hidrogen yang terkecil memiliki ukuran sekitar 1 Angstrom atau 100.000 kali lebih kecil dari diameter rambut kita. Hal ini menunjukkan bahwa dalam mempelajari atom harus berpikir tentang sesuatu yang sangat kecil namun tentu saja itu sulit. Oleh karena itu untuk memudahkan dalam mempelajari atom dengan ukuran kecil, tentu saja dilakukan berbagai upaya untuk memudahkan dalam mempelajarinya.

Dengan berkembangnya teknologi dalam bidang instrumentasi, ditemukan suatu alat yang dapat menentukan massa atom yaitu **spektrometer massa**, pada waktu itu diketahui jumlah neutron berbeda dalam atom-atom suatu unsur menghasilkan berbagai **isotop**. Di dalam *unsur karbon terdiri dari tiga macam isotop*, yaitu **isotop C-12** dengan kelimpahan di alam 98,9 %; **isotop C-13** dengan kelimpahan 1,1 %; dan **isotop C-14** yang merupakan unsur radioaktif yang tidak stabil. Dengan diketahuinya isotop-isotop suatu atom, standar massa tidak lagi merujuk kepada massa atom oksigen, tetapi beralih kepada massa atom karbon C-12 karena C-12 merupakan isotop paling stabil berdasarkan keradioaktifannya. *International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)* sebagai organisasi internasional persatuan kimia murni dan terapan menyepakati untuk memudahkan mempelajari massa atom relatif. **Makna relatif** itu *membandingkan sesuatu yang kecil dengan yang kecil* sehingga diperoleh angka yang mudah untuk dipahami. **Massa atom relatif suatu unsur** adalah harga rata-rata massa atom relatif dari isotop-isotop sesuai kelimpahannya di alam. **Massa atom relatif (Ar)** unsur-unsur lain merupakan massa rata-rata satu atom suatu unsur dibandingkan dengan $\frac{1}{12}$ kali massa satu atom unsur C-12. Massa atom relatif (Ar) tidak mempunyai satuan.

$$Ar X = \frac{\text{Massa isotop unsur atom X (g)}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12 (g)}}$$

Dengan:

$$\text{Massa 1 atom C} = 12 \text{ sma} = 2,04 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$\text{Massa 1 sma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

Contoh Soal

Jika massa rata-rata 1 atom O adalah 16 sma, berapa massa atom relatif O?

Diketahui

Massa rata-rata 1 atom O = 16 sma

Ditanyakan

Berapa massa atom relatif O?

Pembahasan

$$\text{Ar O} = \frac{\text{Massa isotop unsur atom O}}{(\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12})}$$

$$\text{Ar O} = \frac{16 \text{ sma}}{(\frac{1}{12} \times 12 \text{ sma})} = 16$$

6.2. KONSEP MOL

Suatu besaran biasanya memiliki satuan untuk menyatakan ukuran. Misalnya satu rim untuk 500 lembar, satuan meter untuk mengukur kayu dan kain, satuan liter untuk mengukur volume air, dan satuan gram atau kilogram mengukur massa suatu benda. Mengapa digunakan satuan-satuan tersebut? Sebab, kebanyakan orang ingin lebih mudah dalam menghitung jumlah yang banyak. Misalkan 1000 butir beras, atau 1 juta butir kacang kedelai jarang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Begitu pula dengan atom, molekul, atau suatu molekul atom yang sangat kecil bagaimana cara menghitungnya? Karena seperti halnya beras dan kacang kedelai, atom atau molekul tidak mungkin diambil dalam bilangan butir dengan jumlah yang sangat besar. Dengan alasan tersebut, kimiawan menggunakan suatu satuan yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran partikel seperti **atom** atau **molekul**. Hasil yang diperoleh adalah digunakan **konsep mol yang merupakan satuan ukuran partikel seperti atom atau molekul**. Jika jumlah partikel dinyatakan dengan satuan mol, maka berapakah jumlah partikel dalam 1 mol zat?

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh **Joseph Loschmidt** dan dibenarkan oleh **Avogadro**, **satu mol adalah jumlah zat yang mengandung jumlah partikel-partikel elementer**, sebanyak $6,02 \times 10^{23}$ atom yang terdapat dalam 12,00 gram atom C-12. Nilai $6,02 \times 10^{23}$ partikel dikenal **Tetapan Avogadro** dan diberi lambang L (dari nama Loschmidt).

$$\boxed{1 \text{ mol zat} = 6,02 \times 10^{23}}$$

Misalkan 1 mol H₂O mengandung : $1 \times 6,02 \times 10^{23}$ molekul H₂O

4 mol H₂O mengandung : $4 \times 6,02 \times 10^{23}$ molekul H₂O

100 mol H₂O mengandung : $100 \times 6,02 \times 10^{23}$ molekul H₂O

Jumlah partikel = mol $\times 6,02 \times 10^{23}$

6.2.1. Massa Molar (M_m)

Massa molar merupakan **massa atom, molekuler, atau ion** yang mengandung 1 mol atom dan molekul tersebut atau sebanyak $6,02 \times 10^{23}$ partikel yang besarnya sama dengan nilai *Ar* (untuk unsur) atau *Mr* (untuk senyawa) yang dinyatakan dalam gram sehingga mempunyai satuan gram per mol (gram/mol). Hubungan massa dan mol yaitu:

$$m = n \times M_m \quad \text{atau} \quad n = \frac{m}{M_m}$$

dengan

m : massa (gram)

n : jumlah mol zat (mol)

M_m : massa molar (gram/mol)

6.2.2. Massa Molekul Relatif (Mr) dan Massa Rumus Relatif

Massa molekul relatif (Mr) suatu senyawa adalah **jumlah total dari massa atom relatif (Ar) unsur-unsur penyusunnya**. Untuk senyawa ion yang tidak tersusun atas molekul-molekul yang diskrit digunakan istilah **massa rumus relatif**. Pada prinsipnya, **massa molekul relatif (Mr)** dihitung dengan membandingkan massa rata-rata satu molekul dengan $\frac{1}{12}$ kali massa satu atom unsur C-12.

$$Mr A_xB_y = \frac{\text{Massa rata-rata molekul } A_xB_y}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

atau

$$Mr A_xB_y = \frac{\text{Massa rata-rata (x atom A + y atom B)}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

Dengan

Massa molekul relatif : Jumlah massa atom relatif dari seluruh atom penyusun molekul.

Massa rumus relatif : Jumlah massa atom relatif dari seluruh atom penyusun satu satuan rumus kimia senyawa ion tersebut.

Contoh Soal A

Massa molekul relatif $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ jika $A_r \text{ Al} = 27$, $S = 32$ dan $O = 16$ adalah ...

Diketahui

$A_r \text{ Al} = 27$, $S = 32$, dan $O = 16$

Ditanyakan

Berapa massa molekul relatif $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?

Pembahasan

$$\begin{aligned} M_r \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= (2 \times A_r \text{ Al}) + (3 \times A_r \text{ S}) + (12 \times A_r \text{ O}) \\ &= (2 \times 27) + (3 \times 32) + (12 \times 16) \\ &= 342 \end{aligned}$$

Contoh Soal B

Massa dari $6,02 \times 10^{22}$ atom Mg ($A_r = 24$) adalah ...

Diketahui

$A_r \text{ Mg} = 24$

Massa molar Mg = 24 gram/mol

Ditanyakan

Berapa massa dari $6,02 \times 10^{22}$ atom Mg ?

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{mol Mg} &= \frac{6,02 \times 10^{22} \text{ atom}}{6,02 \times 10^{23} \text{ atom/mol}} = 0,1 \text{ mol} \\ \text{massa Mg} &= n \times M_m \\ \text{massa Mg} &= 0,1 \text{ mol} \times 24 \text{ gram/mol} = 2,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

Oleh karena itu jika *massa molar* suatu atom atau molekul diketahui (yaitu sama dengan A_r atau M_r atom atau molekul tersebut), maka atom atau molekul dengan jumlah partikel tertentu dapat ditentukan massanya atau sebaliknya.

$$n = \frac{\text{Jumlah Partikel}}{6,02 \times 10^{23} / \text{mol partikel}}$$

dengan $\text{massa} = n \times M_m$

Misalnya

1. Σ molekul CO_2 dalam sebuah botol $6,02 \times 10^{20}$ molekul, maka jumlah mol CO_2 adalah $6,02 \times 10^{20} / 6,02 \times 10^{23} = 0,001$ mol, artinya dalam wadah tersebut terdapat $0,001 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol}$ maka terdapat 0,044 g CO_2 .

2. Jika di dalam suatu botol terdapat gas O_2 dengan massa 1,6 g, jumlah mol gas O_2 dalam botol tersebut adalah $1,6 \text{ g} / 32 \text{ g/mol}$. Maka didapat 0,05 mol dan terdapat gas oksigen sebanyak $0,05 \times 6,02 \times 10^{23} = 3,01 \times 6,02 \times 10^{22}$ molekul.

6.2.3. Volume Molar (V_m)

Gas menempati ruang dengan volume tertentu. Jika gas tersebut berjumlah 1 mol maka volumenya disebut volume molar. Kondisi volume molar pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm (760 mmHg) dirujuk sebagai STP (*Standard Temperature and Pressure*), beberapa gas telah diukur volumenya dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 6.1. Volume Beberapa Gas

Zat	Jumlah Molekul	Massa (g)	Mol	Volume (L)
NO_2	$6,02 \times 10^{23}$	46	1	22,4
NH_3	$6,02 \times 10^{23}$	17	1	22,4
CO	$6,02 \times 10^{23}$	28	1	22,4
CH_4	$6,02 \times 10^{23}$	17	1	22,4

Sumber: Sunarya, Y. (2009) hlm.87.

Dari data tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa pada keadaan standar (suhu 0°C dan tekanan 1 atm) volume 1 mol gas apa saja memiliki volume 22,4 liter.

$$V_m = n \times 22,4 \text{ L/mol}$$

dengan

V_m : volume gas pada 0°C , 1 atm (Liter)

n : jumlah mol gas (mol)

Pada keadaan lain, tentu saja volume 1 mol gas berbeda dengan keadaan STP, dalam hal ini perhitungan volume digunakan persamaan gas ideal yang akan dibahas pada sub bab berikutnya.

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

Contoh Soal

Reaksi antara 4,8 gram logam magnesium ($A_r = 24$) dengan larutan HCl berlebihan sesuai dengan persamaan reaksi berikut:



Volume gas H_2 yang dihasilkan (STP) adalah...

Diketahui

Massa logam magnesium = 4,8 gram, A_r magnesium = 24

Persamaan reaksi yang terjadi :



Ditanyakan

Berapa volume gas H₂ dalam keadaan STP ?

Pembahasan

a. Pastikan persamaan reaksi yang terjadi sudah setara.



b. Hitung jumlah mol magnesium.

Massa molar magnesium = 24 gram/mol

$$\text{Mol Mg} = \frac{4,8 \text{ gram}}{24 \text{ mol/gram}} = 0,2 \text{ mol}$$

Karena koefisien Mg dan H₂ sama maka mol H₂ juga 0,2 mol

$$\begin{aligned} \text{Volume H}_2 \text{ (STP)} &= \text{mol} \times 22,4 \text{ liter/mol} \\ &= 0,2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ liter/mol} = 4,48 \text{ liter} \end{aligned}$$

6.3. HUKUM-HUKUM TENTANG GAS**6.3.1. Hipotesis Avogadro**

Berdasarkan **Hukum Avogadro**, *gas dengan volume yang sama memiliki jumlah molekul (n) yang sama jika diukur pada tekanan dan suhu yang sama.*

Maka berlaku perbandingan volume gas akan sama dengan perbandingan mol gas jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Untuk menentukan volume suatu gas dengan suhu dan tekanan yang tidak diketahui dengan keadaan tertentu, diperoleh persamaan matematis berikut.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

6.3.2. Hukum Gas Ideal

Volume suatu gas pada suhu dan tekanan tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal yang dirumuskan sebagai berikut.

Menurut **Hukum Charles**, *volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya pada tekanan tetap.*

$$V \approx T$$

Menurut **Hukum Amonton**, *tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya pada volume tetap.*

$$P \approx T$$

Tekanan, suhu, dan volume digabungkan oleh Boyle dan Gay-Lussac menjadi:

$$PV \approx T$$

Menurut **Avogadro**, persamaan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$PV = RT$$

R adalah tetapan molar gas yang tidak bergantung pada P , T , dan V , tetapi hanya bergantung pada jumlah mol gas. Menurut percobaan, nilai $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Berdasarkan uraian tersebut, persamaan gas ideal dapat ditulis sebagai berikut.

$$PV = nRT$$

P = Tekanan (atm)

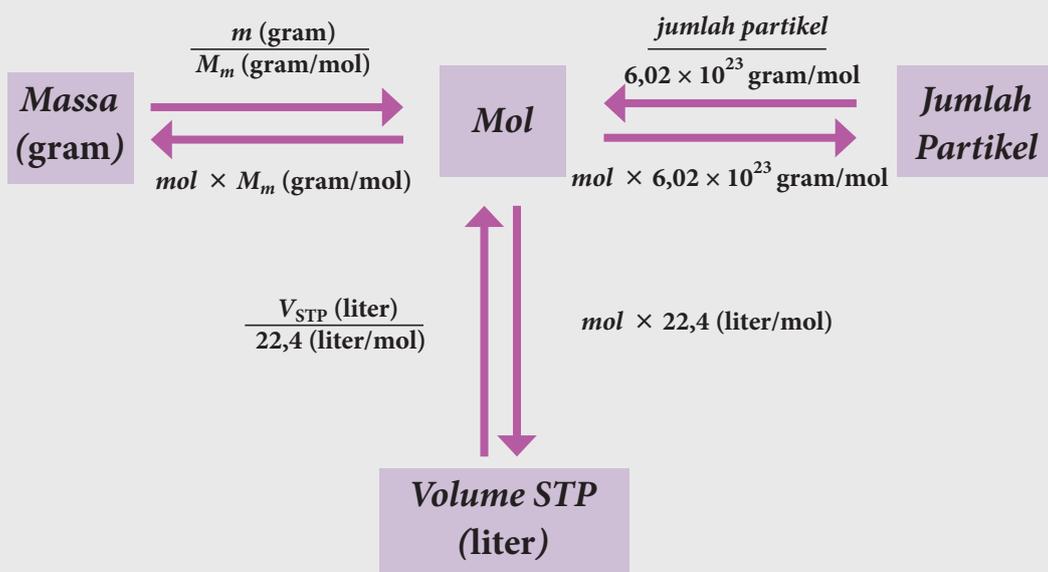
V = Volume (L)

T = Suhu mutlak (K)

n = Jumlah mol gas (mol)

R = Tetapan gas ($0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

Interkonversi Mol-Massa-Volume



Contoh Soal

Berapakah volume 3 gram gas hidrogen yang diukur pada suhu 27°C dan tekanan 1 atm?

Diketahui

massa gas $\text{H}_2 = 3 \text{ gram}$ pada suhu 27°C dan tekanan 1 atm

$$R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

Ditanyakan

Berapa volume gas H_2 ?

Pembahasan

Karena gas H₂ dalam keadaan bukan standar suhu 27°C dan tekanan 1 atm, maka digunakan penyelesaian gas ideal.

Mr H₂ adalah 2, maka massa molar H₂ adalah 2 gram/mol.

$$\text{mol H}_2 = \frac{3 \text{ gram}}{2 \text{ gram/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

Persamaan gas ideal adalah $PV=nRT$

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

$$V = \frac{1,5 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

$$V = 36,9 \text{ liter}$$

6.4. PERHITUNGAN KIMIA**6.4.1. Penentuan Rumus Empiris dan Rumus Molekul**

Rumus molekul menunjukkan jumlah pasti setiap jenis atom unsur dalam suatu senyawa. Rumus paling sederhana dari rumus molekul disebut **rumus empiris**, yang menunjukkan jenis dan perbandingan terkecil dari unsur yang menyusun senyawa tersebut. Penentuan rumus empiris dilakukan dengan menghitung persen massa dan membandingkan jumlah mol setiap unsur yang menyusun suatu senyawa. Rumus empiris yang sudah diketahui dan harga massa molekul relatif digunakan untuk mengetahui rumus molekul suatu senyawa. Contoh, rumus empiris etena adalah CH₂. Rumus sesungguhnya dari etena adalah C₂H₄. Contoh lain adalah rumus empiris amonia adalah NH₃. Rumus sesungguhnya dari amonia juga NH₃.

Contoh Soal

Pembakaran senyawa hidokarbon C_xH_y dalam oksigen berlebih menghasilkan 220 mg CO₂ (Mr= 44) dan 45 mg H₂O (Mr = 18). Jika Ar C = 12 dan dan H = 1, maka rumus empiris senyawa tersebut adalah

Diketahui

Dihasilkan 220 mg CO₂ (Mr= 44) dan 45 mg H₂O (Mr = 18).

Ar C = 12 dan Ar H = 1.

Ditanyakan

Tentukan rumus empiris senyawa tersebut!

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{massa C dalam dari CO}_2 &= \frac{12}{44} \times 220 \text{ mg} \\ &= 60 \text{ mg} \\ &= 0,06 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa H dalam dari H}_2\text{O} &= \frac{2}{18} \times 45 \text{ mg} \\ &= 5 \text{ mg} \\ &= 0,005 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol C : mol H} &= \frac{0,06 \text{ gram}}{12 \text{ gram/mol}} : \frac{0,05 \text{ gram}}{1 \text{ gram/mol}} \\ &= 0,005 \text{ mol} : 0,005 \text{ mol} \\ &= 1 : 1 \end{aligned}$$

didapatkan rumus empiris CH.

6.4.2. Kadar Presentase

Senyawa kimia tersusun atas unsur-unsur yang berbeda. Jika diketahui jenis dan massa atom setiap unsur, maka dapat dihitung keadaan atau persentase komponen unsur-unsur yang membentuk senyawa tersebut.

$$\% \text{ unsur X dalam senyawa} = \frac{\text{jumlah unsur X} \cdot A_r \text{ X}}{M_r \text{ senyawa}} \times 100\%$$

Contoh Soal

Berapa persen unsur oksigen yang terdapat di dalam Fe_2O_3 ? (Ar Fe= 56, O=16)?

Diketahui

$$\begin{aligned} M_r \text{ Fe}_2\text{O}_3 &= (56 \times 2) + (16 \times 3) \\ &= 160 \\ \text{Ar O} &= 16 \end{aligned}$$

Ditanyakan

Berapakah kadar oksigen di dalam senyawa Fe_2O_3 ?

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{Kadar O} &= \frac{(3 \times 16)}{160} \times 100 \% \\ &= 30 \% \end{aligned}$$

Artinya berapapun massa Fe_2O_3 maka kadar oksigen di dalam senyawa tersebut adalah 30%.

6.4.3. Kadar Zat dalam Campuran

a. Persen Massa dan Persen Volume

Persen massa ialah massa suatu zat yang terdapat dalam setiap 100 gram campuran. Secara matematis persen massa dituliskan sebagai berikut.

$$\% \text{ massa} = \frac{\text{massa zat dalam campuran}}{\text{massa campuran}} \times 100\%$$

Sedangkan persen volume menyatakan volume zat yang terdapat dalam setiap 100 bagian volume campuran dirumuskan sebagai berikut.

$$\% \text{ volume} = \frac{\text{volume zat dalam campuran}}{\text{volume campuran}} \times 100\%$$

Contoh, diketahui asam cuka 5% massa, artinya terdapat 5 persen asam cuka dalam 100% massa campuran.

Contoh Soal

Berapakah volume alkohol yang terlarut di dalam 250 mL larutan alkohol dengan kadar 25 % ?

Diketahui

Volume larutan Alkohol 250 mL
Kadar larutan Alkohol 25 %

Ditanyakan

Berapakah volume Alkohol ?

Pembahasan

$$\% \text{ volume alkohol} = \frac{\text{volume larutan}}{100 \%} \times 100\%$$

$$\text{volume alkohol} = \frac{\text{volume alkohol}}{\text{volume larutan}} \times \% \text{ volume alkohol}$$

$$= \frac{250 \text{ mL}}{100 \%} \times 25 \%$$

$$= 62,5 \text{ mL}$$

b. Bagian Per Juta (bpj)

Dalam suatu campuran terkadang terdapat zat dengan kadar yang sangat kecil. **Kadar zat tersebut biasa dinyatakan dengan ukuran bagian perjuta (bpj) atau part per million (ppm). Bagian perjuta (bpj) adalah bagian massa komponen dalam sejuta bagian massa campuran.**

$$\text{bpj} = \frac{\text{massa zat dalam campuran}}{\text{massa campuran}} \times 10^6$$

Contoh Soal

Kadar gas kripton di udara adalah $1,15 \times 10^{-4} \%$. Jika dinyatakan dalam bpj, kadar tersebut adalah ...

Diketahui

Kadar gas kripton $1,15 \times 10^{-4} \%$.

Ditanyakan

Berapakah kadar gas kripton dalam bpj ?

Pembahasan

Kadar gas kripton $1,15 \times 10^{-4} \%$ artinya di dalam setiap 100 liter udara terdapat $1,15 \times 10^{-4}$ liter gas kripton, maka

$$\text{bpj} = \frac{1,15 \times 10^{-4}}{100} \times 10^6 = 1,15 \text{ bpj}$$

c. Molaritas (M)

Molaritas adalah kadar atau konsentrasi yang paling umum digunakan oleh kimiawan di laboratorium. Molaritas merupakan suatu zat dalam satu liter larutan. Molaritas (M) memiliki satuan mol/L yang dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \frac{n}{V}$$

M = molaritas (mol/L)

n = mol zat terlarut (mol)

V = volume larutan (L)

Contoh Soal

Kristal MgSO_4 sebanyak 10 gram dilarutkan dalam air hingga volumenya 500 mL. Berapakah konsentrasi molar (molaritas) larutan? ($M_r \text{MgSO}_4 = 120$)

Diketahui

Massa Kristal MgSO_4 adalah 10 gram

Volume larutan = 500 mL

Mr $\text{MgSO}_4 = 120$

Massa molar $\text{MgSO}_4 = 120$ gram/mol

Ditanyakan

Berapa molaritas larutan?

Pembahasan

$$\text{mol MgSO}_4 = \frac{10 \text{ gram}}{120 \text{ gram/mol}} = 0,083 \text{ mol}$$

Volume larutan = 500 mL = 0,5 L

$$M = \frac{0,083 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,167 \text{ mol/L} = 0,167 \text{ molar}$$

Maka molaritas larutan adalah sebesar 0,167 M.

d. Molalitas (*m*)

Molalitas adalah jumlah mol zat terlarut yang terdapat dalam 1000 gram pelarut. Molalitas dirumuskan sebagai berikut.

$$m = \frac{n \times 1000}{p}$$

m = molalitas larutan (molal)

n = mol zat terlarut (mol)

p = massa pelarut

Contoh Soal

Hitunglah molalitas larutan yang terjadi bila 60 gram kristal MgSO_4 dilarutkan dalam 500 gram air! (Mr $\text{MgSO}_4 = 120$)

Diketahui

Massa $\text{MgSO}_4 = 60$ gram

Massa air (pelarut) = 500 gram

Mr $\text{MgSO}_4 = 120$

Massa molar $\text{MgSO}_4 = 120$ gram/mol

Ditanyakan

Berapa molalitas larutan?

Pembahasan

$$\text{Mol MgSO}_4 = \frac{\text{massa MgSO}_4}{\text{Mr MgSO}_4} = \frac{60 \text{ gram}}{120 \text{ gram/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$m = \frac{n \times 1000}{p} = \frac{0,5 \times 1000}{500} = 1 \text{ molal}$$

e. Fraksi Mol (X)

Fraksi mol (X) adalah perbandingan jumlah mol suatu zat terhadap jumlah mol total zat dalam larutan.

$$X_A = \frac{\text{mol } A}{\text{total semua mol komponen}} = \frac{\text{mol } A}{\text{mol } A + \text{mol } B + \dots + \text{mol ke-}n}$$

Jumlah fraksi mol semua komponen sama dengan satu.

$$X_A + X_B + X_C + \dots = 1$$

Contoh Soal

Hitunglah fraksi mol glukosa di dalam larutan glukosa 27 %! (Mr glukosa = 180 dan Mr Air = 18)

Diketahui

kadar larutan glukosa = 27 %

Mr glukosa = 180

Mr air = 18

Ditanyakan

Berapa fraksi mol glukosa?

Pembahasan

Misalnya dianggap massa larutan keseluruhan adalah 100 gram, untuk memudahkan perhitungan, maka

$$\text{kadar larutan glukosa} = \frac{\text{massa glukosa}}{\text{massa larutan}}$$

$$\text{massa glukosa} = 100 \text{ gram} \times 27\% = 27 \text{ gram}$$

$$\text{mol glukosa} = \frac{\text{massa glukosa}}{\text{Mr glukosa}} = \frac{27 \text{ gram}}{180 \text{ gram/mol}} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{massa air} &= \text{massa larutan} - \text{massa glukosa} \\ &= 100 \text{ gram} - 27 \text{ gram} \\ &= 73 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{mol air} = \frac{\text{massa air}}{\text{Mr air}} = \frac{73 \text{ gram}}{18 \text{ gram/mol}} = 4,05 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{glukosa}} &= \frac{\text{mol glukosa}}{\text{mol glukosa} + \text{mol air}} \\ &= \frac{0,15}{0,15 + 4,05} = 0,63 \end{aligned}$$

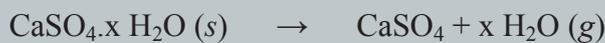
f. Air Kristal (Senyawa Kristal)

Senyawa hidrat adalah senyawa kristal padat yang mengandung sejumlah molekul air (H_2O). Melalui pemanasan, air akan menguap, sehingga massa dari sampel akan berkurang sesuai dengan massa air yang terkandung dalam senyawa tersebut. Penentuan rumus senyawa hidrat sebagai berikut.

$$\text{Rumus kimia senyawa kristal padat : } x.H_2O$$

Contoh Soal

Sebanyak 2,63 gram hidrat dari kalsium sulfat dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap sesuai persamaan reaksi:



Jika massa padatan kalsium sulfat yang terbentuk adalah 1,36 gram, rumus senyawa hidrat tersebut adalah... (Ar: Ca = 40; S = 32; O = 16)

Diketahui

$$\text{Massa } CaSO_4 \cdot x H_2O = 2,63 \text{ gram}$$

$$\text{Massa } CaSO_4 = 1,36 \text{ gram}$$

$$\text{Ar: Ca} = 40; \text{S} = 32; \text{O} = 16$$

Ditanyakan

Tentukan rumus senyawa hidrat tersebut!

Pembahasan

$$\begin{aligned} \text{massa molar } CaSO_4 &= \text{Ar Ca} + \text{Ar S} + (\text{Ar O} \times 4) \\ &= 40 + 32 + 64 = 136 \text{ gram/mol} \end{aligned}$$

$$\text{mol } CaSO_4 = \frac{\text{massa } CaSO_4}{\text{Mr } CaSO_4} = \frac{1,36 \text{ gram}}{136 \text{ gram/mol}} = 0,01 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan koefisien reaksi pada soal, maka mol $CaSO_4 \cdot x H_2O$ juga sama dengan 0,01 mol.

$$\text{massa molar } CaSO_4 \cdot x H_2O = \frac{\text{massa } CaSO_4 \cdot x H_2O}{\text{mol } CaSO_4 \cdot x H_2O} = \frac{2,63 \text{ gram}}{0,01 \text{ mol}} = 263 \text{ gram/mol}$$

$$263 = \text{Mr } CaSO_4 + x \cdot (\text{Mr } H_2O)$$

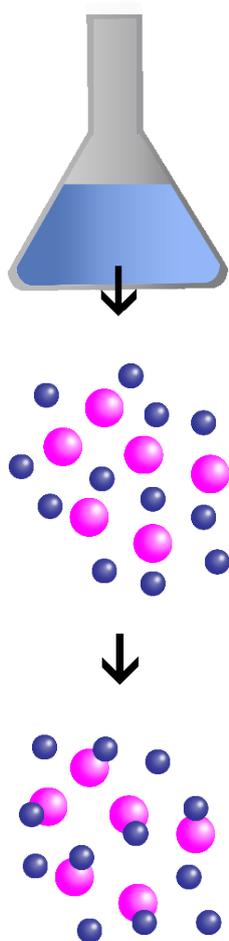
$$263 = 136 + x \cdot 18$$

$$x = \frac{263 - 136}{18} = \frac{127}{18} = 7,06 \sim 7$$

Jadi rumus senyawa hidrat tersebut adalah $CaSO_4 \cdot 7H_2O$

g. Pereaksi Pembatas

Pada setiap reaksi, tidak selalu massa zat-zat reaktan (zat yang bereaksi) akan habis seluruhnya menjadi hasil atau produk reaksi. Terkadang salah



● Zat A ● Zat B

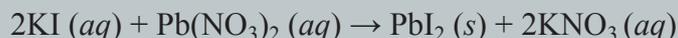
Gambar 6.2.
Skema penggunaan pereaksi pembatas
dalam suatu reaksi.

satu dari zat yang bereaksi akan tersisa karena tidak habis bereaksi. Sama ketika ingin membuat kue bolu untuk 50 orang, ada bahan yang habis terpakai dan kadang ada bahan yang tidak habis terpakai. Antara mentega dan terigu punya perbandingan yang tetap sehingga sangat mungkin terjadi sisa entah itu terigu atau menteganya.

Hal serupa terjadi pada reaksi kimia karena agar terjadi reaksi secara sempurna, perbandingan massa dari zat-zat pereaksi harus tepat sesuai dengan perbandingan koefisien pada reaksi setaranya. Dengan demikian akan ada zat reaktan yang akan habis terlebih dahulu dan menyebabkan zat lain tidak bisa bereaksi dengannya lagi (reaktan berlebih). *Zat pereaksi yang habis terlebih dahulu inilah yang disebut dengan pereaksi pembatas.* Dinamakan demikian karena ia membatasi keberlangsungan suatu reaksi. Dari sisi stoikiometri, akan dapat menghitung jumlah persisnya reaktan yang diperlukan menggunakan perbandingan mol yang tepat sesuai koefisien dalam reaksi setara.

Contoh Soal

Pada suatu bejana direaksikan 100 mL KI 0,1 M dengan 100 mL $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M menurut reaksi



Tentukan pereaksi pembatasnya dan massa $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang dihasilkan!
(Ar K = 39; I = 127; Pb = 207; N = 14; O = 16)

Diketahui

Volume KI 0,1 M = 100 mL

Volume $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M = 100 mL

Ar K = 39; I = 127; Pb = 207; N = 14; O = 16

Ditanyakan

Tentukan pereaksi pembatasnya dan massa $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang dihasilkan!

Pembahasan

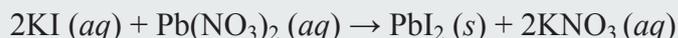
1. Menentukan mol dari KI 0,1 M dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Volume total larutan} &= V_{\text{KI}} + V_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} \\ &= 100 \text{ mL} + 100 \text{ mL} \\ &= 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L} \end{aligned}$$

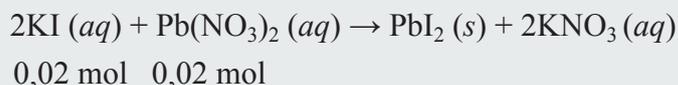
$$\begin{aligned} \text{mol KI} &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ M} \times 0,2 \text{ L} \\ &= 0,02 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol Pb}(\text{NO}_3)_2 &= M \times V \\ &= 0,1 \text{ M} \times 0,2 \text{ L} \\ &= 0,02 \text{ mol} \end{aligned}$$

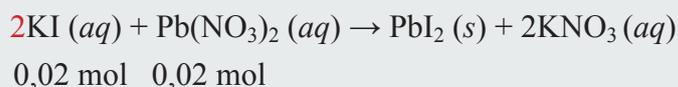
2. Pastikan persamaan reaksi telah setara.



3. Tentukan perbandingan mol dan tentukan zat yang habis bereaksi.



4. Jumlah mol dibagi dengan koefisien masing-masing zat dan zat dengan hasil bagi paling kecil berarti habis bereaksi (sebagai pereaksi pembatas).

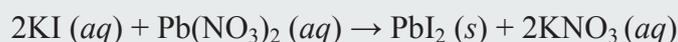


dibagi : 2 1

hasil mol : 0,01 mol 0,02 mol

Hasil bagi mol dengan koefisien menunjukkan KI habis bereaksi.

5. Karena KI sebagai pereaksi pembatas maka jumlah mol KI sebanyak 0,01 mol sebagai dasar menghitung jumlah mol $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang bereaksi.



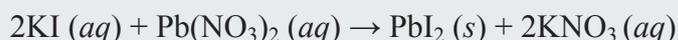
Tersedia : 0,02 mol 0,02 mol

Bereaksi : -0,02 mol -0,01 mol +0,01 mol +0,01 mol +

Setelah	:	0	0,01 mol	0,01 mol	0,01 mol	
reaksi	:	0	0,01 mol	0,01 mol	0,01 mol	

6. Dari langkah di atas maka dapat dijawab sebagai berikut.

a. Pereaksi pembatas adalah KI pada persamaan reaksi.



b. Massa PbI_2 adalah sebagai berikut.

$$\text{Mol PbI}_2 = 0,01 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa PbI}_2 &= 0,01 \text{ mol} \times M_m \text{ PbI}_2 \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 461 \text{ gram/mol} \\ &= 4,61 \text{ gram} \end{aligned}$$

Contoh Soal

Suatu obat yang mengandung senyawa A dan B memiliki komposisi A=20% massa dan B=80% massa. Jika tersedia 10 Kg senyawa A dan 10 Kg senyawa B, maka...

Diketahui

A tersedia = 10 Kg

B tersedia = 10 Kg

Pembahasan

Karena perbandingan A dan B adalah $20:80 = 1:4$, maka

Setiap
 1 gram A memerlukan 4 gram B
 1 Kg A memerlukan 4 Kg B
 10 Kg A memerlukan 40 Kg B (Karena massa B yang tersedia hanya 10 Kg)

Dalam hal ini B menjadi pembatas, sebab ketika seluruh zat B (10 Kg) dipakai maka hanya 2,5 Kg zat A yang diperlukan. Tidak jadi masalah zat A bersisa sebanyak 7,5 Kg, namun akan jadi masalah jika seluruh zat A dipakai dan zat B jumlahnya kurang. Jika keadaan tersebut terjadi dalam pembuatan obat maka obat tidak akan bekerja sebagaimana mestinya. Prinsip pereaksi pembatas adalah boleh lebih, namun tidak boleh kurang.

LATIHAN SOAL**Pilihan Ganda**

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

- 6.1 Pada suhu dan tekanan tertentu, 2 liter gas nitrogen mengandung n molekul gas nitrogen. Pada suhu / dan tekanan yang sama, jumlah molekul gas oksigen yang volumenya 10 liter adalah
- A. n molekul gas oksigen
 B. $2n$ molekul gas oksigen
 C. $3n$ molekul gas oksigen
 D. $4n$ molekul gas oksigen
 E. $5n$ molekul gas oksigen
- 6.2 Sebanyak 11,2 gram serbuk besi (Fe) dipanaskan secara sempurna dengan 6,4 gram serbuk belerang (S), sesuai reaksi:

$$\text{Fe} (s) + \text{S} (s) \rightarrow \text{FeS} (s)$$
 Senyawa besi(II) sulfida (FeS) yang terbentuk sebanyak (A_r Fe: 56, A_r S:32)
- A. 6,4 gram
 B. 11,2 gram
 C. 12,8 gram
 D. 17,6 gram
 E. 22,4 gram
- 6.3 Jika diketahui massa atom relatif H = 1, S = 32, O = 16 dan massa molekul relatif $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah 132, maka massa atom relatif N adalah
- A. 7
 B. 12
 C. 14
 D. 20
 E. 28

- 6.10** Diketahui reaksi $\text{CaCO}_3(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$.
Jika 10 gram CaCO_3 direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 1 M, maka massa CaCl_2 (A_r Ca = 40, C = 12, O = 16, dan Cl = 35,5) yang terbentuk adalah
- A. 22,2 gram
B. 11,1 gram
C. 5,55 gram
D. 4,44 gram
E. 2,22 gram

ESAI

- 6.11** Monosodium glutamat (MSG), zat penambah rasa makanan, dinyatakan sebagai penyebab “sindrom restoran Cina”, dengan gejala sakit kepala dan nyeri dada. MSG mempunyai komposisi massa sebagai berikut: 35,51% C; 4,77% H; 37,85% O; 8,29% N; dan 13,60% Na. Bagaimanakah rumus molekulnya jika massa molarnya sekitar 169 g?
- 6.12** Alkohol sinamat sebagian besar digunakan untuk parfum, terutama pada sabun dan kosmetik. Rumus molekulnya adalah $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$. (a) Hitunglah persen komposisi massa dari C, H, dan O, dalam senyawa ini. (b) Berapa molekul alkohol sinamat yang terkandung dalam sampel 0,469 g senyawa?
- 6.13** Masker gas untuk perlengkapan pernafasan yang digunakan pekerja tambang dilengkapi dengan padatan KO_2 (kalium superoksida). Pada saat H_2O dan CO_2 dikeluarkan dari proses pernafasan, terjadi reaksi H_2O dengan KO_2 dan terbentuk gas O_2 dan kalium hidroksida. Kalium hidroksida yang terbentuk segera bereaksi dengan gas CO_2 membentuk KHCO_3 sehingga CO_2 tidak dihirup kembali.
- Tuliskan reaksi-reaksi yang terjadi pada proses pernafasan tersebut.
 - Berapa volume O_2 (STP) pada reaksi sempurna dengan 1 g KO_2 ?
 - Berapa volume gas O_2 tersebut pada suhu badan dan tekanan 1 atm?
 - Berapa berat KOH yang dihasilkan?
 - Berapa volume CO_2 (STP) yang bereaksi dengan KOH yang terbentuk?
 - Berapa volume CO_2 bila diukur pada 37°C dan 1 atm?

Kamu Harus Tau!



Obat yang sudah kadaluarsa biasanya mengalami perubahan warna. Namun, jika ada obat yang belum kadaluarsa tapi berubah warnanya hal tersebut dapat terjadi karena penyimpanan yang tidak sesuai anjuran sehingga vitamin terpapar udara dan matahari yang akhirnya menyebabkan reaksi oksidasi dan merubah warnanya. Vitamin yang sudah mengalami perubahan warna sebaiknya tidak digunakan apa lagi dengan adanya bintik-bintik kehitaman yang dapat terjadi juga karena vitamin sudah ditumbuhi jamur. Obat yang sudah berubah warna, umumnya sudah mengalami perubahan komposisi yang dapat menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan. Untuk mencegah oksidasi pada obat sebaiknya obat disimpan sesuai dengan saran penyimpanan yang ada pada kemasan obat.

REAKSI REDOKS & ELEKTROKIMIA

7.1. Pengertian Reaksi Redoks

Reaksi reduksi, reaksi oksidasi, serah terima oksigen, transfer elektron, bilangan oksidasi.

7.1.1. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen

Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen dalam Bidang Farmasi

7.1.2. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Transfer Elektron

Zat tereduksi, oksidator, zat teroksidasi, reduktor, pelepasan elektron, penangkapan elektron.

7.1.3. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Bilangan Oksidasi

Peningkatan bilangan oksidasi, penurunan bilangan oksidasi.

7.2. Penyetaraan Reaksi Redoks

Penyetaraan dengan bilangan oksidasi, penyetaraan dengan setengah reaksi.

7.2.1. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Bilangan Oksidasi (biloks)

Penyetaraan jumlah atom, penyetaraan jumlah elektron, penyetaraan jumlah muatan, penyetaraan jumlah atom H^+ .

7.2.2. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Setengah Reaksi

Penyetaraan reaksi redoks dalam suasana asam.

7.3. Elektrokimia

7.3.1. Sel Volta

Sel galvanik, elektroda logam seng, katoda, anoda, jembatan garam, diagram sel, Volta, deret volta, beda potensial reduksi.

7.3.2. Potensial Reduksi Standar

Elektroda hidrogen, elektroda inert, potensial reduksi standar relatif.

7.3.3. Aspek Kualitatif Elektrokimia

Termodinamika elektrokimia, Joule, arus, kalor, resistensi, kerja listrik, nilai energi bebas standar, rumus persamaan Nernst.

7.4. Reaksi Redoks dalam Bidang Farmasi

Dihidroksiaseton fosfat, gliserol-3-fosfat, gugus prostetik, flavin adenin dinukleotida (FAD), gliserol dehidrogenase, NADH, $FADH_2$, sitosol, organel mitokondria, sitokrom, koenzim-Q / biquinon, inhibitor, kompleks binuklear, isoprenoid, gradien proton transmembran, intermembran, proton vektorial, transport elektron, fenolik.



cullan smith



eiliv sonas aceron



tengyart



marc heckner



dokumentasi pribadi

Gambar 7.1. Contoh peristiwa oksidasi. (atas ke bawah) Pembakaran, daging apel yang terbuka, besi berkarat, mobil *hybrid* yang sedang diisi dengan gas hidrogen, obat yang terbuka.

Sumber :
unsplash.com, dokumentasi pribadi.

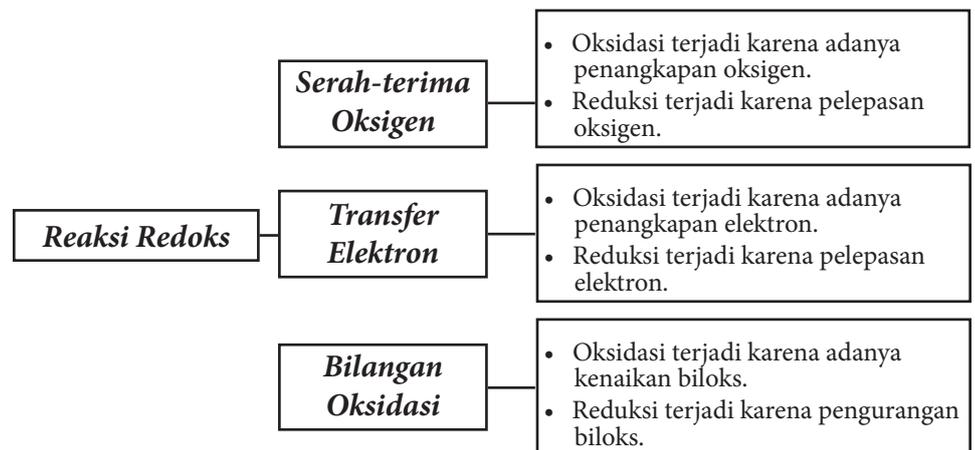
Reaksi kimia biasa terjadi karena adanya perubahan dari suatu senyawa menjadi senyawa yang baru seperti reaksi $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$. Tidak semua reaksi dapat dijelaskan dengan reaksi kimia biasa, seperti salah satunya reaksi reduksi dan oksidasi yang dialami oleh suatu senyawa.

Reaksi reduksi dan oksidasi biasa disebut dengan istilah **reaksi redoks**. Reaksi redoks dapat dijelaskan melalui serah terima oksigen yang terjadi, transfer elektron, dan naik turunnya bilangan oksidasi (biloks).

7.1. PENGERTIAN REAKSI REDOKS

Reaksi redoks sebenarnya biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, ketika kalian sedang ingin makan buah apel lalu menggigit buah apel tersebut, tetapi setelah sisa gigitan tersebut membiarkan ternyata buah apel tersebut telah berubah warna menjadi coklat. Mengapa buah apel bisa berubah warna menjadi coklat dalam sekejap ketika kulitnya sudah digigit? Ingat perubahan warna adalah salah satu ciri bahwa reaksi kimia telah terjadi! Ini terjadi karena senyawa *polifenol* yang ada dalam apel tidak terlindungi lagi oleh lilin (*wax*) di kulit apel sehingga senyawa polifenol teroksidasi oleh gas oksigen dan terlihat berubah warna menjadi coklat. Masih banyak contoh peristiwa oksidasi lainnya dalam kehidupan sehari-hari seperti besi berkarat, pembakaran, *fuel cell* (gas hidrogen sebagai bahan bakar), dan obat yang kadaluwarsa.

Konsep reaksi redoks dapat dilihat berdasarkan skema yang ada pada Gambar 7.2 berikut.

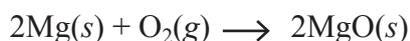


Gambar 7.2. Skema konsep reaksi reduksi dan oksidasi.

7.1.1. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen

Konsep reaksi oksidasi pada awalnya didasarkan pada senyawa yang bereaksi dengan oksigen. Sebaliknya, **reaksi reduksi** berarti senyawa yang melepaskan oksigen. Sebagai contoh, ketika kalian membakar potongan logam magnesium, Mg, akan terbentuk logam magnesium yang mengikat

gas oksigen (atau disebut magnesium oksida, MgO) dan disertai kilatan cahaya yang menyilaukan. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.



Sebaliknya, bagi para penambang dan pengolah berbagai logam, reaksi reduksi lebih mereka senangi karena dapat menghasilkan logam yang dimaksud dari bijih logam yang ditambang. Sebagai contoh, mereka bisa mendapatkan logam tembaga, Cu, dari oksida logam tersebut dengan reaksi reduksi berikut:



Contoh Soal

Paku besi berkarat karena mengalami reaksi dengan oksigen di udara. Persamaan reaksi yang terjadi adalah....

- $\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{FeO}_2(s)$
- $3\text{Fe}(s) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 3\text{FeO}_2(s)$
- $4\text{Fe}(s) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
- $\text{FeO}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{FeO}_3(s)$
- $4\text{FeO}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$

Diketahui



Pembahasan

Besi akan bereaksi dengan oksigen sehingga teroksidasi dengan melepaskan 3 elektron di kulit terluarnya untuk mencapai konfigurasi elektron setengah penuh yang lebih stabil yakni



Muatan kedua ion saling dikalililangkan, didapatkan Fe_2O_3 .

Lalu persamaan reaksi disetarakan.



Sehingga jawabannya adalah C.

Latihan Soal

Bijih bauksit, Al_2O_3 , yang didapatkan dari hasil tambang harus dilelehkan terlebih dahulu dan direduksi untuk mendapatkan logam aluminium.

Persamaan yang benar adalah....

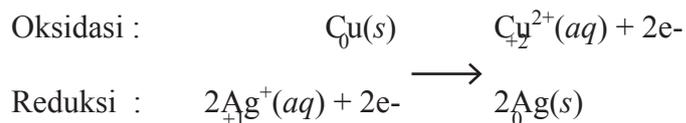
- $\text{AlO}_2(s) \rightarrow \text{Al}(s) + \text{O}_2(g)$
- $3\text{AlO}_2(s) \rightarrow 3\text{Al}(s) + 3\text{O}_2(g)$
- $2\text{Al}_2\text{O}_3(s) \rightarrow 4\text{AlO}(s) + \text{O}_2(g)$
- $\text{AlO}_3(s) \rightarrow \text{AlO}(s) + \text{O}_2(g)$
- $2\text{Al}_2\text{O}_3(s) \rightarrow 4\text{Al}(s) + 3\text{O}_2(g)$

Konsep reaksi reduksi dan reaksi oksidasi (redoks) yang didasarkan pada bergabung atau lepasnya oksigen dari suatu senyawa membuat reaksi redoks terlalu sempit untuk diaplikasikan. Sebagai contoh, jika kalian mempunyai larutan perak(I) nitrat dan memasukkan logam tembaga, Cu, akan terbentuk endapan perak yang terlihat indah dan larutan yang berwarna biru.

Reaksi ini tidak melibatkan gas oksigen, tetapi digolongkan ke dalam reaksi reduksi dan reaksi oksidasi (redoks). Persamaan reaksi tersebut adalah sebagai berikut.



Persamaan reaksi di atas dapat juga dituliskan secara terpisah menjadi setengah reaksi oksidasi dan setengah reaksi reduksi seperti berikut.



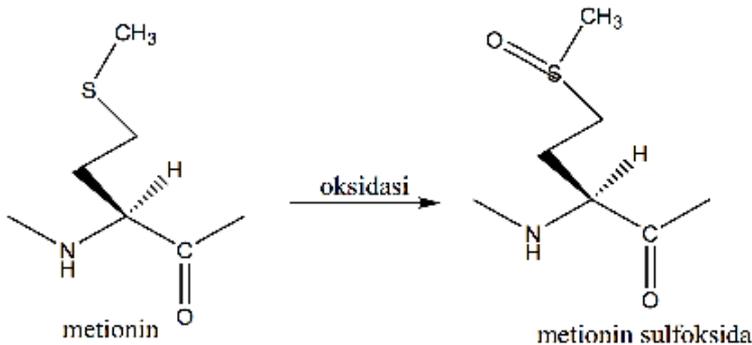
Persamaan reaksi ini memperlihatkan bahwa perubahan bilangan oksidasi dari tembaga (Cu) bertambah dari 0 menjadi +2 (sesuai dengan hilangnya dua elektron dari tiap atom tembaga). Sedangkan bilangan oksidasi perak menurun dari +1 menjadi 0 (sesuai dengan diperolehnya satu elektron oleh tiap ion perak, Ag^+).

Reaksi Redoks berdasarkan Oksigen dalam Bidang Farmasi

Reaksi redoks berdasarkan definisi pengikatan dan pelepasan oksigen menurut teks berbasis konteks (CTC) bidang farmasi dan kesehatan berupa larangan merokok karena dapat merusak fungsional organ paru-paru yang dijelaskan secara simbolik biokimiawi berikut.

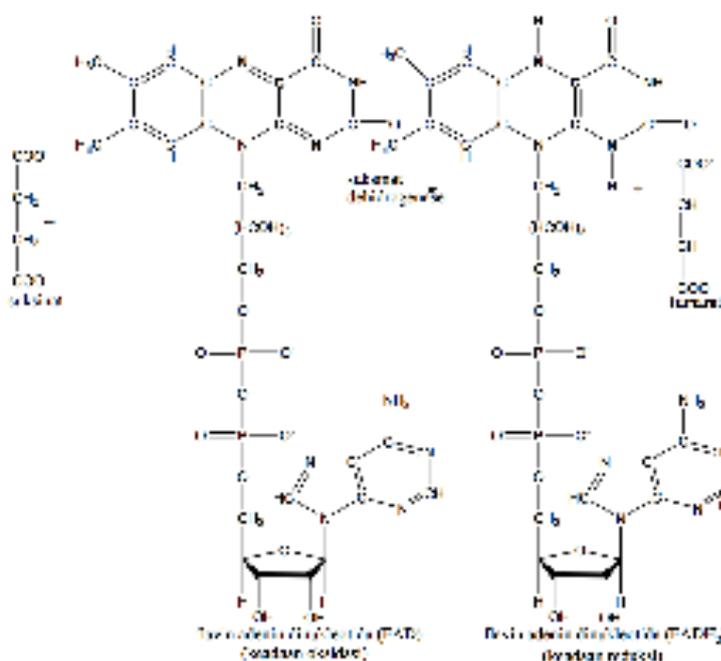
Inhibitor tripsin penting bagi penghentian aktivitas **enzim-enzim proteolitik**.

Selain inhibitor tripsin, terdapat α 1-antitripsin juga berperan dalam menjadi jaringan dari pemotongan oleh *elastase*. **Residu metionin-358** merupakan salah satu residu penting dalam α 1-antitripsin untuk mengikat *elastase*. Asap rokok dapat menyebabkan reaksi oksidasi *residu metionin-358* menghasilkan *metionin sulfoksida* yang menyebabkan α 1-antitripsin tidak dapat mengikat *elastase* sehingga terdapat kandungan *elastase* berlebih yang dapat merusak **dinding alveolus** paru-paru melalui pemotongan protein serat elastis dan protein penghubung jaringan yang lain.



Gambar 7.2. Reaksi redoks pengikatan oksigen oleh residu metionin.

Reaksi redoks berdasarkan definisi pengikatan dan pelepasan hidrogen menurut teks berbasis konteks (CTC) bidang farmasi dan kesehatan berupa reaksi perubahan **suksinat** menjadi **fumarat** melalui pemindahan sementara dua atom hidrogen kepada **koenzim FAD** yang dikatalisis oleh enzim golongan **flavin dehidrogenase** yakni **suksinat dehidrogenase** sebagai salah satu tahapan dalam proses **glikolisis karbohidrat** sebagaimana terlihat pada reaksi berikut.



Gambar 7.3. Reaksi redoks pengikatan hidrogen oleh FAD.

MARI MELAKUKAN PERCOBAAN!**Eksperimen Kimia : Pohon Bersalju**

No.	Alat dan Bahan	Jumlah / Ukuran
1.	Kawat tembaga	30 cm
2.	Gelas kimia	1 buah / 1 L
3.	Air	1 L
4.	Perak nitrat (AgNO_3)	2 gram

Prosedur

1. Bentuk kawat berupa kerangka pohon pinus.
2. Larutkan 2 gram AgNO_3 dalam 1 liter air di gelas kimia ukuran 1 L.
3. Masukkan kawat tembaga berbentuk kerangka pohon kedalam larutan tersebut. Pastikan kawat tembaga berdiri tegak di dasar gelas kimia.
4. Diamkan beberapa saat sambil diamati apa yang terjadi pada kawat tembaga tersebut.
5. Diamkan gelas beserta isinya selama sehari semalam kemudian amati kembali.

Analisis

1. Tuliskan reaksi redoks yang terjadi pada demonstrasi pohon bersalju.
2. Mengapa setelah dibiarkan semalam, larutan berubah warna
3. menjadi biru?
Mengapa setelah dibiarkan semalam, pada batang tembaga terlihat endapan-endapan seperti dedaunan pada pohon?

7.1.2. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Transfer Elektron

Pengertian reaksi redoks berdasarkan transfer elektron adalah sebagai berikut.

Oksidasi merupakan suatu proses reaksi yang menyebabkan bilangan oksidasi suatu unsur bertambah akibat pelepasan elektron di sisi kanan dari setengah persamaan oksidasi.

Zat yang teroksidasi disebut **reduktor/pereduksi**, karena elektron yang dilepaskan dari zat tersebut menyebabkan zat lain (pasangannya) menangkap elektron tersebut dan menjadi tereduksi.

Reduksi merupakan suatu proses reaksi yang menyebabkan bilangan oksidasi suatu unsur menurun akibat penangkapan elektron di sisi kiri dari setengah persamaan reduksi.

Zat yang tereduksi disebut **oksidator/pengoksidasi**, karena kecenderungan zat ini untuk menangkap elektron menyebabkan zat lain (pasangannya) melepaskan elektron yang diinginkan zat ini dan zat yang melepas elektron tersebut menjadi teroksidasi.

7.1.3. Pengertian Reaksi Redoks berdasarkan Bilangan Oksidasi

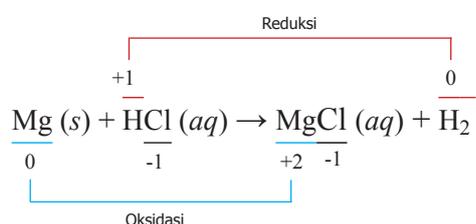
Pengertian reaksi redoks berdasarkan bilangan oksidasi adalah sebagai berikut.

Oksidasi adalah reaksi yang mengalami peningkatan bilangan oksidasi.

Oksidator merupakan zat yang mengoksidasi zat lainnya dan zat tersebut mengalami reduksi.

Reduksi adalah reaksi yang mengalami penurunan bilangan oksidasi.

Reduktor merupakan zat yang mereduksi zat lain dan zat tersebut mengalami oksidasi. Perhatikan contoh reaksi berikut ini.



Zat yang berperan sebagai reduktor adalah Mg, sedangkan zat yang berperan sebagai oksidator adalah HCl.

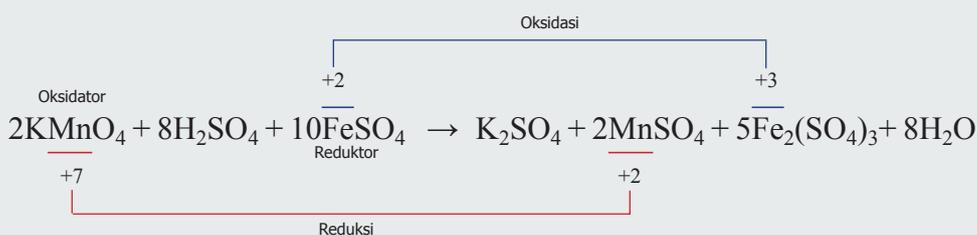
Contoh Soal

Pada reaksi



Zat yang berperan sebagai reduktor adalah....

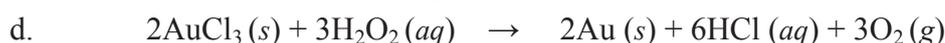
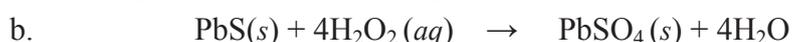
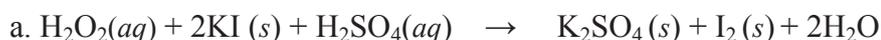
Pembahasan



Zat yang berperan sebagai reduktor adalah FeSO_4 , sedangkan zat yang berperan sebagai oksidator adalah KMnO_4 .

Latihan Soal

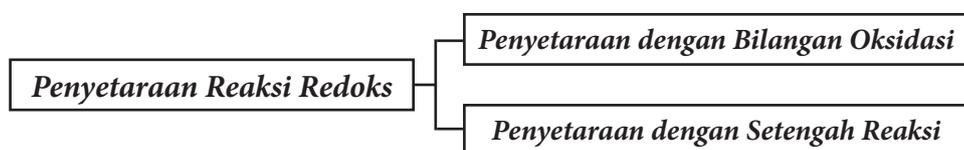
H_2O_2 yang bertindak sebagai pereduksi terdapat pada reaksi



Reaksi redoks terdiri dari dua reaksi yang berpasangan yaitu reaksi reduksi dan reaksi oksidasi. Reaksi reduksi adalah proses reaksi penurunan bilangan oksidasi (biloks) pada suatu atom unsur dalam kedudukan sebagai reaktan berubah menjadi produk. Reaksi oksidasi adalah proses reaksi kenaikan bilangan oksidasi (biloks) pada suatu atom unsur semula sebagai reaktan berubah menjadi produk.

7.2. PENYETARAAN REAKSI REDOKS

Tidak semua reaksi kimia dapat disetarakan dengan penyetaraan reaksi biasa. Seperti untuk reaksi redoks disetarakan dengan dua cara.



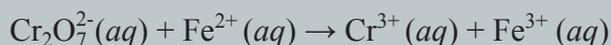
7.2.1. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Bilangan Oksidasi (biloks)

Penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan menggunakan metode perubahan biloks mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.

1. Setarakan jumlah atom yang terlibat reaksi redoks, dengan menambahkan koefisien reaksi.
2. Setarakan jumlah elektron, dengan menambahkan koefisien reaksi.
3. Setarakan jumlah muatan, dengan menambahkan H^+ atau OH^- secukupnya.
4. Setarakan jumlah atom H^+ , dengan menambahkan H_2O secukupnya.

Contoh Soal

Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana asam) dengan metode ion-elektron.

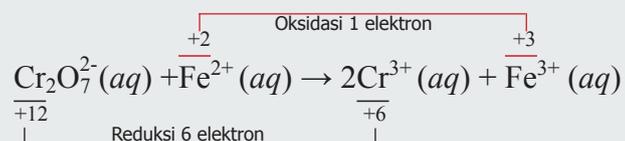


Pembahasan

1. Setarakan jumlah atom yang terlibat redoks, **tambah koefisien.**



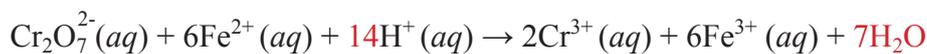
2. Setarakan jumlah elektron yang terlibat redoks, **tambah koefisien.**



3. Setarakan jumlah muatan, **tambah H^+ (suasana asam)**.

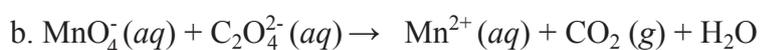
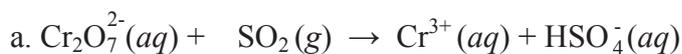


4. Setarakan jumlah atom H^+ , tambah H_2O .



Latihan Soal

Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana asam) dengan metode perubahan biloks.



7.2.2. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Setengah Reaksi

Untuk menelusuri lebih lanjut keterlibatan transfer elektron dalam reaksi redoks, reaksi ini dapat dipisahkan dan dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi reduksi dan persamaan reaksi oksidasi. Metode penyetaraan reaksi redoks seperti ini disebut **setengah reaksi** karena *reaksi reduksi akan membentuk ion negatif (atau atom dengan biloks lebih kecil) yang menangkap elektron dan reaksi oksidasi akan menghasilkan ion positif (atau atom dengan biloks lebih besar) yang melepaskan elektron.*

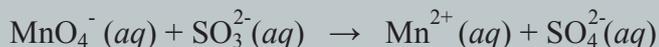
a. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Setengah Reaksi (Suasana Asam)

Penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi (suasana asam) mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.

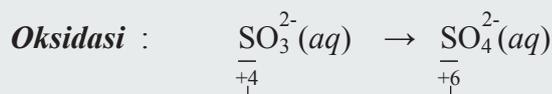
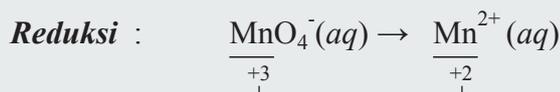
1. Identifikasi spesi yang mengalami reaksi redoks dan tuliskan dalam bentuk setengah persamaan reaksi.
2. Setarakan jumlah atom selain O dan H, dengan menambahkan koefisien reaksi.
3. Setarakan jumlah atom O, dengan menambahkan H_2O secukupnya.
4. Setarakan jumlah atom H, dengan menambahkan H^+ secukupnya.
5. Setarakan jumlah muatan, dengan menambahkan elektron sesuai H^+
6. Setarakan jumlah elektron, dengan menambahkan koefisien reaksi.
7. Jumlah kedua buah setengah reaksi tersebut.

Contoh Soal

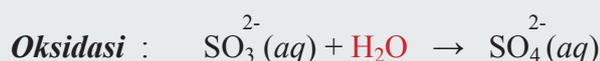
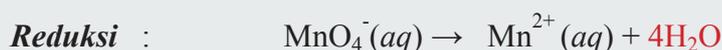
Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana asam) dengan metode ion-elektron.



1. Identifikasi spesi yang mengalami reaksi redoks dan **tuliskan dalam bentuk setengah persamaan reaksi.**



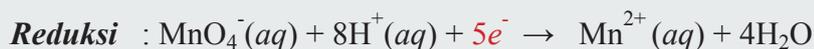
2. Setarakan jumlah atom O, dengan **menambahkan H₂O** secukupnya.



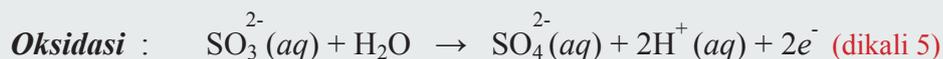
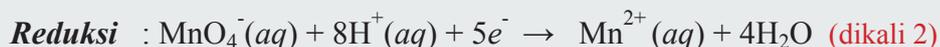
3. Setarakan jumlah atom H, dengan **menambahkan H⁺** secukupnya.



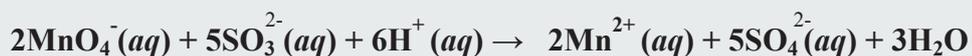
4. Setarakan jumlah muatan, dengan **menambahkan elektron seruas H⁺**.



5. Setarakan jumlah elektron, dengan **menambahkan koefisien reaksi.**

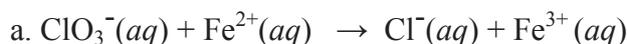


6. Jumlahkan kedua buah setengah reaksi tersebut.



Latihan Soal

Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana asam) dengan metode ion-elektron.

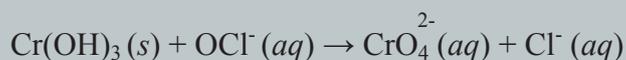
**b. Penyetaraan Reaksi Redoks dengan Setengah Reaksi (Suasana Basa)**

Penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi (suasana basa) mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.

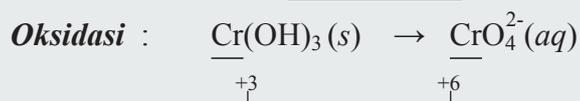
1. Identifikasi spesi yang mengalami reaksi redoks dan tuliskan dalam bentuk setengah persamaan reaksi.
2. Setarakan jumlah atom selain O dan H, dengan menambahkan koefisien reaksi.
3. Setarakan jumlah atom O, pada sisi kekurangan oksigen untuk tiap atom O yang dibutuhkan tambah 2OH^- . Pada sisi lainnya tambah $1 \text{H}_2\text{O}$.
4. Setarakan jumlah atom H dan O, pada sisi kekurangan hidrogen untuk tiap atom H yang dibutuhkan tambah $1 \text{H}_2\text{O}$. Pada sisi lainnya tambah 1OH^- .
5. Setarakan jumlah muatan, dengan menambahkan elektron seruas H^+ .
6. Setarakan jumlah elektron, dengan menambahkan koefisien reaksi.
7. Jumlah kedua buah setengah reaksi tersebut.

Contoh Soal

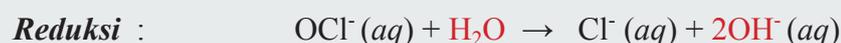
Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana basa) dengan metode ion-elektron.



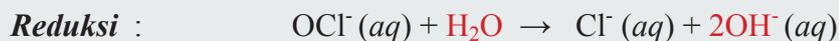
1. Identifikasi spesi yang mengalami reaksi redoks dan **tuliskan dalam bentuk setengah persamaan reaksi.**



2. Setarakan jumlah atom O, **pada sisi kekurangan oksigen untuk tiap atom O yang dibutuhkan tambah 2OH^- . Pada sisi lainnya tambah $1 \text{H}_2\text{O}$.**



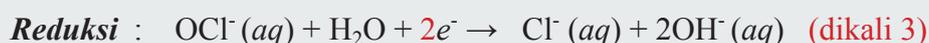
3. Setarakan jumlah atom H dan O, pada sisi kekurangan hidrogen untuk tiap atom H yang dibutuhkan tambah 1 H₂O. Pada sisi lainnya tambah 1 OH⁻.



4. Setarakan jumlah muatan, dengan **menambahkan elektron seruas H⁺**.



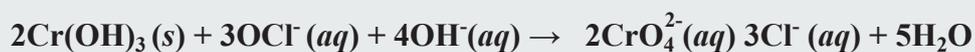
5. Setarakan jumlah elektron, dengan **menambahkan koefisien reaksi**.



menjadi

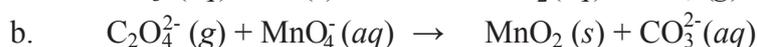


6. Jumlah kedua buah setengah reaksi tersebut.



Latihan Soal

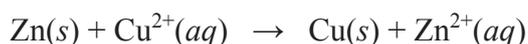
Setarakan persamaan reaksi berikut (dalam suasana basa) dengan metode ion-elektron.



7.3. ELEKTROKIMIA

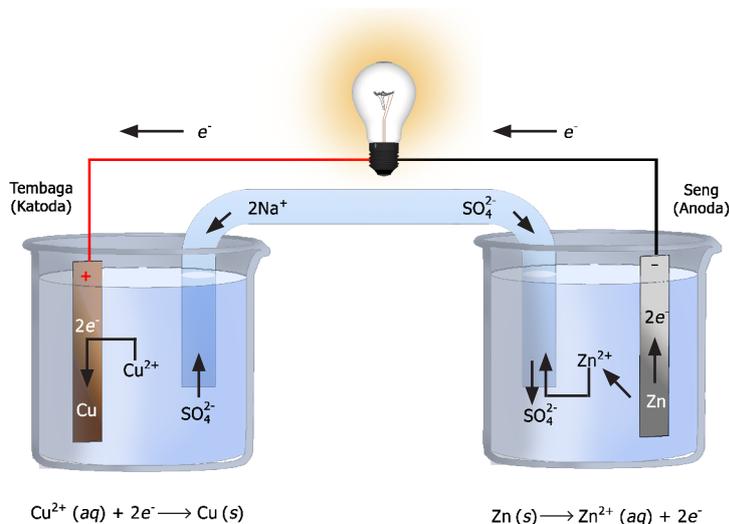
Dari reaksi redoks yang melibatkan listrik, *aliran listrik terjadi karena ada pergerakan elektron dari proses oksidasi ke proses reduksi*. Pergerakan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai energi dalam bentuk energi listrik.

Melalui penyetaraan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi, kita mengetahui bahwa telah terjadi transfer elektron secara langsung dari zat pereduksi (yang mengalami oksidasi) dengan melepaskan sejumlah elektron. Kemudian sejumlah elektron tersebut ditangkap dan digunakan untuk proses reaksi reduksi oleh zat pengoksidasi. Sebagai contoh, ketika logam seng (Zn) dimasukkan dalam larutan CuSO_4 akan terjadi transfer elektron dari logam seng (Zn) yang mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron, kemudian elektron ini digunakan oleh ion Cu^{2+} agar tereduksi menjadi logam.



7.3.1 Sel Volta

Transfer elektron yang dihasilkan oleh reaksi kimia dari reduktor ke oksidator dalam reaksi redoks *dapat diubah menjadi energi listrik jika reduktor dan oksidator ditempatkan dalam wadah terpisah dan dihubungkan dengan kawat eksternal rangkaian luar yang bertujuan mengalirkan elektron yang dilepaskan suatu reduktor untuk menghasilkan energi listrik*. Rangkaian ini disebut **sel volta** atau **sel galvanik**.



Gambar 7.4. Sel Volta Elektroda Zn dan Cu dengan Larutan ZnSO_4 dan CuSO_4 .
Sumber: *Chemistry, McMurry*

Logam seng (Zn) dan logam tembaga (Cu) sebagai tempat terjadinya reaksi redoks disebut **elektroda**. Elektroda logam seng (Zn) akan teroksidasi dan melepaskan elektron, kemudian elektron-elektron ini mengalir melalui kawat rangkaian luar yang dapat diuji keberadaannya dengan lampu yang menyala atau dapat juga diukur tegangan listriknya dengan menggunakan

Ingat!**Anoda = Oksidasi****Katoda = Reduksi****dibaca : ANOKS, KARED****Katoda = Elektroda Positif****Anoda = Elektroda Negatif****dibaca : KAPAN**

voltmeter, selanjutnya elektron-elektron ini sampai di elektroda logam tembaga (Cu) dan digunakan untuk mereduksi ion-ion Cu^{2+} menjadi logam Cu yang menempel dan mempertebal elektroda logam tembaga (Cu). Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi (dalam kasus ini elektroda Zn) disebut anoda. Sementara elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi (dalam kasus ini elektroda Cu) disebut katoda. Karena elektron-elektron (partikel bermuatan negatif) mengalir dari anoda ke katoda pada sel volta, maka definisi **anoda** adalah *elektroda negatif (karena elektron-elektron tertinggal di belakang atom yang teroksidasi)* dan **katoda** merupakan *elektroda positif (karena elektron diekstraksi dari permukaan logam oleh ion ketika terjadi reaksi reduksi)*. Namun, aliran listrik (elektron-elektron) ke kawat rangkaian luar akan mati dengan cepat dan terhenti karena terjadi penumpukan muatan positif di anoda sebab pembentukan ion-ion positif (dalam kasus reaksi diatas adalah ion-ion Zn^{2+} dan terjadi penumpukan muatan negatif di katoda ketika sebagian ion Cu^{2+} tereduksi menjadi Cu.

Untuk menjaga kenetralan larutan agar tidak ada muatan ion tertentu yang berlebih, ion-ion ini harus dapat bergerak dengan bebas dari elektroda yang satu ke elektroda lainnya. Pergerakan ion-ion ini dapat dipenuhi oleh **jembatan garam** yakni berupa tabung U terbalik yang berisi larutan elektrolit inert seperti KCl, Na_2SO_4 atau NH_4NO_3 , yang ion-ionnya tidak akan bereaksi dengan ion lain dalam larutan atau dengan elektroda. Jadi dalam sel Volta, *selama reaksi redoks keseluruhan berjalan, elektron mengalir dari anoda (dalam kasus ini Zn) melalui kawat dan voltmeter menuju katoda (dalam kasus ini Cu)*. Sedangkan dalam larutan, kation-kation (Zn^{2+} , Cu^{2+} , K^+) bergerak ke katoda, sementara anion-anion (SO_4^{2-} , Cl^-) bergerak ke anoda.

Arus listrik dalam sel Volta yang mengalir dari anoda ke katoda ini dituliskan dalam bentuk diagram sel sebagai berikut.

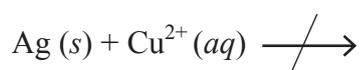


Dalam bentuk reaksi redoks umum dalam sel Volta dapat dituliskan dalam bentuk diagram sel berikut.



Arus listrik mengalir dari anoda ke katoda karena ada selisih energi potensial di antara kedua elektroda. Analoginya sama dengan air terjun yang jatuh ke tempat lebih rendah karena ada selisih energi potensial gravitasi atau sama dengan aliran gas dari wilayah bertekanan tinggi ke wilayah bertekanan rendah.

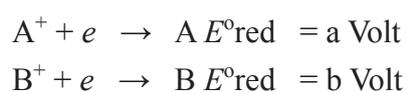
Dengan adanya sel Volta, logam tertentu dapat dijadikan reduktor untuk mereduksi ion logam lain pada tempat terpisah di anoda dan di katoda untuk menghasilkan energi listrik. Namun, ternyata **tidak semua logam dapat mereduksi ion logam lain** sehingga reaksi redoks spontan tidak terjadi. Akibatnya arus listrik tidak mungkin dihasilkan. Sebagai contoh, jika logam Zn diganti dengan logam perak (Ag) sehingga membentuk pasangan elektroda (Cu dan Ag) dan pasangan larutan (CuSO_4 dan Ag_2SO_4), maka reaksi redoks tidak dapat berlangsung dan aliran listrik tidak dapat dihasilkan.



Untuk menjelaskan fenomena ini, **Volta** menggunakan data eksperimen untuk menyusun suatu deret yang disusun berdasarkan kekuatan reduktor suatu logam. **Deret volta** disusun dari logam reduktor terkuat (sangat mudah mengalami oksidasi) ke reduktor terlemah (sangat sulit teroksidasi atau logam bersifat mulia).

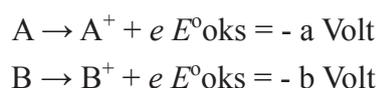
Deret logam disusun berdasarkan kemudahan ion logam dalam menangkap elektron. Besaran yang menunjukkan kemudahan untuk menangkap elektron disebut $E^{\circ}\text{red}$ (beda potensial reduksi). Semakin besar suatu ion logam/molekul maka $E^{\circ}\text{red}$ semakin besar dan ion logam tersebut mudah menarik elektron.

Contoh :



Jika $a > b$ maka ion A^+ lebih mudah menarik elektron (mengalami reduksi) dibandingkan dengan ion B^+ .

Pengertian lain dari data B^+ adalah jika reaksi dibalik, maka reaksi oksidasi dengan $a > b$ dan $-a < -b$ adalah sebagai berikut.



B lebih mudah mengalami oksidasi jika dibandingkan dengan A. Seperti pada deret volta berikut.

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn (H_2O) Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au \rightarrow

Semakin ke kanan nilai E°_{red} semakin besar, ionnya semakin mudah mengalami reduksi, dan logamnya semakin sulit mengalami oksidasi.

Proses oksidasi untuk logam adalah proses yang menyebabkan logam tersebut rusak. Dalam deret volta tersebut semakin ke kanan semakin sulit mengalami oksidasi (semakin sulit rusak). Oleh karena itu, logam emas (Au) adalah logam yang paling sulit teroksidasi (sulit rusak) sehingga dalam kehidupan sehari-hari emas dipakai sebagai perhiasan.

Contoh Soal

Logam X dapat mendesak logam Y dari larutannya. Logam X dapat mendesak logam Z dari larutannya. Logam Y tidak dapat mendesak logam Z dari larutannya. Urutan sifat reduktor yang makin kuat dari ketiga logam diatas adalah....

Pembahasan

Logam di kiri (reduktor makin kuat) dapat mendesak ion-ion logam di kanan.

Logam X mendesak ion logam Y = reduktor logam X > reduktor logam Y

Logam X mendesak ion logam Z = reduktor logam X > reduktor logam Z

Logam Y tidak dapat mendesak ion logam Z = reduktor logam Z > reduktor logam Y

Urutan sifat reduktor logam yang makin kuat adalah Y, Z, X.

Latihan Soal

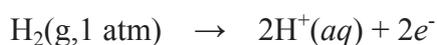
1. Logam A dapat mendesak logam B dari larutannya. Logam C dapat mendesak logam B dari larutannya. Logam C tidak dapat mendesak logam A dari larutannya. Urutan sifat reduktor yang makin lemah dari ketiga logam diatas adalah....
2. Dari tiga logam X, Y, dan Z diketahui bahwa X dapat mengendapkan Y dari larutan garamnya, dan hanya Z yang dapat bereaksi dengan air. Urutan ketiga logam tersebut berdasarkan sifat reduktor yang menurun adalah....

Dengan makin banyak ditemukannya logam baru, menjadikan penggunaan deret Volta untuk menghimpun logam-logam berdasarkan kekuatan reduktornya tidak praktis lagi (sewaktu Volta menyusun deretnya, logam yang diketahui baru berjumlah 20 jenis logam). Sebagai gantinya, kini digunakan harga potensial reduksi untuk mengetahui dan mengukur kekuatan sifat reduktor logam-logam.

7.3.2. Potensial Reduksi Standar

Permasalahan yang muncul adalah tidak ada seorang ahli kimia manapun yang mampu merancang percobaan untuk mengukur potensial elektroda tunggal, misalnya reaksi reduksi saja atau reaksi oksidasi saja. Hal ini disebabkan muatan positif atau muatan negatif suatu elektroda bergantung pada luasnya permukaan logam yang dijadikan sebagai elektroda. Tetapi, syukurnya para ahli kimia tidak kehabisan akal untuk memecahkan sulitnya mengukur potensial elektroda tunggal dengan menetapkan salah satu elektroda rujukan dengan nilai potensial reduksi sama dengan nol, sementara elektroda lain sebagai pasangannya mempunyai potensial reduksi relatif terhadap potensial reduksi bernilai nol elektroda rujukan tersebut. Mereka menetapkan **elektroda hidrogen sebagai standar rujukan dan mempunyai potensial reduksi bernilai nol**. Elektroda hidrogen ini bekerja pada kondisi standar yakni gas hidrogen pada 1 atm dihembuskan lewat larutan HCl 1 M pada suhu 25°C.

Pada Gambar 7.5, gas hidrogen (1 atm) yang dihembuskan akan mengalami oksidasi di permukaan permukaan **elektroda inert** logam platina,

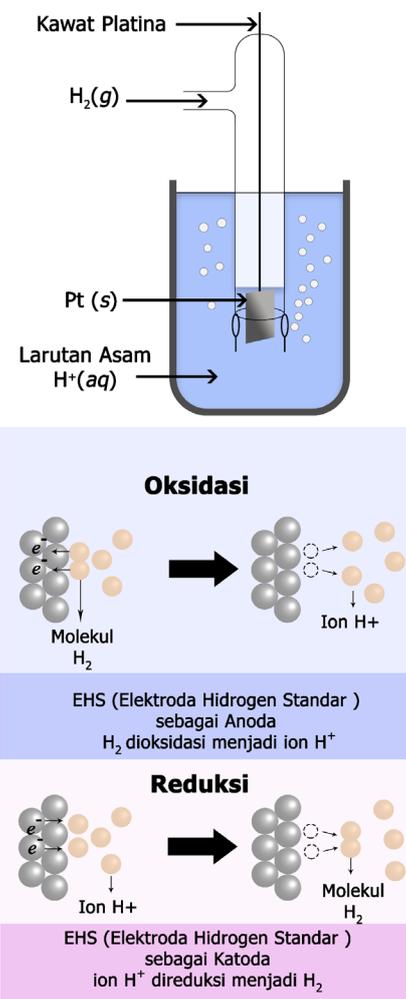


Ion H^+ dari oksidasi gas hidrogen (H_2 , 1 atm) dan dari disosiasi larutan asam klorida (HCl 1 M) selanjutnya direduksi menjadi gas hidrogen kembali,



Nilai potensial reduksi standar (E^0) H^+ sama dengan nol, karena atom yang dioksidasi dan ion yang direduksi sejenis yakni H_2 dan H^+ . **Nilai potensial reduksi standar relatif logam-logam lain adalah potensial listrik yang dihasilkan apabila suatu ion logam mengalami reduksi menjadi logamnya ketika semua zat terlarut 1 M dan semua gas pada 1 atm.** Nilai potensial reduksi standar logam-logam lain ini bersifat relatif karena diukur dengan memasangkannya dengan elektroda standar hidrogen dengan $E^0 = 0 \text{ V}$ dan harga potensial reduksi standar logam-logam ini dapat bernilai di atas nol (positif) atau di bawah nol (negatif). Analoginya sama dengan para ahli geografi yang memilih permukaan laut sebagai rujukan ketinggian dan ditetapkan sebagai nol meter, kemudian ketinggian lain di daratan sebagai sekian meter di atas (positif) atau di bawah (negatif) permukaan laut.

Kondisi standar untuk reaksi biokimia merujuk pada pH 7,0 atau 10^{-7} M H^+ . Oleh sebab itu, nilai potensial reduksi standar untuk reaksi biokimia yang terjadi didalam sel berbeda dengan reaksi redoks anorganik. Sebagai contoh, potensial reduksi standar, E_o' $\text{H}^+/\text{H}_2 = -0,42 \text{ V}$, bukan 0,00 V seperti yang berlaku pada reaksi redoks anorganik dengan rujukan standar pH 0.



Tabel 7.1. berikut menyajikan nilai potensial reduksi standar dalam reaksi biokimia.

Tabel 7.1. Harga E_o' Relatif dalam Reaksi Biokimia

No.	Oksidator	Reduktor	n	E_o' (volt)
1.	Asetat + CO ₂	Piruvat	2	-0,70
2.	Suksinat + CO ₂	α -ketoglutarat	2	-0,67
3.	Asetat	Asetaldehida	2	-0,60
4.	O ₂	O ²⁻	1	-0,45
5.	Ferredoksin (teroksidasi)	Ferredoksin (tereduksi)	1	-0,43
6.	2H ⁺	H ₂	2	-0,42
7.	Asetoasetat	β -hidroksibutirat	2	-0,35
8.	Piruvat + CO ₂	Malat	2	-0,33
9.	NAD ⁺	NADH + H ⁺	2	-0,32
10.	NADP ⁺	NADPH + H ⁺	2	-0,32
11.	FMN (terikat enzim)	FMNH ₂ (terikat enzim)	2	-0,30
12.	Lipoat (teroksidasi)	Lipoat (tereduksi)	2	-0,29
13.	1,3-bisfosfoglisarat	Gliseraldehida-3-fosfat + P _i	2	-0,29
14.	Glutation (teroksidasi)	Glutation (tereduksi)	2	-0,23
15.	FAD	FADH ₂	2	-0,22
16.	Asetaldehida	Etanol	2	-0,20
17.	Piruvat	Laktat	2	-0,19
18.	Oksaloasetat	Malat	2	-0,17
19.	α -ketoglutarat + NH ₄ ⁺	Glutamat	2	-0,14
20.	Metilen biru (teroksidasi)	Metilen biru (tereduksi)	2	+0,01
21.	Fumarat	Suksinat	2	+0,03
22.	CoQ	CoQH ₂	2	+0,04
23.	Sitokrom b (+3)	Sitokrom b (+2)	1	+0,07
24.	Dehidroaskorbat	Askorbat	2	+0,08
25.	Sitokrom c ₁ (+3)	Sitokrom c ₁ (+2)	1	+0,23
26.	Sitokrom c (+3)	Sitokrom c (+2)	1	+0,25
27.	Sitokrom a (+3)	Sitokrom a (+2)	1	+0,29
28.	$\frac{1}{2}$ O ₂ + H ₂ O	H ₂ O ₂	2	+0,30
29.	Ferrisianida	Ferrosianida	2	+0,36
30.	Nitrat	Nitrit	1	+0,42
31.	Sitokrom a ₃ (+3)	Sitokrom a ₃ (+2)	1	+0,55
32.	Fe (+3)	Fe (+2)	1	+0,77
33.	$\frac{1}{2}$ O ₂ + 2H ⁺	H ₂ O	2	+0,82

Makin besar harga E_o' , makin mudah mengalami reduksi. Sebaliknya, makin negatif harga E_o' , makin sulit mengalami reduksi atau mudah teroksidasi. Misalnya, pasangan O₂/H₂O mempunyai E_o' paling positif sebesar =0,82 volt, sehingga sangat mudah untuk tereduksi bersamaan dengan mengoksidasi substansi lain, misalnya NADH/NAD⁺.

Jika dihubungkan dengan deret Volta, maka didapatkan hubungan berikut.

- Semakin kecil harga E° suatu logam, semakin kuat sifat reduktornya (makin ke kiri letaknya dalam deret Volta).

- Logam-logam di sebelah kiri dalam deret Volta mempunyai E° negatif, dan logam-logam di sebelah kanan deret Volta mempunyai E° positif.

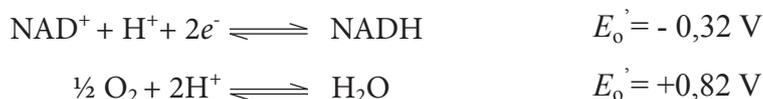
7.3.3. Aspek Kualitatif Elektrokimia

Berdasarkan kesepakatan para ahli kimia, harga potensial reduksi standar (E°) yang terdiri dari reaksi oksidasi di anoda dan reaksi reduksi di katoda dinyatakan sebagai berikut.

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katoda}} - E^{\circ}_{\text{anoda}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{besar}} - E^{\circ}_{\text{kecil}}$$

Sebagai contoh, reaksi oksidasi NADH oleh O_2 yang terjadi di mitokondria mempunyai persamaan setengah reaksi sebagai berikut.



Harga potensial reduksi standar untuk pasangan reaksi berikut adalah



$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katoda}} - E^{\circ}_{\text{anoda}}$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{besar}} - E^{\circ}_{\text{kecil}}$$

E°_{sel} bernilai positif, menandakan bahwa reaksi oksidasi NADH oleh O_2 di mitokondria berlangsung spontan. Nilai potensial reduksi standar dapat dikonversi ke nilai parameter termodinamika melalui kontribusi awal terhadap **termodinamika elektrokimia** disumbangkan oleh **Joule** yang menyatakan bahwa : Panas yang diproduksi (Q) berbanding lurus terhadap kuadrat arus (I^2), resistensi (R), dan waktu (t). Secara matematis dapat dituliskan berikut.

$$Q = I^2 \times R \times t$$

karena $R = V / I$

Catatan Penting

- E° lebih kecil (lebih negatif) akan teroksidasi akibatnya selalu berfungsi sebagai anoda.
- E° adalah sifat intensif, sehingga mengubah koefisien reaksi tidak mempengaruhi nilai E° .
- E° bernilai positif berarti reaksi berlangsung spontan.

persamaan diatas berubah menjadi,

$$\begin{aligned} Q &= I^2 \times R \times t \\ Q &= I^2 \times (V/I) \times t \\ Q &= I \times V \times t = V \times I \times t \end{aligned}$$

dengan :

$$\begin{aligned} I &= \text{Arus} \\ Q &= \text{Kalor} \\ R &= \text{Resistensi} \\ t &= \text{Waktu} \\ V &= \text{Volt} \end{aligned}$$

Selanjutnya, persamaan tersebut ditafsirkan oleh Gibbs yakni kalor (Q) yang dihasilkan merupakan perubahan bentuk dari kerja yang dilakukan sel (W_{ele}).

$$\begin{aligned} W_{\text{ele}} &= Q \times V \\ W_{\text{ele}} &= (I \times t) (I \times R) = I^2 \times R \times t \end{aligned}$$

Kerja listrik merupakan kerja maksimal yang dapat dilakukan sel elektrokimia sebagai sistem terhadap lingkungan.

$$W_{\text{maks}} = W_{\text{ele}}$$

Kerja listrik tersebut hasil dari muatan total listrik yakni banyaknya mol elektron yang melewati rangkaian luar sel elektrokimia dikali potensial reduksi sel. Muatan total ditentukan oleh banyaknya mol elektron (ne^-) yang melewati rangkaian listrik luar.

$$\begin{aligned} \text{Muatan total} &= n \times F \\ W_{\text{maks}} &= W_{\text{ele}} \\ W_{\text{maks}} &= -n \times F \times E_{\text{sel}}^{\circ} \end{aligned}$$

Tanda negatif karena kerja listrik dilakukan oleh sistem pada lingkungan. Gibbs berpendapat bahwa kerja listrik yang dilakukan oleh sel elektrokimia sama dengan penurunan energi bebas Gibbs, maka persamaan menjadi

$$\Delta G^{\circ} = -n \times F \times E_{\text{sel}}^{\circ}$$

Jadi, untuk reaksi spontan syaratnya adalah E_{sel}° harus > 0 , agar ΔG° bernilai negatif.

Nilai energi bebas standar, ΔG° untuk reaksi oksidasi NADH oleh O_2 adalah



$$\Delta G^\circ = -n \times F \times E^\circ_{sel}$$

$$\Delta G^\circ = -2 \times (96.5) \times (+1,14) \text{ kJ/mol} = - 220.02 \text{ kJ/mol}$$

Nilai energi bebas standar, ΔG° yang negatif menandakan reaksi oksidasi NADH oleh O_2 berlangsung spontan dengan melepaskan energi sebesar 220 kJ per mol. Energi yang dilepaskan dari reaksi oksidasi NADH oleh O_2 ini lebih dari cukup untuk mensintesis sekitar 7 mol ATP karena sintesis 1 mol ATP dari ADP + P_i hanya membutuhkan energi sebesar 31 kJ/mol. Dalam mitokondria, reaksi berpasangan antara reaksi oksidasi NADH dan sintesis ATP ini dicapai oleh rantai transport elektron yang elektronnya melewati tiga kompleks protein.

Pada kondisi kesetimbangan, secara termodinamika berlaku hubungan berikut.

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= -R \times T \times \ln K \\ -n \times F \times E^\circ_{sel} &= -R \times T \times \ln K \\ E^\circ_{sel} &= -R \times T \times \frac{\ln K}{nF} \end{aligned}$$

Tabel.7.2. Hubungan antara ΔG° , K , dan E°_{sel}

ΔG°	K	E°_{sel}	Reaksi pada kondisi keadaan standar
Negatif	> 1	Positif	Spontan
0	= 1	0	Pada kesetimbangan
Positif	< 1	Negatif	Non spontan. Reaksi spontan pada arah berlawanan.

Pada kasus kondisi tak standar, berlaku hubungan antara reaksi dengan potensial reduksi tak standar yang menghasilkan penurunan persamaan reaksi berikut.



Reaksi kesetimbangan kimia yang umum

$$\Delta G = (c\mu_c + d\mu_D) - (a\mu_A + b\mu_B)$$

$$\Delta G = [(c\mu_c^\circ + cRT \ln a_C) + (d\mu_D^\circ + dRT \ln a_D)] - [(a\mu_A^\circ + aRT \ln a_A) + (b\mu_B^\circ + bRT \ln a_B)]$$

$$\Delta G = (c\mu_c^\circ + d\mu_D^\circ) - (a\mu_A^\circ + b\mu_B^\circ) + RT[(c \ln a_C + d \ln a_D) - (a \ln a_A + b \ln a_B)]$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{a_C^c a_D^d}{a_A^a a_B^b}$$

Untuk setiap reaksi kimia yang dilangsungkan pada T dan P tetap. Untuk gas ideal, $a_i = f_i = p_i$, maka persamaan reaksi di atas pada suhu dan tekanan tidak standar berubah menjadi

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^{\circ} - (RT/nF) \times \log_{10} Q \quad \text{atau} \quad E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^{\circ} - (RT/nF) \times \ln Q$$

Maka persamaan Nernst pada 25 °C dan tekanan 1 atm dinyatakan sebagai berikut.

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^{\circ} - (0,0591 / n) \times \log_{10} Q$$

atau

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^{\circ} - (0,0591 V / n) \log Q$$

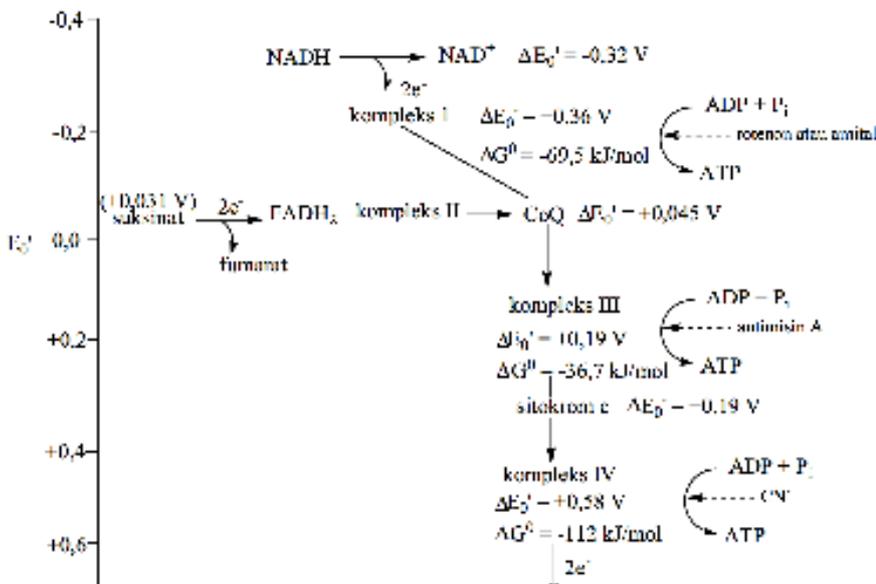
Dengan

E_{sel} : Potensial Sel	F : Konstanta Faraday
E_{sel}° : Potensial Sel Standar	Q : Hasil bagi reaksi, dengan
R : Konstanta gas	$Q = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$
T : Temperatur absolut	A, B, C, dan D adalah spesi kimia
n : Jumlah mol elektron yang ditransfer oleh reaksi sel.	a, b, c, dan d adalah koefisien dalam persamaan $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

7.4. REAKSI REDOKS DALAM KONTEKS FARMASI

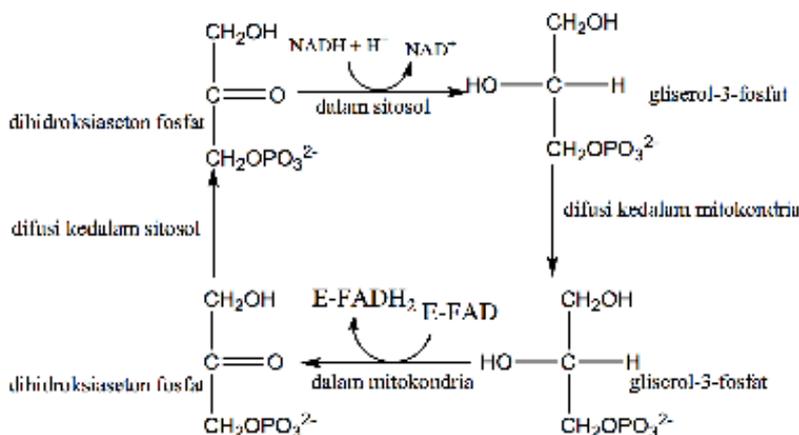
Reaksi oksidasi NADH dan FADH₂ melalui rantai transport elektron, yakni sejumlah kompleks protein yang mengandung pusat redoks yang mempunyai afinitas besar terhadap elektron sehingga terjadi peningkatan potensial reduksi standar. Dengan kata lain, transport elektron melalui suatu rantai dari potensial reduksi standar yang rendah ke potensial reduksi standar tinggi.

NADH yang dibentuk di *sitosol* dan berfungsi sebagai pembawa elektron berenergi potensial reduksi yang tinggi tidak dapat melewati membran dalam *organel mitokondria*. Karena NADH tidak dapat dibawa ke dalam mitokondria, maka elektron yang dibawa NADH terlebih dahulu dipindahkan ke *dihidroksiaseton fosfat* dan menghasilkan *gliserol-3-fosfat* yang dapat melintasi membran luar *mitokondria*. Reaksi ini terjadi di *sitosol* dan dikatalisis oleh enzim *gliserol-3-fosfat dehidrogenase*. *Gliserol-3-fosfat* yang telah masuk dioksidasi kembali menjadi *dihidroksiaseton fosfat* di permukaan luar membran dalam *mitokondria*.



Gambar 7.6. Potensial reduksi molekul pembawa elektron.

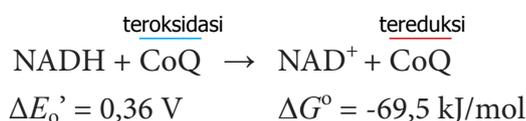
Reaksi oksidasi *gliserol-3-fosfat* ini melepaskan sepasang elektron yang kemudian ditransfer ke **gugus prostetik flavin adenin dinukleotida (FAD)** yang terikat pada **enzim gliserol dehidrogenase** yang terdapat dalam *mitokondria*. *Dihidroksiaseton fosfat* yang dihasilkan berdifusi kembali ke *sitosol* untuk mengulangi sistem angkut ini.

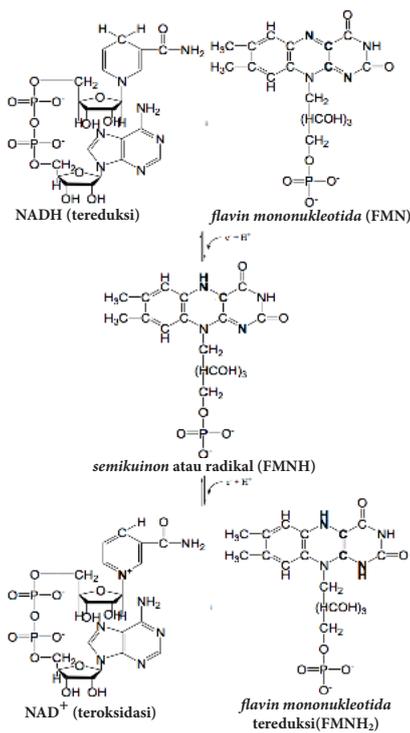


Gambar 7.7. Sistem Transport Gliserofosfat.

NADH dan FADH₂ sebagai pembawa elektron yang mempunyai potensial reduksi yang tinggi selanjutnya mentransport elektron melalui rangkaian molekul pembawan elektron berupa kompleks I, II, III, dan IV sampai ke molekul penerima elektron yang terakhir berupa molekul O₂ sehingga tereduksi menjadi molekul H₂O.

Kompleks I mengkatalisis reaksi oksidasi NADH oleh CoQ



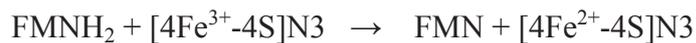


Gambar 7.8. Reaksi transfer elektron dari NADH ke FMN.

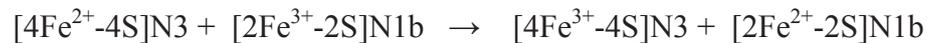
Kompleks I yaitu **NADH-koenzim Q oksidoreduktase** mempunyai bobot sekitar 900 kD dan mempunyai 46 subunit. Kompleks I mengandung satu molekul *flavin mononukleotida* (FMN) dan delapan atau sembilan kluster Fe-S yaitu [2Fe-2S]N1a, [2Fe-2S]N1b, [4Fe-4S]N2, [4Fe-4S]N3, [4Fe-4S]N4, [4Fe-4S]N5, [4Fe-4S]N6a, [4Fe-4S]N6b, dan [4Fe-4S]N7. Kluster Fe-S tersebut dapat berada dalam keadaan teroksidasi dan tereduksi merujuk ke biloks ion Feⁿ⁺, yakni bermuatan +2 atau +3.

Transport elektron dalam kompleks I dimulai dengan pengikatan NADH dan transfer dua elektron berenergi potensial reduksi tinggi yang dimilikinya ke *flavin mononukleotida* (FMN) menghasilkan *flavin mononukleotida* dalam keadaan tereduksi, FMNH₂.

Elektron berenergi potensial reduksi tinggi yang terkandung dalam FMNH₂ ditransfer ke serangkaian kluster Fe-S berikut.



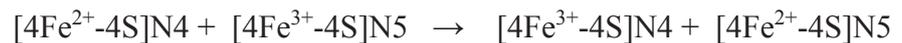
$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,34)] = + 0,09 \text{ V}$$



$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,25)] = + 0,00 \text{ V}$$



$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,25)] = + 0,00 \text{ V}$$



$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,25)] = + 0,00 \text{ V}$$



$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,25)] = + 0,00 \text{ V}$$



$$\Delta E_o' = [-0,25 - (-0,25)] = + 0,00 \text{ V}$$

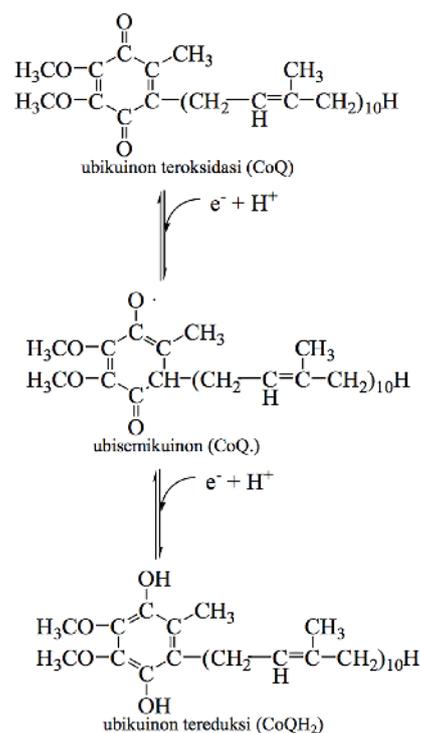
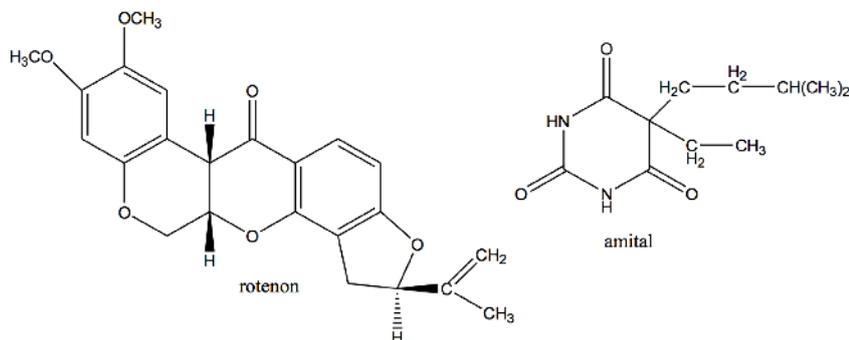


$$\Delta E_o' = [-0,10 - (-0,25)] = + 0,15 \text{ V}$$

Elektron dalam kluster Fe-S ditransfer ke **koenzim Q** atau **ubiquinon** (Q merujuk pada turunan *kuinon* dengan ekor *isoprenoid* yang panjang). Bentuk *biquinon* yang paling lazim pada mamalia mengandung 10 unit ekor *isoprenoid*, Q₁₀. Dalam keadaan teroksidasi *ubiquinon*, CoQ, mengalami reaksi reduksi yang menghasilkan ubiquinon yang berada dalam kondisi tereduksi, CoQH₂.

Aliran dua elektron dari NADH ke CoQH_2 melalui kompleks I atau NADH-koenzim Q oksidoreduktase menyebabkan terpompanya empat ion H^+ dari **matriks mitokondria** ke ruang *intermembran* antara membran luar dan membran dalam *organel mitokondria*. Pompa proton dalam kompleks I didorong oleh perubahan konformasi yang diinduksi oleh perubahan keadaan redoks protein dalam kompleks I tersebut. Perubahan konformasi ini mengubah nilai pK dari rantai samping yang dapat terionisasi dalam hal menangkap atau melepaskan proton ketika terjadi transfer elektron. Translokasi suatu proton ini dapat terjadi melalui ‘loncatan’ sepanjang rantai ikatan hidrogen dalam suatu saluran transmembran yang mirip dengan ‘lompatan’ proton antar molekul-molekul air yang berikatan hidrogen dalam larutan.

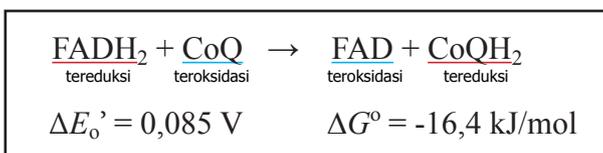
Transport elektron pada kompleks I dapat dihentikan oleh adanya **inhibitor rotenon** yakni suatu molekul pada tumbuhan tertentu yang bersifat toksik serta digunakan untuk memabukkan ikan dan *insektisida* atau *amital* yaitu suatu *barbiturat*.



Gambar 7.9. Reaksi transfer elektron melalui *ubiquinon*.

Gambar 7.10. Struktur inhibitor NADH-koenzim Q oksidoreduktase.

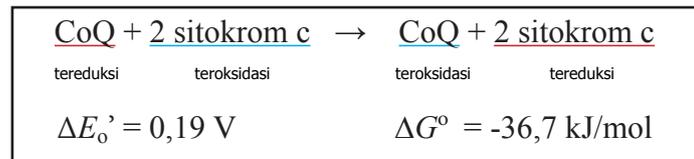
Kompleks II mengkatalisis reaksi oksidasi FADH_2 oleh CoQ



Kompleks II atau *suksinat-koenzim Q oksidoreduktase* mengandung enzim *suksinat dehidrogenase* yang melepaskan elektron dari suksinat ke CoQ. **Suksinat dehidrogenase** mengkatalisis reaksi oksidasi *suksinat* menjadi *fumarat* yang diiringi dengan reduksi FAD yang berikatan kovalen dengan enzim menjadi FADH_2 . FADH_2 yang membawa elektron berenergi potensial reduksi tinggi mentransfer elektron tersebut ke $[2\text{Fe}-2\text{S}]$ ke $[4\text{Fe}-4\text{S}]$ ke $[3\text{Fe}-4\text{S}]$, dan kemudian ke CoQ yang menghasilkan CoQH_2 yang masuk ke dalam rantai respirasi. Ekor *isoprenoid* dalam CoQ bersifat sangat non-polar sehingga memudahkan CoQ berdifusi dengan cepat melalui inti hidrokarbon membran dalam *organel mitokondria*.

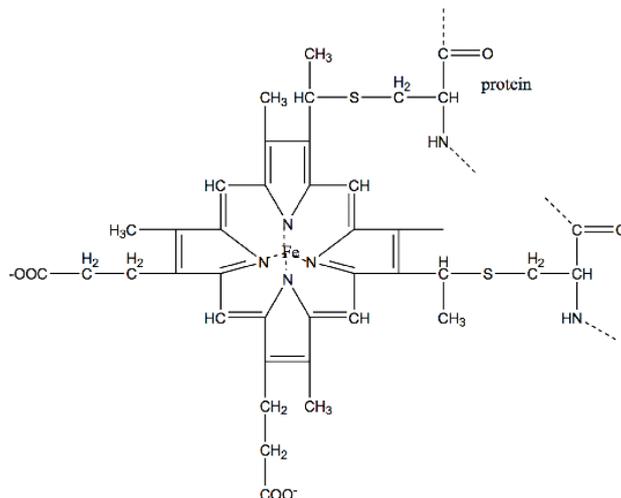
Sebagai tambahan, transfer elektron dari FADH_2 ke CoQ melalui kompleks II atau *suksinat-koenzim Q oksidoreduktase* ini tidak mengakibatkan pemompaan proton dari matriks ke ruang *intermembran* karena perubahan energi bebas dari yang dihasilkan terlalu kecil. Hal tersebut menyebabkan ATP yang dihasilkan lebih sedikit pada reaksi oksidasi FADH_2 dibandingkan dengan reaksi oksidasi NADH .

Kompleks III mengkatalisis reaksi oksidasi CoQ oleh sitokrom c



Kompleks III atau *koenzim Q-sitokrom c oksidoreduktase* melewati elektron dari CoQH_2 (tereduksi) ke sitokrom c. Kompleks III mengandung dua sitokrom tipe b, satu sitokrom c_1 , dan satu kluster $[\text{Fe}-2\text{S}]$ dimana salah satu atom Fe berikatan koordinasi dengan dua residu histidin. Gugus prostetik sitokrom b, c, dan c_1 adalah besi-protoporfirin IX, yakni suatu gugus heme yang sama dengan gugus heme dalam *mioglobin* dan *hemoglobin*. **Sitokrom c dan c_1** berbeda dengan sitokrom jenis lain karena berikatan dengan tioester yang terbentuk melalui adisi gugus sulfhidril, $-\text{SH}$, dari dua residu sistein ke gugus *vinil* dari *heme*.

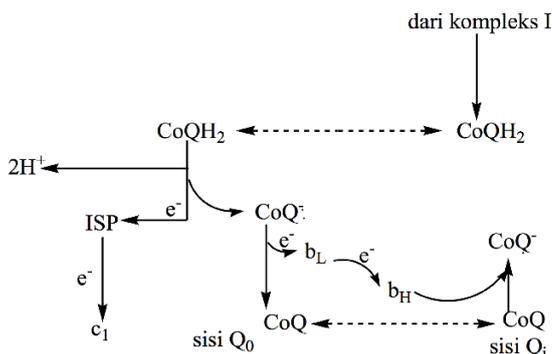
Gambar 7.11. Struktur Sitokrom



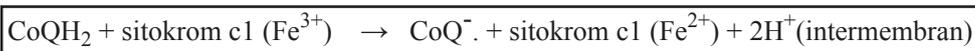
Kompleks III berfungsi mentransfer satu dari dua elektron berenergi potensial reduksi tinggi yang terdapat pada ubikuinol tereduksi, CoQH_2 ke kluster Fe-S , lalu elektron ini ditransfer ke sitokrom c_1 dan sitokrom c yang membawa elektron tersebut keluar dari kompleks III. Transfer satu elektron ini mengubah CoQH_2 menjadi *anion semikuinon*, CoQ^- , suatu senyawa antara yang stabil, dalam suatu **siklus Q** yang menyebabkan pemompaan proton dari matriks ke ruang *intermembran* dalam *mitokondria*.

Siklus Q terjadi karena adanya transfer satu elektron dari molekul pembawa dua elektron, CoQH_2 , ke sitokrom c, suatu molekul pembawa satu elektron. Satu elektron yang tersisa mengubah CoQH_2 menjadi anion semikuinon, CoQ^- , suatu senyawa antara yang stabil. **Kompleks III** mempunyai dua pengikatan yang tidak saling bergantung yaitu Q_0 yang mengikat CoQH_2 dan terletak antara pusat $[2\text{Fe-2S}]$ dan gugus heme bL yang berdekatan dengan ruang intermembran serta Q_i yang mengikat CoQ dan CoQ^- dan terletak didekat gugus heme bH yang berdekatan dengan matriks.

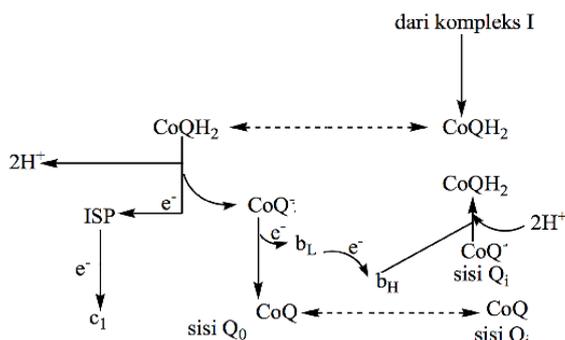
Siklus Q yang pertama dimulai ketika CoQH_2 dari kompleks I terikat di sisi Q_0 dimana terjadi transfer satu elektron ke protein Fe-S atau *iron-sulfur protein* (ISP) yang menghasilkan pelepasan dua proton ke ruang intermembran dan terbentuk CoQ^- . Elektron yang tersisa dalam CoQ^- ditransfer ke sitokrom bL menghasilkan CoQ dalam kondisi teroksidasi. Sitokrom bL lalu mereduksi sitokrom bH . CoQ dalam keadaan teroksidasi dilepaskan dari sisi Q_0 lalu terikat kembali di sisi Q_i , dimana terjadi penangkapan elektron dari sitokrom bH sehingga berubah menjadi bentuk anion semikuinon, CoQ^- .



Gambar 7.12. Transfer elektron melalui siklus Q pertama.

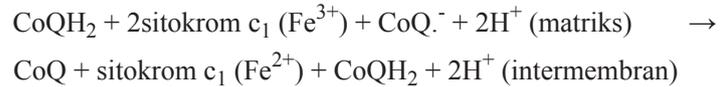


Siklus Q yang kedua dimulai dari COQH_2 lain dari kompleks I terikat di sisi Q_0 dimana terjadi transfer satu elektron ke protein Fe-S atau *iron-sulfur protein* (ISP) yang menghasilkan pelepasan dua proton ke ruang intermembran dan terbentuk CoQ^- . Elektron yang tersisa dalam CoQ^- ditransfer ke sitokrom bL menghasilkan CoQ dalam kondisi teroksidasi.

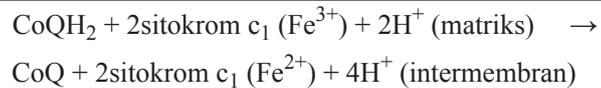


Gambar 7.13. Transfer elektron melalui siklus Q kedua.

Sitokrom b_L lalu mereduksi sitokrom b_H . Satu elektron mereduksi ISP kemudian mereduksi sitokrom c_1 dan elektron lain mereduksi sitokrom b_L kemudian mereduksi sitokrom b_H . Elektron kedua ini lalu mereduksi CoQ^- . di sisi Q_i menghasilkan CoQH_2 yang menggunakan dua proton dari *matriks mitokondria*.

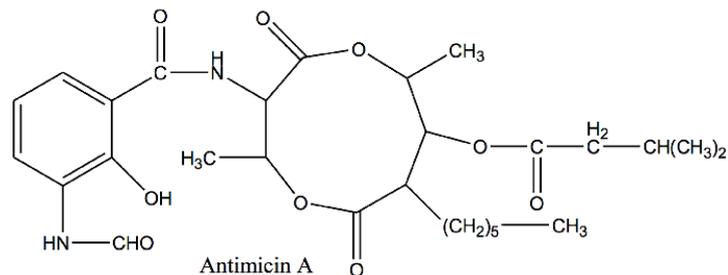


Jadi, berdasarkan penggabungan kedua siklus Q terjadi transfer dua elektron dari CoQH_2 ke sitokrom c_1 yang terlihat dalam persamaan berikut.

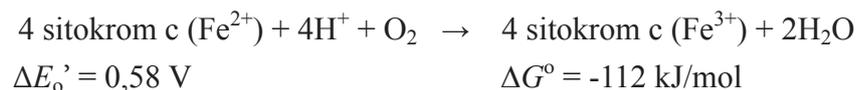


Transport elektron pada kompleks III dapat dihentikan oleh adanya **inhibitor antimicin A** yakni suatu antibiotik, dengan menghambat aliran elektron dari gugus *heme* b_H ke CoQ atau CoQ^- .

Gambar 7.14.
Struktur Inhibitor Koenzim Q-Sitokrom c Oksidoreduktase.



Kompleks IV mengkatalisis reaksi oksidasi sitokrom c oleh O_2 , suatu molekul penerima elektron terakhir dalam rantai transport elektron. *Kompleks IV* atau **sitokrom c oksidase** mengkatalisis reaksi oksidasi satu elektron masing-masing dari empat molekul sitokrom c secara berurutan dan disaat bersamaan mereduksi empat elektron dari satu molekul O_2 .



Jadi, empat elektron dialirkan ke molekul O_2 untuk direduksi sempurna menjadi H_2O dan disaat bersamaan terjadi pemompaan proton dari *matriks* ke ruang *intermembran* dalam *mitokondria*.

Kompleks IV mengandung empat pusat redoks yaitu sitokrom a , sitokrom a_3 , suatu atom tembaga disebut Cu_B , dan satu pasangan atom tembaga yaitu pusat Cu_A . Pusat Cu_A terikat di subunit II dan berada sekitar 8 \AA diatas permukaan membran. Kedua ion tembaga dalam pusat Cu_A membentuk

suatu jembatan dengan atom sulfur dari dua residu sistein yang memberikan geometri mirip dengan kluster $[2\text{Fe}-2\text{S}]$. Sementara Cu_B , sitokrom a, dan sitokrom a_3 terikat pada subunit I dan berada sekitar 13\AA dibawah permukaan membran. Sitokrom a dan sitokrom a_3 berbeda dengan sitokrom c dan sitokrom c_1 dalam beberapa hal seperti

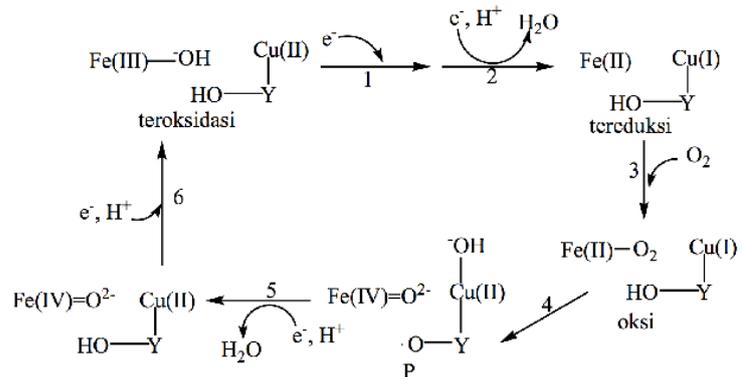
- (1) gugus formil menggantikan gugus metil;
- (2) gugus heme tidak terikat dengan protein; dan
- (3) gugus vinil digantikan oleh rantai hidrokarbon C_{15} .

Studi spektroskopi menunjukkan bahwa transfer elektron dalam kompleks IV berlangsung linier dari sitokrom c ke pusat Cu_A lalu ke sitokrom a, kemudian terakhir ke sitokrom a_3 dan Cu_B . Ion Fe^{n+} dalam gugus heme sitokrom a_3 berjarak hanya $4,9\text{\AA}$ dari Cu_B sehingga kedua pusat redoks ini membentuk satu kompleks binuklear. Elektron bergerak antar pusat redoks dalam kompleks IV melalui suatu jaringan ikatan hidrogen yang menyertakan *rantai samping asam amino, tulang punggung polipeptida, dan rantai samping propionat* dari gugus heme.

Mekanisme Transfer dan Pergerakan Elektron di Empat Pusat Redoks dalam Kompleks IV

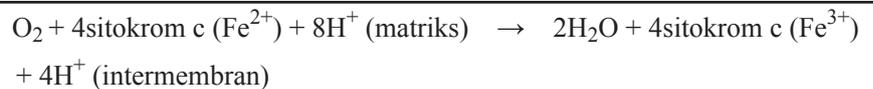
1. **Kompleks binuklear** dalam keadaan teroksidasi yaitu $[\text{Fe(III)}_3\text{-OH}^-\text{Cu(II)}_B]$ direduksi menjadi $[\text{Fe(II)}_3\text{ Cu(I)}_B]$ oleh transfer dua elektron dari sitokrom c melalui sitokrom a dan Cu_A .
2. Satu proton dikonsumsi dari matriks menghasilkan H_2O dan residu tirosin-244 sebagai bagian dari pusat redoks Cu_B berada dalam keadaan *fenolik*, Y-OH .
3. Molekul O_2 terikat pada *kompleks binuklear* dalam keadaan tereduksi dan menjadi ligan bagi Fe(II)_3 .
4. Elektron internal melakukan distribusi ulang secara cepat menghasilkan *kompleks oksiferil*, $[\text{Fe(IV)=O}^{2-}\text{ HO}^-\text{-Cu(II)}]$, dengan residu tirosin-244 mendonasikan satu elektron dan satu proton ke *kompleks oksiferil* sehingga menyisakan suatu radikal, $\text{Y-O}\cdot$, yang dirujuk sebagai senyawa antara peroksi (P).
5. Transfer elektron ketiga dari sitokrom c bersamaan dengan penerimaan dua proton mengubah kembali residu tirosin-244 dalam kondisi *fenolik* menghasilkan senyawa antara feril (F) dan melepaskan satu molekul H_2O .
6. Transfer elektron keempat dan penerimaan proton menghasilkan *kompleks binuklear* dalam keadaan teroksidasi kembali yaitu $[\text{Fe(III)}_3\text{-OH}^-\text{Cu(II)}_B]$.

Gambar 7.15.
Transfer Elektron melalui
Sitokrom c Oksidoreduktase.



Pemompaan proton terjadi dalam dua perubahan terakhir yaitu dari senyawa antara peroksi ke molekul air. Empat proton dipindahkan ke ruang intermembran melalui membran dalam *organel mitokondria* ketika sepasang elektron mengalir melalui sitokrom c oksidase.

Reaksi yang dikatalisis oleh sitokrom c oksidase berkontribusi dalam pembentukan **gradien proton transmembran** melalui dua cara yaitu pertama, empat proton skalar diambil dari matriks selama terjadi reaksi reduksi O_2 yang dikatalisis oleh sitokrom c oksidase menghasilkan 2 molekul H_2O yang menyebabkan penurunan konsentrasi $[H^+]$ dalam matriks. Kedua, reaksi reduksi empat elektron dipasangkan dengan pemompaan empat proton vektorial dari matriks ke *ruang intermembran*.



Jadi, matriks kehilangan delapan muatan positif, $8H^+$, menyebabkan terbentuknya perbedaan potensial membran yang menjadi pendorong bagi sintesis ATP.

Studi sinar X menunjukkan bahwa *sitokrom c oksidase mempunyai dua saluran yang potensial untuk mentransport proton yaitu saluran-K dan saluran-D*. **Saluran-K**, dinamakan demikian karena mengandung residu *lisin* yang esensial. Saluran-K mendorong transport proton dari matriks melalui *residu tirosin-244* ke *ruang intermembran* untuk reaksi reduksi O_2 sebagaimana dijelaskan di atas. **Saluran-D**, dinamakan demikian karena mengandung residu *asam aspartat esensial*. Saluran-D meluas dari matriks sampai sekitar pusat heme a_3-Cu_B dan terhubung dan berkomunikasi dengan *ruang intermembran*. Dalam kondisi demikian, saluran-D berfungsi sebagai suatu saluran keluar yang memompa **proton vektorial** dari *matriks* ke *ruang intermembran*.

Transport elektron pada kompleks IV dapat dihentikan oleh adanya beberapa inhibitor seperti ion sianida, CN^- , ion N_3^- , dan gas karbon monoksida, CO.

LATIHAN SOAL**Pilihan Ganda**

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

7.1 Manakah diantara reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks menurut konsep pengikatan oksigen?

- | | | | |
|----|--|----|---|
| A. | $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$ | D. | $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ |
| B. | $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ | E. | $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$ |
| C. | $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI}$ | | |

7.2 Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi reduksi menurut konsep pengikatan oksigen?

- A. $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 B. $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$
 C. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$
 D. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
 E. $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{O}_2$

7.3 Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks menurut konsep transfer elektron?

- | | | | |
|----|--|----|--|
| A. | $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ | D. | $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ |
| B. | $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI}$ | E. | $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ |
| C. | $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ | | |

7.4 Yang termasuk reaksi oksidasi menurut konsep transfer elektron adalah

- A. $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{MgSO}_4$
 B. $\text{NaCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH}$
 C. $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
 D. $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$
 E. $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

7.5 Bilangan oksidasi krom dan selenium dalam senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan SeCl_4 adalah

- | | | | |
|----|-----------|----|-----------|
| A. | +6 dan +4 | D. | +5 dan -4 |
| B. | +6 dan -4 | E. | +3 dan +6 |
| C. | +7 dan +4 | | |

7.6 Bilangan oksidasi atom Mn tertinggi di antara senyawa berikut adalah

- A. MnO_2
- B. Mn_2O_3
- C. Mn_3O_4
- D. KMnO_4
- E. K_2MnO_4

7.7 Pada reaksi $2\text{CO} + 2\text{NO} \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$. Bilangan oksidasi N berubah dari

- A. +2 ke 0
- B. +2 ke +1
- C. +3 ke +1
- D. +3 ke +2
- E. +4 ke 0

7.8 Yang termasuk reaksi oksidasi berdasarkan kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi adalah

- A. $2\text{HCrO}_4^- \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$
- B. $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{MgSO}_4$
- C. $2\text{NaCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- E. $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}_2 + 4\text{HCl}$

7.9 Dalam reaksi berikut: $14\text{CuO} + 4\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O} + 14\text{Cu}$ yang berperan sebagai oksidator adalah

- A. CuO
- B. NH_3
- C. $2\text{N}_2\text{O}_4$
- D. $6\text{H}_2\text{O}$
- E. O_2

7.10 Perhatikan reaksi redoks berikut: $\text{Sn} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{SnO}_2 + 4\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Yang berperan sebagai reduktor adalah

- A. Sn
- B. HNO_3
- C. SnO_2
- D. NO_2
- E. H_2O

7.11 Manakah pernyataan berikut yang tidak tepat?

- A. Reduksi melibatkan pelepasan elektron.
- B. Oksidasi melibatkan kenaikan biloks.
- C. Reduktors adalah zat yang menyebabkan zat lain teroksidasi.
- D. Dalam reaksi redoks, oksidasi tidak terjadi tanpa reduksi.
- E. Oksidator adalah zat yang tereduksi.

7.12 Reaksi manakah yang merupakan reaksi autoredoks atau reaksi disproporsionasi?

- A. $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- B. $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- C. $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
- D. $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- E. $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

7.13 Sebanyak 19,05 gram logam L (Ar = 63,5) direaksikan dengan larutan asam nitrat encer menghasilkan 4,48 liter gas NO (STP) menurut persamaan reaksi : $\text{L} + \text{H}^+ + \text{NO}^- \rightarrow \text{Ln}^+ + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 Bilangan oksidasi ion logam L setelah reaksi berlangsung adalah....

- A. -2
- B. -1
- C. +1
- D. +2
- E. +3

7.14 Reaksi berikut yang merupakan reaksi autoredoks adalah....

- A. $2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$
- B. $\text{PbO}_2 + 4\text{HI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. $\text{Br}_2 + 6\text{OH}^- \rightarrow \text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{NaI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- E. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$

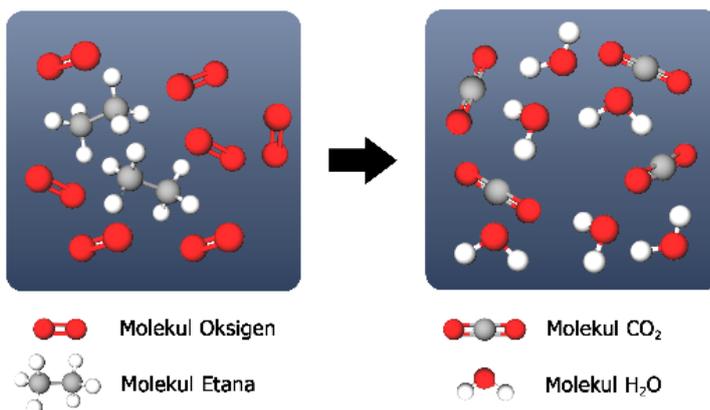
7.15 Sebanyak 50 mL larutan yang mengandung ion logam Ln^+ 0,02 M tepat bereaksi dengan SO_2 menghasilkan 25 mL larutan SO_4^{2-} 0,04 M, menurut persamaan reaksi : $\text{Ln}^+ + \text{SO}_2 \rightarrow \text{L}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}$
 Bilangan oksidasi ion logam L sebelum reaksi adalah....

- A. +3
- B. +4
- C. +5
- D. +6
- E. +7

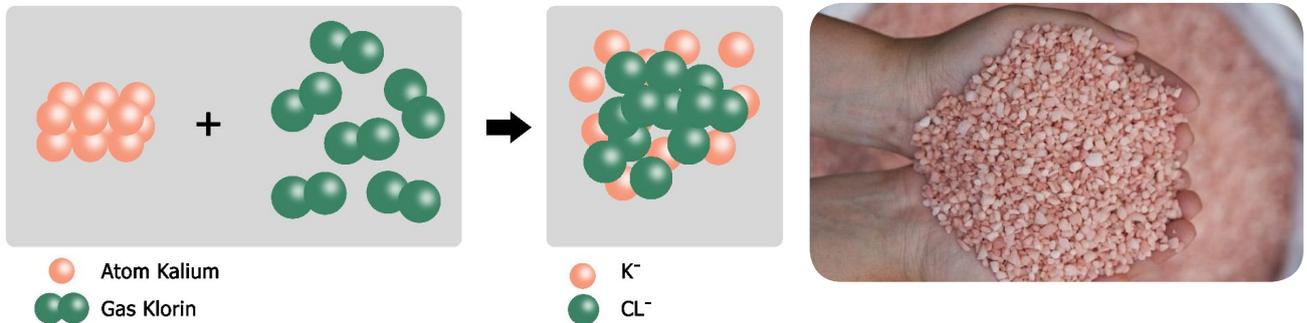
ESAI

7.16 Gas etana bereaksi dengan gas oksigen menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air. Secara submikroskopik digambarkan sebagai berikut.

Dari gambaran submikroskopik tersebut, tuliskan persamaan reaksinya dan tentukan reaksi oksidasi dan reduksi berdasarkan konsep reaksi redoks yang kamu ketahui!

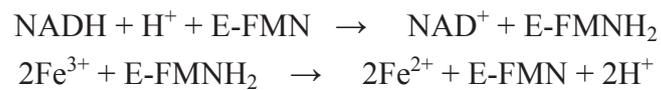


- 7.17 Logam kalium direaksikan dengan gas klor menghasilkan kalium klorida (KCl). Secara submikroskopik digambarkan sebagai berikut:



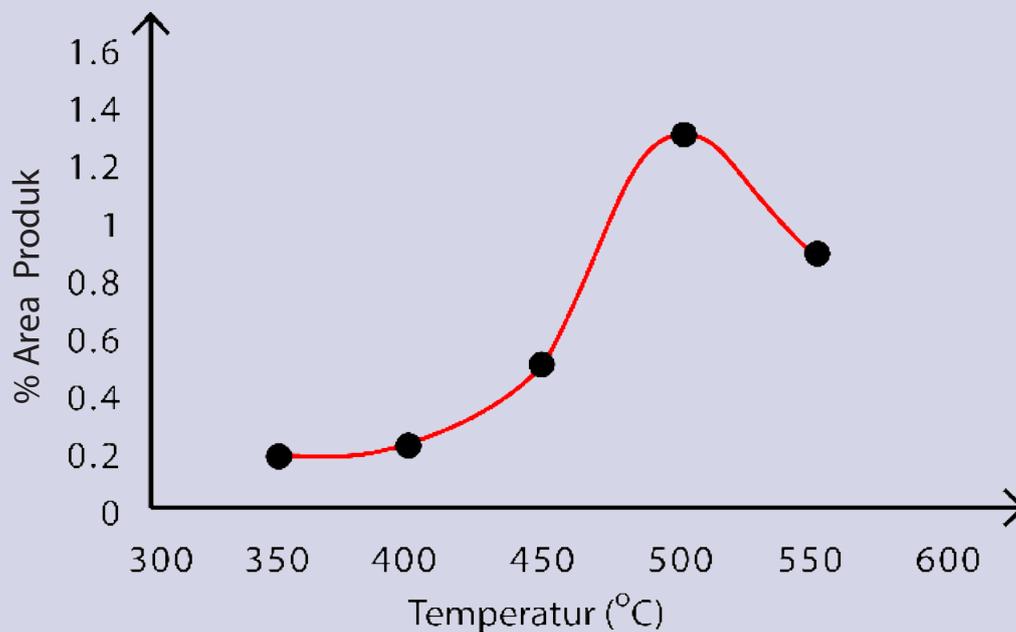
Berdasarkan gambaran submikroskopik di atas, tuliskan persamaan reaksinya dan tentukan reaksi oksidasi dan reduksi berdasarkan konsep reaksi redoks yang kamu ketahui!

- 7.18 Enzim kompleks NADH dehidrogenase mengkatalisis tiga reaksi dalam rantai transport elektron dengan persamaan sebagai berikut :



Tentukan (a) senyawa pemberi elektron, (b) senyawa penerima elektron, (c) pasangan konjugasi redoks, (d) senyawa pereduksi, dan (e) senyawa pengoksidasi.

Kamu Harus Tau!



Sumber: Daryoso, K., Wahyuni, S., & Saputro, S. H. (2012). Uji Aktivitas Katalis Ni-Mo/Zeolit pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik (Polietilen). Indonesian.

Reaksi kimia ada yang berlangsung dengan lambat, cepat, sangat cepat, dan sangat lambat seperti yang terlihat pada grafik di atas. Grafik tersebut menunjukkan peningkatan persentase produk yang dihasilkan seiring meningkatnya temperatur, yaitu pada temperatur 350, 400, 450, 500°C, kemudian menurun pada temperatur 550°C. Persen area produk tertinggi diperoleh pada temperatur 500°C yaitu sebesar 1,334 %.

Sesuai teori kinetika, reaksi dapat berlangsung bila terjadi kontak antar molekul reaktan dengan orientasi yang tepat dan energi yang cukup. Selain itu peningkatan temperatur juga akan meningkatkan laju reaksi. Peningkatan laju reaksi ini disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari temperatur. Semakin tinggi temperatur maka semakin besar konstanta laju reaksinya. Namun pada temperatur yang terlampaui tinggi yaitu di atas temperatur optimum, terjadi penurunan persentase konversi produk. Hal ini dikarenakan laju reaksi yang terlampaui cepat sehingga umpan dalam bentuk gas bergerak terlalu cepat saat terjadi interaksi dengan situs aktif katalis. Pergerakan yang terlampaui cepat menyebabkan proses perengkahan reaktan yang terjadi tidak maksimal.

KINETIKA KIMIA

8.1. Laju Reaksi Kimia

8.1.1. Definisi Laju Reaksi Kimia

Perubahan yang terjadi selama interval waktu tertentu dengan diiringi bertambahnya hasil reaksi dan berkurangnya pereaksi, rata-rata laju pembentukan, rata-rata laju pengurangan.

8.1.2. Definisi Laju Reaksi dan Stoikiometri Reaksi

Laju didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi selama interval waktu tertentu, laju reaksi, laju pengurangan konsentrasi reaktan, laju penambahan konsentrasi produk.

8.2. Konsentrasi dan Laju Reaksi

8.2.1. Hukum Laju, Tetapan Laju, dan Orde Reaksi

Hukum laju, tetapan laju, orde reaksi.

8.2.2. Menentukan Hukum Laju menggunakan Laju Awal

8.2.3. Perubahan Laju dengan Waktu

Reaksi orde satu, reaksi orde dua, waktu paruh.

8.3. Temperatur dan Laju Reaksi

8.3.1. Model Tumbukan

8.3.2. Faktor Orientasi

8.3.3. Energi Aktivasi

Svante Arrhenius, model tumbukan, energi kinetik, energi aktivasi, kompleks teraktivasi, keadaan transisi.

8.3.4. Persamaan Arrhenius

8.4. Mekanisme Reaksi

Proses yang menggambarkan terjadinya reaksi kimia.

8.4.1. Reaksi-Reaksi Elementer

Hukum laju, reaksi elementer, proses elementer.

8.4.2. Reaksi-Reaksi Multi Tahapan

8.5. Katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami suatu perubahan secara permanen.

8.5.1. Reaksi Katalisis Homogen

8.5.2. Reaksi Katalisis Heterogen

8.5.3. Reaksi Katalisis Enzimatik

Enzim, substrat, kompleks enzim-substrat, persamaan Michaelis-Menten.

Pembelajaran kinetika kimia mempelajari tentang kinetika kimia dari sudut pandang makroskopis, yaitu cara menentukan laju reaksi, faktor-faktor yang menentukan laju reaksi, seperti konsentrasi reaktan dan temperatur reaksi. Sedangkan dari sudut pandang mikroskopis akan dipelajari hubungan antara teori tumbukan molekul dengan laju reaksi dan mekanisme reaksi.

8.1. LAJU REAKSI KIMIA

8.1.1. Definisi Laju Reaksi Kimia

Laju reaksi kimia didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi selama interval waktu tertentu dengan diiringi bertambahnya hasil reaksi dan berkurangnya pereaksi. Jadi pengertian laju selalu dikaitkan dengan waktu, seperti laju sebuah mobil yang berjalan merupakan perubahan posisi mobil selama periode waktu tertentu, karena itu satuan laju mobil adalah km/jam. Demikian pula dengan laju reaksi kimia yang didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi reaktan atau produk reaksi per satuan waktu, sehingga satuan laju reaksi biasanya dinyatakan sebagai molaritas per detik atau M/detik.

Contoh 1

Perhatikan contoh reaksi hipotetis sederhana beserta ilustrasinya pada Gambar 8.1.

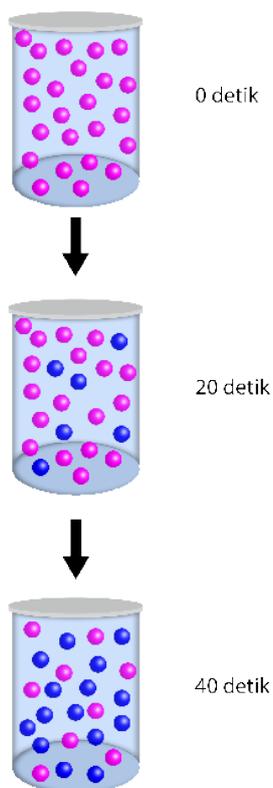


Tiap bulatan merah mewakili 0,01 mol A dan tiap bulatan biru mewakili 0,01 mol B. Misalkan volume tabung adalah 1 L dan pada reaksi terdapat 1,00 mol A, maka konsentrasinya adalah 1,00 mol/L. Sesudah 20 detik, konsentrasi A turun menjadi 0,54 M, sedangkan B meningkat menjadi 0,46 M. Total konsentrasi tetap 1,00 M, sebab 1 mol B dihasilkan dari 1 mol A yang bereaksi. Setelah 40 detik, konsentrasi A adalah 0,30 M dan konsentrasi B adalah 0,70 M. Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai laju berkurangnya reaktan A, atau sebagai laju bertambahnya produk B.

Rata-rata laju pembentukan B selama selang waktu tertentu adalah perubahan konsentrasi B dibagi dengan selang waktu perubahan terjadi:

$$\begin{aligned} \text{rata-rata laju pembentukan B} &= \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{[B]_{t_2} - [B]_{t_1}}{t_2 - t_1} \\ &= \frac{0,46 - 0,00}{20 - 0} = 2,3 \times 10^{-2} \text{ M/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{rata-rata laju pengurangan A} &= \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{[A]_{t_2} - [A]_{t_1}}{t_2 - t_1} \\ &= \frac{0,54 - 1,00}{20 - 0} = -2,3 \times 10^{-2} \text{ M/detik} \end{aligned}$$



Gambar 8.1. Ilustrasi reaksi hipotesis sederhana $A \rightarrow B$

Keterangan :

- Merah Zat A (Pereaksi)
- Biru Zat B (Hasil Reaksi)

Pemberian tanda minus (-) untuk menyatakan konsentrasi reaktan A yang berkurang dengan waktu dan laju reaksi selalu dinyatakan sebagai besaran yang positif.

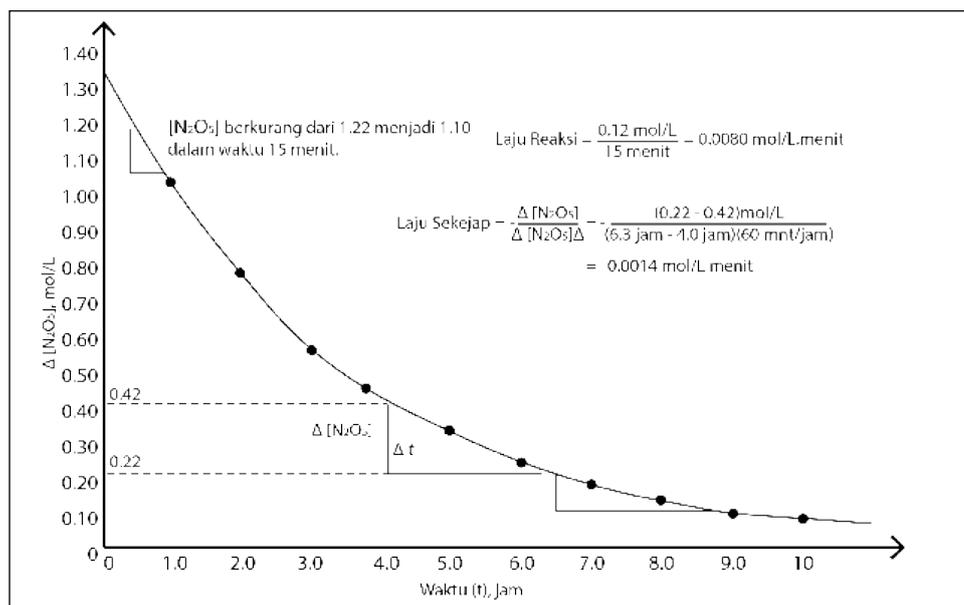
Contoh 2

Perhatikan sebuah contoh lain, yaitu reaksi dekomposisi N_2O_5 dalam pelarut CCl_4 dengan reaksi :



Jalannya reaksi dapat diikuti dengan bermacam cara, salah satunya adalah dengan memonitor kenaikan tekanan gas O_2 . Selama reaksi terjadi tumbukan antar partikel dan bergerak lebih cepat sehingga tekanan ikut naik. Banyaknya mol gas dihitung menggunakan persamaan gas ideal, $pV = nRT$. Sesuai dengan stokiometri reaksi, untuk setiap 1 mol O_2 yang terbentuk, 2 mol N_2O_5 terdekomposisi. Laju reaksi dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi N_2O_5 dibagi dengan selang waktu reaksi, seperti terlihat pada Gambar 8.2.

$$\text{laju reaksi} = \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t}$$



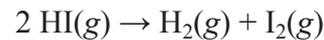
Gambar 8.2. Kurva perubahan konsentrasi N_2O_5 terhadap waktu.

Berdasarkan kurva tersebut laju reaksi semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Dapat disimpulkan bahwa laju reaksi berbanding terbalik terhadap waktu. Semakin cepat laju reaksi maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan, begitu pula sebaliknya.

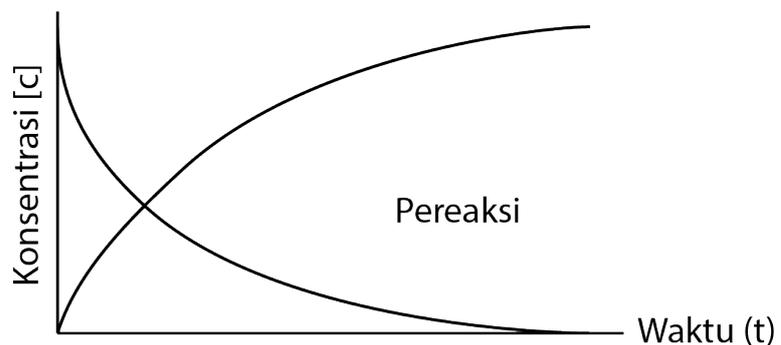
8.1.2. Definisi Laju Reaksi dan Stoikiometri Reaksi

Laju didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi selama interval waktu tertentu. Jadi pengertian laju selalu dikaitkan dengan waktu, seperti laju sebuah mobil yang berjalan adalah perubahan posisi mobil selama periode

dengan laju reaksi kimia yang didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi reaktan atau produk reaksi per satuan waktu, sehingga satuan laju reaksi biasanya dinyatakan sebagai molaritas per detik atau M/detik. Laju berkurangnya tiap reaktan dan laju bertambahnya tiap produk reaksi harus mengikuti stokiometri reaksi, seperti pada contoh reaksi berikut.



Produk



Gambar 8.3. Grafik hubungan konsentrasi terhadap waktu.

Berdasarkan grafik tersebut di awal reaksi konsentrasi HI masih tinggi 2 mol dan konsentrasi H_2 dan I_2 masih 0. Namun, setelah 30 menit konsentrasi HI menjadi habis sedangkan konsentrasi H_2 menjadi 1 mol dan I_2 menjadi 1 mol.

Karena 2 mol HI terurai menjadi 1 mol H_2 dan 1 mol I_2 , maka laju berkurangnya HI adalah dua kali laju pembentukan H_2 atau I_2 , sehingga untuk menyamakan laju maka laju berkurangnya HI harus dibagi dua, atau

$$\text{laju reaksi} = -\frac{\Delta[\text{HI}]}{2\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{I}_2]}{\Delta t}$$

Pada awal reaksi, reaktan ada dalam keadaan maksimum sedangkan produk ada dalam keadaan minimal. Setelah reaksi berlangsung, maka produk akan mulai terbentuk. Semakin lama produk akan semakin banyak terbentuk, sedangkan reaktan semakin lama semakin berkurang.

Dari gambar grafik di atas terlihat bahwa konsentrasi reaktan semakin berkurang, sehingga laju reaksinya adalah berkurangnya konsentrasi R atau bertambahnya konsentrasi P setiap satuan waktu, dirumuskan sebagai

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

$\Delta[C]$ = perubahan konsentrasi (M)

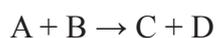
Δt = perubahan waktu (detik)

V = laju reaksi (M detik^{-1})

Laju reaksi dapat diungkapkan menggunakan rumus dan perbandingan koefisien reaksi. **Laju pengurangan konsentrasi reaktan dinyatakan dalam tanda negatif (hanya simbol).** **Laju penambahan konsentrasi produk dinyatakan dalam tanda positif (hanya simbol).**

Contoh 3

Menurut persamaan reaksi



Laju reaksinya dapat diungkapkan sebagai berikut.

a. Laju Pengurangan [A]	c. Laju Penambahan [C]
$V = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$	$V = + \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$
b. Laju Pengurangan [B]	d. Laju Penambahan [D]
$V = - \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$	$V = + \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$

Contoh 4

Ke dalam ruang yang volumenya 2 liter, dimasukkan 4 mol gas HI yang kemudian terurai menjadi gas H₂ dan I₂. Setelah 5 detik, dalam ruang tersebut terdapat 1 mol gas H₂. Tentukan laju reaksi pembentukan gas H₂ dan laju reaksi peruraian gas HI.

<i>Persamaan reaksi</i>	: 2HI(g) → H ₂ (g) + I ₂ (g)
<i>mula-mula</i>	: 4 mol - -
<i>setelah 5 detik</i>	: 2 mol 1 mol 1 mol

a. Laju reaksi pembentukan H₂

Karena mol H₂ yang terbentuk adalah 1 mol, maka

$$\begin{aligned} \text{molaritas } H_2 &= \frac{\text{mol } H_2}{V_{H_2}} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ Liter}} \\ &= 0,5 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{Laju pembentukan } H_2 = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{0,5 \text{ M}}{5 \text{ detik}} = 0,1 \text{ M/detik}$$

b. Laju reaksi penguraian HI

Laju reaksi pada suatu reaksi yang terjadi melalui beberapa tahap, tahap yang dijadikan sebagai acuan laju reaksi adalah tahap yang berjalan lambat (mudah diamati). Laju reaksi makin lama akan makin kecil nilainya, karena:

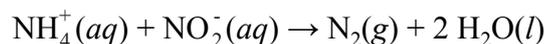
1. Jumlah reaktan yang semakin berkurang, dan pada akhirnya bernilai nol (reaksi selesai).
2. Jumlah produk yang semakin bertambah dan pada akhirnya bernilai tetap (reaksi selesai).

8.2. KONSENTRASI DAN LAJU REAKSI

8.2.1. Hukum Laju, Tetapan Laju, dan Orde Reaksi

a. Hukum Laju dan Tetapan Laju

Pengaruh konsentrasi pada laju reaksi dapat dilihat dari ilustrasi pengukuran laju reaksi berikut :



Laju pada awal reaksi bergantung pada konsentrasi awal reaktan (Tabel 8.1).

Tabel 8.1. Data laju reaksi ion NH_4^+ dan NO_2^- dalam air pada 25°C

No	Konsentrasi awal NH_4^+ (M)	Konsentrasi awal NO_2^- (M)	Laju awal teramati (M/detik)
1	0,0100	0,200	$5,4 \times 10^{-7}$
2	0,0200	0,200	$10,8 \times 10^{-7}$
3	0,0400	0,200	$21,5 \times 10^{-7}$
4	0,0600	0,200	$32,3 \times 10^{-7}$
5	0,200	0,0202	$10,8 \times 10^{-7}$
6	0,200	0,0404	$21,6 \times 10^{-7}$
7	0,200	0,0606	$32,4 \times 10^{-7}$
8	0,200	0,0808	$43,3 \times 10^{-7}$

Data ini menunjukkan bahwa dengan mengubah konsentrasi $[\text{NH}_4^+]$ atau $[\text{NO}_2^-]$ laju reaksi juga berubah. Bila konsentrasi $[\text{NH}_4^+]$ diduakalikan, sedangkan konsentrasi $[\text{NO}_2^-]$ tetap, laju awal reaksi menjadi $2\times$ (percobaan 1 dan 2), kemudian dibandingkan dengan percobaan 3 dan 4, dengan melipatkan konsentrasi $[\text{NH}_4^+]$ $4\times$ dan $6\times$, maka laju menjadi $4\times$ dan $6\times$ lebih cepat. Data ini menunjukkan bahwa laju reaksi sebanding dengan $[\text{NH}_4^+]$. Hal yang sama terjadi bila konsentrasi $[\text{NO}_2^-]$ divariasikan pada konsentrasi $[\text{NH}_4^+]$ tetap, dengan laju reaksi terpengaruh dengan cara yang sama, yaitu laju juga berbanding langsung dengan konsentrasi $[\text{NO}_2^-]$. Dengan demikian laju dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{laju reaksi} = k [\text{NH}_4^+][\text{NO}_2^-]$$

yang disebut sebagai hukum laju.

Untuk reaksi umum : $a \text{A} + b \text{B} \rightarrow c \text{C} + d \text{D}$, hukum laju secara umum dapat ditulis sebagai :

$$\text{laju reaksi} = k [\text{A}]^m [\text{B}]^n$$

tetapan k disebut tetapan laju, yang nilainya berubah dengan temperatur. Nilai eksponen m dan n umumnya kecil bisa 0, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, dan sebagainya.

Contoh 5

Nilai tetapan laju k persamaan $\text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{NO}_2^- (\text{aq}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ dari data Tabel 8.1, misalnya dari percobaan 1. Dengan menggunakan persamaan laju [4], diperoleh :

$$5,4 \times 10^{-7} \text{ M/detik} = k (0,0100 \text{ M}) (0,200 \text{ M})$$

$$k = 2,7 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \text{ detik}^{-1}$$

b. Orde Reaksi

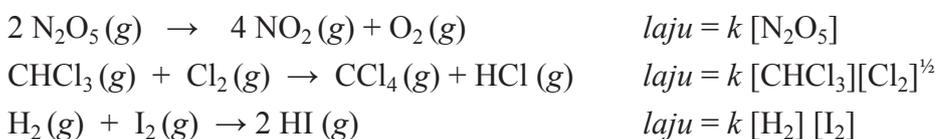
Bentuk umum hukum laju atau persamaan laju reaksi adalah

$$\text{laju reaksi} = k [\text{reaktan}_1]^m [\text{reaktan}_2]^n$$

dengan eksponen m dan n adalah orde reaksi. Untuk reaksi antara ion NH_4^+ dengan NO_2^- , laju reaksi adalah orde satu terhadap NH_4^+ dan juga terhadap NO_2^- , sehingga keseluruhan orde reaksi adalah 2.

Eksponen pada hukum laju menunjukkan pengaruh konsentrasi masing-masing reaktan terhadap laju. Seperti telah ditunjukkan pada Tabel 8.1, bila konsentrasi $[\text{NH}_4^+]$ dilipatgandakan $2\times$, $3\times$ dst, maka laju menjadi lebih cepat $2\times$, $3\times$ dst.

Orde reaksi tidak harus merupakan bilangan bulat dan tidak harus sesuai dengan stokiometri reaksi, seperti pada contoh berikut.

**8.2.2. Menentukan Hukum Laju menggunakan Laju Awal**

Hukum laju untuk setiap reaksi kimia harus ditentukan dari percobaan dan tidak dapat diprediksikan dari persamaan reaksi kimianya. Metode laju awal, seperti pada Tabel 8.1, sering digunakan untuk menentukan hukum laju, yaitu dengan mengamati pengaruh dari perubahan konsentrasi reaktan awal terhadap laju awal reaksi.

Contoh 6

Dalam suatu ruangan dilakukan suatu percobaan dengan mereaksikan antara zat A dan B dengan laju awal reaksi $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$, percobaan tersebut dilakukan selama 3 kali dengan variasi konsentrasi yang berbeda sehingga menghasilkan laju yang berbeda. Data percobaan reaksi zat A dan B dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

No Percobaan	[A] (M)	[B] (M)	Laju awal (M/detik)
1	0,100	0,100	$4,0 \times 10^{-5}$
2	0,100	0,200	$4,0 \times 10^{-5}$
3	0,200	0,100	$16,0 \times 10^{-5}$

Tentukan :

- (a) hukum laju reaksi
- (b) nilai tetapan laju
- (c) laju reaksi bila $[A] = 0,050 \text{ M}$ dan $[B] = 0,100 \text{ M}$

Pembahasan

Misalkan hukum laju dinyatakan sebagai persamaan umum :

$$\text{laju} = k [A]^m [B]^n,$$

sehingga bila orde reaksi m dan n dapat ditentukan, maka tetapan laju dapat dihitung. Dengan membandingkan laju awal diperoleh:

$$(a) \frac{\text{laju } 2}{\text{laju } 1} = \frac{4,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}}{4,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}} = \frac{k [0,100 \text{ M}]^m [0,200 \text{ M}]^n}{k [0,100 \text{ M}]^m [0,100 \text{ M}]^n}$$

$$2^n = 1$$

$$n = 0$$

$$\frac{\text{laju } 3}{\text{laju } 1} = \frac{16,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}}{4,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}} = \frac{k [0,200 \text{ M}]^m [0,100 \text{ M}]^n}{k [0,100 \text{ M}]^m [0,100 \text{ M}]^n}$$

$$2^m = 4$$

$$m = 2$$

(b) Tetapan laju

$$k = \frac{\text{laju } 1}{[A]^m [B]^n} = \frac{4,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}}{[0,100 \text{ M}]^2 [0,100 \text{ M}]^0} = \frac{4,0 \times 10^{-5} \text{ M/det}}{(1,0 \times 10^{-1})^2 \text{ M}^2}$$

$$c = 4,0 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{det}^{-1}$$

(c) Laju reaksi

$$\begin{aligned} \text{laju} &= k [A]^m [B]^n = 4,0 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{det}^{-1} (0,050 \text{ M})^2 (0,100 \text{ M})^0 \\ &= 4,0 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{det}^{-1} (5 \times 10^{-2} \text{ M})^2 \\ &= 4,0 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{det}^{-1} \times 25,0 \times 10^{-4} \text{ M}^2 \\ &= 100 \times 10^{-7} \text{ M det}^{-1} \\ &= 1,0 \times 10^{-5} \text{ M det}^{-1} \end{aligned}$$

8.2.3. Perubahan Laju dengan Waktu

Seperti pada contoh 4, dengan hukum laju dapat dihitung laju reaksi dari tetapan laju dan konsentrasi reaksi. *Hukum laju juga dapat diubah menjadi persamaan laju yang menunjukkan perubahan konsentrasi dengan waktu selama reaksi, yaitu bila orde reaksi telah diketahui atau dimisalkan.*

a. Reaksi Orde Satu

Reaksi orde satu adalah bilamana laju reaksi tergantung pada konsentrasi reaktan tunggal pangkat satu. Untuk reaksi $A \rightarrow \text{Produk}$, hukum laju orde satu adalah

$$V = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \quad \text{.....(1)}$$

$$V = k [A] \quad \text{.....(2)}$$

Bentuk hukum laju yang menyatakan bergantungnya laju pada konsentrasi, disebut **hukum laju diferensial**. Dengan mengintegalkan persamaan laju ini dapat diperoleh hubungan konsentrasi reaktan dengan waktu.

$$\frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = k [A] \quad \text{.....(3)}$$

$$\frac{-d[A]}{dt} = k [A] \quad \text{.....(4)}$$

$$\frac{d[A]}{[A]} = -k dt \quad \text{.....(5)}$$

$$\int_{[A]_0}^{[A]_t} \frac{d[A]}{[A]} = -k \int_0^t dt \quad \text{.....(6)}$$

Bentuk hukum laju ini disebut **hukum laju terintegrasi**. Persamaan (6) dapat digunakan untuk bermacam unit satuan konsentrasi, selama unit satuan konsentrasi $[A]_t$ dan $[A]_0$ adalah sama. Persamaan (6) dapat juga digunakan untuk membuktikan suatu reaksi merupakan reaksi orde satu dan untuk menentukan tetapan laju reaksi.

$$\ln[A]_t = -k t + \ln[A]_0$$

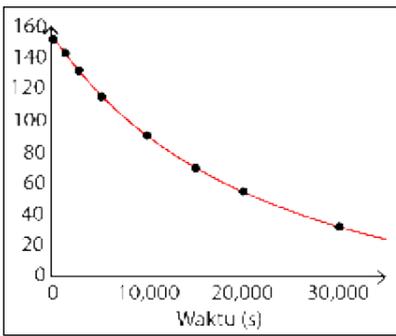
Untuk reaksi orde satu, grafik $\ln[A]_t$ terhadap waktu akan memberikan garis lurus dengan kemiringan grafik merupakan $-k$ dan potongan sumbu y merupakan $\ln[A]_0$.

Untuk reaksi orde satu, grafik $\ln [A]_t$ terhadap waktu akan memberikan garis lurus dengan kemiringan grafik merupakan $-k$ dan potongan sumbu y merupakan $\ln [A]_0$.

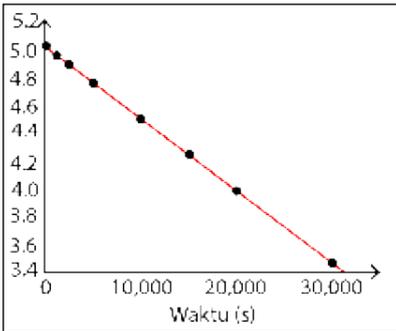
Contoh 7

Konversi metil isonitril (CH_3NC) menjadi asetonitril (CH_3CN) berlangsung menurut reaksi orde satu, sehingga persamaan lajunya dapat ditulis sebagai

$$\ln [\text{CH}_3\text{NC}]_t = -k t + \ln [\text{CH}_3\text{NC}]_0$$



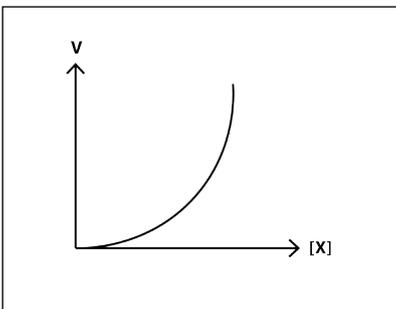
(a)



(b)

Gambar 8.4. (a) Berubahnya tekanan parsial metil isonitril (CH_3NC) dengan waktu selama reaksi $\text{CH}_3\text{NC} \rightarrow \text{CH}_3\text{CN}$ pada $198,9^\circ\text{C}$.

(b) Plot $\ln p$ metil isonitril sebagai fungsi dari waktu.



Gambar 8.5. Grafik reaksi orde dua.

Untuk reaksi dalam fase gas dapat digunakan tekanan sebagai unit konsentrasi, karena sesuai dengan hukum gas ideal, tekanan gas sebanding langsung dengan jumlah mol per satuan volume. Gambar 8.4(a) menunjukkan berubahnya tekanan parsial metil isonitril dengan waktu pada $198,9^\circ\text{C}$, sedangkan gambar 1.3(b) menunjukkan plot $\ln p$ terhadap waktu, yang menghasilkan garis lurus dengan kemiringan $-5,1 \times 10^{-5} \text{ detik}^{-1}$, sehingga nilai tetapan laju, $k = 5,1 \times 10^{-5} \text{ detik}^{-1}$.

Berdasarkan gambar kedua kurva tersebut dapat dilihat pada grafik a, (grafik tekanan terhadap waktu) cenderung landai dan kurva tersebut sesuai dengan data yang diperoleh di lapangan. Sedangkan gambar 2 hasil \ln dari sehingga grafik menjadi normal.

b. Reaksi Orde Dua

Reaksi orde dua adalah reaksi yang lajunya tergantung pada konsentrasi reaktan pangkat dua, atau tergantung pada konsentrasi dua reaktan yang berbeda, masing-masing berpangkat satu.

Suatu reaksi dikatakan mempunyai orde dua, apabila *besarnya laju reaksi merupakan pangkat dua dari peningkatan konsentrasi pereaksinya*.

Persamaan laju reaksi untuk reaksi orde dua adalah

$$V = k [X]^2$$

Artinya jika konsentrasi zat X (pereaksi) dinaikkan misalnya 2 kali, maka laju reaksi akan menjadi 22 atau 4 kali lebih besar. Apabila konsentrasi pereaksi dinaikkan 3 kali semula, maka laju reaksi akan menjadi 32 atau 9 kali semula. Grafiknya dapat digambarkan seperti Gambar 8.5. Secara sederhana reaksi orde dua dapat dituliskan sebagai berikut.



$$\text{laju reaksi} = -\frac{d[A]}{dt} = k [A]^2$$

$$\int_0^1 \frac{d[A]}{[A]^2} = -\int_0^1 k dt$$

$$-\frac{1}{[A]_1} - \left(-\frac{1}{[A]_0}\right) = -k.t$$

atau

$$\frac{1}{[A]_1} = \frac{1}{[A]_0} + k.t \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan (7) juga memiliki bentuk persamaan garis lurus ($y = mx + b$). Bila reaksi merupakan reaksi orde dua, maka plot $1/[A]_t$ terhadap t menghasilkan garis lurus dengan kemiringan yang sama dengan nilai k dan potongan sumbu y merupakan nilai $1/[A]_0$.

Contoh 8

Data berikut diperoleh dari reaksi dekomposisi nitrogen dioksida dalam fase gas pada 300°C,



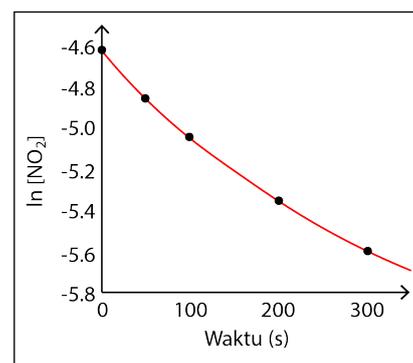
Tentukan orde reaksi menggunakan hukum laju terintegrasi.

Waktu (detik)	[NO ₂] (M)
0,0	0,01000
50,0	0,00787
100,0	0,00649
200,0	0,00481
300,0	0,00380

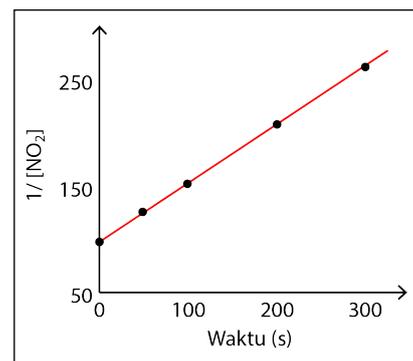
Pembahasan

Karena reaksi dapat merupakan reaksi orde satu maupun orde dua, maka dibuat grafik $\ln [\text{NO}_2]$ dan $1/[\text{NO}_2]$ terhadap waktu :

Waktu (detik)	[NO ₂] (M)	$\ln [\text{NO}_2]$	$1 / [\text{NO}_2]$
0,0	0,01000	- 4,610	100
50,0	0,00787	- 4,845	127
100,0	0,00649	- 5,038	154
200,0	0,00481	- 5,337	208
300,0	0,00380	- 5,573	263



(a)



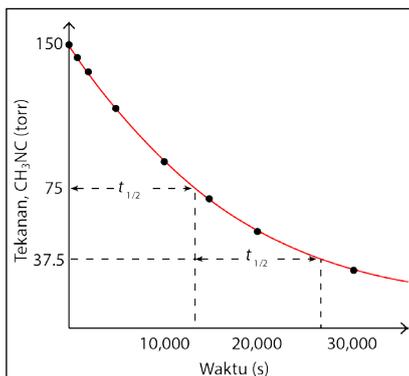
(b)

Gambar 8.6. (a) plot $\ln[\text{NO}_2]$ terhadap waktu. (b) Plot $1/[\text{NO}_2]$ terhadap waktu.

Gambar 8.6 menunjukkan bahwa hanya plot $1/[\text{NO}_2]$ terhadap waktu adalah linier, sehingga reaksi dekomposisi NO_2 adalah mengikuti hukum laju orde dua, laju = $k [\text{NO}_2]^2$ dengan nilai $k = 0,543 \text{ M}^{-1}\text{detik}^{-1}$

c. Waktu Paruh

Waktu paruh suatu reaksi, $t_{1/2}$ adalah waktu yang dibutuhkan oleh reaksi sampai dicapai konsentrasi reaktan setengah dari konsentrasi awalnya : $[A]_t = \frac{1}{2} [A]_0$. Waktu paruh merupakan cara yang baik sekali untuk menjelaskan seberapa cepat suatu reaksi berlangsung, terutama untuk reaksi orde satu. Reaksi yang cepat memiliki waktu paruh yang pendek.



Gambar 8.7. Waktu paruh reaksi orde satu transformasi metil isonitril pada 198,9°C.

Untuk menentukan waktu paruh reaksi orde satu, $[A]_{t_{1/2}}$ disubstitusikan ke persamaan [6] :

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$$

$$t = -\frac{1}{k} \ln \frac{[A]}{[A]_0}$$

$$t_{1/2} = -\frac{1}{k} \ln \frac{[A]}{2[A]_0}$$

$$t_{1/2} = -\frac{1}{k} \ln \frac{1}{2} = -\frac{0,693}{k}$$

Jadi waktu paruh reaksi orde satu tidak tergantung pada konsentrasi awal, sehingga waktu paruh konstan selama reaksi.

Waktu Paruh untuk Reaksi Orde Dua

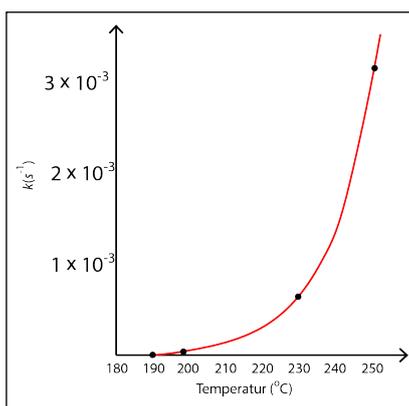
$$k t_{1/2} = \frac{1}{\frac{1}{2}[A]_0} - \frac{1}{[A]_0}$$

$$k t_{1/2} = \frac{2}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$$

8.3. TEMPERATUR DAN LAJU REAKSI

Laju kebanyakan reaksi kimia bertambah bila temperatur dinaikkan, sebagai contoh adonan roti yang lebih cepat mengembang pada temperatur ruang daripada bila dimasukkan ke dalam lemari pendingin. Laju reaksi yang cepat disebabkan tetapan laju reaksi meningkat dengan naiknya temperatur, seperti pada reaksi orde satu transformasi metil isonitril (Gambar 8.8), dengan tetapan laju yang meningkat secara tajam dengan kenaikan temperatur, hampir dua kalinya untuk setiap kenaikan 10°C.



Gambar 8.8. Ketergantungan tetapan laju transformasi metil isonitril pada temperatur.

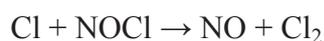
8.3.1. Model Tumbukan

Laju reaksi yang dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan dan temperatur dapat dijelaskan dengan **model tumbukan**, yaitu bahwa molekul-molekul harus bertumbukan supaya terjadi reaksi. Makin banyak jumlah tumbukan per detiknya, maka makin besar laju reaksi. Bila konsentrasi molekul reaktan makin besar, maka makin meningkat jumlah tumbukan yang menyebabkan naiknya laju reaksi. Demikian pula sesuai dengan teori molekular kinetik gas, temperatur yang meningkatkan menyebabkan molekul bergerak lebih cepat, bertumbukan dengan energi yang lebih besar dan lebih sering, sehingga laju reaksi meningkat.

Meskipun demikian, reaksi terjadi membutuhkan lebih dari tumbukan sederhana. Pada kebanyakan reaksi, hanya sebagian kecil dari tumbukan yang menyebabkan reaksi, sebagai contoh dalam campuran H_2 dan I_2 pada temperatur dan tekanan ruang, setiap molekul mengalami 10^{10} tumbukan per detik. Jadi bila setiap tumbukan antara H_2 dan I_2 menghasilkan pembentukan HI, maka reaksi akan selesai dalam waktu kurang dari 1 detik. Sedangkan pada temperatur ruang reaksi berjalan sangat lambat, hanya sekitar satu dalam setiap 10^{13} tumbukan yang menghasilkan reaksi. Apa yang menghalangi reaksi berlangsung lebih cepat?

8.3.2. Faktor Orientasi

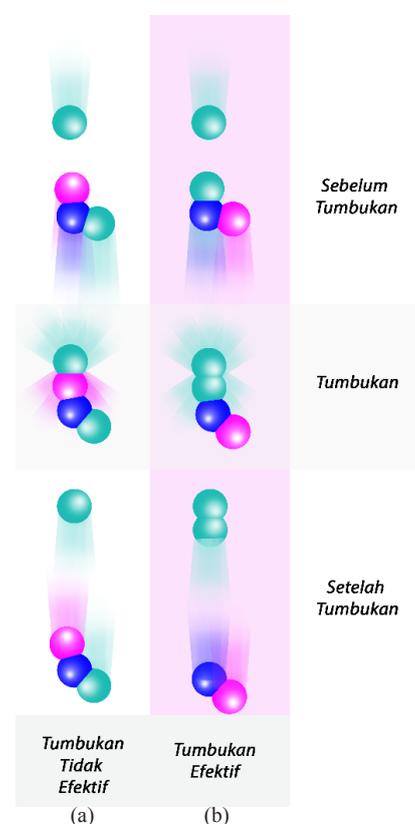
Pada kebanyakan reaksi molekul-molekul reaktan harus terorientasi dengan cara tertentu selama tumbukan untuk dapat menghasilkan reaksi. **Orientasi relatif molekul-molekul selama tumbukan menentukan apakah atom-atom berada pada posisi yang cocok untuk membentuk ikatan-ikatan baru.** Perhatikan reaksi antara atom Cl dengan NOCl :



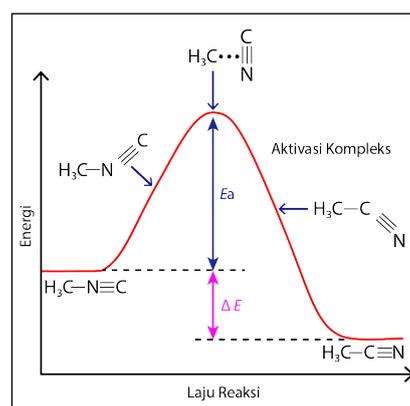
Ada dua kemungkinan cara atom Cl dan molekul NOCl bertumbukan. Bila molekul- molekul terorientasi secara benar (Gambar 8.9.(b)), maka energetika tumbukan yang mencukupi akan menghasilkan reaksi, sedangkan orientasi yang salah (Gambar 8.9.(a)) tidak menghasilkan reaksi. Masih ada faktor lain yang lebih penting yang menentukan apakah tumbukan-tumbukan tertentu menghasilkan reaksi.

8.3.3. Energi Aktivasi

Pada tahun 1888 seorang ahli kimia Swedia bernama **Svante Arrhenius** mengusulkan bahwa molekul-molekul harus memiliki sejumlah energi minimum tertentu untuk dapat bereaksi. **Menurut model tumbukan, energi ini berasal dari energi kinetik dari molekul - molekul yang bertumbukan.** Pada saat tumbukan, energi kinetik dari molekul dapat digunakan untuk mengulur, menekuk dan akhirnya memutuskan ikatan untuk menghasilkan reaksi kimia. Dalam hal ini **energi kinetik digunakan untuk mengubah energi potensial molekul.** Bila molekul bergerak dengan sangat lambat, dengan energi kinetik yang sangat kecil, maka molekul-molekul hanya saling menempel tanpa terjadi perubahan. Supaya terjadi reaksi, molekul-molekul yang bertumbukan harus memiliki total energi kinetik yang sama atau lebih besar dari suatu nilai minimum, yaitu **energi aktivasi, E_a , yang dibutuhkan untuk menginisiasi suatu reaksi kimia.**



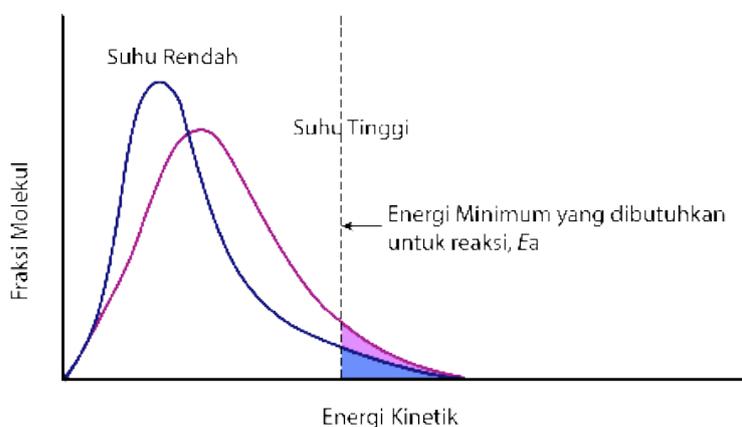
Gambar 8.9. Tumbukan molekular dan reaksi kimia. (a) Tumbukan tidak efektif. (b) Tumbukan efektif.



Gambar 8.10. Profil energi isomerisasi metil isonitril.

Sebagai contoh adalah reaksi metil isonitril menjadi asetonitril (Gambar 8.10), yang menggambarkan perubahan energi potensial molekul selama reaksi. Pada gambar terlihat bahwa energi harus diberikan untuk mengulur ikatan antara gugus H_3C dan gugus $\text{N}\equiv\text{C}$ sehingga gugus $\text{N}\equiv\text{C}$ dapat berputar. Setelah gugus $\text{N}\equiv\text{C}$ cukup terputar, maka ikatan $\text{C}-\text{C}$ mulai terbentuk dan energi molekul berkurang. Jadi energi penghalang adalah energi yang diperlukan untuk memaksa molekul melewati keadaan intermediet tak stabil untuk menghasilkan produk reaksi. **Energi aktivasi**, E_a adalah selisih antara energi awal molekul dan energi tertinggi pada jalan reaksi. Susunan atom-atom pada keadaan energi teratas disebut **kompleks teraktivasi** atau **keadaan transisi**.

Reaksi konversi $\text{H}_3\text{C}-\text{N}\equiv\text{C}$ menjadi $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ adalah reaksi isotermik, dengan energi produk lebih kecil dari energi reaktan. Beda energi reaksi ΔE tidak mempengaruhi laju reaksi. Pada umumnya laju tergantung pada besarnya E_a , makin rendah E_a makin cepat reaksi. Reaksi baliknya adalah endotermik, sehingga energi penghalangnya adalah jumlah dari ΔE dan E_a . Ilustrasi pada Gambar 8.10 berikut menunjukkan distribusi energi kinetik pada dua temperatur yang berbeda.



Gambar 8.11. Pengaruh temperatur pada distribusi energi kinetik.

Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada temperatur yang lebih tinggi lebih banyak fraksi molekul yang memiliki energi kinetik lebih besar dari E_a , sehingga laju reaksi juga lebih besar. Fraksi molekul yang memiliki energi yang sama atau lebih besar dari E_a dinyatakan sebagai

$$f = e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots \dots \dots (9)$$

dengan R adalah konstanta gas (8,314 J/mol-K) dan T adalah temperatur absolut.

8.3.4. Persamaan Arrhenius

Arrhenius mencatat, bahwa *peningkatan laju kebanyakan reaksi dengan meningkatnya temperatur adalah tidak linier*. Demikian juga ditemukan bahwa data laju reaksi mengikuti persamaan yang didasarkan pada 3 faktor, yaitu (a) fraksi molekul yang memiliki energi yang sama atau lebih besar dari E_a , (b) jumlah tumbukan yang terjadi per detik dan (c) fraksi tumbukan molekul yang memiliki orientasi yang sesuai. Ketiga faktor ini dirumuskan dalam **persamaan Arrhenius** sebagai :

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (9)$$

dengan k adalah tetapan laju, E_a adalah energi aktivasi, R adalah konstanta gas (8,314J/mol.K) dan T adalah temperatur absolut. Faktor frekuensi A adalah tetap atau hampir konstan bila temperatur berubah.

Untuk menentukan energi aktivasi, persamaan [9] diubah dalam bentuk logaritma naturalnya :

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (10)$$

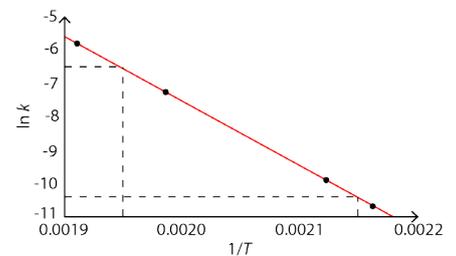
yang akan menghasilkan hubungan linier antara $\ln k$ terhadap $1/T$ dengan kemiringan $-E_a/RT$ dan potongan sumbu y sama dengan $\ln A$ (Gambar 1.10). Jadi energi aktivasi dapat ditentukan dengan mengukur nilai k pada beberapa temperatur.

Energi aktivasi dapat juga ditentukan dari pengukuran laju pada 2 temperatur yang berbeda dimana :

$$\ln k_1 = \ln A - \frac{E_a}{RT_1}$$

$$\ln k_2 = \ln A - \frac{E_a}{RT_2}$$

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = E_a \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$



Gambar 8.12. Penentuan energi aktivasi dengan grafik.

Contoh Soal

Setiap kenaikan suhu 10°C mengakibatkan suatu reaksi berlangsung 2 kali lebih cepat. Jika reaksi berlangsung pada suhu 20°C , reaksi akan berlangsung selama 30 menit. Berapa lama reaksi tersebut akan berlangsung pada suhu 40°C ?

Diketahui

Kenaikan suhu (ΔT) = 10°C

Kenaikan laju reaksi (n) = 2

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$t_{20} = 30 \text{ menit}$$

Ditanyakan

Waktu reaksi pada suhu 40°C.

Pembahasan

$$t_{40} = \frac{1}{n} \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta T} \right) \cdot t_{20}$$

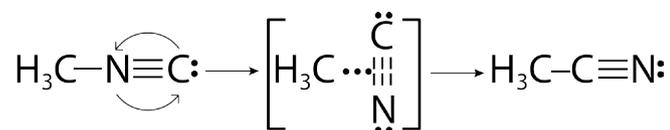
$$t_{40} = \frac{1}{2} \left(\frac{40 - 20}{10} \right) \cdot 30 \text{ menit} = 7,5 \text{ menit.}$$

8.4. MEKANISME REAKSI

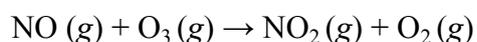
Persamaan reaksi yang merupakan persamaan rumus kimia reaktan menjadi produk reaksi tidak menggambarkan bagaimana reaksi itu terjadi. *Proses yang menggambarkan terjadinya reaksi kimia disebut **mekanisme reaksi***, yang secara terperinci menjelaskan terputus dan terbentuknya suatu ikatan dengan perubahan relatif posisi atom-atom selama reaksi.

8.4.1. Reaksi-Reaksi Elementer

Reaksi terjadi sebagai hasil tumbukan antara molekul-molekul yang bereaksi, seperti antara molekul-molekul metil isonitril (CH_3NC) yang dapat menyediakan energi yang mencukupi untuk terjadinya penyusunan sebagai berikut.



Demikian juga reaksi antara NO dan O_3 membentuk NO_2 dan O_2 terjadi sebagai hasil dari tumbukan tunggal yang menyangkut orientasi yang cocok dan energetik yang mencukupi dari molekul-molekul NO dan O_3 :



Kedua contoh reaksi ini terjadi melalui sebuah tahapan reaksi tunggal yang disebut **reaksi elementer** atau **proses elementer**. Banyaknya molekul yang berpartisipasi sebagai reaktan pada reaksi elementer menentukan molekularitas dari reaksi. Bila hanya sebuah molekul tunggal yang

berpartisipasi disebut **unimolekul**, seperti pada penyusunan metil isonitril adalah **proses unimolekular**, sedangkan reaksi antara NO dan O₃ disebut **bimolekular** dan bila 3 molekul secara simultan bertumbukan (sangat jarang terjadi), disebut **termolekular**.

Hukum Laju Reaksi Elementer

Hukum laju setiap reaksi elementer adalah bersesuaian langsung dengan molekularitasnya, yaitu :

Tabel 8.2. Hukum Laju Reaksi Elementer

Molekularitas	Reaksi elementer	Hukum laju
Unimolekular	A → Produk	Laju = k [A]
Bimolekular	A + A → Produk	Laju = k [A] ²
Bimolekular	A + B → Produk	Laju = k [A] [B]
Termolekular	A + A + A → Produk	Laju = k [A] ³
Termolekular	A + A + B → Produk	Laju = k [A] ² [B]
Termolekular	A + B + C → Produk	Laju = k [A] [B] [C]

8.4.1. Reaksi-Reaksi Multi Tahapan

Banyak reaksi terjadi dari satu atau lebih tahapan reaksi elementer, dengan hukum laju dan laju relatif dari tahapan reaksi akan menentukan keseluruhan hukum laju. Hukum laju reaksi multi tahapan ditentukan oleh tahapan reaksi yang paling lambat, seperti pada contoh reaksi-reaksi berikut.

Contoh 9

Reaksi NO₂ dengan CO menghasilkan NO dan CO₂ dengan mekanisme dua tahap :

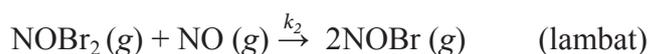
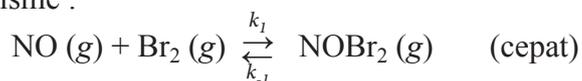


Zat antara NO₃(g) dihasilkan secara lambat pada tahapan reaksi pertama kemudian bereaksi dengan cepat dengan CO(g), sehingga hukum lajunya adalah :

$$\text{Laju} = k_1 [\text{NO}_2]^2$$

Contoh 10

Reaksi oksida nitrit dengan bromida : 2NO(g) + Br₂(g) → 2NOBr(g) dengan mekanisme :



Zat antara $\text{NOBr}_2(g)$ terbentuk pada reaksi keseimbangan, sehingga :

$$[\text{NOBr}_2] = \frac{k_1}{k_{-1}} [\text{NO}][\text{Br}_2]$$

$$\text{Laju} = k_2[\text{NOBr}_2][\text{NO}] = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$$

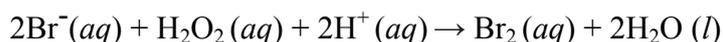
$$\text{dengan } k = \frac{k_2 k_1}{k_{-1}}$$

8.5. KATALIS

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami suatu perubahan secara permanen. Reaksi katalisis dikelompokkan menjadi reaksi katalisis homogen dan heterogen.

8.5.1. Reaksi Katalisis Homogen

Reaksi katalisis homogen adalah reaksi yang fase katalisnya sama dengan fase molekul-molekul yang bereaksi, misalnya sebagai fase gas atau fase larutan. Sebagai contoh adalah reaksi dekomposisi larutan dalam air hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen yang dikatalisis oleh ion Br^- dalam suasana asam.

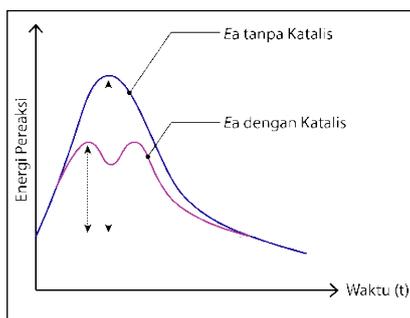


Sepertinya ion $\text{Br}^-(aq)$ bukan merupakan katalis karena berubah menjadi $\text{Br}_2(aq)$, tetapi $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ bereaksi lanjut dengan $\text{Br}_2(aq)$:



8.5.2. Reaksi Katalisis Heterogen

Reaksi katalisis homogen adalah reaksi yang fase katalisnya berbeda dengan fase molekul reaktan, biasanya merupakan katalis padatan dengan reaktan dalam fase gas atau dalam larutan. Reaksi gas hidrogen dengan gas etilena membentuk gas etana berjalan sangat lambat meskipun merupakan reaksi eksoterm. Dengan adanya bubuk logam yang sangat halus, seperti Ni, Pt atau Pd, reaksi berlangsung dengan mudah pada temperatur ruang yang dapat diilustrasikan pada Gambar 8.13 di samping.



Gambar 8.13. Diagram skematik reaksi dekomposisi larutan dalam air hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen yang dikatalisis oleh ion Br^- dalam suasana asam.

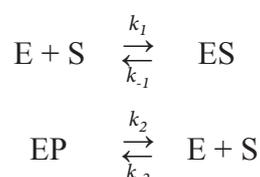
- Hidrogen dan etilena teradsorpsi pada permukaan logam, ikatan H–H dari H_2 terputus menjadi 2 atom H, yang relatif bebas bergerak pada permukaan katalis.

- Bila satu atom H bertemu dengan molekul etilena, maka akan membentuk ikatan dengan salah satu atom C dan merusak ikatan C–C, demikian juga satu lagi atom H membentuk ikatan dengan atom C lain dari etilena.
- Pembentukan ikatan baru C–H membebaskan sejumlah energi yang lebih besar, menyebabkan reaksinya adalah eksoterm.
- Tetapi bila H₂ dan C₂H₄ terikat pada permukaan katalis, dibutuhkan energi yang lebih kecil untuk memutuskan ikatan, sehingga energi aktivasi reaksi menjadi lebih kecil.

8.5.3. Reaksi Katalisis Enzimatik

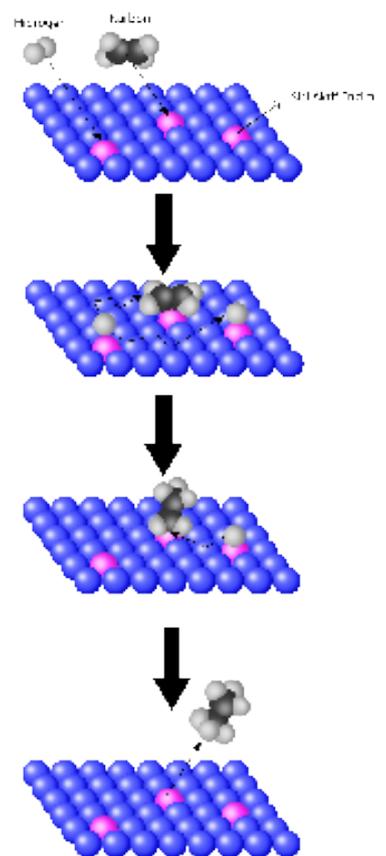
Enzim adalah katalis biologis yang sangat efisien, karena sangat selektif mengkatalisis reaksi-reaksi yang spesifik dengan laju reaksi sedang. Molekul reaktan yang disebut substrat akan mengalami reaksi katalisis pada sisi aktif yang sangat spesifik dari enzim, sehingga diilustrasikan sebagai pasangan lubang kunci dan anak kunci. *Kombinasi enzim dan substrat disebut kompleks enzim-substrat*. Proses reaksi katalisis enzimatik ditunjukkan pada Gambar 8.14. berikut ini.

Laju reaksi yang dikatalisis enzim berbanding lurus dengan konsentrasi substrat. **Laju reaksi lambat pada konsentrasi substrat yang rendah dan laju reaksi lebih cepat pada konsentrasi substrat yang tinggi**. Pada konsentrasi substrat tertentu, laju reaksi pada awalnya berlangsung lambat kemudian makin cepat sampai mencapai nilai tertentu laju reaksi bernilai konstan, artinya laju reaksi tidak lagi dipengaruhi substrat dan laju reaksi ini tidak akan pernah mencapai nilai maksimum. Hal ini dapat dijelaskan bahwa suatu enzim mempunyai sejumlah sisi aktif. Pada awal reaksi, laju reaksi berlangsung lambat dimana substrat harus mengisi dan pas dengan sisi aktif enzim. Kemudian, laju reaksi makin cepat dengan substrat mengisi sejumlah sisi aktif enzim yang tersisa. Ketika semua sisi aktif telah terisi substrat, laju reaksi tidak lagi dipengaruhi oleh substrat. Laju reaksi ini disebut laju reaksi maksimum serta tidak pernah mencapai nilai maksimum konsentrasi substrat yang tersedia. Fenomena tersebut dapat diperlihatkan melalui persamaan kinetika reaksi berikut.

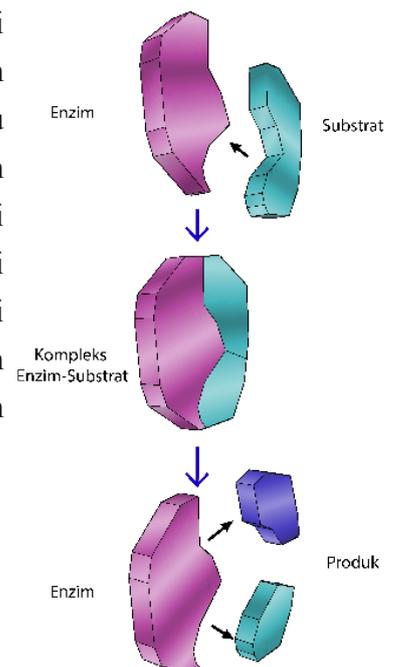


Keterangan:

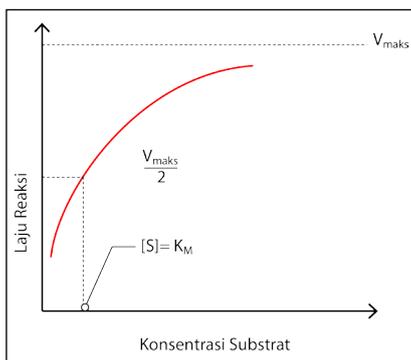
E = Enzim S = Substrat ES = Enzim Substrat



Gambar 8.14. Ilustrasi mekanisme reaksi menggunakan katalis heterogen.



Gambar 8.15. Proses reaksi katalisis enzimatik.



Gambar 8.16. Kurva Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Laju

Reaksi pertama terjadi antara substrat dan enzim menghasilkan **kompleks enzim-substrat**.

$$V_0 = k_2 [ES]$$

$$\frac{V_0}{k_2} = \frac{k_1 [E_t] [S]}{k_1 [S] + (k_1 + k_2)}$$

$$V_0 = \frac{k_2 k_1 [E_t] [S]}{k_1 [S] + (k_1 + k_2)}$$

$$V_0 = \frac{k_2 [E_t] [S]}{(k_1 [S] + (k_1 + k_2)) / k_1}$$

$$V_0 = \frac{V_{maks} [S]}{[S] + K_M}$$

Persamaan diatas disebut **persamaan Michaelis-Menten** untuk reaksi enzimatik yang relatif sederhana dengan dua tahapan reaksi.

Berdasarkan Gambar 8.16. diatas ketika konsentrasi substrat tinggi [S] melebihi nilai K_M , reaksi dapat mencapai laju reaksi yang mendekati laju kecepatan maksimum, V_{maks} , karena semua sisi aktif enzim dapat jenuh terisi oleh substrat dan aktivitas katalitik enzim berlangsung optimum. Selain itu, gambar di atas juga menunjukkan bahwa nilai tetapan Michaelis-Menten, K_M , menunjukkan konsentrasi substrat pada saat laju reaksi awal tepat sama dengan setengah laju reaksi maksimum yang secara matematis dapat ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$V_0 = \frac{V_{maks} [S]}{[S] + K_M}$$

$$\frac{V_{maks}}{2} = \frac{V_{maks} [S]}{[S] + K_M}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

$$K_M + [S] = 2[S]$$

$$K_M = [S]$$

Persamaan Michaelis-Menten meski dapat mendefinisikan nilai K_M sebagai konsentrasi substrat ketika mencapai setengah laju reaksi maksimum, $V_{maks}/2$, tetapi nilai V_{maks} hanya nilai pendekatan dan tidak dapat mencapai nilai sebenarnya karena kurva reaksi berbentuk hiperbola.

LATIHAN SOAL**Pilihan Ganda**

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

8.1 Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi karena ...

- A. kenaikan suhu akan menyebabkan konsentrasi pereaksi meningkat
- B. frekuensi tumbukan semakin tinggi
- C. dalam reaksi kimia suhu berperan sebagai katalisator
- D. kenaikan suhu akan mengakibatkan turunnya energi aktivasi
- E. energi kinetik partikel-partikel yang bereaksi semakin tinggi

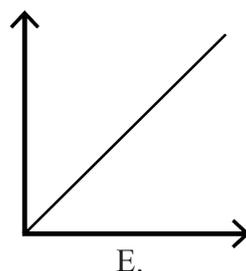
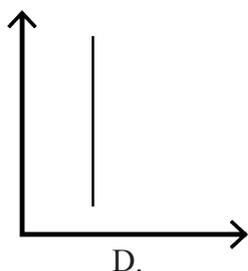
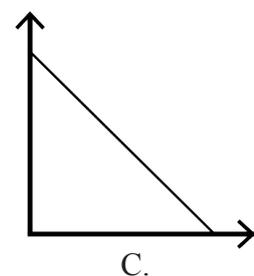
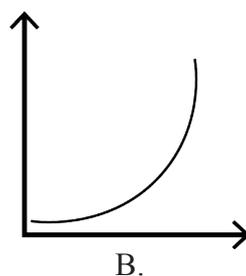
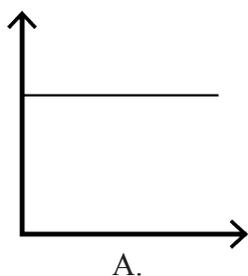
8.2 Laju reaksi $A + B \rightarrow AB$ dapat dinyatakan sebagai ...

- A. penambahan konsentrasi A tiap satuan waktu
- B. penambahan konsentrasi B tiap satuan waktu
- C. penambahan konsentrasi AB tiap satuan waktu
- D. penambahan konsentrasi A dan B tiap satuan waktu
- E. penambahan konsentrasi A, B dan AB tiap satuan waktu

8.3 Suatu reaksi kimia yang berlangsung pada suhu 30°C memerlukan waktu 40 detik. Setiap kenaikan suhu 10°C , reaksi akan lebih cepat dua kali dari semula. Berapakah waktu yang diperlukan jika suhu dinaikkan menjadi 50°C ...

- A. 30 detik
- B. 20 detik
- C. 15 detik
- D. 10 detik
- E. 5 detik

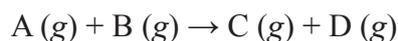
8.4 Grafik yang menyatakan reaksi orde satu adalah ...



8.5 Suatu katalis mempercepat reaksi dengan cara meningkatkan

- A. jumlah tumbukan molekul
- B. energi kinetik molekul
- C. perubahan entalpi
- D. energi aktivasi
- E. jumlah molekul yang memiliki energi di atas energi aktivasi

8.6 Gas A dan gas B bereaksi menurut persamaan berikut.



Pengaruh konsentrasi A dan B terhadap laju reaksi ditemukan sebagai berikut :

Percobaan	[A] (M)	[B] (M)	v (M/s)
1	0,1	0,1	4
2	0,2	0,1	16
3	0,1	0,3	12

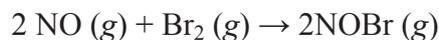
Orde reaksi terhadap A adalah ..

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4
- E. 5

8.7 Dalam suatu reaksi kimia, setiap kenaikan suhu 10°C reaksi menjadi dua kali lebih cepat. Berapa kali lebih cepat reaksi pada 80°C dibandingkan pada suhu 20° ?

- A. 8 kali
- B. 16 kali
- C. 32 kali
- D. 64 kali
- E. 128 kali

8.8 Reaksi gas bromin dengan gas nitrogen oksida sesuai dengan persamaan reaksi:



Berdasarkan hasil percobaan diperoleh data sebagai berikut

No.	Konsentrasi Awal (M)		Laju Reaksi Awal (M/s)
	[NO]	[Br ₂]	
1	0,1	0,05	6
2	0,1	0,10	12
3	0,2	0,05	24
4	0,3	0,05	54

Tentukan harga tetapan reaksi k !

- A. $1,2 \times 10^4 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$
- B. $1,2 \times 10^3 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$
- C. $1,4 \times 10^3 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$
- D. $1,4 \times 10^4 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$
- E. $1,5 \times 10^3 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$

8.9 Persamaan laju dari reaksi $aA \rightarrow bB$ dapat dituliskan

$$\text{laju reaksi} = k [A]^a$$

Dari eksperimen, diperoleh data sebagai berikut.

No.	Molaritas Awal	Laju Awal (M/s)
1	0,05	3×10^{-4}
2	0,1	12×10^{-4}
3	0,2	48×10^{-4}

Tentukan orde reaksinya!

- A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5

8.10 Dari percobaan untuk reaksi : $A+B \rightarrow$ produk reaksi adalah sebagai berikut :

No.	Zat yang Bereaksi		Waktu	Suhu
	A	B		
1	1 gram serbuk	1M	20	25
2	1 gram larutan	1M	10	25
3	1 gram kepingan	1M	40	25
4	1 gram larutan	1M	5	25
5	1 gram larutan	1M	5	25

Untuk percobaan 1 dan 4, faktor yang mempengaruhi kecepatan adalah...

- A. Konsentrasi dan suhu
B. Suhu dan wujud
C. Luas permukaan sentuh dan konsentrasi
D. Wujud dan konsentrasi
E. Luas permukaan dan suhu

8.11 Reaksi : $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$.

Persamaan laju reaksinya, $r = k[NO]^2[O_2]$

Jika volume diperkecil volume semula maka laju reaksinya sebanding laju semula menjadi...

- a. 8 kali
b. 1/16 kali
c. 16 kali
d. 32 kali
e. 1/2 kali

ESAI

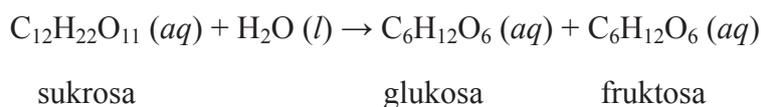
8.16 Data berikut ini diperoleh dari reaksi $A + B \rightarrow$ hasil reaksi:

Percobaan	[A] (M)	[B] (M)	Laju Reaksi (M/s)
1	$4,32 \times 10^{-2}$	$0,78 \times 10^{-2}$	$1,320 \times 10^{-4}$
2	$4,32 \times 10^{-2}$	$1,56 \times 10^{-2}$	$2,640 \times 10^{-4}$
3	$1,728 \times 10^{-2}$	$1,56 \times 10^{-2}$	$4,224 \times 10^{-3}$

Berdasarkan data yang diperoleh pada suhu tertentu,

- Tentukan orde reaksi dan konstanta laju reaksi tersebut
- Tuliskan persamaan laju reaksinya
- Hitung laju reaksi jika $[A] = 8,42 \times 10^{-2}$ M dan $[B] = 4,52 \times 10^{-3}$ M

8.17 Reaksi hidrolisis sukrosa menggunakan katalis asam menghasilkan glukosa dan fruktosa sebagaimana reaksi berikut.



Data yang diperoleh dari eksperimen sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi Awal Reaktan (mol L ⁻¹)		Laju Awal (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	HCl	
1	0,010	0,010	0,024
2	0,015	0,010	0,036
3	0,010	0,020	0,048

- Tuliskan hukum laju reaksi tersebut.
- Hitung konstanta laju reaksi tersebut.

8.18 Salah satu mekanisme penghambatan suatu enzim adalah penghambatan tidak dapat balik oleh beberapa ion logam berat seperti Ag⁺, Cu²⁺, atau Hg²⁺ karena dapat bereaksi dengan gugus sulfhidril, -SH, yang esensial bagi enzim menghasilkan merkaptida.



Jika 10 mL larutan yang mengandung 1,0 mg/mL enzim murni ditambahkan larutan AgNO₃ sebanyak 0,342 μmol untuk menginaktifkan enzim tersebut. Hitung berat molekul minimum dari enzim tersebut.

Kamu Harus Tau!



Sumber: <https://www.kompas.com/skola/read/2020/10/23/134139969/kegunaan-unsur-radioaktif-dalam-bidang-medis-arkeologi-dan-energi?page=all>

Reaksi kimia biasa merupakan reaksi yang hanya melibatkan elektron pada kulit atom untuk membentuk ikatan, sedangkan inti atomnya tidak mengalami perubahan. Pada kenyataan yang terjadi di lapangan ternyata ada beberapa unsur yang dapat mengalami perubahan dalam hal susunan inti (susunan proton dan neutron). Perubahan susunan tersebut merupakan reaksi inti dan pada reaksi tersebut selalu dilibatkan energi yang besar. Energi yang besar dapat dimanfaatkan dalam kehidupan manusia seperti pada bidang kedokteran, energi listrik, pertanian dan Industri. Salah satu pemanfaatan reaksi inti dalam bidang kedokteran adalah penggunaan zat radioaktif.

Zat radioaktif digunakan untuk menggambarkan fungsi organ manusia. Salah satu alat yang dapat menggambarkan kondisi organ dalam 3 dimensi adalah Positron Emission Tomography (PET). Pemindaian PET dilakukan dengan menginjeksi radioisotop kedalam vena, bisa dilakukan dengan cara infus. Radioisotop kemudian mengalir dalam darah dan masuk kedalam organ tubuh dalam beberapa waktu. Radioisotop dalam organ kemudian dipindai dengan mesin PET dan tergambarlah representasi organ tubuh dan kelainannya. Flour-18 digunakan untuk mendeteksi kanker, karbon-14 digunakan untuk mendeteksi kelainan metabolisme, dan yodium-131 digunakan untuk mendeteksi kelainan tiroid.

KIMIA INTI

9.1. Radioaktivitas

Radioaktivitas, nuklida, nukleon, proton, neutron, peluruhan spontan.

9.2. Kestabilan Inti

Kestabilan inti atom, energi ikat inti, perbandingan antarpartikel, pita kestabilan, laju peluruhan, waktu paruh, zat radioaktif.

9.2.1. Waktu Paruh

9.2.2. Jenis-Jenis Peluruhan Radioaktif

Pemancaran partikel alfa, pemancaran partikel beta, pemancaran partikel gamma, pemancaran positron, penangkapan elektron, isotop, peluruhan inti, sistem pencitraan, radiofarmaka, isotop C-14.

9.3. Reaksi Fisi dan Reaksi Fusi

9.3.1. Reaksi Fisi

Pembelahan nuklida, reaksi fisi, reaksi berantai, reaktor fisi nuklir.

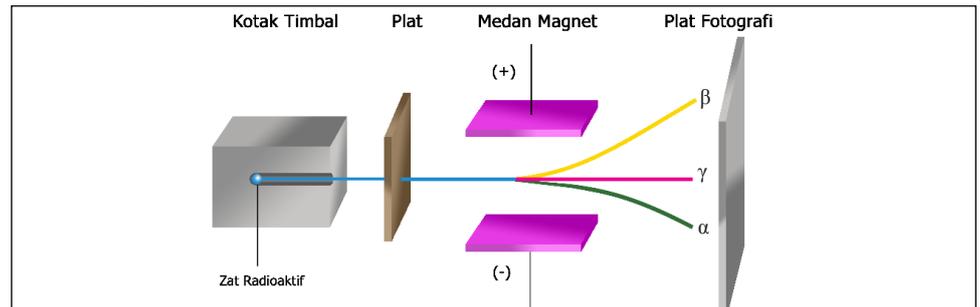
9.3.2. Reaksi Fusi

Penggabungan nuklida, reaksi fusi pada matahari, kelebihan reaktor nuklir, kekurangan reaktor nuklir.

Energi yang dipancarkan bisa dalam bentuk sinar yang disebut sinar radioaktif. Sinar yang dihasilkan dikenakan pada medan magnet yang sangat kuat. **Rutherford** menemukan bahwa sinar dipisahkan menjadi tiga bagian yang berbeda. Rutherford memberi nama ketiga sinar tersebut dengan alfa, beta, dan gamma.

SINAR-SINAR RADIOAKTIF

Emisi radioaktif memiliki beberapa sifat antara lain menghitamkan plat film, menembus logam yang tipis, dan dapat diuraikan oleh medan magnet menjadi tiga berkas sinar, yaitu sinar alfa, beta, dan gamma.



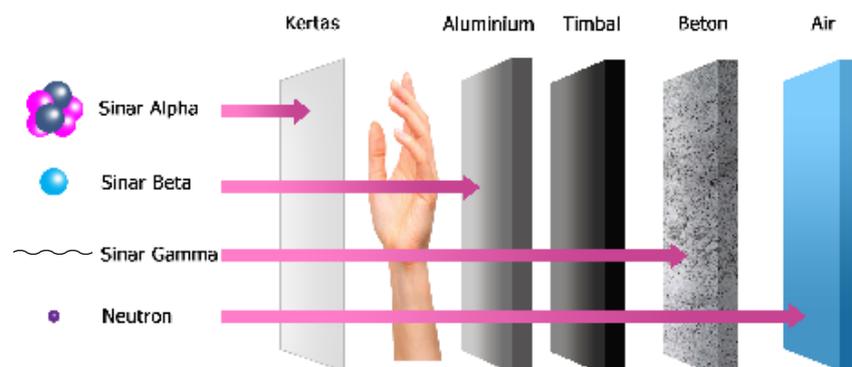
Gambar 9.1. Pembelokkan sinar-sinar radioaktif oleh medan magnet B.

Sinar Alfa merupakan partikel-partikel bermuatan positif mirip inti Helium, ${}^2_4\text{He}^{2+}$ sehingga memiliki daya meng-ion paling besar serta dapat dibelokkan oleh medan listrik atau medan magnet, namun mempunyai daya tembus paling lemah.

Sinar Beta merupakan partikel-partikel bermuatan negatif mirip elektron, e^- sehingga memiliki daya meng-ion cukup besar dan dapat dibelokkan oleh medan listrik atau medan magnet, serta daya tembus cukup kuat.

Sinar Gamma merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek dan tak bermuatan sehingga mempunyai daya tembus paling kuat, namun tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik atau medan magnet.

Sinar memiliki sifat dapat menembus bahan yang dilalui. Berikut daya tembus sinar α , β , dan γ berbeda-beda seperti diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 9.2. Daya tembus sinar alfa, beta, dan gamma.

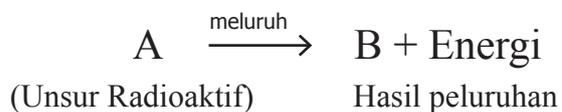
9.1.RADIOAKTIVITAS

Beberapa **nuklida** unsur memiliki **nukleon** dengan komponen yang berbeda dengan nuklida yang stabil. Nukleon merupakan partikel yang terdiri atas proton dan neutron. Nuklida yang seperti ini secara spontan akan memancarkan energi. Proses tersebut disebut **radioaktifa (radioaktivitas)**.

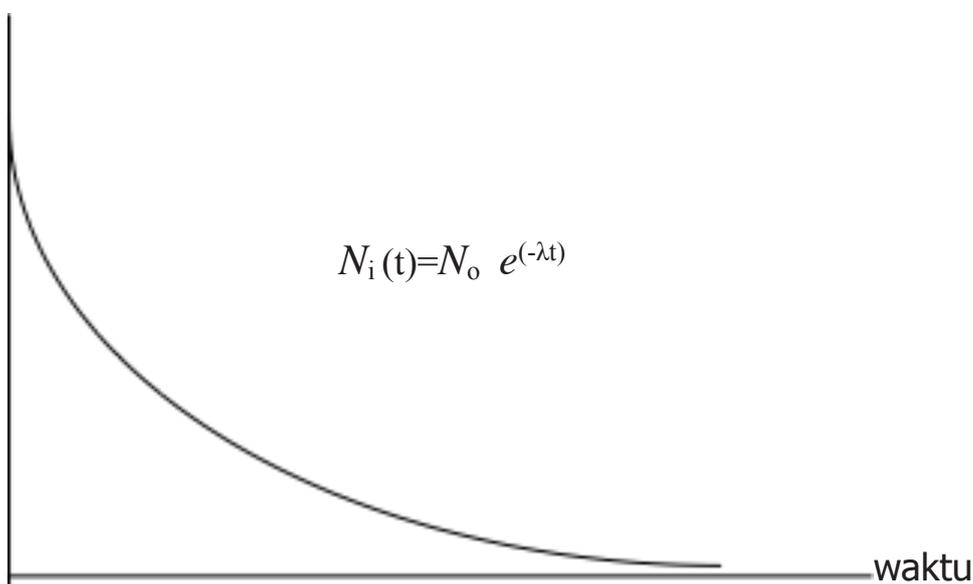
Radioaktivitas merupakan peluruhan spontan inti tidak stabil yang terpecah menjadi dua partikel atau lebih dengan membebaskan sejumlah energi. Proses peluruhan bersifat statistik eksponensial. Jumlah inti atom untuk meluruh setiap saat N bergantung pada jumlah sampel mula-mula inti induk N_0 , selang waktu peluruhan t , dan tetapan desintegrasi λ yang memenuhi persamaan:

$$N_i(t) = N_0 e^{(-\lambda t)}$$

Proses peluruhan mengikuti proses dengan laju orde satu. Artinya, laju peluruhan nuklida radioaktif akan berbanding lurus dengan jumlah partikel seperti contoh reaksi:



Grafik peluruhan inti atom induk dan pertumbuhan inti atom turunan disajikan pada gambar sebagai berikut.



NUKLIDA



X : Simbol Atom
A : Nomor Atom
Z : Nomor Massa
N : $A - Z$

Gambar 9.3. Grafik peluruhan dan pertumbuhan inti radioaktif

9.2. KESTABILAN INTI

Kestabilan inti atom dapat ditinjau dari aspek kinetika dan energetika. Kestabilan secara energetika ditinjau dari aspek **energi nukleosintesis** yang dihubungkan dengan energi komponen penyusunnya (proton dan neutron) disebut **energi ikat inti**. Kestabilan secara kinetika ditinjau berdasarkan kebolehjadian inti meluruh membentuk inti yang lain, disebut **peluruhan radioaktif**.

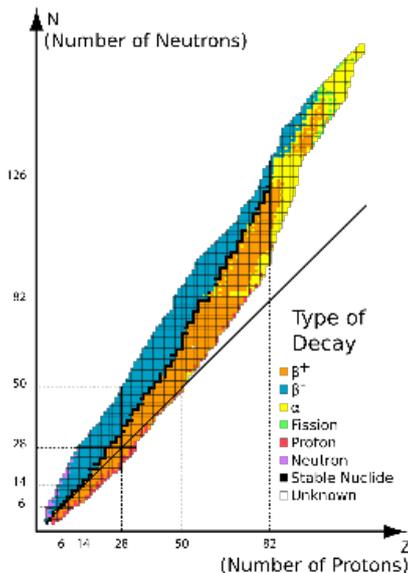
Untuk mengetahui ciri-ciri inti yang stabil dan inti yang tidak stabil dapat ditinjau dari **perbandingan antarpartikel** yang terkandung di dalam inti atom, yaitu *perbandingan neutron terhadap proton* (N/Z). Selain nuklida ^1H , semua nuklida atom memiliki proton dan neutron. Suatu nuklida dinyatakan stabil jika memiliki perbandingan neutron terhadap proton lebih besar atau sama dengan satu ($N/Z \geq 1$).

Untuk nuklida ringan ($Z \leq 20$), perbandingan (N/Z) = 1 Untuk nuklida dengan $Z > 20$, perbandingan (N/Z) > 1

Hubungan proton dan neutron dapat diungkapkan dalam bentuk grafik yang disebut **grafik pita kestabilan** (Gambar 9.4).

Kenaikan angka banding N/Z diyakini akibat meningkatnya tolakan muatan positif dari proton. Untuk mengurangi tolakan antarproton diperlukan neutron yang berlebih. *Nuklida di luar pita kestabilan umumnya bersifat radioaktif atau nuklida tidak stabil. Nuklida yang terletak di atas pita kestabilan adalah nuklida yang memiliki neutron berlebih.* Untuk mencapai keadaan inti yang stabil, nuklida ini mengubah neutron menjadi proton dan partikel beta.

Nuklida yang terletak di bawah pita kestabilan adalah nuklida yang miskin neutron. Untuk mencapai keadaan yang stabil, dilakukan dengan cara **memancarkan positron atau penangkapan elektron pada kulit K menjadi neutron.** Nuklida yang terletak di atas pita kestabilan dengan nomor atom (jumlah proton) lebih dari 83 adalah nuklida yang memiliki neutron dan proton melimpah. Untuk mencapai keadaan stabil, nuklida ini melepaskan sejumlah partikel alfa (inti atom He).



Gambar 9.4. Grafik kestabilan inti.
Sumber: wikipedia.org

9.2.1. Waktu Paruh

Proses peluruhan atom radioaktif sebenarnya merupakan kejadian yang bersifat acak. Akan tetapi jika jumlah atom radioaktif sangat besar maka peristiwa peluruhan tersebut dapat dijelaskan seperti berikut.

Dalam peluruhan radioaktif mengikuti hukum laju reaksi orde ke satu, artinya laju peluruhan berbanding lurus dengan jumlah atom radioaktif

yang tertinggal. Dengan demikian laju peluruhan radioaktif setiap waktu (t) dapat dirumuskan seperti berikut.

$$\text{Laju peluruhan} = \lambda[N] \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

λ = tetapan laju peluruhan

N = banyaknya inti radioaktif

Jika diselesaikan dengan integrasi maka dari persamaan 1 adalah seperti berikut.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \dots\dots\dots(2)$$

Jika $t = t^{1/2}$ maka konsentrasi $[N_t]$ adalah $\frac{1}{2}[N_0]$. Oleh karena itu besarnya $t^{1/2}$ atau waktu paruh dapat ditentukan seperti berikut.

$$\frac{1}{2}N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t^{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t^{1/2}} \text{ atau } 2 = e^{\lambda \cdot t^{1/2}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t^{1/2}} = \frac{0,693}{t^{1/2}} \text{ atau } t^{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan

N_0 : jumlah zat radioaktif mula-mula

N_t : jumlah zat radioaktif yang masih tersisa pada waktu t

$t^{1/2}$: waktu paruh

Waktu paruh dapat berlangsung sangat pendek atau sangat panjang. Tabel berikut menunjukkan waktu paruh ($t^{1/2}$) dari beberapa jenis isotop radioaktif.

Tabel 9.1. Waktu Paruh Beberapa Zat Radioaktif

Radioisotop	Radiasi yang Dipancarkan	Waktu Paruh ($t^{1/2}$)
Kr-94	β	1,4 detik
Rn-222	α	3,8 hari
I-131	β	8 hari
Co-60	γ	5,2 tahun
H-3	β	12,3 tahun
C-14	β	5730 tahun
U-235	α	4,5 miliar tahun
Re-187	β	70 miliar tahun

Waktu paruh digunakan untuk penanganan suatu bahan radioaktif. Suatu sampel dinyatakan aman bila radioaktivitasnya telah berlangsung selama 10 kali waktu paruh. Misalnya, radioaktif Iodin-131 dengan $t_{1/2} = 8$ hari ketika dimasukkan ke dalam tubuh untuk mengobati kanker tiroid, bahan ini akan hilang dalam 10 kali waktu paruh atau 80 hari. Hal ini penting untuk diketahui, sebab radioaktif yang digunakan sebagai pelacak medis yang dimasukkan ke dalam tubuh, digunakan oleh seorang dokter untuk melacak suatu saluran, menemukan suatu penghalang atau untuk pengobatan (terapi) kanker. Isotop radioaktif ini harus aktif dalam waktu yang cukup lama untuk pengobatan, tetapi juga harus cukup pendek, sehingga tidak merusak sel-sel atau organ-organ yang sehat.

9.2.2. Jenis-Jenis Peluruhan Radioaktif

Isotop radioaktif mengalami peluruhan inti sampai menghasilkan suatu unsur dengan inti atom yang stabil. Misalnya, isotop radioaktif U-238 meluruh menghasilkan isotop Th-234 yang tidak stabil sehingga meluruh kembali membentuk isotop Pa-234 yang juga tidak stabil sehingga terjadi rangkaian peluruhan sebanyak 14 tahap untuk menghasilkan produk akhir berupa isotop Pb-206 yang bersifat stabil.

Isotop radioaktif dapat meluruh disebabkan inti atom memiliki sejumlah proton bermuatan positif yang terkemas dalam volume ruang yang sangat kecil. Semua proton ini akan saling tolak-menolak sehingga gaya yang biasanya menahan seluruh inti (perekat inti) kadang-kadang tidak dapat bekerja dengan baik. Akibatnya, inti akan terpecah atau mengalami peluruhan inti.

Terdapat tiga cara utama yang menyebabkan terjadinya peluruhan isotop radioaktif secara alami, antara lain :

1. Pemancaran partikel alfa (α)
2. Pemancaran partikel beta (β)
3. Pemancaran radiasi gamma (γ)

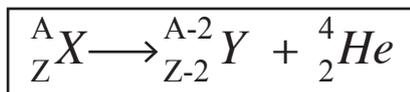
Selain itu, terdapat pula dua cara peluruhan radioaktif yang kurang umum, yaitu :

1. Pemancaran positron (β^+)
2. Penangkapan elektron (e^-)

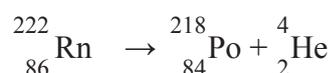
a. Pemancaran Partikel Alfa

Bila inti atom memancarkan **sinar alfa** atau helium, maka akan berubah menjadi isotop baru dengan nomor atom berkurang dua dan nomor massa berkurang empat.

Unsur berat dan besar, seperti Uranium (U) dan Thorium (Th), cenderung melakukan pemancaran (emisi) partikel alfa. **Peluruhan inti ini terjadi dengan cara membebaskan dua muatan positif (dua proton) dan empat satuan massa (dua proton + dua neutron).** Suatu proses yang sangat hebat. *Setiap kali partikel alfa dipancarkan (diemisikan), empat satuan massa hilang.*

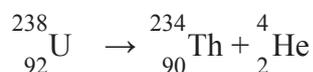


Sebagai contoh, isotop Radon-222 (Rn-222), dapat mengalami peluruhan dan memancarkan partikel alfa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

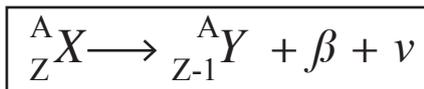


Dalam hal ini, isotop Radon-222 mengalami peluruhan inti dengan membebaskan **partikel alfa**. Isotop baru yang terbentuk pada proses peluruhan ini adalah isotop baru dengan nomor massa 218 (yang diperoleh dari $222 - 4$) dan nomor atom 84 (yang diperoleh dari $86 - 2$). Isotop tersebut adalah Polonium (Po).

Contoh lain peluruhan alfa pada U-238 sebagai berikut.

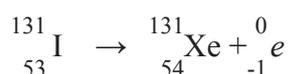


b. Pemancaran Partikel Beta



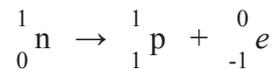
Bila inti atom memancarkan **sinar beta** atau partikel elektron, *maka akan berubah menjadi isotop baru yang nomor atomnya bertambah satu dan nomor massa tetap.* **Partikel beta (β)** pada dasarnya adalah *elektron yang dipancarkan dari inti*. Kita tentu akan bertanya, bukankah elektron tidak terdapat di dalam inti atom? Bagaimana elektron dapat dipancarkan dari inti atom yang tidak mengandung elektron? Marilah kita mengikuti penjelasan berikut secara seksama.

Sebagai contoh, peluruhan yang terjadi pada isotop Iodin. Isotop Iodin-131 (I-131) digunakan dalam bidang medis sebagai isotop untuk mendeteksi dan mengobati kanker kelenjar gondok (*tiroid*). Isotop tersebut mengalami peluruhan dan memancarkan partikel beta. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



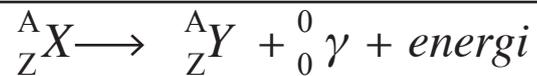
Pada proses ini, isotop Iodin-131 (I-131) melepaskan **partikel beta (elektron)**. Isotop baru yang dihasilkan memiliki nomor atom 54 dan nomor massa 131. Isotop tersebut adalah Xenon (Xe).

Perhatikanlah bahwa nomor massa tidak berubah dari I-131 menjadi Xe-131. Akan tetapi, nomor atomnya naik satu (dari 53 menjadi 54). Peristiwa yang terjadi di dalam inti atom iodin adalah perubahan neutron menjadi proton dan elektron.



Perubahan sebuah neutron menjadi sebuah proton akan diikuti dengan terbentuknya sebuah elektron. *Elektron yang terbentuk dipancarkan dari inti atom sebagai **partikel beta (β)***. Isotop dengan perbandingan n/p tinggi sering mengalami pemancaran beta (β). Hal ini terjadi karena *peluruhan ini menyebabkan **jumlah neutron berkurang satu dan jumlah proton bertambah satu, sehingga menurunkan perbandingan n/p.***

c. Pemancaran Radiasi Gamma



Bila inti atom memancarkan **sinar gamma**, *tidak akan dihasilkan unsur baru, karena sinar gamma hanya merupakan energi foton yang tidak bermassa dan tidak bermuatan*. Dari beberapa persamaan reaksi di atas dapat kita simpulkan bahwa *di dalam persamaan reaksi inti, jumlah nomor atom dan nomor massa sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap*.

Partikel alfa (α) dan partikel beta (β) mempunyai karakteristik materi. Keduanya memiliki massa tertentu dan menempati ruang. Namun, karena *tidak ada perubahan massa yang berhubungan dengan pemancaran sinar gamma (γ)*, kita dapat menyatakan bahwa ***pemancaran sinar gamma (γ) sebagai pemancaran radiasi gamma (γ)***. **Radiasi gamma (γ)** sangat menyerupai sinar X, yaitu radiasi dengan energi tinggi dan memiliki panjang gelombang pendek (*short wavelength*). Radiasi sinar gamma umumnya disertai dengan pemancaran partikel alfa dan partikel beta. Tetapi, biasanya tidak dinyatakan pada persamaan reaksi inti yang disetarakan. Beberapa isotop, seperti Cobalt-60 (Co-60), melepaskan sejumlah besar radiasi sinar gamma. Isotop ini sering digunakan untuk pengobatan kanker dengan metode radiasi. Paramedis akan mengarahkan sinar gamma ke tumor, sehingga sinar tersebut diharapkan dapat merusaknya.

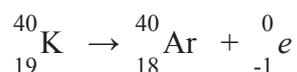


Gambar 9.5. Metode radiasi pada pengobatan kanker.
Sumber: *klikdokter.com*

d. Pemancaran Positron

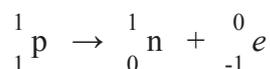
Pemancaran positron tidak terjadi pada isotop radioaktif yang meluruh secara alami, tetapi hal ini terjadi secara alami pada isotop radioaktif buatan manusia. **Positron** pada dasarnya merupakan elektron yang memiliki muatan positif. Positron dapat terbentuk bila proton di dalam inti atom meluruh menjadi neutron. Positron yang terbentuk ini kemudian dipancarkan dari inti atom.

Proses ini terjadi pada beberapa isotop, seperti isotop Kalium-40 (K-40). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Isotop K-40 memancarkan positron, dan membentuk isotop baru dengan nomor massa 40 dan nomor atom 18. Isotop Argon-40 (Ar-40) telah terbentuk.

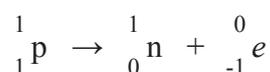
Perhatikanlah bahwa nomor massa tidak berubah dari K-40 menjadi Ar-40. Akan tetapi, nomor turun satu (dari 19 menjadi 18). Peristiwa yang terjadi di dalam inti atom kalium adalah perubahan proton menjadi neutron dan melepaskan positron.



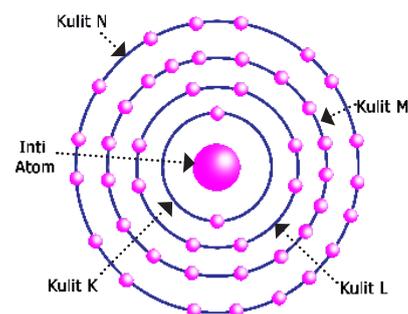
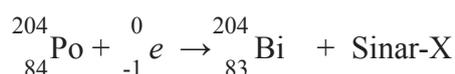
Perubahan sebuah proton menjadi sebuah neutron akan diikuti dengan terbentuknya sebuah positron. *Positron yang terbentuk dipancarkan dari inti atom sebagai partikel positron (β^+)*. Isotop dengan perbandingan n/p rendah sering mengalami pemancaran positron (β^+). Hal ini terjadi karena *peluruhan ini menyebabkan jumlah proton berkurang satu dan jumlah neutron bertambah satu, sehingga menaikkan perbandingan n/p*.

e. Penangkapan Elektron

Penangkapan elektron merupakan jenis peluruhan inti yang jarang terjadi. Dalam peluruhan ini, elektron dari tingkat energi yang lebih dalam misalnya elektron pada kulit K akan ditangkap oleh inti. Dengan kata lain, inti atom dapat menarik elektron dari kulit K. Akibatnya, nomor atom berkurang satu dan nomor massanya tetap.



Sebagai contoh, reaksi yang terjadi saat penangkapan elektron pada Polonium-204 (Po-204) sebagai berikut



Gambar 9.6. Tingkatan energi dalam suatu atom.

Perubahan sebuah **proton** menjadi sebuah **neutron** dapat terjadi saat penangkapan sebuah **elektron**. Isotop dengan perbandingan n/p rendah dapat mengalami penangkapan elektron (e^-). Hal ini terjadi karena reaksi ini menyebabkan **jumlah proton berkurang satu dan jumlah neutron bertambah satu**, sehingga **menaikkan perbandingan n/p** .

Penangkapan elektron pada subkulit $1s$ menyebabkan kekosongan pada subkulit $1s$. Elektron yang berasal dari subkulit lain dengan level energi yang lebih tinggi akan “turun” untuk mengisi kekosongan ini disertai pembebasan sejumlah energi dalam bentuk sinar X yang tidak tampak.

Aplikasi waktu paruh yang sangat berguna adalah pada pelacakan radioaktif. Ini berhubungan dengan penentuan usia benda-benda kuno.

Isotop C-14 pada Tumbuhan

Karbon 14 (C-14) adalah isotop karbon radioaktif yang dihasilkan di atmosfer bagian atas oleh radiasi kosmis. Senyawa utama di atmosfer yang mengandung karbon adalah karbon dioksida (CO_2). Sangat sedikit sekali jumlah karbon dioksida yang mengandung isotop C-14. Tumbuhan menyerap C-14 selama fotosintesis. Dengan demikian, C-14 terdapat dalam struktur sel tumbuhan. Tumbuhan kemudian dimakan oleh hewan, sehingga C-14 menjadi bagian dari struktur sel pada semua organisme.

Selama suatu organisme hidup, jumlah isotop C-14 dalam struktur selnya akan tetap konstan. Tetapi, bila organisme tersebut mati, jumlah C-14 mulai menurun. Para ilmuwan kimia telah mengetahui waktu paruh dari C-14, yaitu 5730 tahun. Dengan demikian, mereka dapat menentukan berapa lama organisme tersebut mati.

Pelacakan Radioaktif di Dunia Arkeologi

Pelacakan radioaktif dengan menggunakan isotop C-14 telah digunakan untuk menentukan usia kerangka yang ditemukan di situs-situs arkeologi. Belakangan ini, isotop C-14 digunakan untuk mengetahui usia *Shroud of Turin* (kain kafan dari Turin), yaitu sepotong kain linen pembungkus mayat manusia dengan gambaran seorang manusia tercetak di atasnya. Banyak yang berpikir bahwa itu adalah bahan pembungkus Nabi Isa. Tetapi, pada tahun 1988, pelacakan radiokarbon menemukan bahwa bahan tersebut berasal dari tahun 1200-1300 SM. Meskipun kita tidak mengetahui bagaimana bentuk orang itu tercetak pada kain kafan tersebut, pelacakan radioaktif C-14 membuktikan bahwa bahan tersebut bukan kain kafan Nabi Isa.



Gambar 9.7. Shroud of Turin.
Sumber: saintgabriel.net

Sistem Pencitraan di Dunia Kedokteran

Perjalanan obat dalam tubuh dapat diketahui dengan sistem perunut atau pencitraan seperti contohnya pada pencitraan tulang dilakukan untuk

berbagai tujuan, di antaranya untuk pemeriksaan penyakit metastase, infeksi, dan luka trauma. Keunggulan dari pencitraan tulang adalah sensitivitasnya yang tinggi, sehingga dimanfaatkan untuk menilai lesi patologis tulang pada tahap awal timbulnya penyakit. Kelemahan pencitraan tulang adalah tidak dapat mendeteksi jenis patologi tulang.

Radiofarmaka

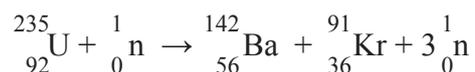
Radiofarmaka yang paling sering digunakan untuk pemeriksaan tulang adalah ^{99m}Tc -difosfonat seperti ^{99m}Tc -MDP (*methylene diphosphonate*) dan ^{99m}Tc -HDP (^{99m}Tc -oxydronate). Dosis untuk pencitraan tulang dan distribusi dosis lazim dewasa ^{99m}Tc -HDP atau ^{99m}Tc -MDP adalah 20 mCi (740 MBq) melalui rute intravena. Pencitraan pada umumnya dilakukan 2 - 3 jam setelah pemberian melalui injeksi untuk memberikan waktu plasma dan latar belakang aktivitas jaringan yang akan ditampilkan. Sekitar 40% sampai 50% dari dosis yang diinjeksikan, terlokalisasi pada tulang, dan sisanya dikeluarkan melalui urin.

Dosis yang diberikan untuk pemindaian tulang pada dewasa biasanya 20-30 mCi (740 sampai 1110 MBq) melalui intravena. Pada anak, dosis ditentukan berdasarkan berat badan, biasanya 250-300 $\mu\text{Ci}/\text{kg}$ (9,25 – 11,1 MBq/kg) dengan minimum 1-2,5 mCi (37-92,5 MBq). Jika terdapat kontraindikasi, pasien harus dalam kondisi terhidrasi dengan baik setelah pemberian injeksi.

Pemecahan Inti

Pada tahun 1930-an, para ilmuwan menemukan bahwa beberapa reaksi inti dapat dimulai dan dikendalikan oleh manusia. Para ilmuwan biasanya menembakkan suatu isotop besar dengan isotop kedua yang lebih kecil (umumnya neutron). Tumbukan kedua isotop ini dapat menyebabkan isotop besar tersebut pecah menjadi dua unsur atau lebih. Dalam hal ini, isotop besar mengalami **pemecahan inti** (*nuclear fission*/fisi inti).

Sebagai contoh, pemecahan isotop U-235 menjadi dua isotop baru dapat dinyatakan dalam persamaan reaksi transmutasi berikut.



Reaksi jenis ini juga membebaskan energi dalam jumlah besar. Berasal dari manakah energi tersebut? Apabila pengukuran dilakukan dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi pada semua massa atom dan partikel subatom mula-mula kemudian semua massa atom dan partikel subatom akhir lalu membandingkan keduanya, kita akan memperoleh hasil bahwa terdapat sejumlah massa yang “hilang” atau materi “hilang” selama reaksi inti. Hilangnya materi ini disebut sebagai pengurangan massa atau defek massa. Materi yang “hilang” ini berubah menjadi energi.



Gambar 9.8. Pencitraan tulang tengkorak.
Sumber: umanoide-unsplash.com

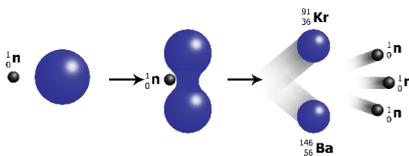
Kita dapat menghitung besarnya energi yang dihasilkan dari reaksi fisi selama reaksi inti dengan persamaan yang sangat sederhana, yang telah dikembangkan oleh **Albert Einstein** yaitu $E = mc^2$. Pada persamaan ini, E adalah energi yang dihasilkan; m adalah massa yang “hilang” (defek massa); dan c adalah kecepatan cahaya ($3,00 \times 10^8$ m/s). Kecepatan cahaya dikuadratkan membuat bagian dari persamaan ini mempunyai bilangan yang sangat besar, sehingga bila dikalikan dengan jumlah massa yang kecil hasilnya tetap merupakan sejumlah energi yang besar.

9.3. REAKSI FISI DAN REAKSI FUSI

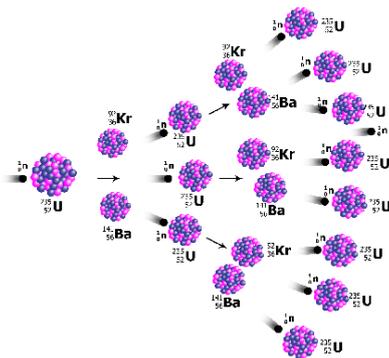
Reaksi kimia biasa hanya melibatkan elektron pada kulit atom untuk membentuk ikatan, sedangkan inti atomnya tidak mengalami perubahan. Reaksi yang berkaitan dengan perubahan susunan inti atom disebut reaksi inti atau reaksi nuklir. Contoh reaksi nuklir adalah reaksi fisi dan fusi.

9.3.1. Reaksi Fisi

Reaksi fisi adalah *reaksi pembelahan nuklida radioaktif menjadi nuklida-nuklida dengan nomor atom mendekati stabil*. Pembelahan nuklida ini disertai pelepasan sejumlah energi dan sejumlah neutron. Salah satu contohnya adalah reaksi fisi inti Uranium-235 yang dioperasikan dalam reaktor tenaga nuklir untuk pembangkit tenaga listrik dengan cara membombardir inti uranium-235 dengan neutron membentuk Krypton dan Barium disertai pelepasan energi sebesar $3,5 \times 10^{-11}$ J dan sejumlah neutron yang siap bereaksi fisi dengan inti yang lain.



Gambar 9.9. Reaksi Fisi.



Gambar 9.10. Reaksi Fisi Berantai.

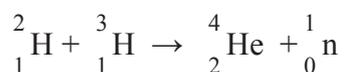
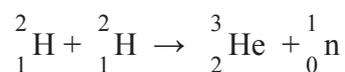
Reaksi berantai adalah *sederetan reaksi fisi yang berlangsung spontan dan serta merta, disebabkan oleh neutron yang dilepaskan dari reaksi fisi sebelumnya bereaksi lagi dengan inti-inti yang lain*. Oleh karena satu reaksi fisi dapat menghasilkan 3 neutron, jumlah inti yang melakukan fisi berlipat secara cepat. Reaksi berantai dari fisi inti merupakan dasar dari reaktor nuklir dan senjata nuklir.

Reaktor fisi nuklir adalah suatu tempat untuk melangsungkan reaksi berantai dari reaksi fisi yang terkendali. Energi yang dihasilkan dari reaktor ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi nuklir. Bahan bakar nuklir, selain Uranium-235, Uranium-238 juga dapat dijadikan bahan bakar. Keunggulan dan kelemahan dari kedua bahan bakar tersebut, yaitu Uranium-238 bereaksi lebih cepat dengan neutron hasil reaksi fisi dibandingkan Uranium-235, tetapi Uranium-235 bereaksi lebih cepat dengan neutron yang telah diperlambat oleh moderator.

Sisa bahan bakar reaktor nuklir tersebut dibuang sebagai limbah nuklir. Limbah ini dapat diproses ulang. Bahan bakar sisa tersebut dipisahkan secara kimia dari limbah radioaktif. Plutonium-239 adalah salah satu jenis bahan bakar hasil pemisahan dari buangan limbah nuklir. Isotop ini diproduksi selama reaktor beroperasi, yaitu pemboman uranium-238 oleh neutron. Isotop Plutonium-239 juga berpotensi fisi dan dipakai untuk membuat bom atom atau senjata nuklir. Ketersediaan isotop Plutonium-239 dalam jumlah besar akan meningkatkan kesempatan negara-negara maju untuk menyalahgunakan Plutonium dijadikan bom atom atau senjata nuklir pemusnah massal. Sisa bahan bakar nuklir sebaiknya tidak didaur-ulang. Masalah utama bagi lembaga tenaga nuklir adalah bagaimana membuang sampah radioaktif yang aman.

9.3.2. Reaksi Fusi

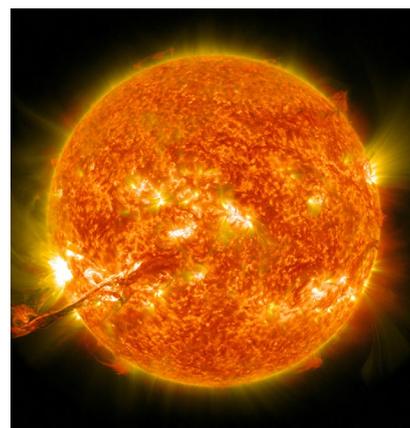
Reaksi fusi adalah *reaksi nuklida-nuklida ringan digabungkan menjadi nuklida dengan nomor atom lebih besar*. Misalnya, inti deuterium (^2H) dipercepat menuju target yang mengandung deutron (^2H atau D) atau tritium (^3H) membentuk nuklida helium.



a. Reaksi Fusi Pada Matahari

Matahari merupakan sumber energi terbesar di tata surya kita, memberikan panas yang terus-menerus terhadap planet-planet di sekitarnya. Namun dari manakah Matahari mendapat energi yang besar untuk menyinari Bumi? Jawabannya adalah reaksi fusi. **Reaksi fusi** adalah *reaksi penyatuan antara dua inti atom untuk menghasilkan satu atom baru dengan inti yang lebih berat dan menghasilkan energi yang sangat besar*. Matahari mendapat energi dari reaksi fusi nuklir yang melepaskan energi besar sambil menciptakan reaksi berantai sehingga reaksi fusi terus terjadi tanpa berhenti.

Matahari terdiri dari atom hidrogen dengan densitas yang sangat besar sehingga sering terjadi tumbukan. Ingatlah bahwa satu atom hidrogen sama dengan proton. Reaksi fusi berantai dimulai dengan proton-proton dalam Matahari bertabrakan dan membentuk deuterium atau Hidrogen-2 dan satu neutron. Reaksi fusi diteruskan saat deuterium tersebut kemudian bertumbukan kembali dengan proton menghasilkan atom Helium-3 dan mengemisikan sinar gamma. Helium-3 kemudian mengalami fusi dengan atom Helium-3 lainnya membentuk Helium-4 dan melepaskan 2 proton baru. Proton-proton baru kemudian akan mengulangi reaksi fusinya dari



Gambar 9.11. Matahari.
Sumber: NASA-unsplash.com

awal. Reaksi berantai menyebabkan energi yang dilepaskan fusi menumpuk memberikan suhu yang tinggi pada Matahari hingga 27 juta Fahrenheit yang kemudian dipancarkan bersama dengan cahaya. Besarnya suhu Matahari inilah yang menyebabkan panasnya bisa sampai hingga ke Bumi yang sangat jauh, bahkan masih mencapai planet lain yang jaraknya jutaan cahaya.

Berdasarkan kekuatan tersebut matahari dapat dikatakan sebagai reaktor nuklir terbesar yang ada. Reaktor nuklir dalam kehidupan memiliki kelebihan dan keuntungan.



Gambar 9.12.

Reaktor nuklir di Antwerpen, Belgia.
Sumber: *mick truyts-unsplash.com*

b. Kelebihan Reaktor Nuklir

Meskipun berkonotasi negatif, kenyataannya tenaga nuklir memiliki banyak keunggulan. Yang paling penting adalah sebagai berikut.

1. Energi nuklir bersih dalam proses produksinya.

Faktanya, sebagian besar reaktor nuklir hanya memancarkan uap air yang tidak berbahaya ke atmosfer. Bukan karbon dioksida atau metana, atau gas pencemar lainnya yang menyebabkan perubahan iklim.

2. Biaya pembangkit listrik rendah.

Karena kekuatan energi nuklir yang kuat, sejumlah besar energi dapat dihasilkan di satu pabrik. Itu hampir tidak ada habisnya. Bahkan, beberapa ahli percaya bahwa kita harus mengklasifikasikannya sebagai energi terbarukan, karena cadangan uranium saat ini dapat terus menghasilkan energi yang sama seperti sekarang selama ribuan tahun.

3. Generasinya tetap.

Tidak seperti banyak sumber energi terbarukan (seperti energi matahari yang tidak dapat dihasilkan pada malam hari atau angin yang tidak dapat dihasilkan tanpa angin), produksinya sangat besar dan tetap konstan selama ratusan hari. Sepanjang tahun, tidak termasuk pengisian ulang terjadwal dan penghentian pemeliharaan, tenaga nuklir beroperasi pada kapasitas penuh.

c. Kekurangan Reaktor Nuklir

Seperti yang banyak peneliti ungkapkan, tenaga nuklir juga memiliki kelemahan tertentu, yang utama adalah sebagai berikut.

1. Limbahnya sangat berbahaya.

Secara umum, mereka negatif bagi kesehatan dan lingkungan. Limbah radioaktif sangat terkontaminasi dan mematikan. Degradasinya memakan waktu ribuan tahun, yang membuat pengelolaannya sangat rumit. Sebenarnya, ini adalah masalah yang belum kita selesaikan.

2. Kecelakaan itu bisa sangat serius.

Pembangkit listrik tenaga nuklir dilengkapi dengan langkah-langkah keamanan yang baik, tetapi kecelakaan bisa terjadi, dalam hal ini bisa sangat serius.

3. Mereka adalah target yang rentan.

Apakah itu bencana alam atau aksi terorisme, pembangkit listrik tenaga nuklir menjadi sasaran, dan jika dihancurkan atau dirusak, itu akan menyebabkan kerugian besar.

Contoh Soal

Sepuluh gram sampel bahan radioaktif dengan waktu paruh 10 hari disimpan dalam suatu wadah yang terisolasi. Berapakah sisa sampel tersebut yang belum meluruh setelah 1 bulan? (anggap 1 bulan sama dengan 30 hari).

Diketahui

- $M_o = 10$ gram
- $t_{1/2} = 10$ hari
- $t = 30$ hari

Ditanyakan

Berapa sisa sampel yang belum meluruh selama 1 bulan / M ?

Pembahasan

Massa benda sebanding dengan jumlah partikel, sehingga

$$M = M_o \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = 10 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{30}{10}} = 10 \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 1,25 \text{ gram}$$

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

9.1 Partikel terberat yang dipancarkan oleh unsur radioaktif adalah....

- | | | | |
|----|----------------|----|----------------|
| A. | Sinar α | D. | Positron |
| B. | Sinar β | E. | Sinar γ |
| C. | Sinar X | | |

- 9.2 Isotop-isotop dengan nilai N/Z lebih kecil dari nilai isotop stabilnya, dapat mencapai kestabilannya adalah
- A. memancarkan partikel alfa
 - B. menambah dan mengurangi neutron dan proton
 - C. memancarkan beta positif
 - D. memancarkan beta negatif
 - E. menangkap elektron oleh inti
- 9.3 Ada beberapa contoh radioisotop yang digunakan dalam diagnosis salah satunya ^{75}Se fungsi dari radioisotop tersebut adalah
- A. memeriksa fungsi ginjal
 - B. menghasilkan citra otak dan pankreas
 - C. mengukur kapasitas paru-paru
 - D. menentukan bentuk dan ukuran pankreas
 - E. menguji fungsi paru-paru
- 9.4 Radiasi dapat memberikan dampak negatif pada makhluk hidup. walaupun dalam jumlah yang relatif kecil, hal yang dapat membuat hal itu terjadi adalah
- A. ionisasi
 - B. pengion
 - C. pemurnian
 - D. penguraian
 - E. pembentukan
- 9.5 Untuk mendapatkan unsur baru yang merupakan isobar dari suatu unsur radioaktif diharapkan radioisotop itu memancarkan partikel..
- A. $2n, 2p$
 - B. $2p, 2e$
 - C. P
 - D. Sinar β
 - E. Sinar α
- 9.6 Bila suatu unsur radioaktif Z sesudah 42 bulan masih tersisa $1/64$ bagian dari berat semula, maka dapat dinyatakan bahwa waktu paro unsur Z adalah....
- A. 10 bulan
 - B. 8 bulan
 - C. 7 bulan
 - D. 6 bulan
 - E. 5 bulan
- 9.7 Radiasi sinar radioaktif mengandung energi, prinsip itu digunakan untuk.....
- A. Bahan bakar PLTN
 - B. Mematikan sel kanker
 - C. Mendeteksi letak kebocoran pipa
 - D. Memperbaiki mutu bahan
 - E. Mensterilkan alat kedokteran

KIMIA UNSUR

10.1. Kelimpahan Unsur-Unsur di Alam

Senyawa, unsur bebas, logam, nonlogam.

10.2. Gas Mulia

10.2.1. Unsur-Unsur Gas Mulia

Gas mulia adalah unsur-unsur yang dalam sistem periodik terletak pada golongan VIIIA, gas inert, Neil Bartlett, xenon heksafluoroplatinat, helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe) dan radon (Rd), oktet, duplet.

10.2.2. Sifat Gas Mulia

Konfigurasi elektron gas mulia paling stabil, monoatomik, gaya tarik van der Waals, radioaktif.

10.2.3. Senyawa-Senyawa Gas Mulia

Neil Bartlett, xenon heksafluoroplatinat.

10.2.4. Kegunaan Gas Mulia

10.2.5. Pembuatan Gas Mulia

10.3. Halogen

Unsur-unsur halogen (golongan VIIA) terdiri atas fluor (F), klor (Cl), brom (Br), iodium (I), dan astatin (At), pembentuk garam.

10.3.1. Ciri-Ciri Halogen

10.3.2. Unsur-Unsur Halogen di Alam

10.3.3. Sifat-Sifat Halogen

10.3.4. Asam Halogenida

10.3.5. Asam Oksihalogen

10.3.6. Pembuatan Halogen

10.3.7. Kegunaan Halogen dan Senyawanya

10.4. Alkali (Golongan IA)

10.4.1. Ciri-Ciri Alkali

10.4.2. Sifat-Sifat Unsur Alkali

10.4.3. Sumber Alkali di Alam

10.4.4. Kegunaan Logam Alkali dan Senyawanya

10.4.5. Warna Nyala Unsur Alkali

10.4.6. Pembuatan Logam Alkali

10.5. Alkali Tanah (Golongan IIA)

10.5.1. Ciri-Ciri Alkali Tanah

10.5.2. Sifat-Sifat Kimia Alkali Tanah

10.5.3. Sumber Alkali Tanah di Alam

10.5.4. Kegunaan Alkali Tanah dan Senyawanya

10.5.5. Warna Nyala Unsur Alkali Tanah

10.5.6. Pembuatan Logam Alkali Tanah

10.6. Unsur-Unsur Periode Ketiga

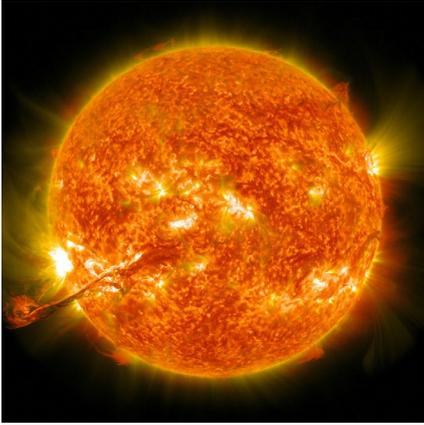
10.6.1. Sifat-Sifat Unsur Periode Ketiga

10.6.2. Sumber Unsur Periode Ketiga Di Alam

10.7. Unsur-Unsur Periode Keempat (Transisi)

10.1. KELIMPAHAN UNSUR-UNSUR DI ALAM

Sebagian besar unsur-unsur di alam terdapat sebagai **senyawa**, hanya sebagian kecil yang terdapat sebagai **unsur bebas**. Beberapa unsur **logam** dan **nonlogam**, baik dalam bentuk unsur ataupun senyawanya, banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan beberapa unsur logam dan nonlogam meningkat dengan berkembang pesatnya industri, baik sebagai alat, bahan dasar, ataupun sumber energi. Pada umumnya unsur-unsur logam terkandung dalam batuan sebagai senyawa yang disebut mineral bijih logam. Jumlah unsur di alam banyak sekali, baik yang alamiah ataupun yang buatan. Unsur yang paling banyak terdapat di alam yaitu helium (terdapat di matahari). Sedangkan unsur yang paling banyak terdapat di bumi kita ini yaitu oksigen, silikon, aluminium, dan besi. Lalu unsur-unsur yang paling melimpah di kulit bumi adalah oksigen, silikon, dan aluminium.



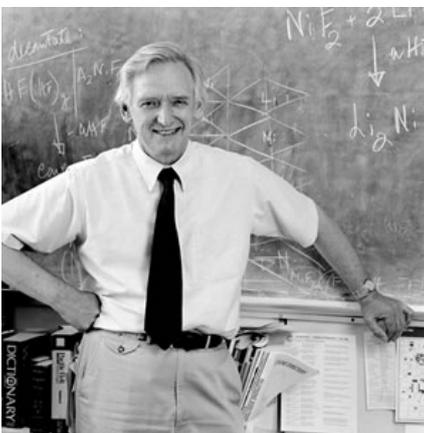
Gambar 10.1. Unsur Helium terdapat di matahari.

Sumber: NASA-unsplash.com

Anion	Contoh Mineral
Tidak ada* Oksida Sulfida	Au, Ag, Pt, Cu, Bi, As, Sb, Os, Ir, Ru,
Klorida Karbonat Sulfat Silikat	Rh, Pd, Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₃ , Al ₂ O ₃ , SnO, SiO ₂ .
	CuFeS ₂ , Cu ₂ S, ZnS, PbS, FeS ₂ , HgS.
	NaCl, KCl, KCl-MgCl ₂ .
	CaCO ₃ , MgCO ₃ , MgCO ₃ .CaCO ₃ .
	CaSO ₃ .2H ₂ O, MgSO ₃ .7H ₂ O, BaSO ₃ .
	Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈ , (Al ₂ Si ₂ O ₈ (OH) ₃).

10.2. GAS MULIA

10.2.1. Unsur-Unsur Gas Mulia



Gambar 10.2. Neil Bartlett merupakan kimiawan dari Inggris yang penelitiannya seputar fluorin.

Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Neil_Bartlett_\(chemist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Neil_Bartlett_(chemist))

Gas mulia adalah unsur-unsur yang dalam sistem periodik terletak pada golongan VIIIA, yang meliputi: Helium (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Kripton (Kr), Xenon (Xe), dan Radon (Rn). Pada mulanya, unsur-unsur ini dikenal dengan **gas inert** karena tidak bereaksi dengan unsur lain membentuk senyawa, sehingga di alam ditemukan dalam bentuk unsur bebas. Pada tahun 1962 **Neil Bartlett** berhasil mensintesis senyawa gas mulia yang pertama, yaitu XePtF₆ (xenon heksafluoroplatinat) dengan mereaksikan unsur Xe dengan PtF₆ (platina fluorida). Sejak saat itu berbagai senyawa gas mulia berhasil disintesis. Ciri gas mulia adalah sebagai berikut.

- Gas mulia dalam sistem periodik terdapat pada lajur paling kanan dengan konfigurasi elektron ns^2np^2 , yaitu golongan VIIIA yang terdiri atas unsur-unsur helium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe), dan radon (Rd).

- Unsur-unsur gas mulia di alam terdapat sebagai unsur bebas. Fakta ini menunjukkan bahwa gas mulia sukar bereaksi dengan unsur lain. Hal ini disebabkan karena susunan elektron gas mulia telah stabil, yaitu memiliki 8 elektron valensi (**oktet**) kecuali helium dengan 2 elektron valensi (**duplet**).
- Dengan susunan elektron yang stabil akan berakibat gas mulia stabil (sukar bereaksi).

Tabel 10.1 Kelimpahan Gas Mulia di Udara

Nama Unsur	Konsentrasi	
	%	ppm
Helium (He)	0,00052	5,2
Neon (Ne)	0,0018	18
Argon (Ar)	0,934	9340
Kripton (Kr)	0,0001	1
Xenon (Xe)	0,000008	0,08
Radon (Rn)	-	-

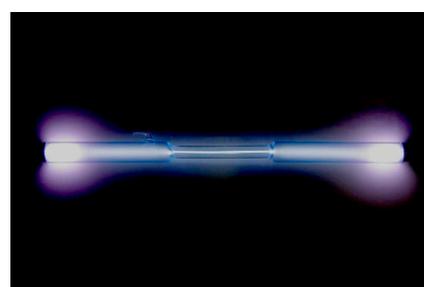
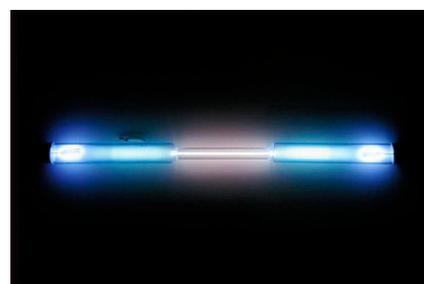
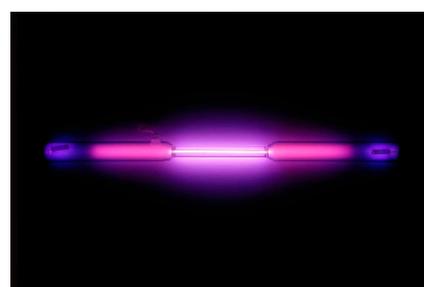
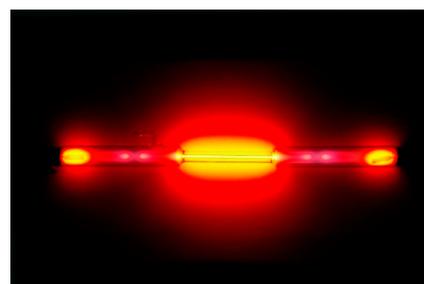
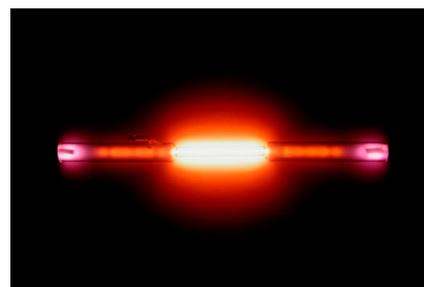
Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa kelimpahan unsur gas mulia yang paling banyak terdapat di udara adalah argon. Sedangkan unsur gas mulia yang paling sedikit adalah radon yang bersifat radioaktif, mempunyai waktu paruh yang pendek (4 hari), dan meluruh menjadi unsur lain.

10.2.2. Sifat Gas Mulia

Unsur	Konfigurasi Elektron	Energi Ionisasi (kJ/mol)	Jari-Jari Atom (Å)	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)
2He	1s ²	2.379	0,50	-272,2	-268,9
10Ne	2s ² 2p ⁶	2.087	0,65	-248,6	-246,0
18Ar	3s ² 3p ⁶	1.527	0,95	-189,4	-185,9
36Kr	4s ² 4p ⁶	1.357	1,10	-157,2	-153,4
54Xe	5s ² 5p ⁶	1.177	1,30	-111,8	-108,1
86Rn	6s ² 6p ⁶	1.043	1,45	-71	-62

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan sifat-sifat gas mulia sebagai berikut.

- **Konfigurasi elektron gas mulia** adalah **paling stabil** sehingga sukar bereaksi dengan unsur yang lain, sehingga di alam terdapat sebagai unsur bebas yaitu **gas monoatomik**.
- Makin besar nomor atom (dalam satu golongan) jari-jari atomnya juga makin besar.
- Dari atas ke bawah harga potensial ionisasinya makin kecil.
- Dalam golongan ini makin ke bawah terdapat kenaikan titik leleh, titik didih, dan kalor penguapan. Hal ini menunjukkan bertambah besarnya



Gambar 10.3. Warna sinar yang dipancarkan dari gas mulia. Helium ; Neon ; Argon ; Kripton ; Xenon (atas ke bawah).

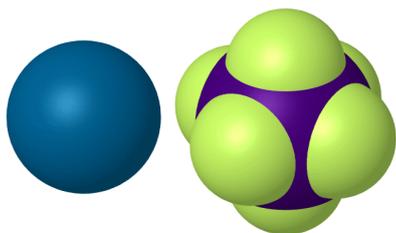
Sumber : Alchemist-hp_id.wikipedia.org/GasMulia

gaya tarik van der Waals antara atom-atom dari atas ke bawah.

- Radon merupakan unsur yang bersifat **radioaktif**, yaitu unsur yang tidak stabil dan dapat memancarkan sinar-sinar radioaktif.

10.2.3. Senyawa-Senyawa Gas Mulia

Neil Bartlett mereaksikan PtF_6 dengan Xe. Ternyata PtF_6 dengan Xe dapat bereaksi pada temperatur kamar membentuk XePtF_6 (Gambar 10.4) yang berwujud padat dan berwarna merah. Ini merupakan senyawa pertama dari gas mulia yang kemudian disusul senyawa-senyawa gas mulia yang lain.



Gambar 10.4. xenon heksafluoroplatinat
Sumber : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Xenon-hexafluoroplatinate-3D-vdW.png?download>

10.2.4. Kegunaan Gas Mulia

- **Helium**
Dapat digunakan sebagai cairan pendingin sebab mempunyai titik didih paling rendah.
- **Neon**
Digunakan untuk untuk lampu neon.
- **Argon**
Dapat digunakan dalam pengelasan dan proses metalurgi suhu tinggi, gas argon melindungi logam panas dari oksidasi udara. Untuk mengisi bola lampu listrik, gas argon tidak bereaksi dengan filamen panas tetapi merupakan konduktor panas.
- **Kripton**
Dapat digunakan untuk lampu listrik.
- **Xenon**
Dapat digunakan untuk lampu listrik.
- **Radon**
Dapat digunakan sebagai sumber partikel alfa untuk pengobatan kanker (sifat radioaktivitasnya).



Gambar 10.5. Radioterapi untuk pengobatan kanker dengan partikel alfa.
Sumber : mpcthospital.in

10.2.5. Pembuatan Gas Mulia

Gas mulia dipisahkan dari udara dengan distilasi bertingkat udara cair.

10.3. HALOGEN

Unsur-unsur halogen (golongan VIIA) terdiri atas fluor (F), klor (Cl), brom (Br), iodium (I), dan astatin (At). Di alam, halogen terdapat sebagai senyawa (karena sangat reaktif) dan *tidak ditemukan dalam keadaan bebas* sehingga diberi nama halogen (**pembentuk garam**).

10.3.1. Ciri-Ciri Halogen

- Konfigurasi elektron valensi halogen adalah $ns^2 np^5$.
- Dari F ke At titik didih dan titik lelehnya semakin tinggi.
- Energi ionisasi halogen tinggi.
- Afinitas elektron yang tinggi.
- Energi disosiasi ikatan.

10.3.2. Unsur-Unsur Halogen di Alam

- Fluor terdapat dalam mineral fluorit (CaF_2), kriolit (Na_3AlF_6) dan fluorapatit ($\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)
- Klor terdapat dalam bentuk klorida.
- Brom di alam terdapat dalam bentuk bromida, air laut mengandung bromida sebagai MgBr_2 .
- Iod terdapat dalam bentuk iodida yang terdapat dalam air laut (Gambar 10.6), juga ditemukan sebagai iodat (IO_3^-) yang bercampur dengan sendawa chili (NaNO_3).
- Astatin (Gambar 10.8) tidak terdapat di alam karena terbentuk radioaktif dalam waktu paro yang relatif pendek.

10.3.3. Sifat-Sifat Halogen

- Unsur halogen terdapat sebagai **molekul diatomik** (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2).
- Semakin ke bawah letaknya dalam SPU titik leleh dan titik didihnya makin tinggi, pada suhu biasa F_2 kekuningan, Cl_2 hijau kekuningan, Br_2 coklat, I_2 ungu. Sedangkan At bersifat radioaktif sehingga tidak ditemukan di alam.
- Bersifat **oksidator**, sifat oksidator ke bawah semakin berkurang sehingga unsur halogen hanya mampu mengoksidasi unsur di bawahnya.
- Dapat bereaksi dengan logam membentuk garam.
- Bilangan oksidasinya dalam senyawa bermacam-macam.
- Dapat bereaksi dengan basa kuat.

10.3.4. Asam Halogenida

Sifat-sifat asam halida (HX) adalah sebagai berikut.

- Asam halida berasap di udara karena mudah mengembun bersama uap air.
- $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ makin mudah teroksidasi menjadi unsur-unsurnya.
- Titik didih $\text{HCl} < \text{HBr} < \text{HI} < \text{HF}$, HF memiliki titik didih tinggi karena antarmolekul HF membentuk ikatan hidrogen.



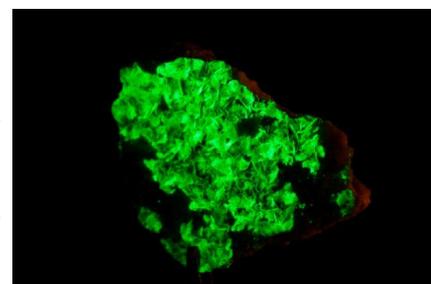
Gambar 10.6. Air laut mengandung iodida dan bromida.

Sumber : shifaaz-shamoon_unsplash



Gambar 10.7. Iodin padat.

Sumber : LHcheM_wikipedia.org/halogen



Gambar 10.8. Astatin

Sumber : Elahe81_wikipedia.org/halogen



Gambar 10.9. Ampul Bromin dalam akrilik.

Sumber : Alchemist-hp_wikipedia.org/halogen

- d. HF dapat bereaksi dengan kaca (dapat untuk mengukir kaca).
- e. HF dan HCl dapat diperoleh dengan cara mereaksikan garam halida dengan H_2SO_4 . Sedangkan HBr dan HI tidak dapat dibuat dengan cara ini karena HBr dan HI yang terbentuk akan teroksidasi oleh H_2SO_4 , sehingga dibuat dengan mereaksikan garam bromida dan iodidanya dengan H_3PO_4 .

10.3.5. Asam Oksihalogen

Sifat-sifat asam oksihalogen adalah sebagai berikut.

- a. Sifat asam makin kuat dengan bertambahnya atom O karena makin banyak atom oksigen ikatan O-H makin polar sehingga makin mudah melepaskan H^+ (asam makin kuat).
- b. Asam oksihalogen merupakan oksidator kuat.

10.3.6. Pembuatan Halogen

- a. F_2 dan Cl_2 dibuat dengan elektrolisis larutan atau leburan garamnya.
- b. Br_2 dibuat dengan mengasamkan air laut sampai pH 3,5 kemudian ke dalamnya dilewatkan campuran udara dan Cl_2 .
- c. I_2 dibuat dengan cara mereduksi BaIO_3 dengan reduktor NaHSO_3 .

10.3.7. Kegunaan Halogen dan Senyawanya

a. Fluorin (F)

- Membuat senyawa CFC, dan CFC berfungsi sebagai cairan pendingin (kulkas dan AC).
- Garam fluorida ditambahkan pada pasta gigi atau air minum untuk mencegah kerusakan gigi.
- Fluor digunakan untuk membuat CF_2Cl_2 , teflon.
- NaF digunakan untuk mengawetkan kayu.
- HF digunakan untuk mengukir kaca.

b. Klorin (Cl)

- Klor digunakan untuk membuat PVC, DDT.
- Kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) untuk desinfektan/membunuh kuman.
- KCl untuk pupuk, NH_4Cl untuk pengisi baterai, ZnCl_2 untuk bahan patri solder.
- Klor digunakan untuk klorinasi hidrokarbon sebagai bahan baku industri plastik serta karet sintesis.
- Klor digunakan untuk pembuatan tetrakloro metana (CCl_4).
- Untuk pembuatan etil klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) yang digunakan pada pembuatan TEL (tetra etillead), yaitu bahan aditif pada bensin.
- Untuk industri berbagai jenis pestisida.
- Sebagai bahan desinfektan dalam air minum dan kolam renang.



Gambar 10.10. Pasta gigi mengandung garam fluorida.

Sumber : *diana polekhina_unsplash.com*



Gambar 10.11. Fluor merupakan salah satu material teflon.

Sumber : *rob wicks_unsplash.com*



Gambar 10.12. PVC terbuat dari klor.

Sumber : *www.rucika.co.id*

- Sebagai pemutih pada industri pulp (bahan baku pembuatan kertas) dan tekstil. Gas klorin digunakan sebagai zat oksidator pada pembuatan bromin dan tekstil.
- Gas klorin digunakan sebagai zat oksidator pada pembuatan bromin.

c. Bromin (Br)

- Digunakan untuk membuat Etil bromida ($C_2H_4Br_2$), suatu zat aditif yang dicampurkan ke dalam bensin bertimbal (TEL) untuk mengikat timbal, sehingga tidak melekat pada silinder atau piston.
- Membuat AgBr, merupakan bahan yang sensitif terhadap cahaya dan digunakan dalam film fotografi.
- Pembuatan senyawa organik, misalnya zat warna, obat-obatan, dan pestisida (Gambar 10.13).
- NaBr sebagai obat penenang saraf.
- Metil bromida sebagai zat pemadam kebakaran (Gambar 10.14).
- AgBr digunakan dalam fotografi.

d. Iodin (I)

- Banyak digunakan untuk obat luka (larutan iodin dalam alkohol yang dikenal dengan iodiumtingtur).
- Sebagai bahan untuk membuat perak iodida (AgI).
- Untuk mengetes adanya amilum dalam tepung tapioka.
- I_2 dalam alkohol (tingtur) sebagai obat luka. I_2 untuk uji adanya amilum.
- NaI digunakan untuk mencegah penyakit gondok.



Gambar 10.13. Penggunaan pestisida pada tanaman.

Sumber : [shad arefin sanchoy_unsplash.com](https://unsplash.com/photos/shad-arefin-sanchoy)



Gambar 10.14. Api dipadamkan dengan alat pemadam kebakaran yang mengandung metil bromida.

Sumber : [chandler cruttenden_unsplash.com](https://unsplash.com/photos/chandler-cruttenden)

10.4. ALKALI (GOLONGAN IA)

10.4.1. Ciri-Ciri Alkali

- Mempunyai elektron valensi = 1 dengan konfigurasi elektron ns^1 .
- Mudah membentuk ion – ion positif.
- Bersifat reduktor kuat.
- Sangat reaktif, dapat bereaksi dengan air.

10.4.2. Sifat-Sifat Unsur Alkali

- Logam-logam alkali bersifat reduktor kuat (dapat bereaksi dengan halogen, hidrogen, belerang, dan fosfor).
- Dapat bereaksi dengan air membentuk basa dan gas H_2 .
- Sifat basa ke bawah makin kuat.
- Litium dapat bereaksi dengan nitrogen pada suhu biasa sedangkan alkali lainnya dapat bereaksi dengan nitrogen pada suhu tinggi.



Gambar 10.15. Antiseptik yang mengandung povidone iodine.

Sumber : betadine.co.id



Gambar 10.16. Lampu penerangan jalan.
Sumber : michael schiffer_unsplash.com



Gambar 10.17. Sabun *handmade* yang dibuat menggunakan NaOH dan minyak melalui *cold process* atau *hot process*.
Sumber : michael schiffer_unsplash.com



Gambar 10.18. Kukis menggunakan soda kue agar teksturnya renyah dan kering.
Sumber : rai vidanes_unsplash.com

10.4.3. Sumber Alkali di Alam

Unsur-unsur alkali di alam terdapat sebagai senyawanya, dalam air laut maupun dalam lapisan bumi. Lithium terdapat sedikit dalam mineral silikat, natrium terdapat dalam halit (NaCl), kalium terdapat dalam silvit (KCl), karnalit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), dan feldspar ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$). Logam-logam alkali lainnya terdapat dalam jumlah yang sedikit.

10.4.4. Kegunaan Logam Alkali dan Senyawanya

- Uap natrium untuk lampu penerangan di jalan raya (Gambar 10.16) atau pada kendaraan (karena dapat menembus kabut), logam Na sebagai reduktor dan media pemindah panas pada reaktor nuklir.
- K dan Cs untuk fotosel.
- Karnalit untuk pupuk.
- Soda kaustik (NaOH) untuk pembuatan sabun dan detergen.
- Potas kaustik (KOH) untuk elektrolit baterai basa.
- Na_2CO_3 untuk pembuatan sabun, detergen, pulp, dan kertas.
- NaHCO_3 (soda kue) digunakan untuk pembuatan kue.
- KCl digunakan untuk pupuk.
- KClO_3 digunakan untuk bahan korek api.

10.4.5. Warna Nyala Unsur Alkali

Jika unsur alkali dibakar, maka akan menghasilkan warna nyala yang berbeda-beda. Berikut beberapa warna nyala unsur alkali.

- Lithium memberi nyala warna merah karmin.
- Natrium memberi nyala warna kuning.
- Kalium memberi nyala warna ungu.
- Rubidium memberi nyala warna merah.
- Sesium memberi nyala warna biru.

10.4.6. Pembuatan Logam Alkali

Logam-logam alkali diperoleh dengan cara elektrolisis lelehan/leburan garamnya (biasanya garam halidanya).

10.5. ALKALI TANAH (GOLONGAN IIA)

10.5.1. Ciri-Ciri Alkali Tanah

- Logam alkali tanah memiliki konfigurasi elektron valensi ns^2 atau selalu berpasangan.
- Alkali tanah memiliki energi ionisasi lebih besar daripada logam alkali karena jari-jari atomnya lebih kecil dan elektron valensinya selalu berpasangan.

- c. Energi hidrasi ion M^{2+} alkali tanah lebih besar daripada energi ionisasi M^+ pada logam alkali. Akibatnya, logam alkali tanah lebih mudah melepaskan elektron valensinya, sehingga stabil sebagai ion $+2$.

c.

10.5.2. Sifat-Sifat Unsur Alkali Tanah

- Bersifat reduktor kuat meskipun tidak sekuat alkali.
- Dapat bereaksi dengan halogen, nitrogen, belerang, dan karbon.
- Dapat bereaksi dengan air menghasilkan basa dan gas H_2 , bersifat basa lemah bahkan Be menunjukkan **sifat amfoter**.
- Kelarutan hidroksidanya ke bawah makin besar, sedang kelarutan garam sulfat, karbonat, kromat makin kecil.

10.5.3. Sumber Alkali Tanah di Alam

Logam-logam alkali tanah banyak terdapat dalam kerak bumi sebagai silikat, fosfat, dan sulfat. Be terdapat dalam beril ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$). Magnesium dan kalsium terdapat dalam mineral. Mg dalam karnalit ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$), selain itu juga terdapat ion Mg^+ dan Ca^{2+} dalam air laut. Sr dan Ba terdapat lebih sedikit sebagai sulfat dan karbonat. Ra jarang ditemukan, biasanya dalam tambang uranium.

10.5.4. Kegunaan Alkali Tanah dan Senyawanya

- Aliase Be-Cu digunakan pada pembuatan pegas yang tahan getaran.
- Aliase Mg, Mn, Cu, Zn (low metal) sebagai bahan pembuat mesin.
- Mg digunakan untuk menghasilkan kilat cahaya pada fotografi.
- Ra digunakan untuk pengobatan kanker.
- Garam stronsium dan barium untuk kembang api (Gambar 10.21).
- Oksida alkali tanah untuk pembuatan tanur.
- $Ca(OCl)_2$ (kaporit) sebagai zat desinfektan (Gambar 10.19).
- $MgSO_4$ (garam inggris) sebagai zat pencahar (pencuci perut).
- $CaCl_2$ sebagai zat pengering karena sangat higroskopis.

10.5.5. Warna Nyala Unsur Alkali Tanah

Jika unsur alkali tanah dibakar, maka akan menghasilkan warna nyala yang berbeda-beda. Berikut beberapa warna nyala unsur alkali tanah.

- Mg menyala dengan sangat terang.
- Warna nyala garam Ca adalah merah bata.
- Warna nyala garam Sr adalah merah.
- Warna nyala garam Ba adalah kuning kehijauan.



Gambar 10.19. Kolam renang diberi kaporit untuk menghambat pertumbuhan lumut dan menjernihkan air.
Sumber : teserraoutdoors.com



Gambar 10.20. Ilustrasi mesin di pabrik.
Sumber : aaron barnaby_unsplash.com



Gambar 10.21. Kembang api.
Sumber : jingda chen_unsplash.com

10.5.6. Pembuatan Logam Alkali Tanah

Logam alkali tanah diperoleh dari elektrolisis leburan garamnya.

10.6. UNSUR-UNSUR PERIODE KETIGA

10.6.1. Sifat-Sifat Unsur Periode Ketiga

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Nomor atom	11	12	13	14	15	16	17	18
Massa atom	23	24	27	28	31	32	35,5	40
Elektron valensi	1	2	3	4	5	6	7	8
Titik leleh t°C	98	651	660	1.410	44	119	-101	-159
Titik didih °C	892	1.107	2.457	2.680	280	445	-35	-186
Keelektronegatifan	1,00	1,45	1,45	1,74	2,05	2,45	2,85	-
Energi ionisasi (kJ/mol)	495	738	577	787	1.060	1.000	1.260	1.520

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa :

- Jari-jari atom dari kiri ke kanan (Na-Ar) makin kecil, hal ini menyebabkan energi ionisasi makin besar dan sifat logamnya berkurang.
- Sifat pereduksi dari kiri ke kanan berkurang.
- Sifat pengoksidasi dari kiri ke kanan bertambah.
- Sifat basa dari kir ke kanan berkurang.
- Dari Na sampai S berupa zat padat sedangkan Cl dan Ar berupa gas.



Gambar 10.22. Penggunaan aluminium foil sebagai pembungkus coklat.

Sumber : immo wegmann_unsplash.com



Gambar 10.23. Salah satu material pesawat terbang adalah campuran magnesium dan aluminium.

Sumber : emanu_unsplash.com



Gambar 10.24. Ilustrasi pengelasan baja.

Sumber : maxime agnelli_unsplash.com

10.6.2. Sumber Unsur Periode Ketiga di Alam

a. Aluminium (Al)

Aluminium merupakan logam yang paling banyak terdapat dalam kulit bumi yang menempati urutan ketiga unsur penyusun kulit bumi setelah oksigen dan silikon. Aluminium di alam terdapat sebagai oksida, aluminosilikat, dan fluorida. Daerah penambangan aluminium yang ada di Indonesia terdapat di Pulau Bintan, Riau, Bangka, dan Kalimantan Barat. Aluminium dibuat dari bijih bauksit yang dikenal sebagai **proses Hall-Heroult**, yang terdiri dari pemurnian dan elektrolisis. Aluminium merupakan **logam reaktif, bersifat oksidator, dan amfoter**.

Kegunaan aluminium antara lain sebagai berikut.

- Untuk membuat peralatan dapur, kabel, pembungkus (aluminium foil), aliase.
- Magnesium (Mg+Al) untuk membuat pesawat terbang.
- Campuran Al dan Fe₂O₃ untuk mengelas baja.
- KAl(SO₄)₂·12H₂O (tawas) untuk menjernihkan air.

b. Silikon (Si)

Silikon di alam terdapat berupa mineral dan senyawa silikat. Daerah penambangan silikon terdapat di Aceh, Sumatera Utara, Lampung, Bengkulu, Jawa Barat, dll. Silikon dibuat dengan cara mereduksi kristal SiO_2 dengan karbon pijar. Silikon memiliki sifat semilogam dan semikonduktor.

- Kegunaan silikon antara lain adalah sebagai berikut.
- Untuk membuat alat elektronik, seperti kalkulator, komputer, dll.
- Kuarsa yang transparan untuk lensa.
- Pasir kuarsa untuk membuat gelas, porselen, dll.
- Natrium silikat (water glass) untuk zat pengisi pada sabun, cat.



Gambar 10.25. Material silikon digunakan pada alat elektronik.

Sumber : [daniel korpai_unsplash.com](https://www.unsplash.com)

c. Fosfor (P)

Fosfor di alam terdapat dalam bentuk *fosfat* dan *fluorapatit*. Fosfor juga terdapat pada tulang dan batuan fosfor. Pengolahan fosfor diekstraksikan dari tulang dengan mereaksikan asam sulfat dan arang, dengan mereduksi mineral fosfor dengan karbon dan penambahan silika. Fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu fosfor putih dan fosfor merah.

Fosfor putih	Fosfor merah
Reaktif	Tidak reaktif
Beracun	Tidak beracun
Mudah menguap	Tidak mudah menguap
Larut dalam CS_2 dan benzena	Tidak mudah larut dalam CS_2
Bersinar dalam gelap	Tidak bersinar

Kegunaan fosfor antara lain :

- Untuk pembuatan pupuk fosfat.
- Fosfor putih untuk pembuatan H_2PO_4 .
- Fosfor merah untuk membuat bidang gesek korek api yang dicampur pasir halus dan Sb_2S_3 .

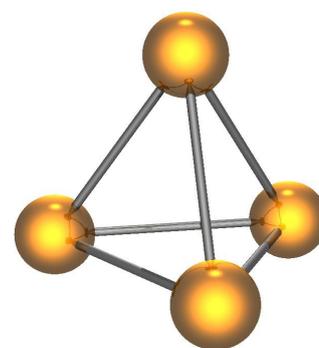
d. Belerang (S)

Belerang terdapat di alam sebagai unsur bebas (di gunung berapi) dan sebagai senyawa. Pengolahan belerang dengan melelehkan batu lava, kemudian diuapkan, uapnya menempel pada dinding wadah. Belerang cair pada dasar wadah akan membeku lalu dicetak sebagai pipa belerang. Belerang merupakan unsur nonlogam yang berwarna kuning, dan berbau khas. Kegunaan belerang adalah sebagai bahan baku untuk membuat asam sulfat, yaitu dengan cara proses kontak (dengan katalis vanadium pentaoksida) dan proses



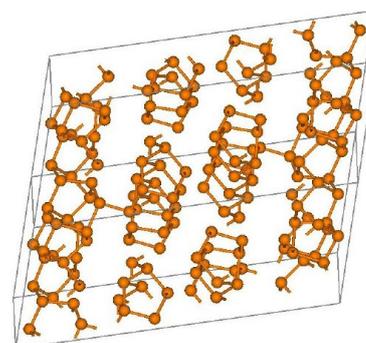
Gambar 10.26. Pasir kuarsa digunakan pada cangkir.

Sumber : [waldemar brandt_unsplash.com](https://www.unsplash.com)



Gambar 10.27. Struktur fosfor putih.

Sumber : [cadmium_wikipedia.org/](https://www.wikipedia.org)
phosphorus



Gambar 10.28. Struktur fosfor merah.

Sumber : [cadmium_wikipedia.org/](https://www.wikipedia.org)
phosphorus



Gambar 10.29. Scandium; Tembaga; Kobalt (atas ke bawah).
Sumber : wikipedia.org

kamar timbal (dengan katalis NO dan NO₂).

10.7. UNSUR-UNSUR PERIODE KEEMPAT (TRANSISI)

Unsur transisi periode keempat terdapat di alam sebagai senyawa yaitu oksida dan sulfida yang dikenal dengan bijih logam. Unsur transisi periode keempat terdiri atas Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn. Unsur transisi periode keempat cenderung membentuk orbital *s* dan *d* yang penuh atau setengah penuh karena struktur elektron yang penuh atau setengah penuh relatif lebih stabil. Semua unsur transisi merupakan unsur logam, karena kulit terluar unsur transisi hanya mengandung 1 atau 2 elektron akibatnya energi ionisasinya rendah sehingga mudah membentuk ion positif. Titik lelehnya tinggi (kecuali Zn), bersifat paramagnetik (tertarik medan magnet), umumnya berwarna, dan memiliki bilangan oksidasi lebih dari 1 jenis. Proses pengolahan suatu bijih menjadi logamnya disebut metalurgi. Secara garis besar pengolahan logam melalui tiga tahap yaitu pemisahan, reduksi, dan pemurnian.

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberikan tanda silang pada salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

10.1 Unsur logam alkali yang memberikan warna nyala berwarna merah adalah....

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| A. Natrium | C. kalium | E. Barium |
| B. litium | D. sesium | |

10.2 Unsur transisi yang paling banyak terdapat di dalam kulit bumi adalah ...

- | | | |
|-----------|----------|------------|
| A. Krom | C. Besi | E. Tembaga |
| B. Mangan | D. Nikel | |

10.3 Unsur halogen tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam, sebab....

- | | |
|---|--------------------------------|
| A. Halogen tidak mungkin terdapat di alam | D. Halogen merupakan gas inert |
| B. Unsur halogen sukar bereaksi dengan unsur lain | E. Halogen bersifat reaktif |
| C. Senyawanya sangat stabil | |

10.4 Iodin mudah larut dalam larutan kalium iodida meskipun sukar larut dalam air. Hal itu disebabkan oleh terbentuknya...

- | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| A. KI ₃ ⁻ | C. KI ⁺ | E. KI ₂ |
| B. KI ₂ ⁻ | D. KI ₃ | |

- 10.5** Unsur-unsur berikut yang termasuk unsur transisi adalah ...
- A. Sr, Sc, dan V C. Fe, Co, dan Na E. Mn, Sc, dan Si
 B. Ti, Cr, dan Br D. Mn, Cu, dan Zn
- 10.6** Senyawa dari unsur halogen yang dapat digunakan sebagai pemutih adalah...
- A. HF C. NaClO E. AgBr
 B. NaCl D. HCl
- 10.7** Halogen yang menyublim pada temperatur kamar adalah...
- A. Fluorin C. Bromin E. Astatin
 B. Klorin D. Iodin
- 10.8** Sifat unsur transisi periode keempat yang memiliki jari-jari atom yang paling besar adalah....
- A. Mn C. V E. Sc
 B. Cr D. Ti
- 10.9** Sifat berikut tidak dimiliki oleh golongan halogen yaitu...
- A. Unsur bebasnya berbentuk molekul diatomik D. Mudah bereaksi dengan zat lain
 B. Titik didih dari atas ke bawah semakin besar E. Tidak bereaksi dengan air
 C. Merupakan oksidator kuat
- 10.10** Unsur halogen yang berwujud padat pada suhu kamar adalah...
- A. Fluorin C. Bromin E. Astatin
 B. Klorin D. Iodin

Esai

- 10.11** Barium adalah zat beracun yang dapat menyebabkan kerusakan fungsi jantung yang parah. Dalam suatu prosedur enema barium, seorang pasien meminum suspensi berair 20 g BaSO₄. Jika zat ini berkesetimbangan dengan 5,0 L darah dalam tubuh pasien, berapa gram BaSO₄ akan larut dalam darah? Untuk perkiraan yang baik, kita dapat menganggap bahwa suhu 25°C. Mengapa Ba(NO₃)₂ tidak dipilih untuk prosedur ini? ($K_{sp} \text{ BaSO}_4 = 1,1 \times 10^{-10}$)
- 10.12** Email gigi mengandung mineral hidroksiapatit, Ca₅(PO₄)₃OH. Email gigi ini berangsur rusak sebab adanya asam. Adanya fluorida seperti dalam pasta gigi akan mengubah Ca₅(PO₄)₃OH menjadi Ca₅(PO₄)₃F, sehingga kerusakan relatif dapat dicegah. Mengapa Ca₅(PO₄)₃F kurang larut dalam asam dibandingkan Ca₅(PO₄)₃OH?

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Hiskia. (1996). *Penuntun Belajar Kimia Dasar*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Bevan, David. (2015). *Cambridge International As and A Level Chemistry*. London: Hodder Education.
- Brown, T.L., H.E. Lemay & B.E. Bursten. (2000). *Chemistry The Central Science*. New Jersey; Prentice Hall International.
- Cahlíková, L., Šafratová, M., Hošťálková, A., Chlebek, J., Hulcová, D., Breiterová, K., & Opletal, L. (2020). *Pharmacognosy and its role in the system of profile disciplines in pharmacy*. *Natural Product Communications*, 15(9), 1934578X20945450.
- Cann, Peter & Hughes, Peter. (2015). *Cambridge International as and a Level Chemistry*. London: Hodder Education.
- Chang, Raymond. (2011). *Chemistry: The Essential Concepts*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- C.N.R. Rao. (2010). *Understanding Chemistry*. USA: World Scientific Publishing Co.Pte.Ltd.
- Elschami, M., & Kümmerer, K. (2020). *Design of a master of science sustainable chemistry*. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 17, 100270.
- McMurry, John & Robert C. Fay. (2001). *Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall International.
- Mohamed, J. M., Ahmad, F., Kishore, N., & Al-Subaie, A. M. (2021). *Soluble 1: 1 stoichiometry curcumin binary complex for potential apoptosis in human colorectal adenocarcinoma cells (SW480 and Caco-2 cells)*. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(1), 129-135.
- Nahar, L., & Sarker, S. D. (2019). *Chemistry for pharmacy students: general, organic and natural product chemistry*. John Wiley & Sons.

DAFTAR PUSTAKA

Paudyal, V., Al-Hamid, A., Bowen, M., Hadi, M. A., Hasan, S. S., Jalal, Z., & Stewart, D. (2020). *Interventions to improve spontaneous adverse drug reaction reporting by healthcare professionals and patients: systematic review and meta-analysis*. *Expert Opinion on Drug Safety*, 19(9), 1173-1191.

Petrucci, H.Ralph. (1999). *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* (Alih Bahasa : Suminar). Jakarta: Penerbit Erlangga.

Reger, L. Daniel et al. (2010). *Chemistry : Principles and Practice*. New York : Mary Finch.

Tan Yin Toon. (2009). *'O' Level Chemistry*. Singapore: Marshal Cavendish Education.

Vatanparast, M., & Shariatinia, Z. (2019). *Hexagonal boron nitride nanosheet as novel drug delivery system for anticancer drugs: Insights from DFT calculations and molecular dynamics simulations*. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 89, 50-59.

Yip, Peter. (2006). *Chemistry : The Complete Text & Guide for STPM & Pre-U*. Shah Alam: KHL Printing Co.Sdn.Bhd.

LAMPIRAN

BUKU PEDOMAN PERKULIAHAN KIMIA DASAR

**Menggunakan Model Pembelajaran
RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, and Create*)**

Berbantuan CCT (*Conceptual Change Text*)

Disusun Oleh:

Wati Sukmawati
Asep Kadarohman
Omay Sumarna
Wahyu Sopandi

1. Pembelajaran Konsep Kimia Dasar Menggunakan Model RADEC Berbantuan CCT

No	Kegiatan	Keterangan	Sintaks RADEC	SKS Terbimbing	Waktu Yang Dibutuhkan	Total Waktu (2 SKS x 50 Menit x 3) = 300 Menit
1.	Pemberian Soal <i>Pre-test</i>	Mahasiswa mengerjakan soal <i>pre-test</i> berbentuk PG sebanyak 10 soal dengan menggunakan Google Form.	-	Pembelajaran Mandiri (<i>Monitoring via Gform, OLU UHAMKA</i>)	30 Menit	100 menit (Kegiatan Mandiri)
2.	Pemberian Modul <i>CCT</i>	Mahasiswa secara mandiri membaca buku ajar yang diberikan oleh dosen. Soal pra pembelajaran diambil dari indikator pembelajaran yang ada pada RPS dan aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari.	R (<i>Read</i>)	Pembelajaran Mandiri (<i>Monitoring via OLU UHAMKA</i>)	70 menit	
3.	Pemberian Soal Pra Pembelajaran	Mahasiswa secara mandiri mengerjakan soal pra pembelajaran. Membuat aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari.	A (<i>Answer</i>)	Pembelajaran Mandiri (<i>Monitoring via OLU UHAMKA</i>)		
4.	Mengisi Angket	Mahasiswa diminta untuk mengisi angket sebanyak 11 pertanyaan. Pertanyaan intinya untuk mengetahui mahasiswa membaca atau tidak bahan ajar yang diberi.	-	Pembelajaran Mandiri (<i>Monitoring via OLU UHAMKA</i>)	10 Menit	10 Menit
5.	Diskusi	Mahasiswa dikelompokkan masing-masing kelompok berisi 4 orang dengan tujuan untuk mengefektifkan komunikasi yang terjadi selama kegiatan diskusi yang membahas soal pra pembelajaran.	D (<i>Discuss</i>)	Tatap Muka (<i>via Zoom</i>)	50 Menit	100 Menit (Kegiatan Tatap Muka)
6.	Menjelaskan Hasil Diskusi	Masing-masing perwakilan kelompok menyampaikan hasil diskusinya, lalu dosen bertugas untuk meluruskan konsep dan memperdalam pemahaman konsep yang masih dianggap sulit oleh mahasiswa dan memastikan penjelasan mahasiswa dapat dipahami oleh mahasiswa lainnya. Selain itu, di akhir perkuliahan dosen juga memberikan contoh sebagai pemantik ide <i>create</i> yang menjadi tugas mahasiswa.	E (<i>Explain</i>)	Tatap Muka (<i>via Zoom</i>)	50 Menit	

No	Kegiatan	Keterangan	Sintaks RADEC	SKS Terbimbing	Waktu Yang Dibutuhkan	Total Waktu (2 SKS x 50 Menit x 3) = 300 Menit
7.	Pemberian soal <i>Post-Test</i>	Mahasiswa mengerjakan soal <i>post-test</i> sebanyak 10 PG.	-	Penugasan Menggunakan <i>Form</i>	30 Menit	
8.	Pemberian Tugas <i>Create</i>	Mahasiswa mengerjakan soal <i>Create</i> berdasarkan kelompok yang sudah dibentuk sesuai dengan tema yang sedang dipelajari.	C (<i>Create</i>)	Penugasan Tugas <i>Create</i> mahasiswa dikumpulkan melalui OLU UHAMKA.	70 menit	100 menit (Kegiatan Mandiri)

2. Soal Pra-Pembelajaran

Pokok Bahasan	Soal Pra Pembelajaran
Materi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jelaskan pengertian, sifat, klasifikasi, wujud, dan hukum-hukum tentang materi 2. Tuliskan persamaan kimia untuk hukum-hukum tentang materi.
Struktur Atom	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apa itu definisi atom, partikel penyusun atom, dan sejarah penemuannya serta perkembangan model atom. 2. Jika diketahui nuklida ${}_{11}\text{Na}^{23}$, maka jumlah elektron, proton dan neutron adalah.. 3. Konfigurasikan Mg dan Mg^{2+}. 4. Tentukan keempat bilangan kuantum elektron terakhir dari atom O! 5. Tentukan keempat bilangan kuantum elektron terakhir dari atom Mg^{2+}!
Tabel Periodik Unsur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tampilkan perkembangan sistem periodik unsur. 2. Tampilkan sifat-sifat unsur dalam satu periode atau golongan. 3. Bagaimana cara menemukan koefisien reaksi suatu reaksi kimia dan berikan contohnya.
Ikatan Kimia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buatlah tabel untuk memperjelas proses pembentukan ikatan ion, kovalen, dan koordinasi. Berikan contohnya. 2. Bagaimana cara menganalisis kepolaran ikatan suatu molekul? Berikan 2 contohnya. 3. Bagaimana cara menganalisis bentuk molekul? Berikan 2 contohnya. 4. Berikan contoh senyawa ion dan kovalen dalam kehidupan sehari-hari.
Senyawa Kompleks	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berikan analisis proses pembentukan ikatan koordinasi dan senyawa kompleks berikan contohnya masing-masing satu. 2. Berikan tiga contoh senyawa kompleks beserta nama dan proses pembentukan nama tersebut. 3. Berikan analisis peran teori ikatan valensi dalam sistem kompleks. 4. Buat rancangan yang dapat dikreasikan dengan memanfaatkan pemahaman tentang konsep senyawa kompleks.
Redoks dan Elektrokimia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tentukanlah jumlah atom besi yang terdapat dalam 0,5 mol besi! 2. Berapakah massa dari 2 mol glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)? (Ar C = 12, H = 1, O = 16) 3. Hitung Ar dari X jika 0,2 mol unsur X mempunyai massa 8 gram. 4. Berapa volume 3 mol gas hidrogen pada STP? 5. Berapa kadar gula dalam larutan yang dibuat dengan mencampurkan 20 gram gula dalam 80 gram air? 6. Pada pembakaran 12 gram suatu senyawa karbon dihasilkan 22 gram gas CO_2 (Ar C = 12; O = 16). Kadar karbon senyawa tersebut adalah ... 7. Sebanyak 1 kg sampel air sungai setelah diteliti mengandung 10 mg Pb. Berapa kadar Pb dalam sampel sungai tersebut?

Pokok Bahasan	Soal Pra Pembelajaran
	<p>1. Diketahui persamaan reaksi:</p> $\text{Mg}(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$ <p>Jika Mg yang bereaksi adalah 2 mol, hitunglah Mol HCl yang bereaksi dan volume gas H₂ yang dihasilkan pada STP.</p> <p>2. Pada saat korek api gas dinyalakan, reaksi yang terjadi adalah:</p> $\text{C}_4\text{H}_{10}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$ <p>Jika pada reaksi itu dihasilkan 88 gram gas CO₂. Hitunglah massa C₄H₁₀ yang bereaksi! (Ar C = 12, O = 16, H = 1)</p> <p>3. Sebanyak 22 gram C₃H₈ direaksikan dengan 48 gram O₂ berdasarkan persamaan reaksi berikut.</p> $\text{C}_3\text{H}_8(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$ <p>Tentukan zat yang merupakan pereaksi pembatas dan massa zat yang tersisa!</p> <p>4. Tentukan rumus empiris senyawa C₆H₁₂O₆!</p> <p>5. Suatu senyawa memiliki rumus empiris CH₂O. Jika Mr senyawa tersebut 150, tentukan rumus molekul senyawa tersebut! (Ar H = 1, C = 12, dan O = 16)</p> <p>6. Tentukan rumus empiris dari senyawa yang mengandung 59% natrium dan 41% belerang! (Ar Na = 23; S = 32)</p>
Redoks dan Elektrokimia	<p>1. Jelaskan pengertian reaksi redoks menurut tiga konsep perkembangan reaksi redoks!</p> <p>2. Tentukan bilangan oksidasi unsur yang digarisbawahi pada senyawa-senyawa berikut ini!</p> <p>$\underline{\text{N}}\text{H}_4^+$ $\text{H}_3\underline{\text{P}}\text{O}_4$ $\text{Cu}(\underline{\text{N}}\text{O}_3)_2$ $\text{NH}_4\underline{\text{N}}\text{O}_2$</p> <p>3. Tentukan reaksi berikut tergolong reaksi redoks atau bukan redoks!</p> <p>a) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ b) $2\text{Fe} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2$ c) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2\text{KNO}_3$ d) $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HI} + \text{S}$</p> <p>4. Reaksi berikut berdasarkan konsep pengikatan dan pelepasan oksigen termasuk reaksi apa</p> <p>a) $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$</p>

Pokok Bahasan	Soal Pra Pembelajaran												
	<p>b) $2\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Ag} + \text{O}_2$</p> <ol style="list-style-type: none"> Tuliskan bilangan oksidasi dari unsur yang dicetak tebal berikut. <ol style="list-style-type: none"> besi (II) sulfat mangan (III) oksida Kelompokkanlah reaksi-reaksi berikut ini ke dalam reaksi redoks atau bukan redoks. <ol style="list-style-type: none"> $\text{NaOH}(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow \text{NaHSO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$ $\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2\text{HCl}(g)$ Pada reaksi redoks: $\text{MnO}_2(s) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{NaI}(aq) \rightarrow \text{MnSO}_4(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{I}_2(s)$ Tentukanlah yang berperan sebagai oksidator pada reaksi tersebut. Setarakan reaksi redoks berikut. $\text{Pb}(s) + \text{PbO}_2(s) + \text{SO}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{PbSO}_4(aq)$ Pada reaksi: $\text{Zn}(s) + 2\text{MnO}_2(s) + 2\text{NH}_4^+(aq) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{Mn}_2\text{O}_3(s) + 2\text{NH}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$ Berilah contoh kegunaan reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari! 												
Kinetika Laju Reaksi	<ol style="list-style-type: none"> Diketahui suatu reaksi: Laju reaksi $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$. Berdasarkan reaksi tersebut dapat diartikan sebagai... Ke dalam ruang yang volumenya 2 liter, dimasukkan 4 mol gas HI yang kemudian terurai menjadi gas H_2 dan I_2. Setelah 5 detik, dalam ruang tersebut terdapat 1 mol gas H_2. Tentukan laju reaksi pembentukan gas H_2 dan laju reaksi peruraian gas HI berturut-turut! Suatu reaksi kimia yang berlangsung pada suhu 30°C memerlukan waktu 40 detik. Setiap kenaikan suhu 10°C, reaksi akan lebih cepat dua kali dari semula. Berapakah waktu yang diperlukan jika suhu dinaikkan menjadi 50°C? Persamaan laju dari reaksi $\text{aA} \rightarrow \text{bB}$ dapat dituliskan sebagai berikut. <table border="1" data-bbox="639 1854 1326 2033"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Molaritas Awal (M)</th> <th>Laju Awal Mol L⁻¹</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>0,05</td> <td>3×10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>0,1</td> <td>12×10^{-4}</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,2</td> <td>48×10^{-4}</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tentukan orde reaksinya!</p>	No.	Molaritas Awal (M)	Laju Awal Mol L ⁻¹	1.	0,05	3×10^{-4}	2.	0,1	12×10^{-4}		0,2	48×10^{-4}
No.	Molaritas Awal (M)	Laju Awal Mol L ⁻¹											
1.	0,05	3×10^{-4}											
2.	0,1	12×10^{-4}											
	0,2	48×10^{-4}											

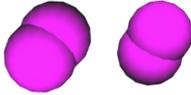
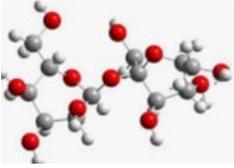
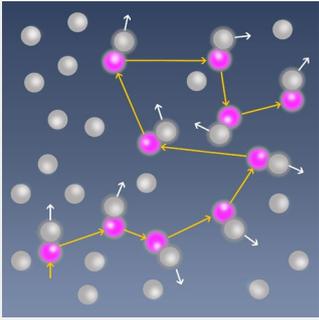
Pokok Bahasan	Soal Pra Pembelajaran	
Kimia Inti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suatu unsur radioaktif mempunyai waktu paruh 4 jam. Berapakah yang masih tersisa setelah satu hari? 2. Empat ratus gram suatu radioaktif setelah disimpan selama 72 tahun ternyata masih bersisa 6,25 gram. Berapakah waktu paruh unsur radioaktif tersebut? 3. Suatu nuklida radioaktif mempunyai waktu paruh 30 hari, zat tersebut awalnya sebanyak 640 atom. Berapa jumlah atom zat yang tersisa selama 60 hari? 4. Tuliskan perbedaan reaksi inti dengan reaksi kimia biasa! 5. Bila partikel ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ ditembak dengan satu neutron, ternyata dapat menghasilkan partikel beta disertai dengan terbentuknya ... 6. Jika atom Aluminium ${}_{13}^{27}\text{Al}$ ditembaki dengan partikel x akan terjadi isotop fosfor, sesuai dengan reaksi: ${}_{13}^{27}\text{Al} + x \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$ Dalam persamaan reaksi ini, x adalah 	
	<ol style="list-style-type: none"> 7. Berapakah jumlah unsur sekarang dan berapakah jumlah perbandingan antara unsur alam dan unsur buatan? 8. Sebutkan 3 unsur terbanyak di alam! 9. Presentasikan apa yang Anda ketahui tentang unsur halogen! 10. Apa yang Anda ketahui tentang alotrof dan sebutkan contohnya di alam! 11. Presentasikan manfaat dari karbon monoksida! 	
	Kimia Unsur	

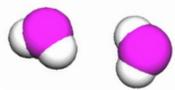
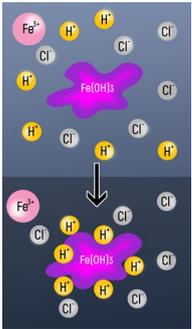
3. Soal Pre-Test dan Post-Test

BAB 1

Indikator :

Mahasiswa mampu menjelaskan tentang materi dan energi, sifat fisika dan sifat kimia, membedakan unsur, senyawa dan campuran, dan hukum-hukum dasar ilmu kimia.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S1	 <p>Model partikel berikut ini merupakan jenis partikel ...</p> <p>A. Ion B. Molekul unsur C. Molekul senyawa D. Atom E. Unsur</p>	B		X	
S2	 <p>Jika pipa besi dibiarkan di udara, maka lama kelamaan akan terbentuk karat besi (Fe_2O_3). Karat besi merupakan ...</p> <p>A. Unsur B. Campuran C. Zat D. Senyawa E. Molekul Senyawa</p>	C	X		
S3	 <p>Diketahui suatu materi mempunyai sifat komponen penyusun yang tidak tampak lagi setelah bergabung. Jenis materi yang dimaksud adalah ...</p> <p>A. Senyawa B. Campuran C. Unsur D. Zat E. Molekul Senyawa</p>	A		X	
S4	 <p>Gerak Brown terjadi karena...</p> <p>A. Gravitasi B. Tolak-menolak antara partikel koloid yang bermuatan sama. C. Tarik-menarik antara partikel koloid yang berbeda muatan. D. Tumbukan antara partikel koloid. E. Tumbukan molekul medium dengan partikel koloid.</p>	E	X		

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Suby-Mikroskopik	Simbolik
S5	<p>Berikut ini adalah peristiwa-peristiwa koagulasi pada partikel koloid, kecuali ...</p> <p>A. Penggumpalan lateks. B. Pengobatan sakit perut. C. Pengendapan debu pada cerobong asap. D. Penjernihan lumpur dari air sungai. E. Pembentukan delta pada muara sungai.</p>	B	X		
S6	 <p>Model partikel berikut ini merupakan jenis partikel ...</p> <p>A. Ion B. Molekul unsur C. Molekul senyawa D. Atom E. Unsur</p>	C		X	
S7	<p>Raksa merupakan jenis logam yang berbentuk cair pada suhu kamar dan biasanya digunakan untuk termometer. Partikel penyusun raksa tersebut adalah ...</p> <p>A. Molekul Unsur B. Atom C. Ion D. Molekul Senyawa E. Campuran berbagai jenis logam</p>	B	X		
S8	 <p>Koloid dapat menyerap ion pada permukaannya. Sifat ini disebut ...</p> <p>A. Elektroforesis B. Absorpsi C. Adsorpsi D. Dialisis E. Hemolisis</p>	B		X	
S9	<p>Contoh pemanfaatan dialisis pada kehidupan sehari – hari adalah...</p> <p>A. Proses cuci darah. B. Pembuatan susu bubuk. C. Pembuatan lem kanji. D. Pembuatan eskrim. E. Alat pengendapan cottrel.</p>	A	X		

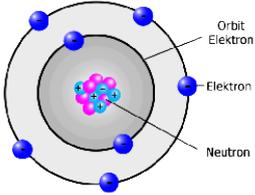
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S10	Yang termasuk koloid hidrofob adalah ... A. Amilum dalam air. D. Lemak dalam air. B. Protein dalam air. E. Agar-agar dalam air. C. Putih telur dalam air.	D	X		
S11	Serbuk besi sebanyak 28 gram (Ar Fe = 56) direaksikan dengan 20 gram belerang (Ar S = 32) sesuai persamaan reaksi kimia: $\text{Fe}(s) + \text{S}(s) \rightarrow \text{FeS}(s)$, Zat yang tersisa sesudah reaksi berakhir adalah A. 2 gr belerang D. 8 gr besi B. 2,5 gr belerang E. 5 gr besi C. 4 gr besi	B			X
S12	Suatu reaksi berlangsung sebagai berikut : $2A + 3B \rightarrow A_2B_3$ (Ar A = 20, B = 30) maka untuk bereaksi dengan 10 gram A diperlukan B sebesar A. 10 gram D. 45 gram B. 30 gram E. 22,5 gram C. 15 gram	C			X
S13	Jika perbandingan massa hidrogen dan oksigen dalam air adalah 1:8, maka untuk menghasilkan 45 gram air dibutuhkan A. 5 gram hidrogen dan 40 gram oksigen B. 40 gram hidrogen dan 5 gram oksigen C. 5 gram hidrogen dan 8 gram oksigen D. 5 gram hidrogen dan 9 gram oksigen E. 45 gram hidrogen dan 5 gram oksigen	A			X
S14	Bila gas SO_2 direaksikan dengan oksigen terjadi reaksi: $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{SO}_3(g)$ Jika volume gas belerang dioksida yang bereaksi 4 liter, maka A. dibutuhkan 1 liter gas oksigen B. dibutuhkan 4 liter gas oksigen C. dibutuhkan 6 liter gas oksigen D. dihasilkan 4 liter gas belerang trioksida E. dihasilkan 2 liter gas belerang trioksida	D			X

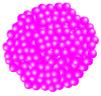
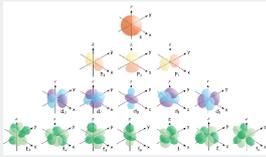
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S15	<p>Dua liter gas nitrogen direaksikan dengan gas hidrogen menghasilkan gas amonia sesuai reaksi:</p> $\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{NH}_3(g)$ <p>Jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama, maka volume gas amonia yang dihasilkan</p> <p>A. 1 liter B. 2 liter C. 3 liter D. 4 liter E. 6 liter</p>	D			X

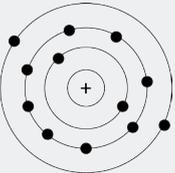
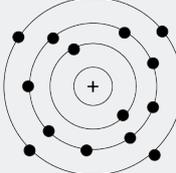
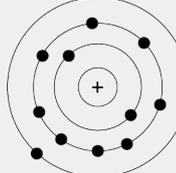
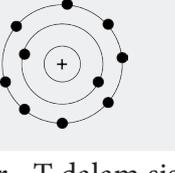
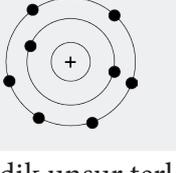
BAB 2

Indikator :

1. Mampu menyebutkan definisi atom, partikel penyusun atom, dan sejarah penemuannya serta perkembangan model atom.
2. Mampu menjelaskan kandungan elektron, proton, dan neutron dalam atom.
3. Mampu memecahkan soal tentang keempat bilangan kuantum dalam suatu atom, menentukan konfigurasi elektron, dan banyak elektron, proton, serta neutron dalam suatu atom.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S16	<p>Pernyataan berikut terkait teori atom dari John Dalton:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Atom berbentuk pola pejal yang sangat kecil. (2) Atom merupakan partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi. (3) Atom dari unsur yang sama memiliki sifat sama, sedangkan atom dari unsur yang berbeda memiliki massa dan sifat yang berbeda. (4) Reaksi kimia tidak dapat merubah suatu atom menjadi atom lain.  <p>Dari pernyataan di atas yang menjadi kelemahan teori atom Dalton adalah pernyataan...</p> <p>A. 1,2, dan 3 D. 4 B. 2 dan 4 E. 1,2,3, dan 4 C. 1 dan 3</p>	E		X	
S17	 <p>Dalam suatu atom elektron di sekitar inti atom dan tidak jatuh ke dalam, hal ini disebabkan karena . . .</p> <p>A. Elektron bergerak dengan lintasan dan jarak tertentu dari inti atom. B. Gaya tolak-menolak antara elektron dan inti atom relatif besar. C. Adanya penghalang antara inti atom dan elektron. D. Massa elektron relatif kecil dibandingkan massa inti atom. E. Elektron dalam kondisi diam di sekitar inti atom.</p>	A		X	
S18	<p>Unsur klor dengan lambang ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ mengandung....</p> <p>A. 17 n, 18 p D. 18 n, 35 p B. 17 n, 35 p E. 35 n, 17 p C. 18 n, 17 p</p>	C			X

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S25	Isotop yang digunakan untuk mempelajari kelainan kelenjar tiroid adalah... A. Iodin -123 C. Karbon-14 E. Iodin-131 B. Kobalt-60 D. Oksigen-18	E	X		
S26	Dua buah unsur memiliki notasi ${}_{13}\text{X}^{27}$ dan ${}_{17}\text{Y}^{35,5}$. Diagram orbital yang paling tepat untuk elektron terakhir dari unsur X adalah.... (Nomor atom Ar = 18, Kr = 36, Ne = 10). A. [Kr] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ D. [Ne] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ B. [Ar] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ E. [Ne] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ C. [Ne] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	D		X	
S27	Diagram orbital 2 buah unsur adalah sebagai berikut. X [Ar] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ Y [Ne] $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ Nomor atom unsur X adalah.... A. 6 C. 17 E. 25 B. 16 D. 24	D		X	
S28	Perhatikan gambar di bawah ini.  Menurut teori atom mekanika kuantum, volume ruang yang memiliki kebolehjadian terbesar menemukan elektron adalah A. Orbital atom C. Bilangan kuantum magnetik E. Awan elektron B. Kulit elektron D. Bilangan kuantum spin	A	X		
S29	 Dua elektron dalam suatu orbital akan berputar pada porosnya dengan arah yang berlawanan. Kesimpulan ini diambil berdasarkan fakta bahwa A. Elektron dapat berpindah kulit. B. Elektron bergerak mengitari inti. C. Daya ikat atom tiap unsur berbeda-beda. D. Setiap unsur memberikan warna spektrum yang berbeda. E. Tidak boleh terjadi tolak menolak antara dua elektron dalam suatu atom.	E	X		

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S33	<p>Unsur Y dalam sistem periodik unsur terletak pada periode dan golongan...</p> <p style="text-align: center;"> X [Ne] $\boxed{\uparrow}$ Y [Ne] $\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow}$ </p> <p>A. IIA, 5 C. IIA, 7 E. VA, 3 B. IIA, 6 D. IVA, 5</p>	E		X	
S34	<p style="text-align: center;">${}_{11}\text{P}^{23} {}_{12}\text{Q}^{24} {}_{17}\text{R}^{35,5}$</p> <p>Konfigurasi elektron dari unsur P adalah... (nomor atom Ne = 10, Ar = 18)</p> <p>A. [Ne] $3s^1$ D. [Ar] $4s^1$ B. [Ne] $4s^1$ E. [Ar] $4s^2 3d^1$ C. [Ar] $3s^1$</p>	A			X
S35	<p>Konfigurasi elektron dari unsur ${}_{12}\text{Q}^{+2}$ jika membentuk ion ditunjukkan pada gambar...</p> <p>A.  C.  E. </p> <p>B.  D. </p>	B		X	
S36	<p>Unsur ${}_{16}\text{T}$ dalam sistem periodik unsur terletak pada golongan dan periode berturut-turut...</p> <p>A. IVA, periode 3 D. VIIA, periode 3 B. VA, periode 2 E. IVB, periode 2 C. VIA, periode 3</p>	C			X
S37	<p>Isotop unsur di bawah ini terdiri dari...</p> <p style="text-align: center;">${}_{13}\text{Al}^{27}$</p> <p>A. 13 proton, 14 elektron, dan 27 neutron B. 13 proton, 13 elektron, dan 27 neutron C. 13 proton, 13 elektron, dan 14 neutron D. 14 proton, 14 elektron, dan 13 neutron E. 27 proton, 27 elektron, dan 14 neutron</p>	C			X

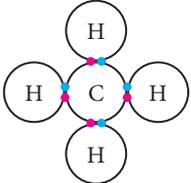
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S38	<p>Berdasarkan reaksi:</p> $aC_5H_{12} + bO_2 \rightarrow cCO_2 + dH_2O$ <p>Maka nilai a, b, c, dan d berturut-turut adalah.....</p> <p>A. 1, 8, 5, 6 D. 2, 8, 5, 6 B. 1, 4, 5, 3 E. 2, 4, 5, 6 C. 1, 8, 5, 3</p>	A			X
S39	<p>Lima unsur dalam satu periode dinyatakan sebagai berikut.</p> <p>(1) Massa atom unsur B lebih kecil daripada unsur C. (2) Keelektronegatifan unsur A lebih besar daripada unsur D tetapi lebih kecil daripada unsur B. (3) Energi ionisasi unsur E lebih kecil daripada unsur D. (4) Jumlah elektron valensi unsur A lebih kecil daripada unsur B.</p> <p>Urutan letak unsur dalam tabel periodik unsur dari kiri ke kanan adalah ...</p> <p>A. A, B, C, D, dan E D. E, D, C, B, dan A B. A, B, C, E, dan D E. E, D, A, B, dan C C. C, E, D, A, dan B</p>	E		X	
S40	<p>Untuk membuat karbon tetraklorida (CCl₄), gas metana (CH₄) direaksikan dengan gas klor (Cl₂) menurut persamaan reaksi:</p> $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$ <p>(belum setara)</p> <p>Berdasarkan reaksi tersebut maka perbandingan mol CCl₄ dan HCl yang dihasilkan adalah.....</p> <p>A. 1 : 1 C. 1 : 4 E. 2 : 5 B. 1 : 2 D. 2 : 3</p>	C			X
S41	<p>Konfigurasi elektron dari unsur X adalah</p> $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$ <p>Unsur tersebut terletak pada...</p> <p>A. golongan IIIA periode 5 D. golongan IIIA periode 4 B. golongan VA periode 5 E. golongan VIA periode 5 C. golongan VA periode 3</p>	B			X

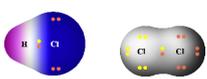
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S42	<p>Jika reaksi di bawah ini disetarakan, maka koefisien HCN dan H₂O berturut-turut adalah.....</p> $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCN}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ <p>A. 2 dan 2 D. 3 dan 6 B. 2 dan 3 E. 2 dan 6 C. 3 dan 2</p>	E			X
S43	<p>Dalam proses pembentukan hidrokarbon, diperlukan 1 mol senyawa hidrokarbon C_xH_y yang bereaksi dengan 5 mol gas oksigen, membentuk 2 mol gas CO₂ dan 4 mol uap air. Senyawa hidrokarbon yang dimaksud adalah.....</p> <p>A. CH₄ C. C₂H₆ E. C₄H₈ B. C₂H₄ D. C₃H₈</p>	E			X
S44	<p>Perhatikan persamaan reaksi di bawah ini</p> $a\text{Cu} + b\text{HNO}_3 \rightarrow c\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$ <p>Jika koefisien H₂O dan NO₂ berturut turut adalah 4 dan 2, maka nilai a, b, dan c adalah.....</p> <p>A. 3, 8, 3 C. 8, 3, 4 E. 8, 4, 2 B. 3, 3, 4 D. 3, 4, 2</p>	A			X
S45	<p>Berdasarkan reaksi: $2\text{Cu}_2\text{S}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$, maka pernyataan di bawah ini yang tidak benar adalah.....</p> <p>A. Jumlah pereaksi lebih banyak dibandingkan hasil reaksi. B. Perbandingan mol antara SO₂ dan O₂ adalah 2 : 3. C. Jumlah atom-atom di kanan tanda panah sama dengan jumlah atom-atom di kiri tanda panah. D. Cu₂S yang bereaksi berupa larutan. E. Terdapat 6 buah atom oksigen di bagian kanan tanda panah.</p>	D			X

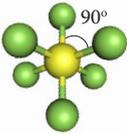
BAB 4

Indikator :

1. Mampu menentukan cara pembentukan ikatan ion, kovalen, dan koordinasi.
2. Mampu menentukan kepolaran ikatan.
3. Mampu menentukan bentuk molekul.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S46	<p>Pasangan senyawa di bawah ini yang merupakan senyawa ion adalah ...</p> <p>A. NaCl dan KBr C. SO₂ dan HCl E. KCl dan HCl B. CH₄ dan NH₃ D. H₂O dan KBr</p>	A			X
S47	<p>Perhatikan contoh pembentukan ikatan kovalen berikut. Pasangan unsur yang membentuk ikatan kovalen adalah ...</p>  <p>A. ¹⁷X dan ¹¹Y D. ²⁰M dan ¹⁶T B. ¹²P dan ¹⁷Q E. ¹⁹A dan ³⁵B C. ⁶R dan ¹⁷Q</p>	C	X		
S48	<p>Suatu senyawa dengan rumus molekul XY. Jika konfigurasi elektron atom X: 1s² 2s² 2p⁶ 3s² dan konfigurasi elektron atom Y: 1s² 2s² 2p⁴, maka XY mempunyai ikatan ...</p> <p>A. Kovalen polar C. Kovalen koordinasi E. Logam B. Kovalen non polar D. Elektrovalen</p>	D			X
S49	<p>Nomor atom unsur P, Q, R, dan S adalah 6, 9, 11, dan 18. Pasangan unsur-unsur yang diharapkan dapat membentuk ikatan ion adalah ...</p> <p>A. P dan Q C. Q dan S E. P dan S B. R dan Q D. S dan R</p>	B			X
S50	<p>Deretan senyawa berikut ini tergolong senyawa kovalen, <i>kecuali</i> ...</p> <p>A. HF, HCl, HI D. Li₂O, CaO, MgO B. BH₃, BF₃, CO₂ E. IF₅, CCl₄, CF₄ C. H₂O, NH₃, CO₂</p>	D			X

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda												
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik										
S51	 <p>Di antara senyawa berikut yang bukan molekul kovalen polar adalah ...</p> <p>A. HCl C. NH₃ E. PCl₃ B. NaCl D. H₂O</p>	B		X											
S52	<p>Di antara senyawa berikut yang paling polar adalah ...</p> <p>A. HF C. F₂ E. HI B. HCl D. HBr</p>	A			X										
S53	<p>Diketahui nomor atom H = 1, C=6, N = 7, O = 8, P=15, dan Cl =17. Senyawa berikut mengikuti aturan oktet, kecuali ...</p> <p>A. CHCl₃ C. H₂O E. PCl₅ B. NH₃ D. CH₄</p>	E			X										
S54	<p>Unsur X mempunyai nomor atom 20. Senyawa garamnya bila dipanaskan akan menghasilkan gas yang dapat mengeruhkan air barit. Rumus senyawa tersebut adalah ...</p> <p>A. X₂SO₄ C. X₂CO₃ E. XCl₂ B. XSO₄ D. XCO₃</p>	D	X												
S55	<p>Cermati tabel berikut !</p> <p style="text-align: center;">Unsur Konfigurasi Elektron</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>P</td> <td>2. 2</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>2. 8</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>2. 8. 1</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>2. 8. 6</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>2. 8. 7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabel di atas menunjukkan konfigurasi elektron unsur P, Q, R, S, dan T. Unsur yang paling mudah menangkap 1 elektron adalah ...</p> <p>A. P C. R E. T B. Q D. S</p>	P	2. 2	Q	2. 8	R	2. 8. 1	S	2. 8. 6	T	2. 8. 7	E			X
P	2. 2														
Q	2. 8														
R	2. 8. 1														
S	2. 8. 6														
T	2. 8. 7														
S56	<p>Atom ${}_{15}\text{P}$ akan mencapai kestabilan dengan cara ...</p> <p>A. Menangkap 1 elektron D. Melepas 3 elektron B. Melepas 2 elektron E. Menangkap 3 elektron C. Menangkap 2 elektron</p>	E			X										

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S57	<p>Pasangan unsur yang membentuk ikatan kovalen adalah....</p> <p>A. ${}_{17}\text{X}$ dan ${}_{11}\text{Y}$ D. ${}_{20}\text{M}$ dan ${}_{16}\text{T}$ B. ${}_{12}\text{P}$ dan ${}_{17}\text{Q}$ E. ${}_{19}\text{A}$ dan ${}_{35}\text{B}$ C. ${}_{6}\text{R}$ dan ${}_{17}\text{Q}$</p>	C			X
S58	<p>Kulit terluar atom pusat suatu molekul mempunyai 6 pasang elektron yang terdiri dari 4 pasang elektron terikat dan 2 pasang elektron bebas. Bentuk molekulnya adalah..</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <p>A. Oktahedron D. Linier B. Tetrahedron E. Trigonal bipiramida C. Segitiga planar</p> </div> </div>	A		X	
S59	<p>Molekul unsur berikut yang mempunyai ikatan kovalen rangkap tiga adalah</p> <p>A. H_2 (nomor atom H = 1) D. Cl_2 (nomor atom Cl = 17) B. F_2 (nomor atom F = 9) E. N_2 (nomor atom N = 7) C. O_2 (nomor atom O = 8)</p>	E			X
S60	<p>Senyawa dalam kehidupan sehari-hari yang dapat larut dalam air adalah...</p> <p>A. NaCl D. NH_3 B. CCl_4 E. Cl C. HCl</p>	A	X		

BAB 5

Indikator :

1. Mampu menjelaskan tentang pembentukan ikatan koordinasi dan senyawa kompleks.
2. Mampu menamai beberapa jenis senyawa kompleks.
3. Mampu menjelaskan teori ikatan valensi dalam sistem kompleks.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S61	Rumus kimia dari Timah(IV) klorida adalah...				
	A. Sn_4Cl C. SnCl_2 E. Sn_2Cl B. SnCl_4 D. SnCl	B			X
S62	Rumus kimia senyawa difosforus pentaoksida adalah				
	A. 2FO_5 C. 2PO_5 E. $2\text{P}_2\text{O}_5$ B. F_2O_5 D. P_2O_5	D	X		
S63	Nama senyawa yang tepat untuk Fe_2O_3 pada karat besi adalah..				
	A. Besi oksida D. Besi (II) oksida B. Dibesi trioksida E. Besi (III) oksida C. Besi dioksida	E	X		
S64	Rumus kimia dari Timah(IV) klorida adalah				
	A. Sn_4Cl C. SnCl_2 E. Sn_2Cl B. SnCl_4 D. SnCl	B			X
S65	Nama yang benar untuk senyawa $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah				
	A. Besi sulfida C. Besi (III) sulfat E. Besi sulfat B. Besi sulfida D. Besi (II) sulfat	C			X
S66	Unsur transisi yang memiliki bilangan oksidasi nol terdapat pada senyawa				
	A. $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ C. $\text{Ni}(\text{CO})_4$ E. $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_3$ B. $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6\text{SO}_4$ D. $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6(\text{OH})_3$	C			X

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S68	<p>Pada reaksi pembentukan kompleks berikut.</p> $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{CN}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ <p>Ikatan antara atom pusat dan ligan adalah</p> <p>A. logam B. ionik C. kovalen polar D. kovalen koordinasi E. van der Waals</p>	D			X
S69	<p>Bilangan koordinasi seng dalam ion diauotetrahidroksoseng(II), $[\text{Zn}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ adalah</p> <p>A. 2 B. 3 C. 4 D. 5 E. 6</p>	A			X
S70	<p>Ion kompleks berikut yang namanya tidak tepat adalah</p> <p>A. $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$: ion tetrasianonikelat(II) B. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$: ion diaminargentat(I) C. $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$: ion heksaa uokobalt(III) D. $[\text{PtCl}_6]^{2-}$: ion heksakloroplatinat(IV) E. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$: ion diklorotetramin kobalt(III)</p>	B			X

BAB 6

Indikator :

1. Mampu menjelaskan definisi stoikiometri dan konsep mol.
2. Mampu memahami dan memecahkan soal tentang stoikiometri dan reaksi pembatas, hasil nyata, hasil teoritis, dan persentase hasil.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S71	Supaya reaksi $a \text{Al}_2\text{S}_3 + b \text{H}_2\text{O} + c \text{O}_2 \rightarrow d \text{Al}(\text{OH})_3 + e \text{S}$ menjadi reaksi setara, maka harga koefisien reaksi a, b, c, d, dan e berturut-turut adalah	A			X
S72	Pada suhu dan tekanan tertentu, 2 liter gas nitrogen mengandung n molekul gas nitrogen. Pada suhu dan tekanan yang sama, jumlah molekul gas oksigen yang volumenya 10 liter adalah	E			X
S73	<p>Sebanyak 11,2 gram serbuk besi (Fe) dipanaskan secara sempurna dengan 6,4 gram serbuk belerang (S), sesuai reaksi:</p> $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$  <p style="text-align: center;">Besi Sulfur Besi Sulfida</p> <p>Senyawa besi(II) sulfida (FeS) yang terbentuk sebanyak (Ar Fe: 56, Ar S:32)</p>	D		X	
	<p>.....</p> <p>A. 6,4 gram</p> <p>B. 11,2 gram</p> <p>C. 12,8 gram</p> <p>D. 17,6 gram</p> <p>E. 22,4 gram</p>				

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S74	Jika diketahui massa atom relatif H = 1, S = 32, O = 16 dan massa molekul relatif $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 132$, maka massa atom relatif N adalah	C			X
	A. 7 B. 12 C. 14 D. 20 E. 28				
S75	Jumlah mol dari 29,8 gram amonium fosfat $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ (Ar N = 14, H = 1, dan P = 31) adalah	C	X		
	A. 0,05 mol B. 0,15 mol C. 0,20 mol D. 0,25 mol E. 1,10 mol				
S76	Dalam 100 gram senyawa terdapat 40% kalsium, 12% karbon, dan 48% oksigen. Jika Ar Ca = 40, C = 12, dan O = 16, maka rumus empiris senyawa tersebut adalah	C			X
	A. CaCO B. CaCO ₂ C. CaCO ₃ D. Ca ₂ CO ₃ E. CaC ₂ O				
S77	Pada senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Ar K = 39, Cr = 52, O = 16), kadar oksigen adalah	C			X
	A. 12% B. 28% C. 38% D. 42% E. 62%				
S78	Suatu senyawa mempunyai rumus empiris $(\text{CH}_2\text{O})_n$ dengan massa molekul relatif 180 (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16). Rumus molekul senyawa tersebut adalah	E			X
	A. CH ₂ O B. C ₂ H ₂ O ₂ C. C ₃ H ₆ O ₃ D. C ₄ H ₆ O ₄ E. C ₆ H ₁₂ O ₆				
S79	Pada kristalisasi 3,19 gram tembaga(II) sulfat (CuSO_4) terbentuk 4,99 gram hidrat $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ (Ar Cu = 63,5, S = 32, O = 16, dan H = 1). Harga x adalah	C			X
	A. 3 B. 4 C. 5 D. 6 E. 7				

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S80	<p>Sejumlah 3,2 gram gas CH₄ dibakar dengan 16 gram O₂ sesuai reaksi:</p> $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(l)$ <p>Jika Ar C = 12, H = 1, dan O = 16, maka massa CO₂ yang terbentuk adalah</p> <p>A. 1,1 gram C. 8,8 gram E. 22 gram B. 2,2 gram D. 11 gram</p>	C			X
S81	<p>Diketahui reaksi:</p> $\text{CaCO}_3(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g)$ <p>Jika 10 gram CaCO₃ direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 1 M, maka massa CaCl₂ (Ar Ca = 40, C = 12, O = 16, dan Cl = 35,5) yang terbentuk adalah</p> <p>A. 22,2 gram C. 5,55 gram E. 2,22 gram B. 11,1 gram D. 4,44 gram</p>	C			X

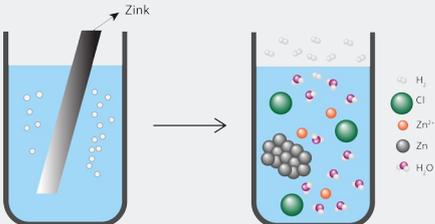
BAB 7

Indikator :

1. Mampu menjelaskan tentang konsep redoks dan elektrokimia.
2. Mampu menentukan biloks.
3. Mampu menjelaskan reaksi kesetimbangan redoks.
4. Mampu menjelaskan peristiwa elektrokimia dan elektrolisis serta aplikasinya pada kehidupan sehari-hari.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S82	Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks menurut konsep pengikatan oksigen? A. $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$ C. $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI}$ E. $\text{Cu}_2^{++} + 2e \rightarrow \text{Cu}$ B. $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ D. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	B			X
S83	Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi reduksi menurut konsep pengikatan oksigen? A. $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ B. $\text{Cl}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$ C. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$ D. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ E. $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{O}_2$	E	X		
S84	Manakah di antara reaksi berikut yang merupakan reaksi redoks menurut konsep transfer elektron? A. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ B. $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI}$ C. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ D. $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ E. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	B		X	
S85	Yang termasuk reaksi oksidasi menurut konsep transfer elektron adalah A. $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{MgSO}_4$ B. $\text{NaCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH}$ C. $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ D. $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$ E. $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$	D			X

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S86	Bilangan oksidasi krom dan selenium dalam senyawa $K_2Cr_2O_7$ dan $SeCl_4$ adalah A. +6 dan +4 B. +6 dan -4 C. +7 dan +4 D. +5 dan -4 E. +3 dan +6	A			X
S87	Bilangan oksidasi atom Mn tertinggi di antara senyawa berikut adalah A. MnO_2 B. Mn_2O_3 C. Mn_3O_4 D. $KMnO_4$ E. K_2MnO_4	D			X
S88	Pada reaksi $2CO + 2NO \rightarrow 2CO_2 + N_2$ Bilangan oksidasi N berubah dari A. +2 ke 0 B. +2 ke +1 C. +3 ke +1 D. +3 ke +2 E. +4 ke 0	A			X
S89	Dalam reaksi berikut: $14CuO + 4NH_3 \rightarrow 2N_2O_4 + 6H_2O + 14Cu$ yang berperan sebagai oksidator adalah A. CuO B. NH_3 C. $2N_2O_4$ D. $6H_2O$ E. O_2	A			X
S90	Perhatikan reaksi redoks berikut: $Sn + 4HNO_3 \rightarrow SnO_2 + 4NO_2 + H_2O$. Yang berperan sebagai reduktor adalah A. Sn B. HNO_3 C. SnO_2 D. NO_2 E. H_2O	A			X
S91	Manakah pernyataan berikut yang tidak tepat? A. Reduksi melibatkan pelepasan elektron. B. Oksidasi melibatkan kenaikan biloks. C. Reduktor adalah zat yang menyebabkan zat lain teroksidasi. D. Dalam reaksi redoks, oksidasi tidak terjadi tanpa reduksi. E. Oksidator adalah zat yang tereduksi.	C	X		

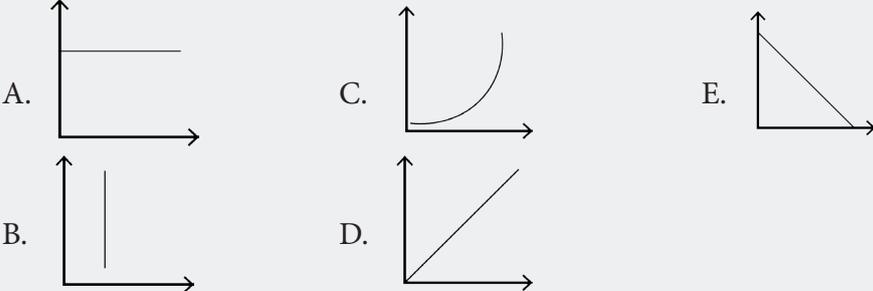
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S92	 <p>Gelembung apakah yang muncul ketika larutan HCl bereaksi dengan logam zink tersebut?</p> <p>A. Hidrogen C. Zink E. Air B. Oksigen D. Nitrogen</p>	A		X	

BAB 8

Indikator :

1. Mampu menyebutkan definisi kinetika reaksi dan orde reaksi.
2. Mampu menjelaskan laju reaksi, orde reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

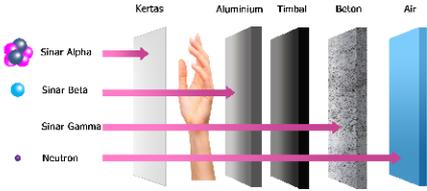
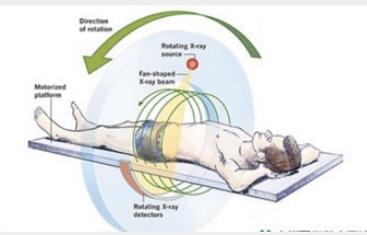
Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S93	<p>Berikut ini peristiwa yang tidak melibatkan reaksi redoks adalah...</p> <p>A. Perkaratan pagar besi yang berada di tempat lembab. B. Permukaan panci aluminium yang awet dan mengilat. C. Cat pada benda yang lama lama kelihatan memudar. D. Sendok perak yang awet mengilat. E. Reaksi dalam baterai yang sedang digunakan.</p>	D	X		
S94	<p>Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi karena ...</p> <p>A. Kenaikan suhu akan menyebabkan konsentrasi pereaksi meningkat. B. Frekuensi tumbukan semakin tinggi. C. Dalam reaksi kimia suhu berperan sebagai katalisator. D. Kenaikan suhu akan mengakibatkan turunnya energi aktivasi. E. Energi kinetik partikel-partikel yang bereaksi semakin tinggi.</p>	E	X		

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda																																		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik																																
S102	<p>Grafik yang menyatakan reaksi orde satu adalah ...</p> 	B			X																																
S103	<p>Dari percobaan untuk reaksi : $A+B \rightarrow$ produk reaksi adalah sebagai berikut.</p> <table border="1" data-bbox="226 896 1161 1209"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th colspan="2">Zat yang Bereaksi</th> <th rowspan="2">Waktu (detik)</th> <th rowspan="2">Suhu (C°)</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>1 gram serbuk</td> <td>1M</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>1 gram larutan</td> <td>1M</td> <td>10</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>1 gram kepingan</td> <td>1M</td> <td>40</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>1 gram larutan</td> <td>2M</td> <td>5</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>1 gram larutan</td> <td>1M</td> <td>5</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Untuk percobaan 1 dan 4, faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah...</p> <p>A. Konsentrasi dan suhu. B. Suhu dan wujud. C. Luas permukaan sentuh dan konsentrasi. D. Wujud dan konsentrasi. E. Luas permukaan dan suhu.</p>	No.	Zat yang Bereaksi		Waktu (detik)	Suhu (C°)	A	B	1.	1 gram serbuk	1M	20	25	2.	1 gram larutan	1M	10	25	3.	1 gram kepingan	1M	40	25	4.	1 gram larutan	2M	5	25	5.	1 gram larutan	1M	5	25	D	X		
No.	Zat yang Bereaksi		Waktu (detik)	Suhu (C°)																																	
	A	B																																			
1.	1 gram serbuk	1M	20	25																																	
2.	1 gram larutan	1M	10	25																																	
3.	1 gram kepingan	1M	40	25																																	
4.	1 gram larutan	2M	5	25																																	
5.	1 gram larutan	1M	5	25																																	
S104	<p>Partikel terberat yang dipancarkan oleh unsur radioaktif adalah....</p> <p>A. Memancarkan partikel alfa. B. Menambah dan mengurangi neutron dan proton. C. Memancarkan beta positif. D. Memancarkan beta negatif. E. Menangkap elektron oleh inti.</p>	E		X																																	

BAB 9

Indikator :

1. Mampu menjelaskan kestabilan dan peluruhan inti.
2. Mampu menyebutkan jenis-jenis sinar radioaktif.
3. Mampu memahami dan menjelaskan tentang laju peluruhan, waktu paruh, jenis reaksi inti, serta dampak positif dan negatif radioisotop.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S105	<p>Partikel terberat yang dipancarkan oleh unsur radioaktif adalah....</p> <p>A. Memancarkan partikel alfa. B. Menambah dan mengurangi neutron dan proton. C. Memancarkan beta positif. D. Memancarkan beta negatif. E. Menangkap elektron oleh inti.</p>		B	X	
S106	<p>Ada beberapa contoh radioisotop yang digunakan dalam diagnosis, salah satunya $_{75}^{75}\text{Se}$. Apa fungsi dari radio isotop tersebut ?</p>  <p>A. Memancarkan partikel alfa. B. Menambah dan mengurangi neutron dan proton. C. Memancarkan beta positif. D. Memancarkan beta negatif. E. Menangkap elektron oleh inti.</p>	D	X		
S107	<p>Radiasi dapat memberikan dampak negatif pada makhluk hidup. walaupun dalam jumlah yang relatif kecil. Hal yang dapat membuat hal itu terjadi adalah</p> <p>A. Ionisasi B. Pengion C. Pemurnian D. Penguraian E. Pembentukan</p>	A	X		
S108	<p>Untuk mendapatkan unsur baru yang merupakan isobar dari suatu unsur radioaktif, diharapkan radioisotop itu memancarkan partikel....</p> <p>A. $2n, 2p$ B. $2p, 2e$ C. p D. Sinar β E. Sinar α</p>	D		X	

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S109	Bila suatu unsur radioaktif Z sesudah 42 bulan masih tersisa 1/64 bagian dari berat semula, maka dapat dinyatakan bahwa waktu paruh unsur Z adalah.... A. 10 bulan C. 7 bulan E. 5 bulan B. 8 bulan D. 6 bulan	C			X
S110	Radiasi sinar radioaktif mengandung energi, prinsip itu digunakan untuk.... A. Bahan bakar PLTN. B. Mematikan sel kanker. C. Mendeteksi letak kebocoran pipa. D. Memperbaiki mutu bahan. E. Mensterilkan alat kedokteran.	A	X		
S111	Isotop ${}_{298}\text{U}$ merupakan isotop radioaktif yang memancarkan... A. Sinar α C. Sinar γ E. Elektron B. Sinar β D. Positron	E	X		
S112	Suatu contoh bahan radioaktif pada tanggal 1 Juli jam 09.00 WIB dalam alat pencacah menunjukkan hitungan 2400 dps. Pada tanggal 10 Juli jam 09.00 WIB dibaca kembali menunjukkan pembacaan angka 300 dps. Maka waktu paruh isotop radioaktif tersebut adalah... A. 3 hari C. 9 hari E. 15 hari B. 6 hari D. 12 hari	A			X
S113	Proses peluruhan yang memancarkan elektron terjadi pada... A. K, Ar C. Be, Li E. Ca, Be B. C, N D. Sr, Y	C			X

BAB 10

Indikator :

1. Mampu menjelaskan tentang sifat unsur gas mulia, transisi, halogen, oksigen, hidrogen, belerang, dan antimon.
2. Memahami kegunaan dari unsur gas mulia, transisi, halogen, oksigen, hidrogen, belerang, dan antimon.

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Sub-Mikroskopik	Simbolik
S114	Unsur halogen tidak terdapat dalam keadaan bebas di alam, sebab.... A. Halogen bersifat reaktif. B. Unsur halogen sukar bereaksi dengan unsur lain. C. Senyawanya sangat stabil. D. Halogen merupakan gas inert. E. Halogen tidak mungkin terdapat di alam.	A	X		
S115	Unsur logam alkali yang memberikan warna nyala berwarna merah adalah.... A. Natrium C. Kalium E. Barium B. Lithium D. Sesium	B	X		
S116	Unsur transisi yang paling banyak terdapat di dalam kulit bumi adalah ... A. Krom C. Besi E. Tembaga B. Mangan D. Nikel	C	X		
S117	Iodin mudah larut dalam larutan kalium iodida meskipun sukar larut dalam air. Hal itu disebabkan oleh terbentuknya... A. KI^{3-} C. KI^+ E. KI^2 B. KI^{2-} D. KI^3	D	X		

Kode Soal	Soal	Jawaban	Representasi Ganda		
			Makroskopik	Mikroskopik	Simbolik
S125	Jari-jari $_{12}\text{Mg}$ lebih kecil daripada $_{11}\text{Na}$. Hal itu disebabkan oleh...				
	A. Jumlah kulit Mg lebih sedikit daripada Na.				
	B. Jumlah subkulit Mg lebih sedikit daripada Na.				
	C. Jumlah elektron Mg lebih sedikit daripada Na.				
	D. Jumlah proton dalam inti Mg lebih banyak daripada Na.	D		X	
	E. Jumlah proton dalam inti Mg lebih sedikit daripada Na.				

BIODATA PENULIS



Dr. Wati Sukmawati, M.Pd, lahir di Indramayu 13 Maret 1986. Setelah lulus dari SDN Dukuh Jeruk 2, SMPN 1 Karang Ampel Indramayu, dan SMA Negeri 6 Cirebon, penulis lalu melanjutkan kuliah di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia, lulus tahun 2008. Selanjutnya menempuh studi S2 di Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia, lulus tahun 2014, dan S3 di Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia, lulus tahun 2022. Saat ini penulis tercatat sebagai salah satu dosen aktif di program studi PGSD FKIP Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Prof. Dr. R. Asep Kadarohman, M.Si, lahir di Bandung 9 Mei 1963. Setelah lulus dari SDN No.VIII, SMPN, dan SMAN di Cicalengka lalu melanjutkan kuliah di Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Bandung, lulus tahun 1986. Untuk memperdalam keilmuan di bidang Kimia Organik pada tahun 1991, penulis mengambil matrikulasi S2 dan melanjutkan studi S2 dan S3 di UGM, lulus tahun 2003 dalam bidang Kimia Organik dengan fokus riset minyak atsiri. Sebagai dampak dari berbagai riset dan publikasi dalam bidang Kimia Organik khususnya kimia minyak atsiri, pada tahun 2011 memperoleh jabatan fungsional Profesor dalam bidang Kimia Organik. Dalam upaya membarui pengetahuan dalam bidang kimia, penulis tercatat sebagai anggota Himpunan Kimia Indonesia dan *American Chemical Society*.

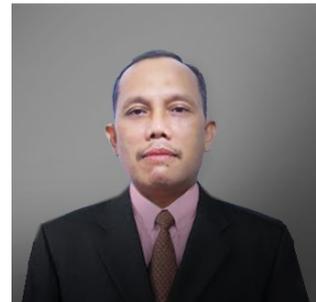


Dr. rer.nat.Omay Sumarna, M.Si, lahir di Tasikmalaya, 10 April 1964, menamatkan Pendidikan sarjana di IKIP Bandung tahun 1988 pada Jurusan Pendidikan Kimia. Tahun 1989 diangkat jadi dosen di Jurusan Pendidikan Kimia IKIP Bandung (sekarang menjadi Universitas Pendidikan Indonesia). Pendidikan S2 diselesaikan di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada Jurusan Kimia dan mengambil spesialisasi Kimia Fisika. Melalui Program PGSM dari Depdiknas, Pa Omay (demikian biasa dipanggil) menyelesaikan studi S3 di TU Freiberg, Jerman dengan disertasi berjudul *Physikalisch-chemische Charakterisierung von ausgewählten supramolekularen*

Biodata Penulis

Kristalleinschlussverbindungen dengan Yudisium Magna Cumlaude. Beberapa buku yang pernah ditulisnya antara lain Buku Kimia SMA kelas 1, 2, dan 3, Buku Kimia Fisika 1 dan Kimia Dasar yang diterbitkan Universitas Terbuka. Saat ini penelitian yang sedang ditekuni bertema pembelajaran kontekstual dengan model Project based Learning, dan telah melahirkan beberapa artikel dan dipresentasikan secara nasional maupun internasional. Saat ini Pak Omay di Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI mengampu mata kuliah Kimia Fisika 1, Kimia Fisika 2, Kimia Fisika 3, Struktur dan Ikatan Kimia, Radiokimia dan Kimia Inti, Manajemen Pelatihan dalam Pendidikan Kimia, dan Kapita Selekta Kimia Fisika untuk program S2. Mulai tahun 2021 pak Omay dipercaya untuk menjabat sebagai Kepala Divisi Pusat Unggulan Universitas pada Direktorat Inovasi dan Pusat Unggulan Universitas UPI.

Prof. Dr. päd. Wahyu Sopandi, M.A., lahir di Ciamis, 25 Mei 1966. Penulis memiliki latar belakang pendidikan SDN 13, SMP PGRI, dan SMAN I Banjar. Selanjutnya melanjutkan pendidikan S1 di Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Bandung, lulus tahun 1989. Berikutnya setelah lulus, melanjutkan studi S2 di Educational Theory and Practices, Early and Middle Childhood Education, College of Education, Ohio State University Columbus, Ohio USA lulus tahun 1995 dan studi S3 di Chemistry Education, Fachbereich Chemie und Pharmazie, University of Muenster Jerman dan lulus pada tahun 2004. Sebagai dampak dari berbagai riset dan publikasi dalam bidang pendidikan kimia, pada tahun 2021 memperoleh jabatan fungsional Profesor dalam bidang Pendidikan Kimia.



 **BINTANG**
SEMESTA MEDIA

Jl. Karang Sari, Gg. Nakula, Sleman, Yogyakarta 57773
Telepon: (0274) 4359369 WA: 0858 6534 2317
Email: redaksi**bintang**pustaka@gmail.com
Website: bintangpustaka.com



ISBN 978-623-5472-95-9



9 786235 472959