



KIMIA FISIKA I

Buku ajar Kimia Fisika 1 merupakan buku rujukan yang mengkaji tentang energetika (ilmu yang berkaitan dengan studi tentang energi, perpindahan energi, transformasi energi, dan cara energi digunakan dalam berbagai konteks), konsep-konsep, prinsip, dan pendekatan energetika. Mahasiswa diharapkan dapat memahami penggunaan satuan dasar, sifat-sifat gas ideal dan nyata, konsep dasar termodinamika (panas, energi, termokimia dan entropi), konsep dasar kesetimbangan, kaedah kesetimbangan fasa satu komponen dan sistim terbuka, kesetimbangan fasa multikomponen dan larutan, dan kesetimbangan elektrokimia.



Penerbit:
CV. Science Tech Group

Anggota IKAPI
No. 008/Sultra/2024

Jl. Findayani Indah, B/4, Kel. Wundudopi, Kec.
Baruga, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara
+6289508163057

scitechtech.group23@gmail.com

<https://scitechgrup.com/>

ISBN 978-623-10-4276-7



9 786231 042767

KIMIA FISIKA I



KIMIA FISIKA I

Muhammad Zakir Muzakkar
La Ode Agus Salim

Editor:
La Ode Ahmad, M.Si., Ph.D.

Kimia Fisika 1

Muhammad Zakir Muzakkar
La Ode Agus Salim



Penerbit

CV. Science Tech Group

Kimia Fisika 1

Tim Penulis:

Muhammad Zakir Muzakkar
La Ode Agus Salim

ISBN:

978-623-10-4276-7

Editor:

La Ode Ahmad, M.Si., Ph.D.

Penata Letak & Desain Sampul:

Andi Musdalifah

Cetakan pertama:

Oktober 2024

Hak Cipta 2024, pada Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

Penerbit:

CV. Science Tech Group

Anggota IKAPI No. 008/SULTRA/2024

Redaksi:

Jl. Findayani Indah, B/4, Kel. Wundudopi, Kec. Baruga
Kota Kendari, Sulawesi Tenggara

Email: sciencetech.group23@gmail.com

Website: <https://scitechgrup.com/>

Instagram: @scitech.group

KATA PENGANTAR

Buku ajar Kimia Fisika 1 merupakan buku yang mengkaji tentang energetika (ilmu yang berkaitan dengan studi tentang energi, perpindahan energi, transformasi energi, dan cara energi digunakan dalam berbagai konteks), konsep-konsep, prinsip, dan pendekatan energetika. Pembaca diharapkan dapat memahami penggunaan satuan dasar, sifat-sifat gas ideal dan nyata, konsep dasar termodinamika (panas, energi, termokimia dan entropi), konsep dasar kesetimbangan, kaedah kesetimbangan fasa satu komponen dan sistem terbuka, kesetimbangan fasa multi-komponen dan larutan, dan kesetimbangan elektrokimia.

Buku ini mempunyai tiga tujuan pokok yaitu dari segi kognitif, psikomotor, dan afektif. Penulis menyadari bahwa buku ini jauh dari sempurna dan lengkap tetapi kami mengharapkan sudah dapat memberi bantuan seperlunya bagi para peminat dan mahasiswa dalam memperoleh pengetahuan dan pemahaman dalam bidang ilmu kimia dan aplikasi kimia yang relevan. Kami sangat menghargai segala bentuk kritik, saran, dan umpan balik yang dapat digunakan untuk menyempurnakan buku ini di masa yang akan datang. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat yang besar bagi seluruh pembaca dan menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu kimia di Indonesia.

Kendari, Oktober 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	III
DAFTAR ISI.....	IV
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL	XII
PENDAHULUAN.....	1
A. Tujuan Pembelajaran Umum.....	1
B. Ringkasan Perkuliahan	1
C. Pokok Bahasan	3
D. Tagihan.....	3
E. Pertemuan, Tugas Individu (Kelompok), Pokok Bahasan, dan Rujukan	4
F. Referensi.....	5
G. Pelaksanaan Perkuliahan	6
TABEL PERIODIK UNSUR.....	8
KONSTANTA FISIKA	9
FAKTOR KONVERSI SATUAN	10
BAB 1. GAS (IDEAL DAN NYATA)	11
A. Tujuan Pembelajaran Umum.....	11
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	11
C. Pokok Bahasan	12
D. Sub Pokok Bahasan	12
E. Skenario Pembelajaran.....	12
F. Uraian Materi Kuliah.....	16
1.1 Beberapa Satuan Penting.....	16
1.2 Hukum Gas Ideal.....	17
1.3 Campuran Gas	22
1.4 Gas Nyata.....	25
G. Referensi.....	34
H. Soal-Soal Bab 1	35

BAB 2. ENERGI, PANAS, HUKUM I

TERMODINAMIKA DAN TERMOKIMIA	42
A. Tujuan Pembelajaran Umum	42
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	42
C. Pokok Bahasan	43
D. Sub Pokok Bahasan	43
E. Skenario Pembelajaran	44
F. Uraian Materi Kuliah.....	48
2.1 Panas (q), Kerja (W), dan Energi Dalam (ΔU)	48
2.2 Kalorimeter dan Termokimia	53
2.3 Hubungan ekspansi/kompresi; perhitungan q , W , ΔU , ΔH , ΔT untuk gas ideal.....	57
G. Referensi.....	64
H. Soal-soal Bab 2.....	65
BAB 3. ENTROPI, HUKUM II DAN III	
TERMODINAMIKA	75
A. Tujuan Pembelajaran Umum	75
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	75
C. Pokok Bahasan	76
D. Sub Pokok Bahasan	76
E. Skenario Pembelajaran	77
F. Uraian Materi	82
3.1. Arah Kespontanan Sistem	82
3.2. Siklus Carnot.....	84
3.3. Perhitungan Entropi.....	89
3.4. Entropi Campuran	90
3.5. Hukum III Termodinamika.....	91
3.6. Energi Gibbs	92
3.7. Ketergantungan Suhu Terhadap G	96
3.8. Aplikasi Hukum I, II dan III Termodinamika	97
G. Referensi.....	99
H. Soal-soal Bab 3.....	100

BAB 4. KESETIMBANGAN KIMIA, KESETIMBANGAN FASA SATU KOMPONEN DAN SISTEM TERBUKA	107
A. Tujuan Pembelajaran Umum.....	107
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	107
C. Pokok Bahasan	108
D. Sub Pokok Bahasan	108
E. Skenario Pembelajaran.....	109
F. Uraian Materi	114
4.1 Tetapan Kesetimbangan (K).....	114
4.2 Kesetimbangan Heterogen	119
4.3 Ketergantungan Tetapan Kesetimbangan (K) Terhadap Temperatur (T).....	120
4.4 Ketergantungan K Terhadap Tekanan (p)	122
4.5 Sifat-sifat Molar Parsial	124
4.6 Kesetimbangan Fasa I: Sistem Satu Komponen (zat tunggal).....	126
4.7 Transisi Fasa, Diagram V-T, H-T, S-T dan μ -T	132
G. Referensi.....	134
H. Soal-soal Bab 4.....	135
BAB 5. KESETIMBANGAN FASA MULTI KOMPONEN DAN SIFAT KOLIGATIF LARUTAN	145
A. Tujuan Pembelajaran Umum.....	145
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	145
C. Pokok Bahasan	146
D. Sub Pokok Bahasan	146
E. Skenario Pembelajaran	147
F. Uraian Materi	153
5.1 Kesetimbangan Fasa Dua Komponen.....	153
5.2 Kesetimbangan Fasa Tiga Komponen	164
5.3 Sifat-Sifat Koligatif.....	167
G. Referensi.....	175

H. Soal-soal Bab 5.....	176
BAB 6. KESETIMBANGAN ELEKTROKIMIA	185
A. Tujuan Pembelajaran Umum.....	185
B. Tujuan Pembelajaran Khusus	185
C. Pokok Bahasan	186
D. Sub Pokok Bahasan	186
E. Skenario Pembelajaran.....	187
F. Uraian Materi	192
6.1 <i>Sel Elektrokimia</i>	192
6.2 <i>Sel Elektrokimia, Perjajian Untuk Potensial</i> <i>Sel</i>	194
6.3 <i>Persamaan Nernst</i>	202
6.4 <i>Pengaruh temperatur pada ΔE</i>	205
6.5 <i>Beberapa Elektroda Umum</i>	206
6.6 <i>Tipe Sel Elektrokimia</i>	208
6.7 <i>Kajian Khusus: Baterai</i>	209
G. Referensi.....	216
H. Soal-soal Bab 6.....	216
PROFIL PENULIS.....	223

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Variasi faktor kompresi, Z , dengan tekanan beberapa gas pada 0°C	27
Gambar 1. 2.	Faktor kompresi, Z , mendekati 1 pada tekanan rendah, namun mencapai kemiringan yang berbeda.....	27
Gambar 1. 3.	Percobaan Isoterm gas CO_2 Van der Waals 1.13. Isoterm kritis pada suhu $31,04^{\circ}\text{C}$	31
Gambar 1. 4.	Isoterm Van der Waals menunjukkan hubungan antara tekanan dan volume molar CO_2 pada suhu yang ditunjukkan.	31
Gambar 1. 5.	Faktor kompresi empat gas (Nitrogen, metana, propana, dan etana) diplot menggunakan variabel tereduksi..	32
Gambar 1. 6.	Permukaan keadaan yang mungkin diperbolehkan oleh persamaan van der Waals	34
Gambar 1. 7.	Isoterm Van der Waals pada beberapa nilai T/T_c	34
Gambar 2. 1.	Ilustrasi kerja piston dalam silinder	49
Gambar 2. 2.	Sistem komposit yang terisolasi tercipta di mana lingkungan sekitar sistem dibatasi luasnya. Dinding yang mengelilingi bagian dalam air bersifat kaku.....	54
Gambar 2. 3.	Proses ekspansi isothermal reversibel...	59

Gambar 2. 4.	Proses Isobarik Isotermal	61
Gambar 3. 1.	Dalam siklus termodinamika, perubahan keseluruhan fungsi keadaan.	83
Gambar 3. 2.	Arah perubahan spontan bola yang memantul di atas lantai.	83
Gambar 3. 3.	Mesin uap sederhana model imajiner Carnot.....	85
Gambar 3. 4.	Siklus Carnot.....	87
Gambar 4. 1.	Energi Gibbs pada reaksi kimia	115
Gambar 4. 2.	Plot persamaan van't Hoff.	121
Gambar 4. 3.	Volume molar parsial air dan etanol pada temperatur 25 °C.	125
Gambar 4. 4.	Daerah khas dari satu-diagram fasa komponen.....	128
Gambar 4. 5.	Diagram fasa parsial kualitatif (tekanan versus suhu) H ₂ O.....	130
Gambar 4. 6.	Diagram fasa eksperimental untuk air (H ₂ O).....	131
Gambar 4. 7.	Diagram fasa eksperimental untuk CO ₂	131
Gambar 4. 8.	(a) transisi orde pertama, (b) transisi orde kedua	133
Gambar 5. 1.	Diagram isotherm p-X.	154
Gambar 5. 2.	Diagram titik didih campuran cairan biner (cair-cair)	155
Gambar 5. 3.	Titik didih benzena–toluena	156
Gambar 5. 4.	Beberapa alat distilasi fraksional.	157
Gambar 5. 5.	Wilayah H Rault dan H Henry	158

Gambar 5. 6. Gambaran umum tentang penurunan titik beku dan tekanan uap serta kenaikan titik didih dengan penurunan potensial kimia	160
Gambar 5. 7. Beberapa diagram fasa dua komponen.....	163
Gambar 5. 8. Koordinat segitiga yang digunakan untuk pembahasan sistem tiga komponen.....	164
Gambar 5. 9. Diagram fasa pada temperatur dan tekanan tertentu sistem tiga komponen asam asetat, kloroform, dan air.....	165
Gambar 5. 10. Diagram fasa, pada temperatur dan tekanan tetap untuk sistem ternary $\text{NH}_4\text{Cl}/(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$	166
Gambar 5. 11. Ilustrasi kenaikan titik didih dan penurunan titik beku melalui dua cara berbeda	168
Gambar 5. 12. Tekanan uap suatu cairan murni menunjukkan keseimbangan antara peningkatan ketidakaturan yang timbul dari penguapan dan penurunan ketidakaturan di lingkungan sekitar.....	169
Gambar 5. 13. Kesetimbangan heterogen yang terlibat dalam perhitungan penurunan titik beku.	171
Gambar 5. 14. Kesetimbangan yang terlibat dalam perhitungan tekanan osmotik, Π ,	174

Gambar 5. 15.	Dalam versi sederhana percobaan tekanan osmotik.	174
Gambar 6. 1.	Ketika reaksi spontan terjadi dalam sel galvanik, elektron disimpan dalam satu elektroda.	195
Gambar 6. 2.	Salah satu versi sel Daniell.	195
Gambar 6. 3.	Jembatan garam,.....	196
Gambar 6. 4.	Baterai modern lebih rumit penyusunannya.....	196
Gambar 6. 5.	Dalam sel yang terdiri dari setengah sel dan elektroda hidrogen standar....	206
Gambar 6. 6.	Diagram skematik menunjukkan bagaimana potensi sel reversibel diukur	208
Gambar 6. 7.	Diagram skema sel alkaline.	211
Gambar 6. 8.	Struktur skema baterai litium ion silinder.....	213
Gambar 6. 9.	Potensi sel baterai litium ion versus kepadatan energi per satuan massa ...	214
Gambar 6. 10.	Tegangan sel dalam baterai litium ..	215

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Beberapa satuan SI.....	16
Tabel 1. 2. Keadaan umum variabel-variabel gas dan satuan	18
Tabel 1. 3. Nilai parameter a dan b van der Waals dan parameter kritis beberapa gas.....	29
Tabel 1. 4. Nilai koefisien virial B untuk beberapa gas	31
Tabel 1. 5. Beberapa persamaan keadaan gas.....	33
Tabel 4. 1. Beberapa trasiisi fasa yang umum	132
Tabel 6. 1. Daftar potensial reduksi standar	200



PENDAHULUAN

A. Tujuan Pembelajaran Umum

Setelah mengikuti perkuliahan Kimia Fisika 1, mahasiswa diharapkan dapat:

Memahami prinsip-prinsip dasar Energetika; satuan dasar, sifat-sifat gas ideal dan nyata, hukum-hukum termodinamika (energi, panas, dan entropi) dan aplikasinya dalam ilmu kimia dan industri; kesetimbangan kimia, kesetimbangan fasa satu dan multi-komponen (sistem terbuka) serta larutan, dan kesetimbangan elektrokimia.

B. Ringkasan Perkuliahan

Mata kuliah Kimia Fisika 1 mengkaji konsep-konsep dasar energetika. Energetika adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan studi tentang energi, termasuk sumber-sumber energi, konversi energi, penggunaan energi, efisiensi energi, dan dampak lingkungan dari kegiatan yang terkait dengan energi. Bidang ini mencakup pemahaman tentang bagaimana energi dihasilkan, disimpan, diubah, dan digunakan dalam berbagai konteks, seperti dalam industri, transportasi, teknologi, dan sektor lainnya. Setelah belajar Kimia Fisika 1, mahasiswa diharapkan dapat memahami; tentang satuan-satuan dasar yang sering digunakan

dalam perhitungan terkhusus satuan SI, sifat-sifat gas baik sebagai gas ideal maupun gas nyata, konsep dasar termodinamika dan aplikasinya dalam ilmu kimia, teknik kimia, dan industri, kesetimbangan baik kesetimbangan fisik maupun kesetimbangan kimia, kaedah fase dalam suatu kesetimbangan baik sebagai satu komponen maupun untuk multi komponen, kesetimbangan reaksi redoks dalam elektrokimia. Mata kuliah ini mempunyai tiga tujuan pokok, yaitu dari segi kognitif, segi psikomotorik dan dari segi afektif. Setelah menyelesaikan matakuliah Kimia Fisika 1, mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi:

Kognitif *dapat mengetahui, memahami dan menjelaskan:* prinsip-prinsip dan konsep dasar kajian energetika pada materi Kimia Fisika 1 yang meliputi: satuan dasar dan satuan SI; Gas dan sifat-sifatnya; Energi, Panas, Hukum I Termodinamika, dan termokimia; Entropi dan Hukum II dan III termodinamika; Kesetimbangan Kimia; Kesetimbangan Fasa satu komponen dan system terbuka; Kesetimbangan Fasa multikomponen dan larutan; Kesetimbangan elektro-kimia.

Psikomotorik *dapat menghitung, menyelesaikan, dan menganalisis data:* untuk memahami materi energetika pada mata kuliah Kimia Fisika 1.

Afektif *dapat menerapkan:* pemahaman mata kuliah Kimia Fisika 1 untuk penyelesaian masalah energetika kimia dalam; kehidupan sehari-

hari, penelitian kimia, dan aplikasi bagi masyarakat sains dan teknologi.

C. Pokok Bahasan

Mata kuliah ini mencakup pokok-pokok kajian/bahasan sebagai berikut:

1. Gas; sifat-sifat gas baik gas ideal maupun gas nyata.
2. Energi, Panas, Hukum I termodinamika, dan Termokimia.
3. Entropi, Hukum ke 2 dan 3 termodinamika.
4. Kestimbangan kimia, kestimbangan fasa 1 komponen, dan sistim terbuka.
5. Kestimbangan fasa multikomponen dan larutan.
6. Kestimbangan Elektrokimia

D. Tagihan

1. Kontrak perkuliahan
2. Presensi dalam perkuliahan
3. Penyusunan dan penyajian makalah individual atau kelompok
4. Partisipasi dalam diskusi kelompok atau kelas
5. Penyelesaian tugas secara individu atau kelompok per-bab
6. Ujian tengah semester (UTS) dan
7. Ujian akhir semester (UAS).

E. Pertemuan, Tugas Individu (Kelompok), Pokok Bahasan, dan Rujukan

Pertemuan Ke	Presentasi Individu/ Kelompok	Pokok Bahasan	Sumber
1		Penjelasan dan tanda tangan kontrak kuliah (Pendahuluan)	
2-3		Gas ideal dan Gas nyata	1-10
4-5		Energi, Panas, Hukum I termodinamika, Termokimia	1-10
6-7		Entropi, Hukum II dan III termodinamika, dan latihan soal-soal bab 1 – 3	1-10
8		UTS	
9-10		Keseimbangan kimia, Keseimbangan fasa 1 komponen dan Sistem terbuka	1-10
11-12		Keseimbangan fasa multikomponen dan larutan	1-10

13-15	Elektrokimia dan latihan soal-soal bab 4 – 6.	1-10
16	UAS	

F. Referensi

1. Alberty, R. A., Silbey, R. J., 1992, *Physical Chemistry*, 1st, John Wiley & sons, Inc, New York.
2. Atkins, P. and Paula J., 2010, *Physical Chemistry*, 9th, W. H. Freeman and Company, New York.
3. Ball, D. W., and Baer, T., 2015, *Physical Chemistry*, 2nd, Cengage Learning, California, USA.
4. Castellan, G. W., 1983, *Physical Chemistry*, 3rd, Addison Wesley Publising Company Inc, Menlo Park California.
5. Dogra, S. K., and Dogra, S., 1986, *Physical Chemistry Through Problems*, 8th, New Age International (P) Limited, Publisher, New Delhi, India.
6. Engel, T., Reid, P., and Hehre W., 2013, *Physical Chemistry*, 3rd, Pearson Education, Inc. New York.
7. Levine, I. N., 2009, *Physical Chemistry*, 6th, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
8. Mortimer, R. G., 2008, *Physical Chemistry*, 3rd, Elsevier Academic Press, Printed in Canada.
9. Mortimer, R. G., 2013, *Mathematics for Physical Chemistry*, 4th, Academic Press is an imprint of Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

10. Shillady, D., 2012, *Essentials of Physical Chemistry*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.

G. Pelaksanaan Perkuliahan

1. Setiap mahasiswa harus berpakaian dan berpenampilan rapih sesuai standar universitas, fakultas dan jurusan.
2. Setiap mahasiswa tidak boleh memakai; sandal, sandal sepatu, *T-shirt* apalagi *ballon T-shirt* dan bagi para mahasiswi dilarang berpakaian ketat, mahasiswi muslim sebaiknya menutup aurat sebagaimana perintah dalam agama islam.
3. Menghidupkan budaya keilmuan, berbudi pekerti yang luhur, dan berakhlak mulia sebagaimana penuntut ilmu.
4. Berdoa sebelum memulai perkuliahan oleh ust angkatan/kelas (akan digilir).
5. Batas toleransi kehadiran dalam kelas 15 menit setelah jadwal yang ditentukan atau setelah dosen masuk kelas, terlambat antara 15 – 30 menit hukumannya menghibur kelas, dan setelah 30 menit tidak diperkenankan mengikuti perkuliahan.
6. Bagi mahasiswa yang sakit, harus/wajib menunjukkan surat sakit dari dokter.
7. Bagi mahasiswa izin (tidak dapat ikut perkuliahan) harus ada surat izin dari; jurusan, fakultas, organisasi, kegiatan kepanitian yang akan dihadiri.
8. Sebelum memulai materi perkuliahan, review dengan beberapa pertanyaan terhadap perkuliahan

sebelumnya untuk mengecek kedalaman pemahaman mahasiswa terhadap materi yang lalu.

9. Metode yang digunakan dalam perkuliahan adalah; ceramah, diskusi perorangan atau kelompok, dan penugasan.
10. Sebelum perkuliahan ditutup, review hasil pembelajaran tentang materi perkuliahan yang baru dipelajari dengan.

TABEL PERIODIK UNSUR

Periodic table of the elements

Group	1	2																	18
	I	II																	VIII
	IA	IIA																	VIIA
																			2 He
Period 1	1 H hydrogen 1.0079 1s ¹																		4.00 1s ²
2	3 Li lithium 6.94 2s ¹	4 Be beryllium 9.01 2s ²																	10 Ne
3	11 Na sodium 22.99 3s ¹	12 Mg magnesium 24.31 3s ²																	20.18 2s ² 2p ⁶
4	19 K potassium 39.10 4s ¹	20 Ca calcium 40.08 4s ²	21 Sc scandium 44.96 3d ¹ 4s ²	22 Ti titanium 47.87 3d ² 4s ²	23 V vanadium 50.94 3d ³ 4s ²	24 Cr chromium 52.00 3d ⁴ 4s ¹	25 Mn manganese 54.94 3d ⁵ 4s ²	26 Fe iron 55.84 3d ⁶ 4s ²	27 Co cobalt 58.93 3d ⁷ 4s ²	28 Ni nickel 58.69 3d ⁸ 4s ²	29 Cu copper 63.55 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn zinc 65.41 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga gallium 69.72 4s ² 4p ¹	32 Ge germanium 72.64 4s ² 4p ²	33 As arsenic 74.92 4s ² 4p ³	34 Se selenium 78.96 4s ² 4p ⁴	35 Br bromine 79.90 4s ² 4p ⁵	36 Kr krypton 83.80 4s ² 4p ⁶	
5	37 Rb rubidium 85.47 5s ¹	38 Sr strontium 87.62 5s ²	39 Y yttrium 88.91 4d ¹ 5s ²	40 Zr zirconium 91.22 4d ² 5s ²	41 Nb niobium 92.91 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo molybdenum 95.94 4d ⁵ 5s ¹	43 Tc technetium (98) 4d ⁵ 5s ²	44 Ru ruthenium 101.07 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh rhodium 102.90 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd palladium 106.42 4d ¹⁰	47 Ag silver 107.87 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd cadmium 112.41 4d ¹⁰ 5s ²	49 In indium 114.82 5s ² 5p ¹	50 Sn tin 118.71 5s ² 5p ²	51 Sb antimony 121.76 5s ² 5p ³	52 Te tellurium 127.60 5s ² 5p ⁴	53 I iodine 126.90 5s ² 5p ⁵	54 Xe xenon 131.29 5s ² 5p ⁶	
6	55 Cs cesium 132.91 6s ¹	56 Ba barium 137.33 6s ²	57 La lanthanum 138.91 5d ¹ 6s ²	72 Hf hafnium 178.49 5d ² 6s ²	73 Ta tantalum 180.95 5d ³ 6s ²	74 W tungsten 183.84 5d ⁴ 6s ²	75 Re rhenium 186.21 5d ⁵ 6s ²	76 Os osmium 190.23 5d ⁶ 6s ²	77 Ir iridium 192.22 5d ⁷ 6s ²	78 Pt platinum 195.08 5d ⁹ 6s ¹	79 Au gold 196.97 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg mercury 200.59 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl thallium 204.38 6s ² 6p ¹	82 Pb lead 207.2 6s ² 6p ²	83 Bi bismuth 208.98 6s ² 6p ³	84 Po polonium (209) 6s ² 6p ⁴	85 At astatine (210) 6s ² 6p ⁵	86 Rn radon (222) 6s ² 6p ⁶	
7	87 Fr francium (223) 7s ¹	88 Ra radium (226) 7s ²	89 Ac actinium (227) 6d ¹ 7s ²	104 Rf rutherfordium (261) 6d ⁴ 7s ²	105 Db dubnium (262) 6d ⁵ 7s ²	106 Sg seaborgium (266) 6d ⁶ 7s ²	107 Bh bohrium (264) 6d ⁷ 7s ²	108 Hs hassium (277) 6d ⁸ 7s ²	109 Mt meitnerium (268) 6d ⁹ 7s ²	110 Ds darmstadtium (271) 6d ¹⁰ 7s ²	111 Rg roentgenium (272) 6d ¹⁰ 7s ²	112 ? copernicium ? 6d ¹⁰ 7s ²	113	114	115	116	117	118	
6	58 Ce cerium 140.12 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 Pr praseodymium 140.91 4f ³ 6s ²	60 Nd neodymium 144.24 4f ⁴ 6s ²	61 Pm promethium (145) 4f ⁵ 6s ²	62 Sm samarium 150.36 4f ⁶ 6s ²	63 Eu europium 151.96 4f ⁷ 6s ²	64 Gd gadolinium 157.25 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb terbium 158.93 4f ⁹ 6s ²	66 Dy dysprosium 162.50 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho holmium 164.93 4f ¹¹ 6s ²	68 Er erbium 167.26 4f ¹² 6s ²	69 Tm thulium 168.93 4f ¹³ 6s ²	70 Yb ytterbium 173.04 4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu lutetium 174.97 5d ¹ 6s ²	Lanthanoids (lanthanides)				
7	90 Th thorium 232.04 6d ² 7s ²	91 Pa protactinium 231.04 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U uranium 238.03 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np neptunium (237) 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu plutonium (244) 5f ⁶ 7s ²	95 Am americium (243) 5f ⁷ 7s ²	96 Cm curium (247) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk berkelium (247) 5f ⁹ 7s ²	98 Cf californium (251) 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es einsteinium (252) 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm fermium (257) 5f ¹² 7s ²	101 Md mendelevium (258) 5f ¹³ 7s ²	102 No nobelium (259) 5f ¹⁴ 7s ²	103 Lr lawrencium (262) 6d ¹ 7s ²	Actinoids (actinides)				

Molar masses (atomic weights) quoted to the number of significant figures given here can be regarded as typical of most naturally occurring samples.

PROFIL PENULIS



Muhammad Zakir Muzakkar

lahir dan besar di Larompong (Kab. Luwu) Sulawesi Selatan pada tanggal 17 Maret 1968. Pendidikan formal diselesaikan di kota kelahiran sampai jenjang SMA. Gelar sarjana (Drs) diperoleh dari Jurusan Pendidikan Kimia IKIP Ujung Pandang (1992). Magister Sains (M.Si) diperoleh dari Jurusan Kimia ITB Bandung (1996) dan Pendidikan strata tiga (S3) diselesaikan di Jurusan Fisik Gunaan dengan bidang kajian material sains “*metal-polymer-laminate*”, Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM, 2014). Sejak tahun 1997 sampai sekarang 2024 mengajar di universitas halu oleo (UHO) pada mata kuliah pokok bidang kimia fisik dan dilantik menjadi guru besar dengan bidang yang sama (kimia fisika) tahun 2024. Selain mengajar, juga aktif riset bersama mahasiswa dan “tim riset titanium” pada bidang kajian material komposit, nanopartikel dan aplikasinya sebagai fotokatalitik, sensor, baterai, DSSC, PSC dan lain-lain.



La Ode Agus Salim, S.Si., M.Si., lahir di Kupang, 14 Agustus 1995 merupakan Dosen Kimia Analitik di Institut Sains Teknologi dan Kesehatan (ISTEK) ‘Aisyiyah Kendari. Menyelesaikan kuliah S1 di Universitas Halu Oleo (2017), S2 di Universitas Halu Oleo (2020) dengan melalui program “*Joint Research and Collaboration Program*” di Universiti Kebangsaan Malaysia (2019). Saat ini penulis sedang melanjutkan S3 (Doktoral) program “*By Research*” di Universitas Hasanuddin. Fokus kajian riset yaitu pemanfaatan material semikonduktor sebagai sensor elektrokimia dan solar cell.