

EDITOR
Dr. R. Agus Wibowo S., S.Si., M.Sc.
dr. Fika Tri Anggraini, M.Sc., Ph.D.



BIOKIMIA GIZI

Fatmawati | Fathma Syahbanu | Siti Raudah | Najmah | Sri Supadmi
Nina Indriyani Nasruddin | Fhahri Mubarak | Ayu Puspitasari | Dessy Arisanty
Bambang Supriyanta | Rauza Sukma Rita



BIOKIMIA GIZI

Buku bunga rampai Biokimia Gizi ini disusun sebagai bahan bacaan bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi di bidang kesehatan yang ingin mempelajari lebih lanjut tentang bidang biokimia gizi yang sedang berkembang pesat. Buku ini berisi kumpulan tulisan dari para ahli di bidang biokimia gizi yang membahas berbagai topik, mulai dari Pengertian, Tujuan, dan Ruang Lingkup Biokimia Gizi

Buku Biokimia Gizi yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 10 bab, yaitu :

BAB 1 Pengertian, Tujuan, dan Ruang Lingkup Biokimia Gizi

BAB 2 Peran Enzim dalam Metabolisme

BAB 3 Metabolisme Karbohidrat dan Analisis Biokimianya dalam Darah dan Urin

BAB 4 Metabolisme Protein dan Analisis Biokimianya dalam Darah dan Urin

BAB 5 Metabolisme Lemak dan Analisis Biokimianya dalam Darah

BAB 6 Metabolisme Vitamin dan Analisis Biokimianya dalam Darah

BAB 7 Metabolisme Mineral dan Analisis Biokimianya dalam Darah

BAB 8 Metabolisme Nukleotida, Purin dan Pirimidin serta Kaitannya secara Klinis

BAB 9 Dasar-dasar Mutasi Genetik dan Kanker

BAB 10 Nilai-nilai Biokimia Darah dan Urin

BAB 11 *Current Issue* Biokimia Gizi

BIOKIMIA GIZI

Dr. Hj. Fatmawati, S.K.M., M.Kes

Dr. Fathma Syahbanu, S.TP

Siti Raudah, S.Si., M.Si.

Najmah, M.Si.

Dr. Sri Supadmi, SSIT., M.Kes

dr. Nina Indriyani Nasruddin, M.Kes., M.Gizi

Fhahri Mubarak, S.Farm., M.Si.

Ayu Puspitasari, S.T., M.Si.

Dr. Dessy Arisanty, M.Sc.

Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.

dr.Rauza Sukma Rita, Ph.D.



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

BIOKIMIA GIZI

- Penulis** : Dr. Hj. Fatmawati, S.K.M., M.Kes
Dr. Fathma Syahbanu, S.TP
Siti Raudah, S.Si., M.Si.
Najmah, M.Si.
Dr. Sri Supadmi, SSIT., M.Kes
dr. Nina Indriyani Nasruddin, M.Kes., M.Gizi
Fhahri Mubarak, S.Farm., M.Si.
Ayu Puspitasari, S.T., M.Si.
Dr. Dessy Arisanty, M.Sc.
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.
dr.Rauza Sukma Rita, Ph.D.
- Editor** : Dr. R. Agus Wibowo S., S.Si., M.Sc.
dr. Fika Tri Anggraini, M.Sc., Ph.D.
- Desain Sampul** : Ardyan Arya Hayuwaskita
- Tata Letak** : Husnun Nur Afifah
- ISBN** : 978-623-151-839-2
- Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, NOVEMBER 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji selalu Kami panjatkan kepada Allah SWT atas ridho-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan buku berjudul "Pengertian, Tujuan, dan Ruang Lingkup Biokimia Gizi". Buku ini akan membawa Anda memahami secara lebih mendalam mengenai konsep penting dalam bidang biokimia gizi. Biokimia gizi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara zat gizi dengan tubuh manusia, dan bagaimana proses biokimia dalam tubuh mempengaruhi kesehatan dan nutrisi.

Buku bunga rampai Biokimia Gizi ini disusun sebagai bahan bacaan bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi di bidang kesehatan yang ingin mempelajari lebih lanjut tentang bidang biokimia gizi yang sedang berkembang pesat. Buku ini berisi kumpulan tulisan dari para ahli di bidang biokimia gizi yang membahas berbagai topik, mulai dari Pengertian, Tujuan, dan Ruang Lingkup Biokimia Gizi hingga *Current Issue* Biokimia Gizi.

Buku Biokimia Gizi yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 11 bab, yaitu :

- BAB 1 Pengertian, Tujuan, dan Ruang Lingkup Biokimia Gizi
- BAB 2 Peran Enzim dalam Metabolisme
- BAB 3 Metabolisme Karbohidrat dan Analisis Biokimianya dalam Darah dan Urin
- BAB 4 Metabolisme Protein dan Analisis Biokimianya dalam Darah dan Urin
- BAB 5 Metabolisme Lemak dan Analisis Biokimianya dalam Darah
- BAB 6 Metabolisme Vitamin dan Analisis Biokimianya dalam Darah
- BAB 7 Metabolisme Mineral dan Analisis Biokimianya dalam Darah
- BAB 8 Metabolisme Nukleotida, Purin dan Pirimidin serta Kaitannya secara Klinis
- BAB 9 Dasar-dasar Mutasi Genetik dan Kanker
- BAB 10 Nilai-nilai Biokimia Darah dan Urin
- BAB 11 *Current Issue* Biokimia Gizi

Buku bunga rampai biokimia gizi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif tentang bidang biokimia gizi dan perkembangan penelitian terbaru di bidang ini. Buku ini juga diharapkan dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi di bidang kesehatan yang ingin mempelajari lebih lanjut tentang bidang biokimia gizi.

Sangat besar harapan penulis semoga buku ini bermanfaat

Kendari, 26 Oktober 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	III
DAFTAR ISI	V
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL	X
BAB 1 PENGERTIAN, TUJUAN DAN RUANG LINGKUP	
BIOKIMIA GIZI	1
A. Pendahuluan	1
B. Pengertian Biokimia Gizi.....	2
C. Tujuan Biokimia Gizi	3
D. Ruang Lingkup Biokimia Gizi.....	4
E. Komponen Makanan.....	6
F. Daftar Pustaka.....	10
BAB 2 PERAN ENZIM DALAM METABOLISME	12
A. Pendahuluan	12
B. Sifat Kimiawi Enzim	13
C. Aktivitas dan Peran Enzim dalam Metabolisme.....	16
D. Daftar Pustaka.....	24
BAB 3 METABOLISME KARBOHIDRAT DAN ANALISIS	
BIOKIMIA DALAM DARAH DAN URIN	26
A. Pendahuluan	26
B. Pencernaan dan Penyerapan Karbohidrat	28
C. Metabolisme Karbohidrat	29
D. Proses Glikolisis.....	31
E. Proses Siklus Asam Sitrat	33
F. Glikogenesis	34
G. Proses Glikogenolisis	35
H. Proses Glukoneogenesis	36
I. Penyakit yang Berhubungan dengan Kelainan Metabolisme Karbohidrat	40
J. Analisis Glukosa Darah dan Glukosa Urin	42
K. Daftar Pustaka.....	46
BAB 4 METABOLISME PROTEIN DAN ANALISIS	
BIOKIMIANYA DALAM DARAH DAN URIN	49
A. Pendahuluan	49
B. Protein.....	50

C. Fungsi Protein.....	51
D. Metabolisme Protein.....	52
E. Analisis Biokimia Protein dalam Darah.....	60
F. Analisis Biokimia Protein dalam Urin	62
G. Daftar Pustaka	64
BAB 5 METABOLISME LEMAK DAN ANALISIS	
BIOKIMIANYA DALAM DARAH.....	66
A. Pendahuluan.....	66
B. Penyerapan Lemak, Sintesis, Penyimpanan, dan Konsumsi.....	69
C. Proses Metabolisme Lemak menjadi Energi, Homeostasis Lemak, dan Metabolik Organ pada Obesitas	72
D. Perubahan Metabolisme Lemak Manusia Terkait dengan Gangguan Sirkadian.....	75
E. Dampak Kelebihan Kadar Lemak terhadap Gangguan Kesehatan Tubuh pada Manusia	76
F. Indikator Kadar Lemak dalam Darah	79
G. Daftar Pustaka	81
BAB 6 METABOLISME VITAMIN DAN ANALISIS	
BIOKIMIANYA DALAM DARAH.....	84
A. Pendahuluan.....	84
B. Vitamin	85
C. Metabolisme Vitamin Larut Lemak.....	87
D. Metabolisme Vitamin Larut Air.....	96
E. Analisis Biokimia dalam Mengevaluasi Status Vitamin	100
F. Daftar Pustaka	105
BAB 7 METABOLISME MINERAL DAN ANALISIS	
BIOKIMIANYA DALAM DARAH.....	108
A. Pendahuluan.....	108
B. Mineral.....	109
C. Fungsi Mineral.....	112
D. Mineral dalam Makhluk Hidup.....	112
E. Klasifikasi Mineral	119
F. Daftar Pustaka	120

BAB 8	METABOLISME NUKLEOTIDA, PURIN DAN PIRIMIDIN SERTA KAITANNYA SECARA KLINIS	122
	A. Purin dan Pirimidin	122
	B. Nukleotida.....	124
	C. Metabolisme Purin	126
	D. Metabolisme Pirimidin	132
	E. Pembentukan Asam Nukleat dari Nukleotida.....	135
	F. Tinjauan Klinis Kelainan Metabolisme Purin Pirimidin dan Nukleotida	137
	G. Daftar Pustaka.....	142
BAB 9	DASAR-DASAR MUTASI GENETIK DAN KANKER	143
	A. Pendahuluan	143
	B. Dasar-dasar Mutasi Genetik	143
	C. Mutasi dan Kanker	151
	D. Kanker	152
	E. Epigenetik dan Paradigma Nutrisi terhadap Kanker.....	161
	F. Daftar Pustaka.....	163
BAB 10	NILAI-NILAI BLOKIMIA DARAH DAN URIN	166
	A. Pendahuluan	166
	B. Istilah Normal dan Rentang Referensi Hasil Pemeriksaan Laboratorium.....	167
	C. Statistik dalam Penentuan Rentang Referensi.....	168
	D. Rentang Referensi Hasil Pemeriksaan Laboratorium Medis.....	170
	E. Daftar Pustaka.....	194
BAB 11	CURRENT ISSUE BLOKIMIA GIZI	196
	A. Pendahuluan	196
	B. <i>Personalized Nutrition</i>	197
	C. Nutrigenomik dan Nutrigenetik	198
	D. Pangan Fungsional/ <i>Functional Food</i>	202
	E. Peran Nutrisi terhadap Kekebalan Tubuh	204
	F. Mikrobiom.....	207
	G. Kesimpulan	208
	H. Daftar Pustaka.....	209
	TENTANG PENULIS	213

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komponen dari Holoenzim	14
Gambar 2.2.	Diagram Jalur Enzim Dalam Pathway Metabolisme	19
Gambar 3.1.	Gambaran Umum Metabolisme Karbohidrat.....	30
Gambar 3.2.	Jalur Glikolisis.....	32
Gambar 3.3.	Siklus Krebs.....	34
Gambar 3.4.	Jalur Glikogenesis dan Glikogenolisis di Hati.....	35
Gambar 3.5.	Tahapan Glikogenolisis	36
Gambar 3.6.	Glukoneogenesis, Glikolisis dan Glukoneogenesis	38
Gambar 3.7.	Jalur Utama dan Pengaturan Glukoneogenesis dan Glikolisis di Hati.....	39
Gambar 4.1.	(a) Struktur Primer, (b) Struktur Sekunder, (c) Struktur Tersier, dan (d) Struktur Tersier.....	51
Gambar 4.2.	Gambaran Umum Metabolisme Protein	54
Gambar 4.3.	Siklus Urea.....	59
Gambar 5.1.	Proses Metabolisme Lemak Menjadi Energi.....	73
Gambar 5.2.	Homeostasis Lemak	74
Gambar 5.3.	Metabolik Organ pada Obesitas	74
Gambar 6.1.	Absorpsi dan Transportasi Vitamin A Menuju Sel Target	89
Gambar 6.2.	Jalur Aktivasi dan Inaktivasi Vitamin D	92
Gambar 6.3.	Metabolisme Vitamin E	94
Gambar 6.4.	Metabolisme Vitamin B	99
Gambar 6.5.	Metode Analisis Vitamin.....	104
Gambar 8.1.	Struktur Purin dan Pirimidin.....	122
Gambar 8.2.	Contoh Nukleotida Purin (Inosin)	124
Gambar 8.3.	Struktur Nukleotida Pirimidin	124
Gambar 8.4.	Contoh Nukleotida.....	125
Gambar 8.5.	Senyawa-senyawa Pembentuk Purin	126
Gambar 8.6.	Jalur Biosintesis Purin.....	127
Gambar 8.7.	Pembentukan Nukleotida AMP dan GMP	128
Gambar 8.8.	Sintesis De Novo dan Salvage Pathways Purin	129
Gambar 8.9.	Pembentukan Asam Urat	131
Gambar 8.10.	Biosintesis Pirimidin	133

Gambar 8.11. Jalur Katabolisme Pirimidin.....	134
Gambar 8.12. Ikatan Fosfodiester Pada DNA dan RNA	135
Gambar 8.13. Perbedaan Struktur DNA dan RNA	136
Gambar 9.1. Mutasi Adisi	146
Gambar 9.2. Mutasi Delesi.....	146
Gambar 9.3. Mutasi insersi	147
Gambar 9.4. Mutasi kromosom karena perubahan struktur kromosom	149
Gambar 9.5. Katenisasi pada Mutasi Kromosom	149
Gambar 9.6. Mekanisme Penyebaran Sel Kanker dari Tempat Asalnya.....	154
Gambar 9.7. Ciri Khas Kanker.....	156
Gambar 9.8. Perubahan Genetic Menyebabkan Kanker.....	157
Gambar 9.9. Kanker Disebabkan Mutasi pada Tumor Suppressor dan Proto Oncogene	158
Gambar 9.10. Overview Ekspresi Gen dipengaruhi Faktor Nutrisi.....	162
Gambar 10.1. Distribusi Normal Kadar Hemoglobin (g/L)	169
Gambar 11.1. Nutrigenomik dan Nutrigenetik.....	201
Gambar 11.2. Hubungan Nutrisi dengan Sistem Kekebalan Tubuh	205
Gambar 11.3. Dampak Pola Makan terhadap Mikrobioma Usus dan Kesehatan Manusia	207

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Hasil Pemeriksaan Glukosa Darah (CDC, 2022)	44
Tabel 5.1.	<i>Human Lipid Metabolism Alterations Associated With Circadian Disruption</i>	75
Tabel 5.2.	Jenis Dan Batasan Kadar Lemak Plasma.....	80
Tabel 5.3.	Jenis Lipoprotein, Apoprotein, dan Kandungan Lemak.....	80
Tabel 8.1.	Jenis Purin dan Pirimidin	123
Tabel 8.2.	Contoh Basa Nitrogen, Nukleosida, Nukleotida	125
Tabel 9.1.	Kanker Terkait Virus (<i>Cancer-Associated Viruses</i>).....	159
Tabel 10.1.	Rentang Referensi Pemeriksaan Urin.....	170
Tabel 10.2.	Rentang Referensi Pemeriksaan Biokimia Darah	174

BAB 1

PENGERTIAN, TUJUAN DAN RUANG LINGKUP BIOKIMIA GIZI

Dr. Hj. Fatmawati, S.K.M., M.Kes

A. Pendahuluan

Biokimia gizi adalah cabang ilmu biokimia yang mempelajari bagaimana nutrisi dan senyawa kimia yang terkandung dalam makanan mempengaruhi fungsi tubuh manusia. Dalam ilmu gizi, konsumsi gizi makanan pada seseorang dapat menentukan tercapainya tingkat kesehatan atau status gizi (Miharti *et al.*, 2013). Oleh karena itu, biokimia gizi sangat penting untuk dipelajari agar kita dapat memahami bagaimana makanan dan nutrisi yang kita konsumsi mempengaruhi kesehatan tubuh kita. Beberapa topik yang dipelajari dalam biokimia gizi meliputi metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak, serta vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh (Basri, 2014).

Selain itu, biokimia gizi juga mempelajari bagaimana makanan dan nutrisi dapat mempengaruhi kesehatan dan mencegah penyakit. Misalnya, konsumsi makanan yang mengandung serat dapat membantu mencegah penyakit jantung dan diabetes, sedangkan konsumsi makanan yang mengandung lemak jenuh dapat meningkatkan risiko penyakit jantung. Dengan memahami bagaimana makanan dan nutrisi mempengaruhi kesehatan, kita dapat membuat pilihan makanan yang lebih sehat dan mencegah terjadinya penyakit.

Mineral berperan dalam aktivitas seluler, memberikan kekerasan pada tulang dan gigi, memelihara keseimbangan asam tubuh, mengkatalisasi reaksi yang bertalian dengan pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein serta pembentukan lemak dan protein tubuh, membantu memelihara keseimbangan air tubuh (klorin, kalium, natrium), pengiriman isyarat ke seluruh tubuh (Kalsium, kalium, natrium), sebagai bagian cairan usus (kalsium, magnesium, kalium dan natrium), berperan dalam pertumbuhan dan pemeliharaan tulang, gigi dan jaringan tubuh lainnya (kalsium, fosfor, fluorin) dan berfungsi sebagai kofaktor dalam metaloenzim.

F. Daftar Pustaka

- Basri, H. (2014). Kumpulan Karya Tulis Ilmiah "Inovasi Medan Berhias (Bersih, Hijau, Asri dan Sehat). In *Pemanfaatan Running Text Dalam Mengatasi Kemacetan Menuju medan Berhias (Bersih, Hijau, Asri dan Sehat)* (p. 4).
- Iswari, R. S., Arini, F. A., Sandra, L., Purwaningsih, D., Yuniastuti, A., & Sugiati. (2022). *Biokimia Gizi*.
- Kusfryadi, M. K. (2017) Gizi dan Makanan. In *Pakar Gizi Indonesia. Ilmu Gizi: Teori dan Aplikasinya*. Jakarta: EGC.
- Lao CK, Li X, Zhao N, Gou M, & Zhou.
- Miharti, T., Nugraini, S., & Sutejo, G. M. (2013). *Pengetahuan Ilmu Gizi*.
- Muguri, T. K. (2020). *Hubungan antara Biokimia dan Gizi*.11.
- Mann, J. and Truswell, S. (2012) *Essentials of Human Nutrition*. Fourth. Edited by J. Mann and S. Truswell. New York: Oxford University Press.
- Nurullah Asep Abdilah, Mu'jijah, Firman Rezaldi, Aris Ma'ruf, Endang Safitri, & M. Fariz Fadillah. (2022). Analisis Kebutuhan Biokimia Gizi Balita Dan Pengenalan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L) Terhadap

Orang Tua Balita Dalam Meningkatkan Imunitas.
Medimuh: Jurnal Kesehatan Muhammadiyah, 3(2), 59–66.
<https://doi.org/10.37874/mh.v3i2.446>

Rahmawati, F. (2018). *Komponen Bahan Makanan Dan Sifatnya*.
[http://staffnew.uny.ac.id/upload/132296048/pendidikan/
n/
Pengawetan+Makanan+
+Bahan+Makanan++dan+Sifatnya.pdf](http://staffnew.uny.ac.id/upload/132296048/pendidikan/Pengawetan+Makanan++Bahan+Makanan++dan+Sifatnya.pdf)

Sizer, F. S. and Whitney, E. (2020) *Nutrition: Concept and Controversies 15 Ed.* USA: Cengage Learning. Available at: [https://www.cengage.com/c/nutrition-
andcontroversies-15e-
sizer/9781337906371PF/](https://www.cengage.com/c/nutrition-concepts-andcontroversies-15e-sizer/9781337906371PF/).
Soheilipour F, Salehiniya H, Farajpour Kh M, Pishgahroud.

Sizer, F. S. and Whitney, E. N. (2014) 'Nutrition Concepts & Controversies 13 Edition', Wadsworth Cengage Learning.

Winarno, F. G. (1992). *Kimia Pangan dan Gizi. 6th edn.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Winarno, F. G. (2004) *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

BAB 2

PERAN ENZIM DALAM METABOLISME

Dr. Fathma Syahbanu, S.TP

A. Pendahuluan

Protoplasma sel mengandung seribu atau lebih protein, masing-masing membawa salah satu dari banyak pengubah kimia yang diperlukan untuk pemeliharaan kehidupan. Protein-protein ini disebut enzim. Enzim adalah katalis organik yang larut dan bersifat koloid yang disintesis di dalam sel tubuh (Maritim, Sanders and Watkins, 2003). Kata enzim pertama kali dikenalkan oleh Khune pada tahun 1878 dan berasal dari kata Yunani asli 'enzim', yang berarti "di dalam ragi". Kata enzim diberikan pada spekulasi bahwa peran sel ragi dalam fermentasi karena adanya protein di dalam sel dan bertindak di sana sebagai katalis. Enzim dapat didefinisikan sebagai katalis biologis yang kompleks diproduksi oleh organisme hidup di dalam selnya untuk mengatur berbagai proses fisiologis tubuh (Maritim, Sanders and Watkins, 2003; Robinson, 2015). Hal ini diyakini bahwa untuk setiap enzim dalam sel hidup, ada gen terpisah yang bertanggung jawab untuk sintesis enzim itu. Gen adalah unit penggandaan diri yang tetap serta tidak berubah dalam komposisi karena gen tersebut diturunkan dari satu generasi ke generasi, sehingga tidak akan ada perubahan dalam enzim (Maritim, Sanders and Watkins, 2003; Hsu and Sabatini, 2008). Begitu pun dengan proses metabolisme, sifat, dan karakteristik fisik yang diberikan spesies tetap sama dari

5. Isomerase

Isomerase adalah enzim yang mengkatalisis interkonversi senyawa ke salah satu isomernya. Contoh dalam pemecahan anaerob, karbohidrat menjadi asam laktat, isomerase triosa fosfat mengubah 3-fosfogliseraldehid menjadi dihidroksi aseton fosfat (Kapoor, 2020)

6. Ligase

Ligase adalah enzim yang mengkatalisis pengikatan bersama dua molekul, ditambah dengan pemutusan ikatan pirofosfat dari ATP. Contoh: glutamin sintetase, Asetil koenzim-A sintetase (Almonacid and Babbitt, 2011).

D. Daftar Pustaka

- Almonacid, D.E. and Babbitt, P.C. (2011) 'Toward mechanistic classification of enzyme functions', *Current Opinion in Chemical Biology*, 15(3), pp. 435-442. doi:10.1016/j.cbpa.2011.03.008.
- Fruk, L. *et al.* (2009) 'Apoenzyme reconstitution as a chemical tool for structural enzymology and biotechnology', *Angewandte Chemie - International Edition*, 48(9), pp. 1550-1574. doi:10.1002/anie.200803098.
- Hsu, P.P. and Sabatini, D.M. (2008) 'Cancer cell metabolism: Warburg and beyond', *Cell*, 134(5), pp. 703-707. doi:10.1016/j.cell.2008.08.021.
- Kapoor, N. (2020) 'Enzymes: Their Activity and Role in Metabolism', *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 24(4), pp. 18468-18470. doi:10.26717/bjstr.2020.24.004090.

- Maritim, A.C., Sanders, R.A. and Watkins, J.B. (2003) 'Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: A review', *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 17(1), pp. 24–38. doi:10.1002/jbt.10058.
- Robinson, P.K. (2015) 'Enzymes: principles and biotechnological applications', *Essays in Biochemistry*, 59, pp. 1–41. doi:10.1042/BSE0590001.
- Schulenburg, C. and Miller, B.G. (2014) 'Enzyme recruitment and its role in metabolic expansion', *Biochemistry*, 53(5), pp. 836–845. doi:10.1021/bi401667f.

BAB 3

METABOLISME KARBOHIDRAT DAN ANALISIS BIOKIMIA DALAM DARAH DAN

Siti Raudah, S.Si., M.Si.

A. Pendahuluan

Karbohidrat ('hidrat dari karbon', hidrat arang) atau sakarida (berasal dari bahasa Yunani σάκχαρον, sákcharon, berarti "gula") merupakan sekelompok besar senyawa organik yang paling banyak di bumi (Wahyudiati, 2017). Karbohidrat adalah salah satu dari tiga makronutrien dalam makanan manusia, bersama dengan protein dan lemak. Molekul ini mengandung atom karbon, hidrogen, dan oksigen. Karbohidrat memiliki peran penting dalam tubuh manusia seperti sebagai sumber energi, membantu mengontrol glukosa darah dan metabolisme insulin, berpartisipasi dalam metabolisme kolesterol dan trigliserida, dan membantu fermentasi. Saluran pencernaan mulai memecah karbohidrat menjadi glukosa, yang digunakan sebagai energi saat dikonsumsi. Kelebihan glukosa dalam darah disimpan dalam hati dan jaringan otot hingga energi lebih lanjut dibutuhkan. Karbohidrat adalah istilah umum yang mencakup gula, buah-buahan, sayuran, serat, dan kacang-kacangan (Holesh, Aslam and Martin, 2023).

Sifat-sifat fisik karbohidrat sebagai berikut:

1. Berwujud padat pada suhu kamar
2. Sebagian besar karbohidrat dapat mempunyai sifat optis aktif yaitu dapat memutar bidang polarisasi cahaya

bidang pada-uji berubah warna. Warna yang dihasilkan pada bidang tersebut dibandingkan dengan tabel warna yang dapat ditemukan pada tes urine tabel tersebut menunjukkan nilai normal dan abnormal. Tes biasanya dilakukan sebagai bagian dari pemeriksaan rutin, misalnya di tempat praktek Dokter, selama kunjungan antenatal, ketika dirawat di rumah sakit, atau sebelum dioperasi. Pemeriksaan tersebut digunakan juga pada orang yang menunjukkan gejala akut. Sebagian penderita diabetes menggunakan tes ini untuk memeriksa kadar gula darah (Kafesa, 2021).

K. Daftar Pustaka

- Aryal, S. (2023) *Digestion and Absorption of Carbohydrates, Proteins and Fats*.
- Born, P. (2007) 'Carbohydrate Malabsorption in Patients With Non-Specific Abdominal Complaints', 13(43), pp. 5687-5691. Available at: <https://doi.org/10.3748/wjg.v13.i43.5687>.
- CDC (2022) *Diabetes Tests, Centers for Disease Control and Prevention* (CDC). Available at: <https://www.cdc.gov/diabetes/basics/getting-tested.html> (Accessed: 28 February 2023).
- Chandel, N.S. (2021a) 'Carbohydrate metabolism', *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(1), pp. 1-15. Available at: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040568>.
- Chandel, N.S. (2021b) 'Glycolysis', *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(5), pp. 1-12. Available at: <https://doi.org/10.1101/CSHPERSPECT.A040535>.
- Chandel, N.S. (2021c) 'Mitochondria', *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(3), pp. 1-23. Available at: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040543>.
- Cowart, S.L. and Stachura, M. (1990) 'Glucosuria', in H. Walker, W. Hall, and J. Hurst (eds) *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. Boston:

- Butterworths. Available at:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK245/>.
- Dashty, M. (2013) 'A quick look at biochemistry: Carbohydrate metabolism', *Clinical Biochemistry*, 46(15), pp. 1339–1352. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2013.04.027>.
- Ethel, S. (2004) *Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula*. Edited by J. Veldman and P. Widyaastuti. Jakarta: EGC.
- Ganong, W.F. (1999) *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. 17th edn. Edited by M.G. Widjajakusumah. Jakarta: EGC.
- Gawa, A. *et al.* (2012) *Biokimia klinis : Teks Bergambar*. 4th edn. Edited by A.A. Mahode *et al.* Jakarta: EGC.
- Güemes, M., Rahman, S.A. and Hussain, K. (2016) 'What is a normal blood glucose?', *Archives of Disease in Childhood*, 101(6), pp. 569–574. Available at:
<https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-308336>.
- Hall, J.E. and Hall, M.E. (2021) *Guyton and Hall: Textbook of Hall, J. E., & Hall, M. E. (2021). Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology*. 14 th, Elsevier. 14 th. Philadelphia.
- Hill, N.R. *et al.* (2011) 'Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups', *Diabetes Technology and Therapeutics*, 13(9), pp. 921–928. Available at:
<https://doi.org/10.1089/dia.2010.0247>.
- Holesh, J.E., Aslam, S. and Martin, A. (2023) *Physiology, Carbohydrates, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*.
- Kafesa, A. (2021) *Analisis Biokimia dan Mikrobiologi Urine*. Jakarta Utara: EGC.
- Kennedy, M.L. *et al.* (2019) 'Carbohydrate Metabolism in Hypoglycemia', *Intech*, 11(tourism), p. 13. Available at:
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/intechopen>.

88362.

- Koolman, J. and Rohm, K.H. (2001) *Atlas Berwarna & Teks Biokimia*. Edited by S.I. Wanandi and M. Sadikin. Jakarta: Hipokrates.
- Lindshield, B. (2018) *Kansas state university: human nutrition*. LibreTexts.
- Marks, D.B., Marks, A.D. and Smith, C.M. (2000) *Biokimia Kedokteran Dasar : Sebuah Pendekatan Klinis*. I. Jakarta: EGC.
- Murray, R.K. *et al.* (2003) *Harpers's Illustrated Biochemistry*. 26 th, McGraw-Hill. 26 th. Available at: https://doi.org/10.5005/jp/books/13014_10.
- Murray, R.K. *et al.* (2009) *Harpers's Illustrated Biochemistry*. 28 th, *Biochemical Education*. 28 th. United States: The Mc Graw Hill. Available at: [https://doi.org/10.1016/s0307-4412\(97\)80776-5](https://doi.org/10.1016/s0307-4412(97)80776-5).
- Röder, P. V. *et al.* (2016) 'Pancreatic regulation of glucose homeostasis', *Experimental & molecular medicine*, 48, p. e219. Available at: <https://doi.org/10.1038/emm.2016.6>.
- Rodwell, V.W. *et al.* (2015) *Harper's Illustrated Biochemistry*. 30 th, *Biochemical Education*. 30 th. United State: The Mc Graw Hill.
- Sanjana, M.C. (2019) 'Carbohydrate Metabolism-A Constant Supply Of Energy', *EPRA International Journal Of Research And Development*, 4(February). Available at: www.eprajournals.com.
- Setiarto, H.B. and Karo, M.B. (2021) 'Pengantar Biokimia Klinis', in Guepedia (ed.). Bogor: Guepedia, pp. 128-130.
- Strasinger, S.K. and Lorenzo, M.S. Di (2018) *Urinalisis dan Cairan Tubuh*. 6th edn. Edited by D. Ramadhani, N.B. Subekti, and Mardiana. Jakarta: EGC.
- Wahyudiati, D. (2017) *Biokimia, LEPPIM*. Mataram.

BAB 4

METABOLISME PROTEIN DAN ANALISIS BIOKIMIANYA

Najmah, M.Si.

A. Pendahuluan

Protein merupakan komponen esensial bagi kehidupan, berperan sebagai zat pembangun struktural sel, biokatalis reaksi biokimia, serta penyedia sumber energi dan material genetik. Metabolisme protein mencakup serangkaian proses kompleks yang melibatkan pencernaan, absorpsi, sintesis, dan degradasi protein.

Pada tingkat dasar, metabolisme protein dimulai dengan proses pencernaan di lambung, dimana enzim pepsin memecah protein menjadi peptida-peptida yang lebih kecil. Pada tahap selanjutnya, usus halus berperan dalam mengurai peptida menjadi asam amino yang kemudian diabsorpsi ke dalam aliran darah. Asam amino ini, selain digunakan untuk mensintesis protein baru, juga dapat diarahkan ke proses degradasi atau konversi menjadi molekul energi, seperti glukosa atau asam lemak.

Pentingnya metabolisme protein tidak hanya untuk menjaga keseimbangan nutrisi, tetapi juga untuk mendukung fungsi tubuh secara optimal dan tercermin dalam komposisi protein pada darah dan urin, Uji protein pada darah dan urin menjadi alat diagnostik yang sangat berharga, memberikan indikasi tentang kesehatan dan fungsi organ tubuh, terutama ginjal dan hati. Fungsi ginjal dengan kemampuannya dalam

warna kuning sampai jingga dan diukur absorbansinya pada Panjang gelombang 420 nm.

G. Daftar Pustaka

- Berg, J.M., Tymoczko, J.L. & Stryer, L., 2002, *Biochemistry*, 5th edn., W.H. Freeman Publishing, New York.
- Bintang, M., 2010, *Biokimia: Teknik Penelitian*, Erlangga, Jakarta.
- Hadijah, S., 2018, 'Analisis Perbandingan Hasil Pemeriksaan Kreatinin Darah Dengan Deproteinisasi Dan Nondeproteinisasi Metode Jaffe Reaction', *Jurnal Media Analis Kesehatan*, 1(1), 26-28.
- Koolman, J. & Roehm, K.-H., 2005, *Color Atlas of Biochemistry*, 2nd edn., Thieme, Stuttgart.
- Munabari, F. & Syahputra, A., 2022, 'Pengaruh Penggunaan Spesimen Serum Dan Plasma Edta Terhadap Kadar Total Protein', *Jurnal Pranata Biomedika*, 1(2), 134-140.
- Nelson, D.L. & Cox, D.M., 2013, *Lehninger Principles of Biochemistry*, 6th edn., W.H. Freeman and Company.
- Poedjiadi, A. & Supriyanti, F.M.T., 2015, *Dasar-Dasar Biokimia*, UI Press, Jakarta.
- Simaremare, D.D., Silaban, R., Nurfajriani, Simorangkir, M. & Sitorus, M., 2022, *Biokimia Metabolisme*, 1st edn., Uwais Inspirasi Indonesia, Ponorogo.
- Susianti, H., 2019, *Memahami Interpretasi Pemeriksaan Laboratorium Penyakit Ginjal Kronis*, 1st edn., UB Press, Malang.
- Tumanggor, L., Fitria, R., Weni, M. & Tukan, M.M.N.M., 2023, *Metabolisme Gizi*, 1st edn., Cipta Media Nusantara, Surabaya.
- Vitahealth, 2007, *Gagal Ginjal*, 1st edn., Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Wahyudiati, D., 2017, *Biokimia*, 1st edn., LEPPIM Mataram, Mataram.

BAB 5

METABOLISME LEMAK DAN ANALISIS BIOKIMIANYA

Dr. Sri Supadmi, SSIT., M.Kes

A. Pendahuluan

Lemak merupakan istilah dari bahasa Yunani (*Greece*) yang berarti lipos atau dalam bahasa Inggris populer dengan nama lipid (Wahyudiati, 2017). Lemak adalah subkelompok lipid yang dikenal dengan sebutan trigliserida (Airaodion *et al.*, 2019). Trigliserida membentuk sebagian besar lemak atau lipid yang ada di sel sebagian besar organisme. Struktur lainnya adalah lilin (*wax*), asam lemak bebas, monogliserida, kelas lipid yang sangat sederhana yang terdiri dari asam lemak seperti senyawa terpenoid dan isoprenoid dan steroida serta gliserol dan ester asam lemak, lemak senyawa kompleks dengan protein (*lipoprotein*). Lemak juga termasuk golongan komponen membran plasma, hormon, dan vitamin (Mamuaja, 2017). Lemak dalam serum meliputi tiga macam yaitu trigliserida, kolesterol dan asam lemak (Bali dan Utaal, 2019). Kolesterol, fosfolipid, dan trigliserida adalah tiga bentuk lemak utama yang ditemukan dalam makanan. Esterifikasi tiga asam lemak menjadi molekul gliserol menghasilkan trigliserida. Fosfolipid adalah lipid yang menyerupai trigliserida tetapi berbeda secara struktural karena pengikatan gugus fosfat pada atom karbon ketiga gliserol. Membran sel bergantung pada kolesterol, dan juga berperan dalam produksi hormon steroid, asam empedu, dan vitamin D.

G. Daftar Pustaka

- Airaodion, A. Ogbuagu, U. Ogbuagu, E.O. Oloruntoba, A. Agunbiade, A.P. Airaodion, E.O. Mokelu, I.P.S. dan Ekeh, C. (2019). Mechanisms for Controlling the Synthesis of Lipids – Review. *International Journal of Research*, 6(2), 123–125.
- Bali, S. dan Utaal, M. (2019). Serum lipids and lipoproteins: A brief review of the composition, transport and physiological functions. *International Journal of Scientific Reports*, 5(19), 309–314. <https://doi.org/10.18203/issn.2454-2156.IntJSciRep20194253>
- Barakat, B. dan Almeida, M.E.F. (2021). Biochemical and immunological changes in obesity. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 708, 108951. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.abb.2021.108951>
- Cai, Z. Yang, Y. dan Zhang, J. (2021). A systematic review and meta-analysis of the serum lipid profile in prediction of diabetic neuropathy. *Scientific Reports*, 11(1), 499. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79276-0>
- Djasang, S. (2017). Analisis hasil pemeriksaan kadar low-density lipoprotein (LDL-Chol) metode direk dan indirek. *Jurnal Media Analis Kesehatan*, 8(2), 43–51.
- Ekayanti, I. (2019). Analisis kadar kolesterol total dalam darah pasien dengan diagnosis penyakit kardiovaskuler. *International Journal of Applied Chemistry Research*, 1(1), 6–11.
- Grabner, G.F. Xie, H. Schweiger, M. dan Zechner, R. (2021). Lipolysis: cellular mechanisms for lipid mobilization from fat stores. *Nature Metabolism*, 3(11), 1445–1465. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00493-6>

- Henggu, K. dan Nurdiansyah, Y. (2021). Review dari metabolisme karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 3(2), 9–17.
- Jim, E. (2013). Metabolisme lipoprotein. *Jurnal Biomedik*, 5(3), 149–156.
- Mamuaja, C. (2017). *Lipida*. Unsrat Press.
- Mutlu, A.S. Duffy, J. dan Wang, M.C. (2021). Lipid metabolism and lipid signals in aging and longevity. *Developmental Cell*, 56(10), 1394–1407.
<https://doi.org/10.1016/j.devcel.2021.03.034>
- Natesan, V. dan Kim, S. (2021). Lipid Metabolism, Disorders and Therapeutic Drugs – Review. *Biomolecules & Therapeutics*, 29(6), 596–604.
<https://doi.org/10.4062/biomolther.2021.122>
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. (2019). *Pedoman Pengelolaan Dislipidemia di Indonesia*. PB Perkeni.
- Petrenko, V. Sinturel, F. Riezman, H. dan Dibner, C. (2023). Lipid metabolism around the body clocks. *Progress in Lipid Research*, 91, 101235.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plipres.2023.101235>
- Sahara, L. dan Adelina, R. (2021). Analisis asupan lemak terhadap profil lemak darah Berkaitan dengan kejadian penyakit jantung koroner (PJK) di indonesia: Studi literatur. *Jurnal Pangan Kesehatan dan Gizi*, 1(1), 48–60.
- Sartika, R. (2008). Pengaruh asam lemak jenuh, tidak jenuh dan asam lemak trans terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 2(4), 154–160.
- Siregar, F. dan Makmur, T. (2020). Metabolisme lipid dalam tubuh. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 1(2), 60–66.

- Supadmi, S. Kusriani, I. dan Riyanto, S. (2023). Nutritional Content, Food Contamination, Sensory Test, on Analog Rice Based on Local Food, Arrowroot Starch (*Maranta arundinacea* Linn), Corn Flour (*Zea mays*), Soybean Flour (*Glycine Max(L) Merrill*). *Advances in Health Science Research*, 56, 559-5. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-112-8_51
- Utami, K. Widysatuti, W. dan Soesatyo, M. (2021). Involvement of lipids in immune system regulation: A mini-review. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 12(1), 68-78. <https://doi.org/10.20885/JKKI.Vol12.Iss1.art9>
- Wahyudiati, D. (2017). *Biokimia*. LEPPIM Mataram.
- Yang, D. Cai, Q. Qi, X. dan Zhou, Y. (2018). Postprandial Lipid Concentrations and Daytime Biological Variation of Lipids in a Healthy Chinese Population. *Annals of Laboratory Medicine*, 38(5), 431-439. <https://doi.org/10.3343/alm.2018.38.5.431>
- Yoon, H. Shaw, J.L. Haigis, M.C. dan Greka, A. (2021). Lipid metabolism in sickness and in health: Emerging regulators of lipotoxicity. *Molecular Cell*, 81(18), 3708-3730. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molcel.2021.08.027>

BAB 6 | METABOLISME VITAMIN DAN ANALISIS BIOKIMIANYA DALAM DARAH

dr. Nina Indriyani Nasruddin, M.Kes., M.Gizi

A. Pendahuluan

Vitamin memiliki peran penting dalam mempromosikan dan menjaga kesehatan manusia, memfasilitasi pertumbuhan, mendukung perkembangan, memungkinkan proses reproduksi, dan memastikan pemeliharaan dalam tubuh. Defisiensi zat ini berpotensi menyebabkan komplikasi kesehatan yang signifikan. Vitamin memainkan peran krusial dalam beberapa proses biologis manusia dengan berfungsi sebagai koenzim atau prohormon. Sebagai salah satu contoh, peran penting vitamin B dalam proses metabolisme tubuh manusia, terutama dalam memfasilitasi pelepasan energi selama aktivitas fisik. Hal ini berkaitan dengan fungsinya dalam tubuh manusia sebagai kompleks koenzim yang mampu meningkatkan kecepatan reaksi metabolisme dalam merespons berbagai sumber energi (Brancaccio *et al.*, 2022; Zemleni *et al.*, 2007).

Salah satu aspek penting dalam kesehatan manusia adalah pemeliharaan fungsi normal tubuh. Vitamin memainkan peran fisiologis yang berbeda dalam tubuh manusia dan terkait dengan berbagai manfaat kesehatan. Keterlibatan multiseluler vitamin D dalam berbagai proses metabolisme dalam tubuh manusia, dalam menjaga integritas kerangka tubuh. Vitamin B2 berperan penting dalam proses metabolisme tubuh manusia dan juga sebagai konstituen koenzim flavin. Memahami proses

Analisis biokimia dalam darah memiliki peran penting dalam mengidentifikasi dan mengelola kekurangan vitamin. Hal ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi kekurangan, memantau tingkat vitamin, mengembangkan rencana perawatan, dan meningkatkan pendidikan gizi. Alat-alat ini dapat membantu mencegah kekurangan dan meningkatkan kesehatan secara keseluruhan.

F. Daftar Pustaka

- Agarwalla, R., Saikia, A.M., Baruah, R., 2015. Assessment of the nutritional status of the elderly and its correlates. *J Family Community Med* 22, 39-43. <https://doi.org/10.4103/2230-8229.149588>
- Ball, G., 2004. *Vitamins: Their Role in the Human Body*. Blackwell Science, UK.
- Bikle, D.D., 2014. Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Chem Biol* 21, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2013.12.016>
- Brancaccio, M., Mennitti, C., Cesaro, A., Fimiani, F., Vano, M., Gargiulo, B., Caiazza, M., Amodio, F., Coto, I., D'Alicandro, G., Mazzaccara, C., Lombardo, B., Pero, R., Terracciano, D., Limongelli, G., Calabrò, P., D'Argenio, V., Frisso, G., Scudiero, O., 2022. The Biological Role of Vitamins in Athletes' Muscle, Heart and Microbiota. *Int J Environ Res Public Health* 19, 1249. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031249>
- Carr, A.C., Maggini, S., 2017. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients* 9, 1211. <https://doi.org/10.3390/nu9111211>
- Chambial, S., Dwivedi, S., Shukla, K.K., John, P.J., Sharma, P., 2013. Vitamin C in Disease Prevention and Cure: An Overview. *Indian J Clin Biochem* 28, 314-328. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3>
- Combs, G.F., McClung, J.P., 2017. *The Vitamins Fundamental Aspects in Nutrition and Health*, 5th ed. Elsevier, London.

- Conaway, H.H., Henning, P., Lerner, U.H., 2013. Vitamin A Metabolism, Action, and Role in Skeletal Homeostasis. *Endocrine Reviews* 34, 766–797. <https://doi.org/10.1210/er.2012-1071>
- DeLuca, H.F., 1986. The metabolism and functions of vitamin D. *Adv Exp Med Biol* 196, 361–375. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-5101-6_24
- Everitt, T., Davies, M., Omori, S., 2023. Chapter 7: Nutritional Assessment and Screening.
- Feldman, D., 2018. Vitamin D, 4th ed. Elsevier, London.
- Furie, B., Bouchard, B.A., Furie, B.C., 1999. Vitamin K-Dependent Biosynthesis of γ -Carboxyglutamic Acid. *Blood* 93, 1798–1808. https://doi.org/10.1182/blood.V93.6.1798.406k22_1798_1808
- Galli, F., Bonomini, M., Bartolini, D., Zatini, L., Reboldi, G., Marcantonini, G., Gentile, G., Sirolli, V., Di Pietro, N., 2022. Vitamin E (Alpha-Tocopherol) Metabolism and Nutrition in Chronic Kidney Disease. *Antioxidants* 11, 989. <https://doi.org/10.3390/antiox11050989>
- Godoy Parejo, C., Deng, C., Zhang, Y., Liu, W., Chen, G., 2020. Roles of vitamins in stem cells. *Cellular and Molecular Life Sciences* 77. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03352-6>
- Hanna, M., Jaqua, E., Nguyen, V., Clay, J., n.d. B Vitamins: Functions and Uses in Medicine. *Perm J* 26, 89–97. <https://doi.org/10.7812/TPP/21.204>
- Imbrescia, K., Moszczyński, Z., 2023. Vitamin K, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Liebler, D.C., 1993. The Role of Metabolism in the Antioxidant Function of Vitamin E. *Critical Reviews in Toxicology* 23, 147–169. <https://doi.org/10.3109/10408449309117115>

- Lykstad, J., Sharma, S., 2023. Biochemistry, Water Soluble Vitamins, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Mahan, L.K., Raymond, J.L., 2017. Krause's Food & The Nutrition Care Process, 14th ed. Elsevier, St.Louis, Missouri.
- Reddy, P., Jialal, I., 2023. Biochemistry, Fat Soluble Vitamins, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Rizvi, S., Raza, S.T., Ahmed, F., Ahmad, A., Abbas, S., Mahdi, F., 2014. The Role of Vitamin E in Human Health and Some Diseases. Sultan Qaboos Univ Med J 14, e157–e165.
- Ross, A.C., Caballero, B., Cousins, R.J., Tucker, K.L., Ziegler, T.R., 2014. Modern Nutrition in Health and Disease, 7th ed. Lippincott William & Wilkins, Philadelphia.
- Schmölz, L., Birringer, M., Lorkowski, S., Wallert, M., 2016. Complexity of vitamin E metabolism. World J Biol Chem 7, 14–43. <https://doi.org/10.4331/wjbc.v7.i1.14>
- Wahjuni, S., 2013. Metabolisme Biokimia. Udayana University Press, Denpasar.
- Zempleni, J., Rucker, R.B., McCormick, D.B., Suttie, J.W., 2007. Handbook of Vitamins, 4th ed. CRC Press, New York.

BAB 7 | METABOLISME MINERAL DAN ANALISIS BIOKIMIANYA DALAM DARAH

Fhahri Mubarak, S.Farm., M.Si.

A. Pendahuluan

Biokimia merupakan ilmu yang membahas lebih dalam terhadap proses metabolisme molekul atau senyawa kimia yang terdapat dalam jasad atau tubuh makhluk hidup. Dalam hal ini, biokimia memiliki batasan keilmuan yang mempelajari tentang beberapa hal, yaitu (Robert and Brown, 2004) :

1. Kimia dan sifat-sifat senyawa yang terkandung dalam organisme dan/atau dihasilkan oleh organisme (biomolekul).
2. Perubahan kimia yang dilakukan oleh senyawa tersebut pada makhluk hidup.
3. Perubahan energi diakibatkan oleh perubahan kimia tersebut (bioenergi).
4. Senyawa yang mempunyai fungsi pengaturan perubahan kimia (enzim dan hormon).

Di antara batasan-batasan di atas terlihat bahwa terdapat unsur-unsur biologi yang menempati kedudukan utama dalam biokimia, sehingga singkatnya biokimia adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat kimiawi suatu organisme hidup dan senyawa-senyawanya. memproduksi, meneliti fungsi transformasi bahan kimia ini dan mempertimbangkan transformasi sebelumnya dalam aktivitas kehidupan (Setiadi, 2013).

pembentukan tulang), selenium (bagian struktural glutathione peroksidase), dan molibdenum (kofaktor enzim). Lima mineral dianggap bermanfaat secara nutrisi adalah zat besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), yodium (I) dan fluor (F).

3. Ultratrace mineral. Ultratrace mineral merupakan nutrisi yang diperoleh dalam tubuh manusia, namun jumlah mineral tersebut tidak diketahui. Hal ini diketahui dari hewan laboratorium dan diyakini manusia juga membutuhkannya, namun hingga saat ini belum tergolong esensial karena status gizi mineral ultra-trace tersebut tidak menentukan unsur lainnya. Jenis mineral ini antara lain timah, nikel, vanadium, silikon, arsenik, dan boron.

F. Daftar Pustaka

- Bawoleng, A., Amisi, M. D. and Sanggelorang, Y. (2022) 'Gambaran Kecukupan Mineral Makro pada Tenaga Pendidik dan Kependidikan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Selama Masa Pandemi Covid-19', *Jurnal KESMAS*, 11(4), pp. 73–81.
- Favus, M. (2006) 'Regulation of calcium, magnesium, and phosphate metabolism', *Disorders of Bone and Mineral Metabolism*, pp. 76–117. Available at: [http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucgatma/Anat3048/PAPERS etc/ASBMR Primer Ed 6/Ch 13-18 - Mineral Homeostasis.pdf](http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucgatma/Anat3048/PAPERS%20etc/ASBMR%20Primer%20Ed%206/Ch%2013-18%20-%20Mineral%20Homeostasis.pdf).
- Lomboan, F. Y., Malonda, N. S. H. and Sekeon, S. S. (2020) 'Gambaran Kecukupan Mineral Mikro Pada Mahasiswa Semester VI Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Selama Masa Pandemi Covid-19', *Kesmas*, 9(6), pp. 59–67.
- Mukrimaa, S. S. et al. (2016) 'Biokimia Darah', *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), p. 128.
- Robert, B. and Brown, E. B. (2004) *Biokimia Dasar 1*.

- Rodwell, V. W. D. A. B. K. M. B. P. J. K. P. A. W. ; L. R. M. (2017)
Biokimia Harper Edisi 30. Indonesia: EGC : Jakarta.
- Setiadi, R. (2013) 'Pengantar Biokimia', *Biokimia*, pp. 1-42.
- Unggul, U. E. (2020) 'Modul Metabolit Zat Gizi mikro', (Giz 352),
pp. 0-12.
- Wibawa, A. A. P. P. (2016) 'Metabolisme Mineral dan Air',
Metabolisme Mineral dan Air, pp. 1-52.

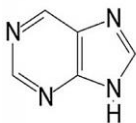
BAB 8

METABOLISME NUKLEOTIDA, PURIN DAN PIRIMIDIN SERTA KAITANNYA SECARA KLINIS

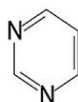
Ayu Puspitasari, S.T, M.Si.

A. Purin dan Pirimidin

Purin dan Pirimidin merupakan senyawa aromatik heterosiklik yang bersifat basa. Ciri khas dari purin dan pirimidin adalah adanya unsur Nitrogen, sehingga dapat dikatakan purin dan pirimidin adalah suatu Basa Nitrogen. Seperti ditunjukkan pada gambar 8.1, Purin mempunyai dua buah cincin yaitu cincin penta dan cincin heksa (yang adalah suatu pirimidin yang berfusi dengan imidazole) serta dua nitrogen. Sedangkan pirimidin hanya mempunyai satu cincin yaitu cincin heksa dan satu nitrogen. Fungsi umum dan purin dan pirimidin adalah sebagai senyawa dasar pembentuk basa nukleat yaitu nukleotida, pati (polimer karbohidrat), dan protein. Fungsi lainnya adalah sebagai regulator enzim dan berperan pada *cell signalling*. Sintesis purin dan pirimidin dapat berlangsung di dalam tubuh sehingga tubuh tidak harus mendapatkannya dari makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia.



Purin



Pirimidin

Gambar 8.1. Struktur Purin dan Pirimidin

G. Daftar Pustaka

- Burge, S. *et al.*, 2006. Quadruplex DNA : Sequence, Topology And Structure. *Nucleic Acid Research*, 34(19), pp. 02-15.
- Elliot, K. & Fitzsimons, D. W., 2009. *Purin And Pyrimidine Metabolism*. s.l.:John Wiley And Sons.
- Hainer, B. L., Matheson, E. & Wilkes, R. T., 2014. Diagnosis, Treatment, and Prevention of Gout. *Am Fam Physician*, 90(12), pp. 831-836.
- Meisenberg, G. & Simmons, W. H., 2017. *Principles of Medical Biochemistry*. 4 ed. s.l.:Elsevier.
- Moffat, B. A. & Ashihara, H., 2002. *Purine And Pirimidine Nucleotide Synthesis and Metabolism*. 1 ed. s.l.:American Society Of Plant Biologist.
- Murray, R. K., Granner, D. K. & Rodwell, V. W., 2006. *Harper's Illustrated Biochemistry*. 27 ed. s.l.:McGraw-Hill Companies Inc..
- Nelson, D. L. & Cox, M. M., 2012. *Principles Of Biochemistry*. 6 ed. s.l.:W.H. Freeman.
- Timotius, K. H., Kurniadi, I. & Rahayu, I., 2019. *Metabolisme Purin & Pirimidin*. 1 ed. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Voet, D. J., Voet, J. G. & Pratt, C. W., 2008. *Principles Of Biochemistry*. 3 ed. s.l.:John Wiley & Sons, Inc.
- Whitehead, K. A., Dahlman, J. E., Langer, R. S. & Anderson, D. G., 2011. Silencing or stimulation? siRNA delivery and the immune system. *Annual Review Of Chemical And Biomolecul Engineering*, Volume 2, pp. 77-96.

BAB 9

DASAR-DASAR MUTASI GENETIK DAN KANKER

Dr. Dessy Arisanty, M.Sc.

A. Pendahuluan

Integritas struktur DNA berguna untuk kelangsungan hidup suatu sel melalui proses replikasi, perbaikan, dan penyimpanan, bahkan mutasi. Meskipun demikian, mutasi dalam DNA adalah peristiwa yang cukup umum terjadi pada sel. Mutasi berperan baik secara alami maupun proses abnormal seperti kanker. Sebagai contoh, mutasi DNA dapat disebabkan oleh kesalahan yang dibuat oleh DNA polimerase selama replikasi. DNA polimerase adalah enzim yang sangat produktif yang memiliki fungsi pengoreksian dan pengeditan. Dengan perlindungan ini, tingkat kesalahan mereka biasanya sangat rendah dan berkisar antara satu dalam satu juta basa hingga satu dalam satu miliar basa. Bahkan dengan ketelitian setinggi itu, tingkat kesalahan ini akan menyebabkan antara 3 hingga 3.000 kesalahan dalam genom manusia untuk setiap sel yang mengalami replikasi DNA (Flatt, 2019).

B. Dasar-dasar Mutasi Genetik

Mutasi penting dalam evolusi dalam beberapa cara. Semua variasi genetik saat ini awalnya muncul karena mutasi. Oleh karena itu, mutasi adalah sumber utama perbedaan di antara spesies (Johnston, 2001). Mutasi mengakibatkan perubahan genotipe secara tiba-tiba yang melibatkan perubahan

Dalam hubungannya dengan nutrisi. Peranan dari nutrisi sebagai salah satu faktor risiko kanker sangatlah erat kaitannya. Prof. Dr. Jose Gutierrez Marcos dari School of Life Warwick University UK mengatakan bahwa asupan nutrisi yang masuk ke dalam tubuh dapat mengubah DNA dan perubahan tersebut akan diturunkan kepada anak-cucu. Perubahan yang terjadi berupa perubahan lingkungan DNA atau epigenetic. Perubahan ini baru akan terlihat pada generasi kedua dari nenek ke cucunya. Pola makan atau asupan nutrisi kita saat ini mempengaruhi genetika anak cucu kita nantinya. Apabila nenek dan orang tua memiliki kebiasaan makan tidak sehat maka anak cucu berisiko terkena berbagai penyakit.

Penilaian nutrisi manusia tidaklah lengkap tanpa mempertimbangkan variabilitas genetik (DNA) yang mendasarinya. Hal ini dapat tercermin sebagai perbedaan dalam proses nutrisi seperti penyerapan, metabolisme, aksi reseptor, dan ekskresi. Perbedaan bawaan dalam aktivitas enzim dan protein fungsional lainnya berkontribusi pada variasi kebutuhan nutrisi dan interaksi diferensial nutrisi tertentu dan interaksi biokimia yang ditentukan secara genetik dan faktor metabolisme. (Velazquez dan Bourges, 1984 dalam National Research Council (US) Committee on Diet and Health, 1989).

F. Daftar Pustaka

- American Cancer Society, 2020. Understanding Cancer. Dalam Robert A. Weinberg. 2018. Biology of Cancer. GS. Garland of Science Press.
- American Cancer Society (ACS). 2022. Understanding Cancer: Oncogenes, Tumor Suppressor Genes, and DNA Repair Genes.
- Baharudin, H dan Idrus, K.I . 2020. Mutasi Genetik dan Teori Evolusi. Modul tema 16. Buku Paket C Setara SMA/MA Kelas XII. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Chabner, B.A, dan Thompson, E.C. 2013. Cellular and molecular basis of cancer. The Merck Manual professional edition.

- De Caterina, R., Martinez, J.A., dan Kohlmeier, M. 2020. Principles of nutrigenetics and nutrigenomics: Fundamentals of Individualized Nutrition. Book Elsevier, academic Press
- Flatt, P.M. (2019). Biochemistry – Defining Life at the Molecular Level. Published by Western Oregon University, Monmouth, OR (CC BY-NC-SA). Under **Creative Commons Licensing**
- Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell*. 10.1016/j.cell.2011.02.013
- Hanahan, D. 2022. Hallmarks of Cancer: New Dimensions. *Cancer Discovery*. Vol 12, issue 1: 31–46. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059>
- Jemal, A., Bray, F., Melissa, M., Ferlay, J., Ward, E., Forman, D. 2011. Global Cancer Statistics. *CA Cancer Journal of Clinicians*. Volume 61. Pp. 69–90. DOI. <https://doi.org/10.3322/caac.20107>
- Johnston, M. 2001. Mutations and New Variation: Overview. Encyclopedia Of Life Sciences & 2001 Nature Publishing Group. www.els.net. *Nature. Nature Education*. Retrieved 24 September 2018.
- Margaret E. McLaughlin-Drubin dan Munger, K. 2008. Viruses Associated with Human Cancer. *Biochim Biophys Acta*. Volume 1782(3): 127–150.. doi: 10.1016/j.bbadis.2007.12.005. PMC Pubmed Central
- National Cancer Institute. What Is Cancer? 2021. Accessed at <https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer> on April 6, 2022.
- National Cancer Institute, 2018. Understanding of Cancer. 17 September 2007. Retrieved 28 March 2018. An official website of the United States government. NClinfo@nih.gov.

- Milholland, B, Xiao Dong, Zhang, L, Xiaoxiao, Hao, Suh, Y dan Vijg, J. 2017. Differences between germline and somatic mutation rates in humans and mice. *Nature communication* 8, article no 1518. DOI: 10.1038/ncomms1518.
- Mitra, S., Ganguli, S., Chakrabarti, J. 2018. Cancer and Noncoding RNAs, Elsevier (2018), pp. 1-23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811022-5.00001-2>
- Morjaria, S. 2021. Driver mutations in oncogenesis. *International Journal of Molecular and Immuno Oncology*. Volume 6, Issue 2 . www.ijmio.com. DOI10.25259/IJMIO_26_2020. August 2021
- Russell, P.J. 2010. *Genetics*: Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings. *Benjamin/Cummings Series in the Life Sciences Life Sciences Series Pearson Education*. ISBN 0321000382, 9780321000385.
- Sandoval, J dan Esteller, M. 2021. Cancer epigenomics: beyond genomics. *Current Opinion in Genetics & Development*. Volume 22, Issue 1, February 2012, Pages 50-55. doi: 10.1016/j.gde.2012.02.008.
- Soo You , J dan Jones, P.A 2012. Cancer Genetics and Epigenetics: Two Sides of the Same Coin?. *Cancer Cell Review. Cancer Cell* . Elsevier Inc Cells Press.
- Sudiana, I. K. (2008). *Patobiologi Molekuler Kanker*. Jakarta: Salemba Medika.
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R, Laversanne, M., , Soerjomataram, I, jemal., A., Bray, F. 2021. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *American Cancer Society Journal (ACS Journal)* <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- World Health Organization (WHO). 2018. Cancer. *World Health Organization*. 12 September 2018. Retrieved 19 December 2018. https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_1

BAB 10

NILAI-NILAI BIOKIMIA DARAH DAN URIN

Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.

A. Pendahuluan

Pemeriksaan laboratorium dilakukan untuk mengetahui kondisi kesehatan seseorang. Prosedur dan sampel yang diambil tergantung pada jenis pemeriksaan yang dijalani. Pemeriksaan laboratorium adalah jenis pemeriksaan kesehatan dengan menggunakan sampel darah, urine, atau jaringan tubuh. Dari hasil pengambilan sampel ini, dokter atau ahli medis akan menganalisis sampel uji untuk melihat apakah hasil pemeriksaan berada dalam kisaran normal (Dorji *et al.*, 2022) (Sikaris, 2014).

Beberapa faktor mempengaruhi nilai biokimia darah dan urin pada individu yang sehat antara lain teknik dan waktu pengambilan darah, pengangkutan dan penyimpanan spesimen, posisi tubuh pasien saat sampel diambil, aktivitas fisik sebelumnya, diet yang sedang dijalankan, demikian juga variasi dalam metode pemeriksaan yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan. Faktor-faktor ini dapat distandarisasi.

Beberapa variabel antara lain jenis kelamin, usia, pekerjaan, bentuk tubuh, latar belakang genetik, dan adaptasi terhadap pola makan dan lingkungan (terutama ketinggian) lebih sulit dikendalikan. Faktor-faktor ini harus diperhitungkan ketika menetapkan nilai normal secara fisiologis. Ada kesulitan

E. Daftar Pustaka

- Addai-Mensah, O. *et al.* (2019) 'Determination of Haematological Reference Ranges in Healthy Adults in Three Regions in Ghana', *BioMed Research International*, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1155/2019/7467512.
- Ayemoba, O. *et al.* (2019) 'Establishment of reference values for selected haematological parameters in young adult Nigerians', *PLoS ONE*. Edited by E. S. Mayne, 14(4), p. e0213925. doi: 10.1371/journal.pone.0213925.
- Dorji, Kuenzang *et al.* (2022) 'Routine clinical chemistry and haematological test reference intervals for healthy adults in the Bhutanese population.', *PloS one*. Edited by Z. C. Chapanduka, 17(9), p. e0273778. doi: 10.1371/journal.pone.0273778.
- Dosoo, D. K. *et al.* (2012) 'Haematological and Biochemical Reference Values for Healthy Adults in the Middle Belt of Ghana', *PLoS ONE*. Edited by P. B. Szecsi, 7(4), p. e36308. doi: 10.1371/journal.pone.0036308.
- Lewis, S. M., Barbara, J. B. and Bates, I. (2006) *Dacie and Lewis Practical Haematology*, *Dacie and Lewis Practical Haematology*. Elsevier. doi: 10.1016/B0-443-06660-4/X5001-6.
- López Yeste, M. L. *et al.* (2021) 'Management of postanalytical processes in the clinical laboratory according to ISO 15189:2012 Standard requirements: considerations on the review, reporting and release of results', *Advances in Laboratory Medicine / Avances en Medicina de Laboratorio*, 2(1), pp. 51-59. doi: 10.1515/almed-2020-0110.
- Merck & Co (2023), *MSDS Manual Profession Version* diakses dari <https://www.msmanuals.com/professional/resources/normal-laboratory-values/blood-tests-normal-values>

Moss, M. L., Horton, C. A. and White, J. C. (1971) 'Clinical Biochemistry', *Annual Review of Biochemistry*, 40(1), pp. 573-604. doi: 10.1146/annurev.bi.40.070171.003041.

Plebani, M. (2015) 'Diagnostic Errors and Laboratory Medicine - Causes and Strategies.', *EJIFCC*, 26(1), pp. 7-14. Available at:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27683477>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4975219>.

BAB 11

CURRENT ISSUE BIOKIMIA GIZI

dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D.

A. Pendahuluan

Studi tentang bagaimana nutrisi makanan berinteraksi dengan biomolekul dan proses biokimia yang terjadi di dalam tubuh manusia, dikenal sebagai biokimia gizi, yang merupakan cabang ilmu bidang biokimia. Tujuan utama penelitian biokimia gizi adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan makanan dan kebutuhan nutrisi yang tepat bagi individu yang sehat maupun sakit.

Terapi biokimia gizi dapat menyelamatkan hidup, menurunkan angka kesakitan, meningkatkan derajat kesehatan, dan menurunkan pengeluaran kesehatan. Keuntungan bagi kesehatan dengan mengonsumsi buah-buahan dan sayuran organik telah dipelajari melalui topik biokimia gizi. Terapi biokimia gizi mengacu pada teknik nutrisi tertentu, seperti bagaimana mengobati suatu penyakit atau cedera, serta evaluasi dan intervensi. (Freiree, 2022)

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah menjadikan topik biokimia gizi berkembang dengan pesat. Beberapa isu terkini (*current issue*) biokimia gizi telah diteliti oleh banyak peneliti di dunia untuk mempertahankan kesehatan dan juga mengobati suatu penyakit. Contoh *current issue* biokimia gizi yang berkembang saat ini yaitu: *personalized nutrition*, nutrigenomik, epigenetik nutrisi, makanan fungsional,

H. Daftar Pustaka

- About Baker, D.H. (2022), "An ethnopharmacological review on the therapeutical properties of flavonoids and their mechanisms of actions: A comprehensive review based on up to date knowledge", *Toxicology Reports*, Elsevier Inc., Vol. 9, pp. 445–469, doi: 10.1016/j.toxrep.2022.03.011.
- Ardini, W. and Bardosono, S. (2019), "Personalized Nutrition: How to make it possible?", *World Nutrition Journal*, Indonesian Nutrition Association, Vol. 3 No. 1, doi: 10.25220/wnj.v03.i1.0001.
- Bahinipati, J., Sarangi, R., Mishra, S. and Mahapatra, S. (2021), "Nutrigenetics and nutrigenomics: A brief review with future prospects", *Biomedicine (India)*, Indian Association of Biomedical Scientists, 31 December, doi: 10.51248/.V41I4.445.
- Barber, T.M., Kabisch, S., Pfeiffer, A.F.H. and Weickert, M.O. (2020), "The health benefits of dietary fibre", *Nutrients*, MDPI AG, 1 October, doi: 10.3390/nu12103209.
- Cena, H. and Calder, P.C. (2020), "Defining a healthy diet: Evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease", *Nutrients*, MDPI AG, 1 February, doi: 10.3390/nu12020334.
- Chaudhary, N., Kumar, V., Sangwan, P., Pant, N.C., Saxena, A., Joshi, S. and Yadav, A.N. (2020), "Personalized Nutrition and -Omics", *Comprehensive Foodomics*, Elsevier, pp. 495–507, doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22880-1.
- Crupi, P., Faienza, M.F., Naeem, M.Y., Corbo, F., Clodoveo, M.L. and Muraglia, M. (2023), "Overview of the Potential Beneficial Effects of Carotenoids on Consumer Health and Well-Being", *Antioxidants*, MDPI, 1 May, doi: 10.3390/antiox12051069.

- Dallio, M., Romeo, M., Gravina, A.G., Masarone, M., Larussa, T., Abenavoli, L., Persico, M., *et al.* (2021), "Nutrigenomics and nutrigenetics in metabolic-(Dysfunction) associated fatty liver disease: Novel insights and future perspectives", *Nutrients*, MDPI AG, 1 May, doi: 10.3390/nu13051679.
- Elsamanoudy, A., Mohamed Neamat-Allah, M., Hisham Mohammad, F., Hassanien, M. and Nada, H. (2016), "The role of nutrition related genes and nutrigenetics in understanding the pathogenesis of cancer", *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, Medknow, Vol. 4 No. 3, p. 115, doi: 10.1016/j.jmau.2016.02.002.
- Fenech, M., El-Sohehy, A., Cahill, L., Ferguson, L.R., French, T.A.C., Tai, E.S., Milner, J., *et al.* (2011), "Nutrigenetics and nutrigenomics: Viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice", *Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics*, July, doi: 10.1159/000327772.
- Freiree, V. (2022), "An Overview of Nutritional Biochemistry", *American Journal of Physiology*, Vol. 12 No. 5, p. 1.
- Gombart, A.F., Pierre, A. and Maggini, S. (2020), "A review of micronutrients and the immune system—working in harmony to reduce the risk of infection", *Nutrients*, MDPI AG, Vol. 12 No. 1, doi: 10.3390/nu12010236.
- John, R. and Singla, A. (2021), "Functional Foods: Components, Health Benefits, Challenges, and Major Projects", *DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy*, Genesis Sustainable Future Ltd., Vol. 2 No. 1, pp. 61–72, doi: 10.37281/drcsf/2.1.7.
- John, T., Samuel, B., Abolaji, O., Folashade, O., Oyetooke, A. and Oluwatosin, F. (2020), "Functional Foods and Bioactive Compounds: Roles in the Prevention, Treatment and Management of Neurodegenerative Diseases", *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, GSC Online Press,

Vol. 11 No. 2, pp. 297–313, doi:
10.30574/gscbps.2020.11.2.0143.

Munteanu, C. and Schwartz, B. (2022), “The relationship between nutrition and the immune system”, *Frontiers in Nutrition*, Frontiers Media S.A., 8 December, doi: 10.3389/fnut.2022.1082500.

Ordovas, J.M., Ferguson, L.R., Tai, E.S. and Mathers, J.C. (2018), “Personalised Nutrition and Health”, *BMJ*, BMJ Publishing Group, Vol. 361, pp. 1–7, doi: 10.1136/bmj.k2173.

Paudel, D., Dhungana, B., Caffè, M. and Krishnan, P. (2021), “A review of Health-Beneficial Properties of Oats”, *Foods*, MDPI, Vol. 10 No. 11, doi: 10.3390/foods10112591.

Sanders, M.E., Guarner, F., Guerrant, R., Holt, P.R., Quigley, E.M.M., Sartor, R.B., Sherman, P.M., *et al.* (2013), “An update on the use and investigation of probiotics in health and disease”, *Gut*, Vol. 62 No. 5, pp. 787–796, doi: 10.1136/gutjnl-2012-302504.

Sica, A. and Mantovani, A. (2012), “Macrophage plasticity and polarization: in vivo veritas”, *Science in Medicine*, Vol. 122 No. 3, pp. 787–795.

Singh, R.K., Chang, H.W., Yan, D., Lee, K.M., Ucmak, D., Wong, K., Abrouk, M., *et al.* (2017), “Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health”, *Journal of Translational Medicine*, BioMed Central Ltd., 8 April, doi: 10.1186/s12967-017-1175-y.

Sonia. (2019), “Role of Functional Food in Therapeutic Nutrition: Brief Review”, *Asian Journal of Science and Technology*, Vol. 10 No. 01, pp. 9221–9227.

Zheng, D., Liwinski, T. and Elinav, E. (2020), “Interaction between microbiota and immunity in health and disease”, *Cell Research*, Springer Nature, 1 June, doi: 10.1038/s41422-020-0332-7.

Sikaris, K. A. (2014) 'Physiology and its importance for reference intervals.', *The Clinical biochemist. Reviews*, 35(1), pp. 3-14.
Available at:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24659833>.

TENTANG PENULIS



Dr. Fatmawati, S.K.M., M.Kes, lahir di Sekang, 22 September 1968. Istri dari Drs. H, Andi Tajeri AT. Telah menyelesaikan pendidikan hingga tahap Doktor dengan melalui. Pendidikan gizi sejak D-1 SPAG di Kendari (1989-1990), kemudian melanjutkan Pendidikan DIII Akademi Gizi Malang (1995-1998), lalu Pendidikan S1 di Universitas Hassanudin, tepatnya Fakultas Kesehatan Masyarakat, Jurusan Biostatistik Kesehatan (2000-2002), dan terus melanjutkan studi Magister di Universitas Hasanuddin, peminatan Gizi Klinik (2006-2007), demikian pula pada jenjang S3 beliau telah menyelesaikan Pendidikan doctoral di UNHAS, Fakultas Ilmu Kedokteran (2013-2015). Ibu dari Apt. Andi Muhamad Akbar Rima Pratama, S.Farm., Apt. Tenri Zulfa Ayu Dwi Putri, S.Farm., Andi Muhamad Alfa Zuhail Tri Ramadhan telah bekerja sebagai Aparatur Sipil Negara (ASN) di Rumah Sakit Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 1990-1998. Kemudian tahun 1998-2006 bekerja sebagai dosen di Akademi Gizi Puuwatu dan selanjutnya bekerja di Politeknik Kesehatan Kendari tepatnya sebagai dosen di Jurusan DIV Gizi. Beliau aktif mengikuti ilmiah dan giat dalam melakukan publikasi jurnal nasional dan Internasional.



Dr. Fathma Syahbanu, S.TP lahir di Tangerang, pada 8 September 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Suryadi dan Ibu Dewi Sari. Pendidikan sarjana ditempuh di Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, lulus pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis diterima pada Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana IPB dengan Beasiswa Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) dari Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi. Saat ini, Penulis merupakan seorang dosen pada

Program Studi Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Singaperbangsa Karawang. Mata kuliah yang diajarkan oleh Penulis antara lain: Biokimia Gizi Dasar, Metabolisme Zat Gizi Mikro, Kimia, Teknologi Pangan dan Gizi, Analisis Zat Gizi, Dasar-Dasar Kuliner, Hygiene dan Sanitasi Makanan, serta Keamanan Pangan.



Siti Raudah, Lahir di Tanah Grogot Kalimantan Timur, pada 21 Desember 1985. Penulis menempuh pendidikan kuliah pada Program Studi Biologi Strata-1 pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Samarinda Tahun 2007 dan Pendidikan Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas

Mulawarman Tahun 2017. Penulis sebagai pengajar di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Institut Teknologi Kesehatan dan Sains Wiyata Husada Samarinda sejak tahun 2010 – sekarang. Penulis aktif dalam melakukan penelitian dengan peminatan biomedik seperti potensi tanaman terhadap penghambatan luka infeksi (in vitro).



Najmah, M.Si. lahir di Bima, pada 3 Juni 1994. Ia tercatat sebagai alumni Institut Pertanian Bogor pada jurusan Biokimia. Wanita yang kerap disapa Najm ini lahir dari pasangan Adam (ayah) dan Sitti Rahmah (ibu). Sejak tahun 2022, ia mengabdikan diri di jurusan kimia fakultas matematika dan ilmu pengetahuan

alam Universitas Negeri Gorontalo.



Dr. Sri Supadmi, S.SIT., M.Kes lahir di Kota Yogyakarta, 19 Desember 1963. Pendidikan yang telah ditempuh: DI Gizi (SPAG) di Pekalongan. DIII Gizi di Akademi Gizi Malang, DIV peminatan Ilmu Gizi-Kesehatan di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, S2 Kesehatan Ibu Anak-Kesehatan Reproduksi di UGM, S3 Doktor Ilmu Pangan di FTP UGM. Saat ini bekerja sebagai Peneliti Ahli Madya di Institusi BRIN. Bidang kepakaran di aspek Gizi, KIA-Kespro, dan Makanan. Aktif di Organisasi: DPC Persatuan Ahli Gizi (Persagi) di Kabupaten Magelang Periode 2020-2025 sebagai Pembina. Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) di Provinsi Jawa Tengah Periode 2022-2025 sebagai pengurus di Bidang Keanggotaan.



dr. Nina Indriyani Nasruddin, M.Kes., M.Gizi, lahir pada tanggal 20 Desember 1986 di Kota Kendari, provinsi Sulawesi Tenggara. Anak kedua dari lima bersaudara dari pasangan H. Nasruddin Habib, SE., MM dan Hj. Sinarsi, S.Pd., M.Pd. Menyelesaikan kuliah di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin (FK UNHAS) pada tahun 2009. Setelah berhasil meraih gelar sarjana, ia berusaha untuk mengembangkan pengetahuannya di bidang kesehatan dengan melanjutkan studi pascasarjana dengan meraih gelar Magister Kesehatan Masyarakat di Universitas Halu Oleo (UHO), di mana ia mendalami berbagai aspek kesehatan masyarakat, termasuk epidemiologi, kebijakan kesehatan, dan promosi kesehatan. Selain itu, Nina juga meraih gelar Magister Gizi Klinik di Universitas Indonesia (UI), yang memperdalam pemahamannya tentang gizi dan aplikasi dalam dunia kesehatan.



Fhahri Mubarak, S.Farm., M.Si. Lahir di Ujung Pandang, 1 April 1989. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Muslim Indonesia (Sarjana) tahun 2011 dan Universitas Hasanuddin Makassar (Magister) tahun 2016. Pria dengan panggilan Fhahri ini adalah anak dari pasangan Ayah Abdul Malik (Almarhum) dan Ibu Siti Suhaemi Padang. Telah menikah dan memiliki 2 orang anak. **Fhahri Mubarak** telah berkecimpung di dunia akademisi sejak 2017 dan mendapatkan beberapa hibah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dari Kemendikbud.



Ayu Puspitasari, ST, M.Si lahir di Madiun, pada 25 Maret 1980. Ia memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Kimia ITS pada 2002, dan M.Si dari Jurusan Kimia (Bidang Ilmu Biokimia) ITB pada 2012. Wanita yang kerap disapa Ayu ini adalah dosen di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Surabaya. Anak dari pasangan Bambang Emut (ayah) dan Sri Hartini (ibu) ini mempunyai hobi membaca buku dan berolahraga. Ayu Puspitasari yang selalu aktif dalam kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, mengampu mata kuliah Biokimia, Biologi Molekuler, Kimia Pangan, dan Toksikologi Klinik.



Dr. Dessy Arisanty, M.Sc lahir di Padang, pada 12 Januari 1979. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Andalas (S1 dan S3) dan Master (S2) Universiti Putra Malaysia. Wanita yang kerap disapa Dessy ini adalah anak dari pasangan Anwar Manan (ayah) dan Dasmiaty (ibu). Dessy Arisanty bukanlah orang baru di dunia Pendidikan. Berbagai kegiatan ilmiah dan banyak artikel yang sudah dipublikasikan. Penghargaan yang pernah diraih adalah sebagai

lulusan terbaik Fakultas MIPA dan Medali Perak pada ITEX exhibition Malaysia.



Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc lahir di Yogyakarta, pada 10 April 1962, dengan pendidikan terakhir S2 Ilmu Kedokteran Tropis (Konsentrasi Imunologi dan Biologi Molekuler), Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan (FK-KMK) Universitas Gadjah Mada, merupakan putra dari pasangan Soemardi (ayah) dan Sri Sumiyatun (Ibu), aktif mengajar di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak tahun 1984 sampai sekarang. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mendapatkan skema pendanaan antara lain Penelitian Pemula, Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi.



dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D. menamatkan S1 (Profesi) Dokter Umum di Fakultas Kedokteran Universitas Andalas tahun 2009. Penulis merupakan dosen tetap Departemen Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, sejak tahun 2009. Penulis merupakan anak dari pasangan Asrizal Jarat (Ayah) dan Yurnita, Amd.Keb (Ibu). Penulis melanjutkan kuliah S3 di Jichi Medical University, Jepang (2011-2015), bidang Medicine. Penulis aktif menulis buku dan artikel (jurnal internasional dan nasional).