

ILMU **BIOMEDIK DASAR**

Tim Penulis:

Arinda Lironika Suryana | Monica H.S Otlina Yocku
Jodelin Muninggar | Sisca | Yoni Astuti | Deasyka Yastani
Devi Oktafiani | Ayu Mardian | Nur Aisah Ibrahimiyah
Kristiawan Prasetyo Agung Nugroho | Novi Dewi Tanjung
Diza Fathamira Hamzah | Kiki Rismadi | Liska Alfaaizin
Indira Pipit Miranti | Syafarinah Nur Hidayah Akil
Resny Pebritrinasari

ILMU BIOMEDIK DASAR

Arinda Lironika Suryana

Monica H.S Otlne Yocku

Jodelin Muninggar

Sisca

Yoni Astuti

Deasyka Yastani

Devi Oktafiani

Ayu Mardian

Nur Aisah Ibrahimiyah

Kristiawan Prasetyo Agung Nugroho

Novi Dewi Tanjung

Diza Fathamira Hamzah

Kiki Rismadi

Liska Alfaaizin

Indira Pipit Miranti

Syafarinah Nur Hidayah Akil

Resny Pebritrinasari

ILMU BIOMEDIK DASAR

Tim Penulis:

Arinda Lironika Suryana
Monica H.S Otlne Yocku
Jodelin Muninggar
Sisca
Yoni Astuti
Deasyka Yastani
Devi Oktafiani
Ayu Mardian
Nur Aisah Ibrahimiyah
Kristiawan Prasetyo Agung Nugroho
Novi Dewi Tanjung
Diza Fathamira Hamzah
Kiki Rismadi
Liska Alfaaizin
Indira Pipit Miranti
Syafarinah Nur Hidayah Akil
Resny Pebritrinasari

Editor : Muhamad Rizal Kurnia
Tata Letak : Lilis Khalisatul Karimah
Desain Cover : Septimike Yourintan Mutiara
Ukuran : UNESCO 15,5 x 23 cm
Halaman : viii, 300
ISBN : 978-634-7522-09-2
Terbit Pada : Januari 2026
Anggota IKAPI : No. 073/BANTEN/2023

Hak Cipta 2026 @ Sada Kurnia Pustaka dan Penulis

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

PENERBIT PT SADA KURNIA PUSTAKA

Jl. Warung Selikur Km.6 Sukajaya – Carenang, Kab. Serang-Banten
Email : sadapenerbit@gmail.com
Website : sadapenerbit.com & repository.sadapenerbit.com
Telpon/WA : +62 838 1281 8431

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, buku dengan judul **“Ilmu Biomedik Dasar”** ini dapat diselesaikan. Buku ini hadir sebagai upaya untuk menyediakan sumber belajar yang komprehensif dan terstruktur bagi mahasiswa, khususnya di bidang kesehatan dan kedokteran, serta bagi siapa saja yang ingin memahami landasan ilmiah dari fungsi tubuh manusia dalam keadaan sehat maupun sakit.

Ilmu biomedik merupakan fondasi utama dalam dunia kesehatan modern. Pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip biologis, kimia, dan fisiologis pada tingkat molekuler, seluler, dan sistem organ merupakan kunci untuk mengerti mekanisme penyakit, pengembangan diagnostik, dan terapi yang efektif. Buku ini disusun dengan tujuan untuk menjembatani ilmu dasar dengan aplikasi klinis, sehingga pembaca dapat melihat relevansi langsung dari setiap konsep yang dipelajari.

Dalam penyusunannya, buku ini berusaha menyajikan materi dengan bahasa yang jelas dan sistematis, dilengkapi dengan ilustrasi serta contoh-contoh yang memperkaya pemahaman. Cakupan materi meliputi berbagai aspek esensial, seperti biologi sel dan molekuler, biokimia, genetika dasar, mikrobiologi umum, imunologi dasar, dan prinsip-prinsip fisiologi manusia, yang semuanya dirangkai dalam satu kesatuan yang saling terkait.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan buku ini. Semoga buku **“Ilmu Biomedik Dasar”** dapat menjadi teman belajar yang bermanfaat dan menginspirasi, serta turut mencerdaskan generasi penerus di bidang kesehatan Indonesia.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KESEHATAN.....	1
Pengantar Ilmu Biomedik.....	2
Sejarah Perkembangan Ilmu Biomedik.....	2
Tujuan Ilmu Biomedik.....	6
Ruang Lingkup Ilmu Biomedik.....	7
Peran Ilmu Biomedik dalam Kesehatan.....	10
Daftar Pustaka.....	12
Profil Penulis.....	14
BAB 2 DASAR-DASAR ANATOMI DAN FISILOGI TUBUH MANUSIA: DALAM PERSPEKTIF ILMU GIZI	15
Konsep Dasar Anatomi dan Fisiologi Manusia	16
Sel dan Jaringan sebagai Dasar Metabolisme Gizi.....	18
Sistem Pencernaan dan Absorpsi Zat Gizi.....	20
Sistem Peredaran Darah dan Distribusi Zat Gizi	22
Sistem Pernapasan dan Metabolisme Energi	23
Sistem Endokrin dan Regulasi Metabolisme Gizi	23
Sistem Otot dan Rangka dalam Keseimbangan Energi.....	24
Sistem Ekskresi dan Keseimbangan Cairan serta Elektrolit	25
Sistem Saraf, Nafsu Makan, dan Pengaturan Asupan Gizi	26
Integrasi Sistem Tubuh dalam Homeostasis Gizi	26
Daftar Pustaka.....	28
Profil Penulis.....	35
BAB 3 STRUKTUR DAN FUNGSI SEL.....	36
Definisi Sel.....	37
Struktur Sel.....	37
Daftar Pustaka.....	47
Profil Penulis.....	48
BAB 4 GENETIKA HEREDITAS	49
Pendahuluan	50
Gen, DNA, Kromosom.....	50

Mitosis dan Meiosis: Dasar Pewarisan	51
Hukum Mendelian	52
Pola Pewarisan Mendelian	53
Pewarisan pada Manusia	54
Penyakit Genetik Mendelian Autosomal.....	55
Pewarisan Tertaut Kelamin	57
Kelainan Kromosom	58
Tes Genetik dan Aplikasinya	60
Penutup	61
Daftar Pustaka	62
Profil Penulis	63
BAB 5 MATRIKS EKSTRASELULAR	64
Pendahuluan	65
Kolagen	66
Elastin.....	69
Fibronektin	70
Lamina Basalis.....	73
Glikosaminoglikan.....	74
Jaringan Tulang.....	76
Kolagen type II dan proteoglikan tertentu	78
Daftar Pustaka	81
Profil Penulis	82
BAB 6 KESEIMBANGAN CAIRAN, ELEKTROLIT, DAN ASAM BASA	83
Pendahuluan	84
Distribusi Cairan Tubuh	84
Osmolalitas dan Osmolaritas Cairan Tubuh	85
Mekanisme Regulasi Keseimbangan Cairan	86
Natrium sebagai Kation Utama Cairan Ekstraseluler.....	87
Kalium dan Homeostasis Intraseluler	88
Keseimbangan Asam Basa	89
Sistem Buffer dalam Regulasi Asam Basa	91
Daftar Pustaka	94
Profil Penulis	95
BAB 7 BIOKIMIA DASAR	96
Pendahuluan Biokimia	97

Karbohidrat	97
<i>Lipid</i> 103	
Asam Amino dan Protein	107
Daftar Pustaka	117
Profil Penulis	118
BAB 8 PERAN SALIVA DALAM METABOLISME ENERGI DAN PROSES BIOKIMIA DI RONGGA MULUT	119
Pendahuluan	120
Komposisi Biokimia Saliva	121
Pencernaan Awal sebagai Bagian dari Metabolisme Energi	125
Modulasi Hormon Metabolik oleh Saliva	127
Interaksi Saliva dengan Mikrobiota Mulut	129
Detoksifikasi Xenobiotik oleh Saliva	133
Fungsi Homeostasis dan Perlindungan Jaringan	135
<i>Lipid</i> Saliva dan Perannya dalam Proses Biokimia	136
Metabolomik Saliva: Arah Baru Diagnostik Non-Invasif	136
Dampak Gangguan Saliva terhadap Metabolisme Energi	137
Implikasi Klinis dan Kesehatan Masyarakat	138
Kesimpulan	140
Daftar Pustaka	142
Profil Penulis	144
BAB 9 ENZIM DAN KINETIKA ENZIM	145
Pengantar Enzim	146
Struktur Enzim	146
Mekanisme Kerja Enzim	148
Nomenklatur dan Klasifikasi Enzim	149
Kinetika Enzim	151
Daftar Pustaka	156
Profil Penulis	158
BAB 10 GIZI DASAR & MAKRO-MIKRONUTRIEN	159
Konsep Dasar Gizi dalam Ilmu Biomedik	160
Klasifikasi & Fungsi Zat Gizi	161
Keseimbangan Energi & Status Gizi	163
Contoh Kasus Gizi dalam Perspektif Biomedik	166
Arah dan Tantangan Kajian Biomedik Gizi Masa Kini dan Masa Mendatang	169

Daftar Pustaka.....	172
Profil Penulis.....	174
BAB 11 SISTEM PERSARAFAN.....	175
Pendahuluan	176
Sistem Saraf Pusat (SSP)	177
Sistem Saraf Perifer (SNP).....	182
Mekanisme Dasar Kerja Sistem Saraf.....	185
Integrasi SSP-SNP: Refleks	186
Daftar Pustaka.....	189
Profil Penulis.....	190
BAB 12 SISTEM KARDIOVASKULER (JANTUNG DAN PEMBULUH DARAH).....	191
Pendahuluan	192
Komponen Sistem Kardiovaskular.....	193
Daftar Pustaka.....	203
Profil Penulis.....	205
BAB 13 SISTEM PERNAPASAN.....	206
Pendahuluan	207
Anatomi Sistem Pernapasan.....	208
Fisiologi Pernapasan	210
Pengangkutan Gas dan Regulasi Pernapasan.....	213
Patofisiologi Sistem Pernapasan	214
Pemeriksaan Sistem Pernapasan	216
Penatalaksanaan Sistem Pernapasan.....	217
Isu Kontemporer Respirasi.....	219
Daftar Pustaka.....	223
Profil Penulis.....	224
BAB 14 SISTEM PENCERNAAN	225
Gambaran Umum dan Fungsi Sistem Pencernaan.....	226
Proses Dasar Sistem Pencernaan	227
Anatomi dan Komponen Sistem Pencernaan	230
Daftar Pustaka.....	243
Profil Penulis.....	245
BAB 15 DASAR-DASAR MIKROBIOLOGI.....	246
Pendahuluan	247
Sejarah Perkembangan Mikrobiologi.....	249

Objek Mikrobiologi.....	252
Metabolisme Mikroba.....	255
Mikrobiologi dalam Bidang Kesehatan	256
Daftar Pustaka.....	258
Profil Penulis.....	262
BAB 16 DASAR-DASAR PATOLOGI DAN PATOFISIOLOGI	263
Pendahuluan	264
Adaptasi Sel terhadap Stress.....	265
Cedera dan Kematian Sel	267
Mekanisme Dasar Penyakit.....	272
Dasar-Dasar Patofisiologi	276
Ringkasan	280
Daftar Pustaka.....	282
Profil Penulis.....	287
BAB 17 FARMAKOLOGI DASAR.....	288
Farmakologi.....	289
Biofarmasi	292
Farmakokinetik.....	293
Farmakodinamik.....	295
Toksikologi.....	296
Klasifikasi Obat Menurut Efek Farmakologi	296
Istilah dalam Farmakologi.....	297
Daftar Pustaka.....	299
Profil Penulis.....	300



BAB 1

PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KESEHATAN

dr. Arinda Lironika Suryana, M.Kes.
Politeknik Negeri Jember



Pengantar Ilmu Biomedik

Ilmu biomedik merupakan rumpun ilmu pengetahuan yang menjelaskan tentang mekanisme biologis dan fisiologis yang mendasari kesehatan dan penyakit pada manusia. Ilmu ini mengintegrasikan prinsip-prinsip dari berbagai disiplin ilmu, mencakup ilmu pengetahuan alam (*yi*, biologi, kimia, dan fisika) dan ilmu kedokteran, sehingga memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana tubuh bekerja sesuai fungsinya secara normal dan bagaimana patologi penyakit dapat muncul dan berkembang pada organisme hidup. Ilmu biomedik menjadi acuan dasar dalam menjelaskan fenomena kehidupan di tingkat molekular, sel, jaringan, hingga organ tubuh manusia secara utuh dengan menitikberatkan pada penyakit, pencegahan, pengobatan, dan pemulihan (Prastiwi *et al.*, 2023; Harissya, 2023).

Di sisi lain, biomedik merupakan disiplin bidang ilmu yang menekankan pada penelitian struktur, fungsi, dan proses biologis tubuh manusia untuk menunjang perkembangan ilmu kedokteran. Biomedik memberikan landasan untuk meningkatkan pemahaman mengenai penyebab penyakit dan menemukan cara baru yang dapat digunakan dalam diagnosis, pencegahan, serta pengobatan penyakit melalui pendekatan ilmiah dan inovasi bioteknologi. Selain itu, dapat juga dikaitkan dengan perkembangan peralatan medis (Harissya, 2023).

Jadi, definisi yang tepat sangat penting untuk mengarahkan penelitian dan penerapan secara praktis di bidang ilmu biomedik. Studi sistematis tentang proses kehidupan pada tingkat molekuler, seluler, dan organisme dengan tujuan akhir mengubah penemuan ilmiah menjadi aplikasi klinis merupakan definisi luas dari ilmu biomedik. Batasan ini telah mencakup penelitian terapan yang berfokus pada penciptaan teknologi dan perawatan baru, serta penelitian dasar yang bertujuan untuk mengidentifikasi mekanisme penyakit.

Sejarah Perkembangan Ilmu Biomedik

Perkembangan ilmu biomedik berlangsung melalui beberapa fase penting yang membentuk dasar ilmu kesehatan modern.

1. Era Pra-Ilmiah (Sebelum Abad ke-17)

Pada masa ini, perkembangan ilmu biomedik didominasi oleh pemikiran magis-religius (Mesir, India, Yunani kuno awal) yang meyakini adanya dewa penyebab penyakit. Pemahaman tentang tubuh manusia masih dipengaruhi oleh filsafat dan kepercayaan tradisional. Namun kemudian beralih ke pengamatan logis dan empiris. Tokoh seperti Hippocrates mulai memperkenalkan pendekatan ilmiah pada kesehatan, meskipun masih terbatas seperti menggunakan pengobatan herbal (lidah buaya, opium, bawang putih) dan metode pengobatan sederhana (Harsono & Djojosoewarno, 2008).

Hippocrates, sebagai pelopor ilmu kedokteran barat, awalnya menyebutkan bahwa segala sesuatu yang hidup di alam semesta berasal dari udara, air, api, dan bumi. Percampuran keempat elemen ini mempengaruhi bentuk cairan tubuh manusia, yaitu darah, lendir, empedu kuning, dan empedu hitam. Ketidakseimbangan antara keempat cairan tubuh ini akan menentukan sifat seseorang. Selanjutnya, perlahan teori ini disangkal dan lebih mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada tubuh manusia. Berdasarkan temuan dari pengamatan kritis dan korelasinya dengan hasil pengobatan empiris untuk berbagai penyakit, landasan bagi pengobatan rasional pun dibangun. Hal ini mengarahkan Hippocrates untuk menyimpulkan bahwa berbagai penyakit secara konsisten berkembang mengikuti pola tertentu ditandai dengan karakteristik klinis dan perkembangan penyakit yang spesifik dan relatif stabil. Hipotesis ini menyajikan perspektif progresif, terutama kontras dengan tradisi spiritual sebelumnya yang sepenuhnya mengabaikan keberadaan kumpulan gejala spesifik yang terkait dengan berbagai penyakit (Harsono & Djojosoewarno, 2008).

Sementara di dunia Islam, Ibnu Sina melalui karyanya *Al-Qanun (Kanon)* mengorganisasikan pengetahuan medis dalam skala besar, yang meletakkan dasar biomedis meskipun belum ada pemahaman seluler atau mikrobiologis. Fokusnya hanya pada anatomi dan pengobatan. *The Canon of Medicine* menjelaskan pengetahuan medis mengenai anatomi, penyebab (etiologi) dan

gejala, kebersihan, kesehatan, penyakit dan kematian yang tidak bisa dihindari serta klasifikasi penyakit dan regimen pengobatan dan perawatan diet. Itulah sebabnya, Ibnu Sina dikenal sebagai tokoh kedokteran modern (Cook, 2011; Prastiwi et al., 2023).

2. Revolusi Ilmiah (Abad ke-17–18)

Penemuan mikroskop oleh Antonie van Leeuwenhoek membuka pintu bagi pengamatan sel dan mikroorganisme. Dengan mikroskop lensa tunggal ciptaannya, yang bisa memperbesar hingga 300 kali, bakteri, protozoa, dan bahkan sperma dapat terlihat. Hal ini mengungkapkan keberadaan mikroorganisme yang sangat kecil hidup di sekeliling kita. Selanjutnya, perkembangan sejarah biologi terpengaruh, menjadi landasan beberapa ilmuwan untuk menemukan teori-teori baru, seperti Robert Hooke yang menemukan sel gabus dan perkembangan teori sel serta William Harvey yang menjelaskan sirkulasi darah, menandai kemajuan fisiologi modern.

3. Lahirnya Biologi Modern (Abad ke-19)

Abad ini menjadi tonggak penting karena beberapa penemuan, di antaranya:

- a. Louis Pasteur membuktikan teori kuman penyakit.
- b. Robert Koch mengidentifikasi bakteri penyebab tuberkulosis dan kolera.
- c. Gregor Mendel menemukan hukum genetika.
- d. Rudolf Virchow memperkenalkan konsep patologi sel.

Perkembangan ini menjadi fondasi mikrobiologi, genetika, dan patologi modern.

4. Era Molekuler dan Genetika (Abad ke-20)

Pada era ini, pencapaian dalam bidang biomedik diawali dengan penemuan struktur heliks ganda DNA oleh Watson & Crick tahun 1953 yang menjadi titik balik perkembangan biomedik. Sekitar 20 tahun kemudian, diciptakan molekul DNA rekombinan pertama dengan menggabungkan gen dari organisme berbeda oleh Paul Berg tahun 1972. Kemajuan lain meliputi kultur sel dan jaringan,

Daftar Pustaka

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2021). *Cellular and Molecular Immunology, 10th Edition*. Elsevier.
- Apriani, Kartini, Darmawi, Faisal, M., Lestari, P., Rita, R. S., Siregar, F. M., & Wijayanti, D. R. (2022). *Buku Ajar Biomolekuler*. CV. Feniks Muda Sejahtera.
- Brass, E. P. (2009). Basic Biomedical Sciences and the Future of Medical Education: Implications for Internal Medicine. *J Gen Intern Med*, 24(11), 1251–1254. <https://doi.org/10.1007/s11606-009-0998-5>
- Cook, H. (2011). The history of medicine and the scientific revolution. *Isis*, 102(1), 102–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1086/658659>
- Glick, B. R., & Patten, C. L. (2022). *Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA, Sixth Edition*. American Society for Microbiology Press.
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2023). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, Edition 14*. Elsevier Inc.
- Harissya, Z. (2023). Pengantar Ilmu Biomedik dan Perannya dalam Keperawatan. In Mubarak & M. Saranani (Eds.), *Ilmu Biomedik Untuk Perawat* (pp. 1–13). Eureka Media Aksara.
- Harsono, T., & Djojosoewarno, P. (2008). Pengantar dan Sejarah Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Penelitian. In D. K. Jasaputra & S. Santosa (Eds.), *Metodelogi Penelitian Biomedik Edisi 2* (2nd ed., pp. 1–21). Danamartha Sejahtera Utama (DSU).
- Hikmah, F., Hermawati, L., Wideani, G., & Wardani, R. K. (2024). *Ilmu Biomedik Untuk Kesehatan Masyarakat*. PT. Adikarya Pratama Globalindo.
- Khan, F. A. (2014). *Biotechnology in Medical Sciences*. CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2021). *Pathologic Basis of Disease, Tenth Edition*. Elsevier.

- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A., & Martin, K. C. (2016). *Molecular Cell Biology Eighth Edition* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Lowy, I. (2022). Precision Medicine: Historiography of Life Sciences and the Geneticization of the Clinics. *Ber. Wissenschaftsgesch.*, 45(3), 487–498. <https://doi.org/10.1002/bewi.202200023>
- Noviantari, A., & Khariri. (2020). Pemanfaatan Teknologi Biologi Sel Dalam Dunia Kedokteran Modern. *Prosiding Seminar Nasional Sains (SINASIS)*, 1(1), 121–127.
- Ping, M. F., Apriyanto, & Guli, M. M. (2025). *Buku Referensi Biomedik Dasar* (Efitra (ed.)). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Prastiwi, D., Lestari, W., Utami, R. T., Rinarto, N. D., & Chabibah, N. (2023). *Pengantar Biomedik Panduan Komprehensif* (Putu Intan Daryaswanti (ed.)). Sonpedia Publishing Indonesia.
- Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (2008). *Microbiology (7th ed.)*. McGraw-Hill Book Company.
- Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2020). *Pharmacology Ninth Edition*. Elsevier Ltd.

PROFIL PENULIS



dr. Arinda Lironika Suryana, M.Kes.

Penulis lahir di kota Mojokerto, Jawa Timur, pada tanggal 17 Agustus 1985. Ketertarikan penulis terhadap ilmu kesehatan dimulai pada tahun 2000 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk menempuh pendidikan S1 Kedokteran dan Profesi Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan berhasil lulus pada tahun 2010. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Minat Gizi Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya dan meraih gelar Magister Kesehatan pada tahun 2014. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi D4 Gizi Klinik Politeknik Negeri Jember sebagai pengajar mata kuliah Anatomi Fisiologi, Patofisiologi Penyakit, dan Imunologi Gizi. Penulis telah menerbitkan Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi Manusia, Buku Ilmu Kesehatan Masyarakat, dan Buku Stunting dan Gizi Buruk. Email Penulis: arinda@polije.ac.id



BAB 2

DASAR-DASAR ANATOMI DAN FISIOLOGI TUBUH MANUSIA: DALAM PERSPEKTIF ILMU GIZI

Monica H.S Otlne Yocku, M.Gz.
Universitas Kristen Satya Wacana



Konsep Dasar Anatomi dan Fisiologi Manusia

Anatomi membentuk dasar struktural tubuh melalui organisasi jaringan, organ, dan sistem, sedangkan fisiologi menjelaskan bagaimana struktur tersebut bekerja secara dinamis untuk mempertahankan proses kehidupan, sehingga integrasi keduanya memungkinkan tercapainya homeostasis sebagai kestabilan internal yang adaptif terhadap perubahan eksternal, dan gangguan pada hubungan ini dapat memicu penyakit (Hart et al., 2020; Libretti S, 2025). Homeostasis, sebagaimana diperkenalkan oleh Walter Cannon, bergantung pada mekanisme regulasi diri yang menjaga parameter internal seperti suhu, pH, dan konsentrasi ion melalui sistem umpan balik negatif yang melibatkan sensor, pengendali, dan efektor di seluruh sistem organ (Bassey et al., 2023; Hart et al., 2020; Libretti S, 2025).

Dalam konteks ini, anatomi menyediakan kerangka fisik, seperti struktur tulang dan pembuluh darah, sementara fisiologi mengatur respons adaptif, termasuk mekanotransduksi tulang dan refleks baroreseptor pada sistem sirkulasi (Bassey et al., 2023; Hart et al., 2020; Libretti S, 2025). Mekanisme integrasi didominasi oleh umpan balik negatif dan *feedforward*, di mana sistem saraf, hormonal, dan reseptor seluler memungkinkan koordinasi antarsistem, misalnya kolaborasi sistem kardiovaskular, ginjal, dan endokrin dalam pengaturan tekanan darah dan keseimbangan cairan (Bassey et al., 2023; Khalil B, 2025; Libretti S, 2025).

Sinergi anatomi dan fisiologi ini mendasari adaptasi dan kesehatan, sedangkan kegagalan regulasi homeostasis, seperti pada hipertensi atau diabetes, menegaskan pentingnya keseimbangan struktur dan fungsi seluruh sistem organ dalam pencegahan dan terapi penyakit (Hart et al., 2020; Libretti S, 2025). Integrasi anatomi dan fisiologi tersebut hanya dapat dipahami secara utuh melalui organisasi tubuh manusia yang tersusun secara hierarkis.

Tubuh manusia tersusun secara hierarkis mulai dari tingkat sel hingga sistem organ, memungkinkan munculnya fungsi kompleks melalui *emergent properties* di mana tingkat organisasi yang lebih tinggi memiliki kemampuan yang tidak dimiliki oleh komponen penyusunnya secara terpisah, sehingga mendukung integrasi anatomi dan fisiologi dalam menjaga homeostasis (Herman et al., 2022; Libretti

S, 2025). Pada tingkat sel, sel sebagai unit dasar kehidupan mengandung organel dengan fungsi spesifik, seperti mitokondria untuk produksi energi dan ribosom untuk sintesis protein, serta mampu berdiferensiasi dan berkomunikasi melalui sinyal guna mengoordinasikan aktivitas jaringan (Herman et al., 2022).

Sel-sel yang memiliki karakteristik serupa kemudian membentuk jaringan yang didukung matriks ekstraseluler, yang secara fungsional diklasifikasikan menjadi jaringan epitel, ikat, otot, dan saraf sebagai dasar struktural pembentukan organ (Herman et al., 2022). Organ tersusun dari berbagai jenis jaringan yang saling berinteraksi untuk menjalankan fungsi khusus, dengan desain struktural yang dioptimalkan bagi proses fisiologis tertentu, seperti pemompaan darah oleh jantung atau filtrasi oleh ginjal (Herman et al., 2022). Selanjutnya, berbagai organ bergabung dalam sistem organ yang saling terhubung, misalnya sistem kardiovaskular dan respirasi, untuk mempertahankan keseimbangan internal tubuh melalui mekanisme regulasi dan umpan balik (Herman et al., 2022; Libretti S, 2025).

Kerangka struktur-fungsi ini menjadi sangat penting dalam ilmu gizi dan kesehatan, karena pemanfaatan zat gizi bergantung langsung pada integritas anatomi dan regulasi fisiologis tubuh. Pemahaman anatomi dan fisiologi merupakan landasan penting dalam ilmu gizi dan kesehatan karena menjelaskan bagaimana struktur tubuh memproses zat gizi, mulai dari absorpsi di saluran cerna, distribusi melalui sistem sirkulasi, hingga penyimpanan di jaringan adiposa, sehingga menjadi dasar perancangan pola makan yang mendukung kesehatan metabolik dan pencegahan penyakit (Cinti, 2019; Leulier et al., 2017).

Secara spesifik, anatomi sistem gastrointestinal seperti vili mukosa dan enterosit memungkinkan penyerapan zat gizi, sementara fisiologi mengatur mekanisme transport aktif dan pasif yang menentukan ketersediaan hayati untuk kebutuhan energi dan perbaikan sel (Basile EJ, 2025; Thircuir et al., 2023). Gangguan pada struktur atau fungsi saluran cerna, termasuk perubahan motilitas usus, dapat menurunkan absorpsi mikronutrien dan meningkatkan risiko gangguan gizi serta penyakit metabolik (Basile EJ, 2025; Thircuir et al., 2023). Jaringan adiposa berperan sebagai pusat

metabolik dinamis yang berinteraksi dengan sistem pencernaan dan mikrobiota usus dalam mengatur penyimpanan, distribusi zat gizi, serta keseimbangan energi jangka panjang (Cinti, 2019; Leulier et al., 2017). Pemahaman integratif ini mendukung penerapan gizi presisi, di mana variasi anatomi dan respons fisiologis seperti sinyal insulin dimanfaatkan untuk merancang intervensi diet yang efektif dalam pencegahan dan pengelolaan penyakit kronis (Davy & Davy, 2019; Townsend et al., 2023).

Sel dan Jaringan sebagai Dasar Metabolisme Gizi

Sel merupakan unit dasar kehidupan yang mengandung organel-organel khusus yang mengoordinasikan metabolisme zat gizi melalui proses katabolik untuk menghasilkan energi dan proses anabolik untuk pertumbuhan serta pemeliharaan sel (Alberts B, 2002; Cooper GM, 2000). Mitokondria berperan sentral dalam produksi energi dengan mengoksidasi piruvat dan asam lemak hasil metabolisme zat gizi menjadi asetil-KoA yang masuk ke siklus asam sitrat, menghasilkan ATP, NADH, serta prekursor biosintetik melalui sistem membran ganda dan rantai transpor elektron yang efisien (Alberts B, 2002; Sánchez López de Nava A, 2025).

Retikulum endoplasma (RE) berfungsi dalam sintesis *lipid*, pemrosesan awal protein, serta pembentukan situs kontak dengan mitokondria (*mitochondria-associated membranes/MAM*) yang mengatur pertukaran metabolit, sinyal kalsium, dan pembentukan droplet *lipid* untuk penyimpanan energi (Klemm, 2021; Schrader et al., 2015). Di sitosol, glikolisis memecah karbohidrat menjadi piruvat untuk menghasilkan ATP secara *anaerob* sekaligus menyediakan intermediat bagi sintesis asam amino dan nukleotida (Alberts B, 2002; Yuan et al., 2013). Interaksi antarganel melalui situs kontak ini memungkinkan penginderaan zat gizi dan pengendalian pertumbuhan sel secara terintegrasi melalui jalur pensinyalan seperti AMPK dan mTOR (Alberts B, 2002; Yuan et al., 2013).

Membran sel memfasilitasi transport zat gizi melalui difusi pasif untuk molekul kecil nonpolar seperti oksigen dan asam lemak, difusi terfasilitasi melalui protein pembawa bagi glukosa dan asam amino,

Daftar Pustaka

- Alberts B, J. A. L. J., et al. (2002). *Molecular Biology of the Cell. 4th edition*. New York: Garland Science; 2002. How Cells Obtain Energy from Food. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK26882/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26882/>
- Barone, R., & Szychlinska, M. (2023). Highlights in Pathophysiology of the Musculoskeletal System. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6412. <https://doi.org/10.3390/ijms24076412>
- Basile EJ, L. M. S. A. (2025, January). *Physiology, Nutrient Absorption. [Updated 2023 Oct 28]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK597379/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK597379/>
- Bassey, R. B., Hill, R. V., & Rennie, W. P. (2023). Integration of physiology in a curriculum on human structure: a snapshot of the cardiovascular block. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1236409>
- Bazira, P. J. (2021). An overview of the nervous system. *Surgery (Oxford)*, 39(8), 451–462. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.06.012>
- Campbell, M. J. I. (2025, January). *Physiology, Endocrine Hormones. [Updated 2022 Sep 26]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK538498/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538498/>
- Chait, A., & den Hartigh, L. J. (2020). Adipose Tissue Distribution, Inflammation, and Its Metabolic Consequences, Including Diabetes and Cardiovascular Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 7. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00022>
- Chaudhry, R., M. J. R. A. (2025a, January). *Physiology, Cardiovascular. [Updated 2022 Oct 16]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK493197/>.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493197/>
- Chaudhry, R., M. J. R. A. (2025b, January). *Physiology, Cardiovascular. [Updated 2022 Oct 16]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493197/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493197/>
- Chaudhry SR, L. M. O. A., et al. (2025, January). *Anatomy, Abdomen, and Pelvis: Stomach. [Updated 2024 Jul 17]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482334/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482334/>
- Cheng, L. K., O'Grady, G., Du, P., Egbuji, J. U., Windsor, J. A., & Pullan, A. J. (2010). Gastrointestinal system. *WIREs Systems Biology and Medicine*, 2(1), 65–79. <https://doi.org/10.1002/wsbm.19>
- Chrousos, G. P. (2007). Organization and Integration of the Endocrine System: The Arousal and Sleep Perspective. *Sleep Medicine Clinics*, 2(2), 125–145. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2007.04.004>
- Cinti, S. (2019). Anatomy and physiology of the nutritional system. *Molecular Aspects of Medicine*, 68, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2019.04.001>
- Cooper GM. (2000). *A Molecular Approach. 2nd edition*. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2000. The Molecular Composition of Cells. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9879/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9879/>
- Dave HD, S. M. V. M. (2025, January). *Anatomy, Skeletal Muscle. [Updated 2023 Aug 28]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537236/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537236/>
- Davy, K. P., & Davy, B. M. (2019). Advances in Nutrition Science and Integrative Physiology: Insights From Controlled Feeding Studies. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/>

fphys.2019.01341

- Gallagher, S., B. M. F. (2022). Structure and Function of the Musculoskeletal System. In *Musculoskeletal Disorders* (pp. 43–82). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119640172.ch3>
- Garza FA, L. S. (2025, January). *Anatomy, Abdomen, and Pelvis: Kidneys. [Updated 2025 Sep 15]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482385/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482385/>
- Gibson, R. S. (2007). The Role of Diet- and Host-Related Factors in Nutrient Bioavailability and Thus in Nutrient-Based Dietary Requirement Estimates. *Food and Nutrition Bulletin*, 28(1_suppl1), S77–S100. <https://doi.org/10.1177/15648265070281S108>
- Gromova, L. V., Fetissov, S. O., & Gruzdkov, A. A. (2021). Mechanisms of Glucose Absorption in the Small Intestine in Health and Metabolic Diseases and Their Role in Appetite Regulation. *Nutrients*, 13(7), 2474. <https://doi.org/10.3390/nu13072474>
- Haddad, M. S. S. (2025, January). *Physiology, Lung. [Updated 2023 Jul 20]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545177/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545177/>
- Hambidge, K. M. (2010). Micronutrient bioavailability: Dietary Reference Intakes and a future perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1430S-1432S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674B>
- Hart, N. H., Newton, R. U., Tan, J., Rantalainen, T., Chivers, P., Siafarikas, A., & Nimphius, S. (2020). Biological basis of bone strength: anatomy, physiology, and measurement. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 20(3), 347–371.
- Herman, M. A., Aiello, B. R., DeLong, J. D., Garcia-Ruiz, H., González, A. L., Hwang, W., McBeth, C., Stojković, E. A., Trakselis, M. A., & Yakoby, N. (2022). A Unifying Framework for Understanding Biological

- Structures and Functions Across Levels of Biological Organization. *Integrative and Comparative Biology*, 61(6), 2038–2047. <https://doi.org/10.1093/icb/icab167>
- Hiller-Sturmhöfel, S., & Bartke, A. (1998). The endocrine system: an overview. *Alcohol Health and Research World*, 22(3), 153–164.
- Khalil B, M. E. L. S. (2025, January). *Physiology, Cellular Receptors. [Updated 2024 Sep 19]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554403/>
- Kiela, P. R., & Ghishan, F. K. (2016). Physiology of Intestinal Absorption and Secretion. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 30(2), 145–159. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2016.02.007>
- Klemm, R. W. (2021). Getting in Touch Is an Important Step: Control of Metabolism at Organelle Contact Sites. *Contact*, 4. <https://doi.org/10.1177/2515256421993708>
- Leulier, F., MacNeil, L. T., Lee, W., Rawls, J. F., Cani, P. D., Schwarzer, M., Zhao, L., & Simpson, S. J. (2017). Integrative Physiology: At the Crossroads of Nutrition, Microbiota, Animal Physiology, and Human Health. *Cell Metabolism*, 25(3), 522–534. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.02.001>
- Libretti, S. P. Y. (2025, January). *Physiology, Homeostasis. [Updated 2023 May 1]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559138/>
- Lu, X., Luo, C., Wu, J., Deng, Y., Mu, X., Zhang, T., Yang, X., Liu, Q., Li, Z., Tang, S., Hu, Y., Du, Q., Xu, J., & Xie, R. (2023). Ion channels and transporters regulate nutrient absorption in health and disease. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 27(18), 2631–2642. <https://doi.org/10.1111/jcmm.17853>
- McCuller, C., J. R. C., AL. (2025, January). *Physiology, Skeletal Muscle. [Updated 2023 Jul 30]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island

- (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537139/>.
- Meyer, R. K., & Duca, F. A. (2023). RISING STARS: Endocrine regulation of metabolic homeostasis via the intestine and gut microbiome. *Journal of Endocrinology*, 258(2). <https://doi.org/10.1530/JOE-23-0019>
- Murphy, A. C., Muldoon, S. F., Baker, D., Lastowka, A., Bennett, B., Yang, M., & Bassett, D. S. (2018). Structure, function, and control of the human musculoskeletal network. *PLOS Biology*, 16(1), e2002811. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002811>
- Newsholme, P. (2021). Cellular and metabolic mechanisms of nutrient actions in immune function. *Nutrition & Diabetes*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.1038/s41387-021-00162-3>
- Ogobuiro I, G. J. S. K., et al. (2025, January). *Physiology, Gastrointestinal. [Updated 2023 Apr 8]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537103/>.
- Ogobuiro I, T. F. (2025, January). *Physiology, Renal. [Updated 2023 Jul 24]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538339/>.
- Patricia JJ, D. A. (2025, January). *Physiology, Digestion. [Updated 2022 Sep 12]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544242/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544242/>
- Rehman I, R. A. (2025, January). *Anatomy, Thorax, Heart. [Updated 2023 Aug 28]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470256/>.
- Richard AJ, W. U. E. C., et al. (2020, April 4). *Adipose Tissue: Physiology to Metabolic Dysfunction. [Updated 2020 Apr 4]*. In: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, et al., Editors. Endotext [Internet]. South

- Dartmouth (MA): MDText.Com, Inc.; 2000-. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK555602/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555602/>
- Richards, J. D., Cori, H., Rahn, M., Finn, K., Bárcena, J., Kanellopoulos, A. K., Péter, S., & Spooren, A. (2025). Micronutrient bioavailability: concepts, influencing factors, and strategies for improvement. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1646750>
- Robinson, W. F., & Robinson, N. A. (2016). Cardiovascular System. In *Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 3* (pp. 1-101.e1). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5319-1.00012-8>
- Sánchez López de Nava, A. R. A. (2025, January). *Physiology, Metabolism. [Updated 2022 Sep 12]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Books/NBK546690/>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546690/>
- Schrader, M., Godinho, L. F., Costello, J. L., & Islinger, M. (2015). The different facets of organelle interplay—an overview of organelle interactions. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fcell.2015.00056>
- Thau L, R. V. S. P. (2025, January). *Anatomy, Central Nervous System. [Updated 2022 Oct 10]*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542179/>.
- Thircuir, S., Chen, N. N., & Madsen, K. A. (2023). Addressing the Gap of Nutrition in Medical Education: Experiences and Expectations of Medical Students and Residents in France and the United States. *Nutrients*, 15(24), 5054. <https://doi.org/10.3390/nu15245054>
- Townsend, J. R., Kirby, T. O., Marshall, T. M., Church, D. D., Jajtner, A. R., & Esposito, R. (2023). Foundational Nutrition: Implications for Human Health. *Nutrients*, 15(13), 2837. <https://doi.org/10.3390/nu15132837>

- Van Scott, M. R., Chandler, J., Olmstead, S., Brown, J. M., & Mannie, M. (2013). Airway Anatomy, Physiology, and Inflammation. In *The Toxicant Induction of Irritant Asthma, Rhinitis, and Related Conditions* (pp. 19–61). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9044-9_2
- Yuan, H.-X., Xiong, Y., & Guan, K.-L. (2013). Nutrient Sensing, Metabolism, and Cell Growth Control. *Molecular Cell*, 49(3), 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2013.01.019>

PROFIL PENULIS



Monica H.S Otlina Yocku, M.Gz

Ketertarikan penulis terhadap dunia kepenulisan telah tumbuh sejak masa Sekolah Menengah Atas. Pada awalnya, minat tersebut lebih banyak diarahkan pada penulisan sastra, khususnya puisi. Seiring berjalannya waktu, ketertarikan penulis berkembang ke arah penulisan ilmiah yang mulai ditekuni secara serius sejak menempuh pendidikan di perguruan tinggi. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) pada Program Studi Gizi di Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW). Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan magister (S2) pada Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro (UNDIP). Minat keilmuan penulis berfokus pada bidang gizi molekuler, khususnya dalam memahami interaksi antara faktor genetik, nutrisi, dan penyakit metabolik. Saat ini, penulis berstatus sebagai dosen dan aktif menjalankan kegiatan tridarma perguruan tinggi, meliputi pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Selain itu, penulis juga aktif menulis karya ilmiah dan buku sebagai upaya berkontribusi dalam pengembangan ilmu gizi di Indonesia.

Email Penulis: monica.yocku@uksw.edu



BAB 3

STRUKTUR DAN

FUNGSI SEL

dr. Jodelin Muninggar, M.Sc.
Universitas Kristen Satya Wacana



Definisi Sel

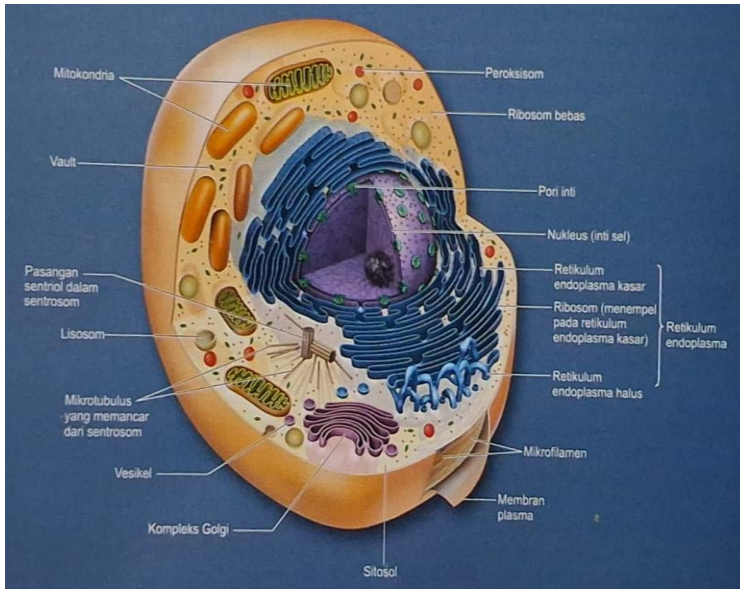
Sel merupakan struktur organik penyusun tubuh sebagai unit terkecil organisme yang terorganisasi dengan baik. Sel memiliki 3 struktur utama, yaitu membran plasma yang membungkus sel, nukleus tempat materi genetik, dan sitoplasma sebagai wadah mirip gel bagi organel dan sitoskeleton. Organel adalah struktur terorganisasi dengan karakteristik khusus yang mengerjakan fungsi spesifik. Dan sitoskeleton adalah kerangka sel tersusun dari protein yang menyelubungi sel dan berfungsi sebagai tulang dan otot bagi sel (Sherwood, 2023).

Dengan koordinasi yang baik, setiap sel melakukan fungsi dasar tertentu yang penting bagi keberlangsungan hidupnya dan peran khusus dalam mempertahankan homeostasis. Sesuai kekhususannya, sel menyusun jaringan, organ, dan sistem organ dengan mempertahankan kestabilan lingkungan internal bagi kelangsungan hidupnya. Seluruh fungsi tubuh bergantung pada aktivitas setiap sel yang menyusun tubuh (Rehena & Wael, 2023).

Sel merupakan penghubung antara zat kimia dan manusia. Di dalam sel tersusun oleh berbagai interaksi unik dan kompleks dari berbagai zat kimia tidak hidup. Sel juga merupakan unit penyusun seluruh tubuh yang sangat kompleks. Seluruh fungsi tubuh organisme multiseluler bergantung pada kemampuan kolektif fungsional dan struktural setiap sel tubuh. Semua sel baru terbentuk dari hasil pembelahan sel induk. Untuk keberlangsungan hidupnya, sel memiliki struktur dan fungsi yang sama (Sherwood, 2023).

Struktur Sel

Milyaran sel di dalam tubuh manusia dibedakan menjadi sekitar 200 jenis berdasarkan variasi struktur dan fungsinya. Walaupun berbeda secara struktur dan fungsi, banyak sel yang berbeda struktur memiliki banyak yang sama, yaitu pada organel yang dimiliki.



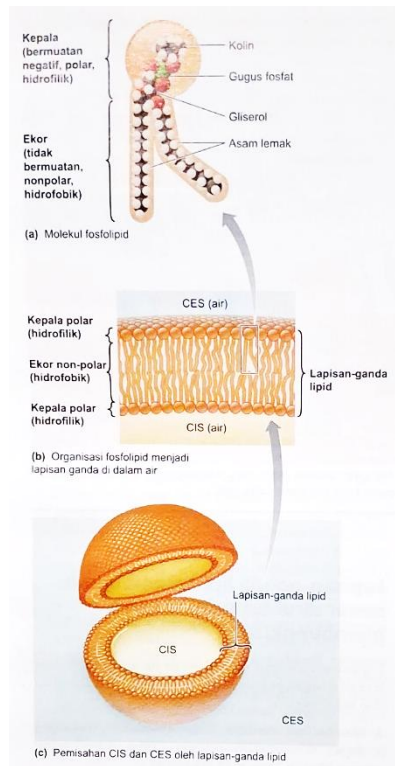
Gambar 3.1: Diagram Struktur Sel di Bawah Mikroskop

Sumber: (Sherwood, 2023)

1. Membran Plasma

Membran plasma merupakan struktur membranosa tipis yang membungkus setiap sel. Membran plasma tersusun oleh molekul *lipid* bersama protein, berupa lapis ganda *lipid* cair dengan protein yang melekat. Struktur membran plasma memungkinkan pemisahan isi sel dari lingkungan dan menjaga cairan intrasel (CIS) dari cairan ekstrasel (CES). Struktur protein penyusun membran sel berfungsi mengontrol masuknya pasokan nutrisi dan material lain serta keluarnya produk sel serta zat yang tidak dibutuhkan sel.

Bagian dalam membran sel bersifat hidrofobik, yang merupakan sawar bagi bahan yang larut dalam air di antara CIS dan CES, dan dapat ditembus bahan yang larut *lipid*. Dengan demikian sel dapat mempertahankan berbagai campuran dan konsentrasi zat terlarut di CIS dan CES.



Gambar 3.2: Struktur Organisasi Molekul Fosfolipid dalam Lapisan Ganda Lipid
Sumber: (Sherwood, 2023)

- Molekul fosfolipid.
- Molekul fosfolipid menyusun lapisan ganda fosfolipid, kepala menghadap ke luar dan ekor menghadap ke dalam.
- Membran plasma membungkus sel dan memisahkan CIS dan CES.

Protein pada membran melakukan beragam fungsi membran spesifik, berupa protein transmembrane yang membentuk kanal bagi molekul kecil seperti ion Na dan ion K. Lainnya berupa kanal bocor dan kanal berpintu.

Protein lain menembus membran sebagai molekul pembawa atau pengangkut yang mengangkut bahan spesifik, sebagian lagi protein sebagai akseptor penanda penambatan, sebagai enzim

Daftar Pustaka

- Rehena Johanis Fritsgal & Wael Syahran. (2023). Buku Ajar Anatomi & Fisiologi Manusia untuk S1 Biologi. CV Sarnu Untung.
- Sherwood Lauralee. (2023). Fisiologi Manusia. Dari Sel ke Sistem. Edisi 9. EGC.
- Soesilawati P. (2020). Histologi Kedokteran Dasar. Airlangga University Press.

PROFIL PENULIS



dr. Jodelin Muninggar, M.Sc.

Ketertarikan penulis sebagai pemerhati kesehatan perempuan dimulai pada tahun 1992 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk kuliah kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret (UNS) dan lulus tahun 1999. Melanjutkan kuliah pada Program Pasca Sarjana pada Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedik Fakultas Kedokteran, Kesehatan

Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gajah Mada pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2012. Penulis memiliki kepakaran di bidang ilmu biomedis. Dan untuk mewujudkan karier sebagai dosen profesional, penulis pun aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya tersebut. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didanai oleh internal perguruan tinggi dan juga Kemenristek DIKTI adalah penelitian profil sel beta pankreas pasca perlakuan tempe daun Yakon, penelitian optimalisasi proses produksi minuman fungsional stevia sebagai OHT yang berkhasiat antidiabetes, penelitian distress psikososial penderita penyakit kronis di Salatiga, serta penelitian korelasi faktor resiko dan depresi pada mahasiswa pacaran. Beberapa buku yang telah ditulis oleh peneliti adalah book chapter Ilmu Kesehatan Anak, Kesehatan Perempuan dan Perencanaan Keluarga, serta Anatomi dan Fisiologi dari PT Sada Kurnia Pustaka.

Email Penulis: jodelin.muninggar@uksw.edu.



BAB 4

GENETIKA HEREDITAS

dr. Sisca, M.Biomed
Universitas Trisakti



Pendahuluan

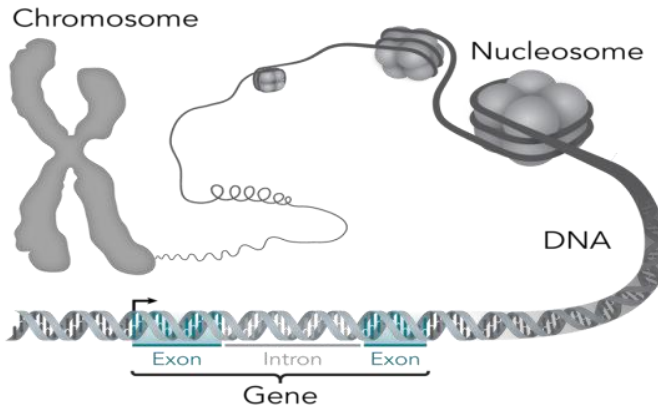
Genetika merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari mekanisme pewarisan sifat dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui materi genetik. Ilmu ini menjelaskan dasar variasi biologis yang tampak pada organisme, mulai dari warna mata, bentuk rambut, dan golongan darah hingga kerentanan terhadap penyakit tertentu. Pemahaman mengenai genetika tidak hanya memberikan gambaran tentang bagaimana sifat biologis diwariskan, tetapi juga berperan penting dalam memahami penyebab kelainan bawaan, penyakit genetik, serta mekanisme evolusi. Perkembangan genetika modern didukung oleh kemajuan biologi molekuler, bioinformatika, dan teknologi laboratorium seperti sequencing DNA dan terapi gen, yang memperluas aplikasi genetika dalam bidang kesehatan, kedokteran presisi, forensik, pertanian, dan bioteknologi (Brown, 2022).

Prinsip dasar genetika berakar dari eksperimen Gregor Mendel mengenai pewarisan sifat melalui pola segregasi dan asortasi bebas gen. Penemuan kemudian mengungkap bahwa gen tersusun dalam lokus tertentu sepanjang kromosom, dan perilaku kromosom selama mitosis serta meiosis menjadi landasan fisik pewarisan sifat. Selain pola pewarisan klasik Mendel, perkembangan ilmu genetika juga mencakup kajian pola pewarisan non-Mendelian seperti pewarisan terkait kromosom seks, imprinting genom, mutasi gen, serta perubahan struktur atau jumlah kromosom yang dapat menyebabkan kelainan bawaan. Dengan demikian, genetika modern tidak hanya mempelajari pewarisan sifat normal, tetapi juga menyediakan pemahaman komprehensif mengenai variasi genetik dan implikasinya terhadap kesehatan manusia.

Gen, DNA, Kromosom

DNA (*deoxyribonucleic acid*) merupakan molekul hereditas yang berfungsi menyimpan, membawa, dan meneruskan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya. Molekul ini tersusun atas empat basa nitrogen, yaitu Adenin (A), Timin (T), Sitosin (C), dan Guanin (G), yang tersusun dalam urutan spesifik membentuk kode genetik. Segmen tertentu pada DNA yang menginstruksikan

pembentukan protein atau menentukan suatu karakteristik biologis disebut gen. Variasi dari gen yang mengatur sifat yang sama disebut alel, dan variasi ini menjelaskan perbedaan fenotip antar individu. Dengan demikian, DNA melalui struktur gen dan alel menjadi dasar molekuler bagi hereditas dan keragaman biologis (Cooper, 2019).



Gambar 4.1: Gen, DNA, dan Kromosom

(Sumber: diolah penulis)

DNA tidak berada dalam keadaan bebas di dalam sel, melainkan terorganisasi dalam struktur padat yang disebut kromosom. Pada manusia terdapat 46 kromosom yang terdiri dari 22 pasang autosom serta satu pasang kromosom seks (XX pada perempuan dan XY pada laki-laki). Susunan lengkap seluruh materi genetik dalam organisme disebut genom. Kromosom inilah yang mengalami replikasi, segregasi, dan rekombinasi selama proses pembelahan sel, terutama pada meiosis, sehingga memungkinkan pewarisan sifat ke keturunan. Interaksi antara DNA, gen, alel, dan kromosom inilah yang membentuk dasar mekanisme penurunan sifat dan menjadi fondasi bagi pemahaman genetika modern.

Mitosis dan Meiosis: Dasar Pewarisan

Mitosis merupakan proses pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anak dengan susunan genetik identik dengan sel induknya. Proses ini mempertahankan jumlah kromosom tetap, yaitu 46 kromosom pada manusia, sehingga informasi genetik yang dibawa setiap sel tubuh

tetap konsisten. Mitosis berperan penting dalam pertumbuhan organisme, regenerasi jaringan yang rusak, serta mempertahankan kestabilan genetik antar sel selama masa hidup. Dengan adanya mekanisme kontrol seperti *checkpoint* seluler, mitosis memastikan bahwa DNA yang telah direplikasi diturunkan secara akurat ke sel anak, sehingga sifat tubuh tetap terjaga dari generasi sel ke generasi sel berikutnya.

Berbeda dengan mitosis, meiosis adalah proses pembelahan sel yang terjadi pada organ reproduksi dan menghasilkan gamet (sperma dan ovum) dengan jumlah kromosom yang berkurang menjadi setengah dari sel induk, yaitu 23 kromosom. Meiosis berlangsung dalam dua tahap pembelahan, yaitu meiosis I dan meiosis II, yang memungkinkan terjadinya pemisahan pasangan kromosom homolog serta pembagian kromatid saudara. Selama meiosis terjadi mekanisme penting seperti *crossing over* dan *independent assortment*, yang menyebabkan rekombinasi genetik. Mekanisme ini menghasilkan gamet dengan kombinasi alel yang berbeda, sehingga meningkatkan variasi genetik dalam populasi.

Hubungan antara meiosis dan hereditas sangat erat karena proses ini memastikan bahwa setiap keturunan menerima setengah materi genetik dari masing-masing orang tua. Perilaku kromosom selama meiosis menjadi dasar fisik dari hukum pewarisan Mendel, yaitu Hukum Segregasi dan Hukum Asortasi Independen. Melalui segregasi alel pada pembentukan gamet serta distribusi acak kromosom homolog, meiosis memastikan bahwa sifat genetik diwariskan secara teratur namun tetap bervariasi. Dengan demikian, kombinasi mekanisme mitosis dan meiosis memungkinkan organisme mempertahankan kestabilan genetik sekaligus menciptakan keanekaragaman biologis antar individu dalam spesies.

Hukum Mendelian

Gregor Johann Mendel, seorang biarawan dan ilmuwan Austria, dianggap sebagai bapak genetika karena penelitiannya yang sistematis mengenai pola pewarisan sifat menggunakan tanaman kacang polong (*Pisum sativum*). Melalui eksperimen persilangan terkontrol, Mendel mengamati pola munculnya sifat tertentu pada

Daftar Pustaka

- Brown, T. A. (2022). *Genomes 5*. Garland Science/Taylor & Francis.
- Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2019). *The Cell: A Molecular Approach* (8th ed.). Oxford University Press.
- Griffiths, A. J. F., Wessler, S. R., Carroll, S. B., & Doebley, J. (2020). *Introduction to Genetic Analysis* (12th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Hartl, D. L., & Ruvolo, M. (2021). *Genetics: Analysis of Genes and Genomes* (9th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Kubitschek, H. E. (2020). Mendelian inheritance and genetic patterns: A modern understanding. *Journal of Biological Education*, 54(4), 427–438. [<https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1700241>]
- Nussbaum, R. L., McInnes, R. R., & Willard, H. F. (2020). *Thompson & Thompson Genetics in Medicine* (9th ed.). Elsevier.
- Pierce, B. A. (2024). *Genetics: A Conceptual Approach* (7th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Strachan, T., & Read, A. (2018). *Human Molecular Genetics* (5th ed.). Garland Science/Taylor & Francis Group.
- Watson, J. D., Baker, T. A., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., & Losick, R. (2017). *Molecular Biology of the Gene* (7th ed.). Pearson Education.

PROFIL PENULIS



dr. Sisca, M.Biomed.

Ketertarikan penulis terhadap bidang kedokteran telah tumbuh sejak masa studi, hingga akhirnya penulis menempuh pendidikan di Program Studi Kedokteran Umum dan berhasil menyelesaikan pendidikan sarjana pada tahun 2009. Komitmen untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan mendorong penulis melanjutkan studi magister di bidang

biomedik pada Program Pascasarjana Universitas Indonesia dan berhasil meraih gelar S2 pada tahun 2018. Bidang kepakaran penulis meliputi ilmu kedokteran dan penelitian biomedis, yang kemudian diwujudkan melalui aktivitas akademik maupun penelitian yang berfokus pada pengembangan ilmu serta penerapannya dalam praktik kedokteran. Sejak tahun 2015, penulis aktif mengajar di Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti dan terus berperan dalam mencetak tenaga medis yang profesional serta berintegritas. Selain kegiatan mengajar, penulis juga aktif menulis buku, artikel publikasi ilmiah, serta melaksanakan penelitian di bidang kedokteran. Tidak hanya itu, penulis senantiasa terlibat dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebagai bentuk nyata kontribusi dalam meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat Indonesia.

Email Penulis: sisca@trisakti.ac.id



BAB 5

MATRIKS

EKSTRASELULAR

Dra. Yoni Astuti, M.Kes., Ph.D.
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Pendahuluan

Matriks ekstraseluler (MES) adalah bagian nonseluler dari semua jaringan dan organ. MES sangat penting untuk perkembangan, diferensiasi, dan pemeliharaan jaringan dan organ. Komponen utamanya terdiri dari air, protein, dan polisakarida. Lingkungan mikro seluler dan protein bertanggung jawab atas interaksi antara matriks dan komponen seluler. Proteoglikan dan protein fibrosa adalah dua komponen utamanya. Komposisi MES setiap organ memengaruhi sifat biokimia dan mekanisnya. Pascatranslasi, protein MES mengalami perubahan yang signifikan terhadap fungsinya (Achilleas et al., 2016).

Pengerasan matriks ekstraseluler (MES) adalah perubahan utama yang terjadi selama proses penuaan. Dengan bertambahnya usia, protein penghubung seperti kadherin, okcludin, dan katenin berkurang, dan celah muncul pada persambungan antar sel. Penipisan membran basal disebabkan oleh peningkatan degradasi matriks metaloproteinase (MMP). Dengan bertambahnya usia, fibroblas mengekspresikan lebih banyak sitokin, MMP, dan penghambat aktivator plasminogen (PAI). Peradangan jangka panjang muncul bersamaan dengan peningkatan produksi spesies oksigen reaktif (ROS) mitokondria. Kerusakan jaringan elastin dan membran basal pada akhirnya akan terjadi. Pengerasan jaringan disebabkan oleh ikatan silang kolagen yang tidak tepat yang disebabkan oleh ROS dan peningkatan glikasi. Meskipun jaringan yang menua secara mekanis lebih lemah, mereka kurang elastis dan kaku. Pada penuaan terjadi kehilangan masa otot dan masa tulang (Yoni A dkk, 2021), yang dapat mempengaruhi indeks massa tubuh, yang juga mengalami perubahan (Yoni A dkk, 2020).

Infiltrasi monosit ke matriks ekstraseluler (MES) yang rusak dipicu oleh kerusakan vaskular dan pembentukan bekuan fibrin sebagai respons pertama terhadap cedera yang terjadi pada MES. Faktor pertumbuhan, MMP, dan sitokin yang disekresikan oleh makrofag mendukung angiogenesis, migrasi fibroblas, dan proliferasi. Fibroblas ini mensekresi protein MES, yang menghasilkan transdiferensiasi fibroblas menjadi jenis sel lain seperti miofibroblas. Selanjutnya, protein MES dideposisi dan sintesis bundel kolagen

terjadi. Migrasi sel ke lokasi luka akan didorong oleh MES yang telah diremodelasi (Achilleas et al., 2016). Protein struktural yang terdapat pada MES:

Kolagen

Kolagen adalah protein struktural utama yang terdapat dalam jaringan ikat, dan kolagen adalah protein yang paling banyak dimiliki tubuh. Kolagen membentuk antara 25 dan 30 persen berat protein. Kolagen membantu sel-sel bersatu di dalam jaringan. Kolagen adalah komponen fibrosa utama jaringan seperti pembuluh darah, tendon, tulang rawan, gigi, dan tulang. Sekitar 28 jenis kolagen, terdiri dari lebih dari 30 rantai polipeptida yang berasal dari gen yang berbeda, menentukan sifat fisik jaringan komponen C1q dari sistem komplemen. Protein surfaktan paru SPA dan SPD (yang tidak diklasifikasikan sebagai kolagen) memiliki domain struktur yang mirip dengan kolagen, yang disebut sebagai "kolagen nonkolagen." (Jonathon M. M. and Valerie M. W., 2018) (Nikos dkk, 2018).

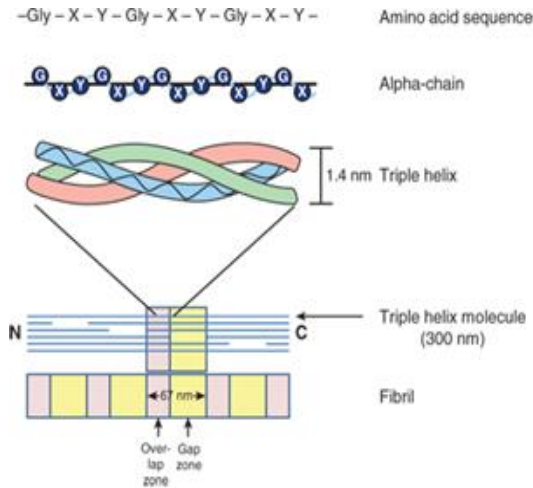
1. Struktur Kolagen

a. Tropokolagen

Tropokolagen terdiri dari tiga rantai polipeptida yang berbeda. Ada 19 jenis kolagen yang telah dijelaskan, tergantung pada variasi asam aminonya. Tipe I paling banyak ditemukan pada jaringan ikat di hampir semua bagian tubuh; Tipe II paling sering ditemukan pada tulang rawan dan humor vitreus; Tipe III paling sering ditemukan pada kulit, paru-paru, dan jaringan pembuluh darah; dan Tipe IV paling sering ditemukan pada membran basal.

b. Kolagen tipe 1

Sekitar seribu residu asam amino terkandung dalam setiap rantai polipeptida kolagen. Setiap asam amino ketiga adalah glisin. Urutan asam amino berulang ini ditulis sebagai Gly-X-Y-Gly-X-Y-Gly; di mana X dan Y adalah asam amino lainnya, yang paling umum adalah prolin dan hidroksi prolin. Selain itu, 4-hidroksi prolin dan 5-hidroksi lisin ditemukan dalam jumlah yang signifikan dalam kolagen.



Gambar 5.1: Tahapan Sintesis Kolagen Type 1

Sumber: (Rodwell dkk, 2016)

c. Sintesis kolagen:

Dalam sel, fibroblas menghasilkan kolagen sebagai prekursor besar yang disebut prokolagen. Setelah disintesis, kolagen kemudian dilepaskan ke luar sel melalui peptidase tertentu untuk membentuk tropokolagen.

Modifikasi Pasca-Translasi:

Hidrolisis residu prolin dan lisin kolagen terjadi di dalam sel. Selain mengandung besi fero pada situs aktifnya, enzim prolil hidroksilase dan lisil hidroksilase memerlukan agen pereduksi seperti asam askorbat untuk mempertahankan besi dalam kondisi fero tereduksi. Akibatnya, kekurangan vitamin C menyebabkan hidroksilasi yang buruk. Salah satu gangguan biokimia utama yang menyebabkan penyakit skorbut adalah hidrasi.

2. Pematangan Kolagen Ekstraseluler

Kemudian, molekul prokolagen disekresikan. Di luar sel, prokolagen dibelah oleh peptidase spesifik. Akhirnya, ikatan silang kovalen terbentuk. Defisiensi *peptidase* menyebabkan dermatopraksis, di mana kulit rentan terhadap robekan.

Daftar Pustaka

- Achilleas D.T., Spyros S.S., Chrysostomi G., and Nikos K.K. (2016). Extracellular matrix structure. *Advanced Drug Delivery Reviews* 97: 4–27
- Beatrice Y, (2014). Biology of the Extracellular Matrix: An Overview. *Journal of Glaucoma*, 23:S20–S23
- Cameron, W., Elijah, M., and Armando, D.R.H. (2018). Role of Extracellular Matrix in Development and Cancer Progression. *International Journal of Molecular Science*, 19(10), 3028; <https://doi.org/10.3390/ijms19103028>
- Jaspreet, K.K., Shouvik B, and Ram I.S. (2014). The extracellular matrix: Structure, composition, age-related differences, tools for analysis, and applications for tissue engineering *Journal of Tissue Engineering*, Volume 5: 1–17 © The Author(s) 2014 DOI: 10.1177/2041731414557112
- Jonathon M. M. and Valerie M. W. (2018). The Physical and Biochemical Properties of the Extracellular Matrix Regulate Cell Fate. **,‡Curr Top Dev Biol.* 2018; 130: 1–37. doi:10.1016/bs.ctdb.2018.02.002.
- Michael H, Zihan L, and Xi R. (2022). Extracellular matrix dynamics: tracking in biological systems and their implications. *Journal of Biological Engineering* (2022) 16:13 <https://doi.org/10.1186/s13036-022-00292-x>
- Nikos K. K., Achilleas D. T., Zoi P., Dimitra M., et al. (2021) Composition and functions of the extracellular matrix. *The FEBS Journal* (2021) Federation of European Biochemical Societies
- Rodwell V.W., Bender DA, KM Botham, K.M., Kennely, P.J., and Weil, P.A. 2016. *Harper's Illustrated Biochemistry*, Ed. 13, www.accesmedicine.com. [Copyright](#) McGraw Hill Education.
- Yoni A, Ikhlas M.J. (2020). Correlation of body mass index on waist circumference and blood pressure. *International Journal of Public Health Sciences*, Volume 9, No. 4, pp. 373–378
- Yoni A., Zulkhah N., and Rahmah R. (2021). Sarcopenia and Bone Loss as Risks during Aging in Females with Light Activity. *Open Access Macedonian Journal of Medicinal Sciences* 2021 April 01; 9(T4); 168–171.

PROFIL PENULIS

Dra. Yoni Astuti, M.Kes., Ph.D.

Ketertarikan penulis terhadap ilmu kesehatan diawali sejak Sekolah Menengah Atas, mengambil jurusan IPA di SMA N Kota Purworejo, Jawa Tengah. Selanjutnya di Tahun 1991 penulis menyelesaikan studi S1 Jurusan Biologi Lingkungan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Selama berkarier sebagai dosen di bidang biokimia di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, ia menambah keilmuannya dengan mengikuti pendidikan S2 di Pasca Sarjana Universitas Kedokteran UGM dengan minat biokimia di jurusan Ilmu Kedokteran Dasar yang diselesaikan pada tahun 2000. Selanjutnya untuk meningkatkan kebutuhannya kariernya, ia melanjutkan mengambil pendidikan S3 di Program Doktor di Prodi Kedokteran dengan minat biokimia signaling di Departemen Obstetri dan Ginekologi Universitas Kobe Jepang, yang diselesaikan pada tahun 2015.

Kembali menekuni pengajaran dan mengetuai Departemen Biokimia Prodi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah hingga sekarang. Beberapa penelitian yang dilakukan setiap tahunnya dengan biaya baik dari internal Perguruan Tinggi maupun dari DIKTI RI dengan berkolaborasi bersama departemen lain seperti Departemen Patologi Anatomi, Departemen Anak, Departemen Obstetri Ginekologi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan juga institusi luar seperti BRIN Tawangmangu Karanganyar Solo, Fakultas Biologi UGM, dan lain-lain. Selain itu, juga aktif mengikuti seminar maupun konferensi tentang ilmu kesehatan baik tingkat nasional maupun internasional, yang di beberapa kesempatan mendapatkan penghargaan penyaji terbaik di tahun 2017 di Universitas Mataram dan tahun 2019 dan 2020 di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain peneliti, penulis juga menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara yang sangat tercinta ini.

Email Penulis: yonia@umy.ac.id



BAB 6

KESEIMBANGAN CAIRAN, ELEKTROLIT, DAN ASAM BASA

dr. Deasyka Yastani, M.Biomed
Universitas Trisakti



Pendahuluan

Tubuh manusia mempertahankan kestabilan lingkungan internal melalui mekanisme homeostasis, dan keseimbangan cairan, elektrolit, serta asam basa merupakan fondasi utama dari proses tersebut (Guyton & Hall, 2021). Perubahan kecil pada jumlah cairan tubuh atau kadar ion dapat memengaruhi cara sel bekerja, termasuk proses penghantaran sinyal saraf, pergerakan otot, dan kinerja berbagai enzim yang penting bagi metabolisme (Boron & Boulpaep, 2020).

Perubahan keseimbangan cairan dan elektrolit dapat terjadi pada berbagai keadaan tubuh, misalnya saat terjadi stres fisiologis, infeksi, atau gangguan fungsi organ yang memengaruhi distribusi air dan ion. Pemahaman mengenai dasar-dasar fisiologi ini penting agar pembaca dapat mengenali bagaimana tubuh merespons perubahan tersebut dan bagaimana ketidakseimbangan dapat diperbaiki secara tepat (Moritz, 2021).

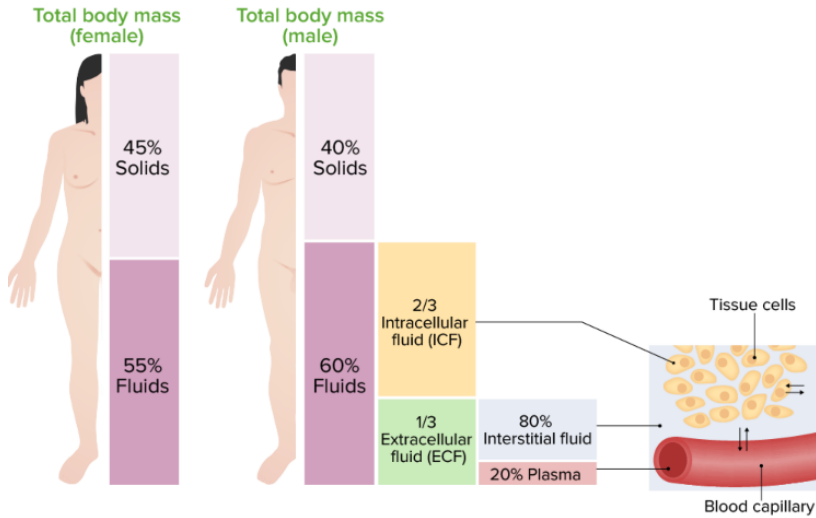
Distribusi Cairan Tubuh

Pada orang dewasa sehat, air tubuh total berkisar antara 50–60% dari berat badan dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, dan komposisi lemak tubuh (Guyton & Hall, 2021). Cairan ini terbagi menjadi dua kompartemen utama, yaitu:

1. Cairan intraseluler (ICF): $\pm 2/3$ dari total air tubuh yaitu cairan yang berada di dalam sel dan menjadi tempat berlangsungnya sebagian besar reaksi metabolisme.
2. Cairan ekstraseluler (ECF): $\pm 1/3$ dari total air tubuh yang terdiri dari:
 - a. 80% cairan interstisial, yaitu cairan yang mengisi ruang antar sel.
 - b. 20% plasma, yaitu bagian cair dari darah yang terdapat dalam pembuluh darah.

Natrium berperan sebagai kation utama pada ECF, sedangkan kalium mendominasi ICF; ketidakseimbangan keduanya akan memengaruhi gradien osmotik dan pergerakan air melalui membran semipermeabel (Koeppen, 2018). Distribusi air antar kompartemen

ini mengandalkan integritas membran sel serta mekanisme osmosis (Moritz, 2021).



Gambar 6.1: Kompartemen Cairan Tubuh dan Persentase Total Body Water

Sumber: OpenStax. *Anatomy and Physiology* (2023), Body Fluid Compartments.

Osmolalitas dan Osmolaritas Cairan Tubuh

Osmolalitas menggambarkan jumlah partikel terlarut per kilogram pelarut, sedangkan osmolaritas mengukur jumlah partikel terlarut per liter larutan. Dalam fisiologi tubuh, keduanya digunakan untuk memahami konsentrasi zat terlarut yang menentukan pergerakan air antar kompartemen (Guyton & Hall, 2021; Boron & Boulpaep, 2020). Meskipun berbeda secara definisi, osmolalitas plasma lebih sering digunakan karena tidak berubah dengan variasi suhu dan volume, sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai konsentrasi zat terlarut (Ganong, 2023).

Natrium merupakan penentu utama osmolalitas cairan ekstraseluler, sedangkan kalium mendominasi cairan intraseluler. Ketidakseimbangan kedua ion ini akan memicu perpindahan air melalui mekanisme osmosis, yang memengaruhi ukuran sel, fungsi saraf, dan metabolisme. Perubahan konsentrasi ion memengaruhi

kestabilan membran sel serta aktivitas enzimatis yang memerlukan lingkungan ionik tertentu untuk bekerja optimal (Harper, 2024; Marks, 2023).

Tubuh menjaga osmolalitas plasma dalam kisaran sekitar 275–295 mOsm/kg melalui integrasi mekanisme ginjal, hormon antidiuretik (ADH), dan rasa haus. Ketika osmolalitas meningkat, osmoreseptor hipotalamus mengaktifkan sekresi ADH yang meningkatkan reabsorpsi air di ginjal. Sebaliknya, penurunan osmolalitas menurunkan sekresi ADH sehingga air berlebih dapat dikeluarkan melalui urin (Moritz, 2021).

Mekanisme Regulasi Keseimbangan Cairan

Tubuh mengatur volume dan komposisi cairan melalui kerja sama sistem saraf, hormon, dan ginjal. Mekanisme ini memastikan cairan ekstraseluler tetap berada pada tingkat yang mendukung aliran darah, fungsi sel, dan keseimbangan tekanan osmotik (Guyton & Hall, 2021; Ganong, 2023). Bahkan perubahan kecil pada volume atau osmolalitas dapat memicu respons tubuh untuk mengembalikan keadaan normal, menunjukkan bahwa sistem ini sangat peka terhadap gangguan keseimbangan cairan (Boron & Boulpaep, 2020).

1. Hormon Antidiuretik (ADH) / Vasopressin

ADH diproduksi di hipotalamus dan dilepaskan oleh kelenjar pituitari posterior ketika osmolalitas plasma meningkat atau terjadi penurunan volume darah. Hormon ini meningkatkan reabsorpsi air di tubulus kolektif ginjal dengan menstimulasi pemasangan aquaporin-2 pada membran apikal sel epitel. Peningkatan reabsorpsi ini membantu mengencerkan kembali plasma dan mengembalikan osmolalitas ke kisaran normal. Bila osmolalitas menurun, sekresi ADH ditekan sehingga lebih banyak air dikeluarkan dalam urin (Guyton & Hall, 2021; Ganong, 2023).

Selain perubahan osmolalitas, ADH juga dipengaruhi oleh tekanan darah dan volume darah melalui sinyal dari baroreseptor. Kehilangan darah atau penurunan tekanan arteri dapat meningkatkan pelepasan ADH, meskipun osmolalitas tidak berubah, menegaskan bahwa hormon ini berperan penting dalam mempertahankan volume sirkulasi efektif (Boron & Boulpaep, 2020; Moritz, 2021).

2. Buffer Fosfat

Buffer fosfat menggunakan pasangan $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ dan bekerja terutama di cairan intraseluler serta ginjal. Meskipun konsentrasinya di plasma lebih rendah dibanding bikarbonat, fosfat menjadi buffer penting dalam sel karena fosfat organik banyak terdapat pada membran dan metabolit seluler. Di ginjal, fosfat memiliki peran penting dalam ekskresi ion hidrogen. Ketika H^+ disekresikan ke lumen tubulus, fosfat mengikat H^+ sehingga memungkinkan tubuh mengeluarkan beban asam non-volatil melalui urin (Ganong, 2023; Marks, 2023). Mekanisme ini menjadi bagian penting dari regulasi jangka panjang pH.

3. Sistem Buffer Protein

Protein merupakan buffer yang sangat kuat, terutama di dalam sel. Banyak asam amino memiliki gugus bermuatan yang dapat menangkap atau melepaskan H^+ . Hemoglobin adalah contoh penting buffer protein dalam darah, karena dapat mengikat H^+ yang terbentuk saat CO_2 diangkut dari jaringan ke paru. Dengan demikian, hemoglobin membantu stabilisasi pH meskipun terjadi perubahan konsentrasi CO_2 secara dinamis (Harper, 2024). Di ruang intraseluler, konsentrasi protein yang tinggi membuat buffer protein berperan besar dalam menjaga pH sel. Interaksi muatan antar gugus protein menjadikan mekanisme ini salah satu komponen utama dalam pengaturan pH di dalam sel (Boron & Boulpaep, 2020).

4. Integrasi Sistem Buffer

Ketiga buffer bekerja bersamaan untuk mempertahankan pH tubuh. Sistem bikarbonat dominan di cairan ekstraseluler, fosfat bekerja terutama di ginjal dan cairan intraseluler, sedangkan protein mendominasi buffer di dalam sel dan darah. Kombinasi ketiganya memberikan kapasitas besar untuk menetralkan perubahan pH sebelum paru dan ginjal memberikan kompensasi yang lebih lambat namun lebih stabil (Guyton & Hall, 2021; Moritz, 2021).

Daftar Pustaka

- Baynes, J. W., & Dominiczak, M. H. (2019). *Medical Biochemistry* (5th ed.). Elsevier.
- Boron, W. F., & Boulpaep, E. L. (2020). *Medical Physiology* (3rd ed.). Elsevier.
- Ganong, W. F. (2023). *Review of Medical Physiology* (27th ed.). McGraw-Hill Education.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Harper, D. R. (2024). *Harper's Illustrated Biochemistry* (33rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Marks, A. D., Lieberman, M., & Peet, A. (2023). *Marks' Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach* (6th ed.). Wolters Kluwer.
- Moritz, M. L. (2021). Fluid, electrolyte, and acid–base abnormalities. In *Pediatric Critical Care* (Chapter 30). Springer.
- OpenStax. (2023). *Anatomy and Physiology*. Rice University. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/>

PROFIL PENULIS



dr. Deasyka Yastani, M. Biomed

Ketertarikan penulis pada ilmu biomedik mendorong penulis untuk melanjutkan studi pada Program Magister Ilmu Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, dengan peminatan khusus di bidang biokimia. Saat ini, penulis aktif sebagai dosen tetap di Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti, serta menjabat

sebagai kepala koordinator di sebuah klinik yang berlokasi di kawasan Gading Serpong, Tangerang. Penulis pernah menerima Hibah Penelitian Tesis Magister dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) pada tahun 2022, serta terpilih mengikuti program Summer Camp di University of Tsukuba, Jepang pada tahun 2023. Selain itu, penulis juga menjabat sebagai Sekretaris Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia (PBBMI) Cabang Jakarta sejak tahun 2023 hingga sekarang. Di luar aktivitas akademik, penulis aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian, salah satunya melalui Tzu Chi International Medical Association (TIMA). Sehari-hari, penulis mengampu mata kuliah Ilmu Biokimia dan juga aktif dalam penulisan karya ilmiah berupa artikel jurnal, buku ajar, dan book chapter.

Email Penulis: deasyka@trisakti.ac.id



BAB 7

BIOKIMIA DASAR

Dr. Devi Oktafiani, S.Si., M.Ked.Trop.
Universitas Tadulako



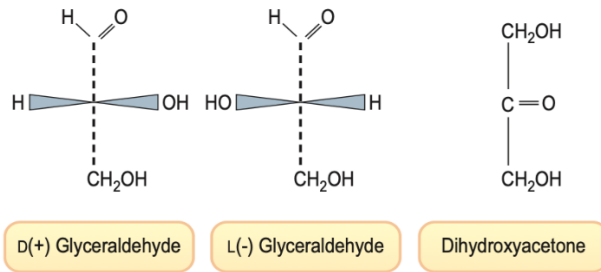
Pendahuluan Biokimia

Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari dasar-dasar kimia kehidupan, yaitu zat-zat kimia (biomolekul seperti protein, DNA, karbohidrat, dan lemak) dan reaksi kimia yang terjadi di dalam makhluk hidup untuk menopang fungsi fisiologis, kesehatan, dan penyakit pada tingkat molekuler, menjembatani ilmu biologi dan kimia. Dalam kajian bab ini akan membahas terkait karbohidrat, lemak, asam amino, dan protein.

Kata “Biokimia” sendiri berasal dari bahasa Yunani, yakni “bios,” yang artinya “kehidupan,” dan “*chemis*,” yang berarti “kimia,” dan dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari dasar kimia kehidupan atau dapat juga diartikan sebagai salah satu ilmu yang mempelajari reaksi-reaksi kimia atau interaksi molekul dalam sel hidup (Ischak et al., 2017).

Karbohidrat

Karbohidrat (gula) merupakan salah satu sumber utama energi dan dapat disimpan dalam tubuh sebagai glikogen. Glukosa (gula darah) adalah satu-satunya gula yang ada dalam tubuh dalam bentuk bebas; laktosa dan sukrosa adalah disakarida penting dalam makanan. Glikogen, pati, dan selulosa adalah polimer homoglukan. Karbohidrat dapat dihubungkan dengan protein dan *lipid*, membentuk glikokonjugat: glikoprotein dan glikolipid. Karbohidrat merupakan kelompok senyawa karbonil alami, baik berupa aldehida maupun keton, yang juga memiliki sejumlah gugus hidroksil. Senyawa ini mencakup gula sederhana (monosakarida) serta bentuk polimer seperti oligosakarida dan polisakarida. Karbohidrat paling sederhana, yang memiliki dua gugus hidroksil, adalah gliseraldehida dan dihidroksiaseton (Gambar 7.1). Gula tiga karbon ini adalah triosa; akhiran “-osa” menunjukkan gula. Gliseraldehida adalah aldosa, dan dihidroksiaseton adalah gula ketosa. Awalan dan contoh gula rantai panjang ditunjukkan pada tabel 7.1.



Gambar 7.1: Struktur Triosa: D- dan L-gliseraldehid (aldosa) dan dihidroksiaseton (ketosa)
 Sumber: (Baynes, 2019)

Tabel 7.1: Klasifikasi Karbohidrat Berdasarkan Panjang Rantai Karbon

Jumlah atom karbon	Nama	Contoh
Tiga	Triosa	Gliseraldehid, dihidroksiaceton
Empat	Tetrosa	Eritrosa
Lima	Pentosa	Ribosa, xilosa, xilulosa, deoksiribosa
Enam	Heksosa	Glukosa, mannososa, fruktosa
Tujuh	Heptosa	Sedoheptulosa
Delapan	Oktosa	Tidak ada
Sembilan	Nonosa	Asam neuraminik (sialat)

Sumber : (Baynes, 2019)

Karbohidrat, atau sakarida, memiliki gugus hidroksil (-OH), aldehida, atau keton. Dengan gugus fungsi ini, karbohidrat didefinisikan sebagai polihidroksialdehida, polihidroksiketon, atau senyawa yang dapat dihidrolisis menjadi keduanya (Ischak et al., 2017).

D-glukosa terdapat dalam jumlah terbesar dalam konformasi siklik ini, sehingga menjadikannya yang paling tidak mudah teroksidasi dan paling tidak reaktif dengan protein. Ketika glukosa mengalami siklisasi menjadi hemiasetal, ia dapat membentuk struktur cincin furanosa atau piranosa, yang dinamai berdasarkan eter siklik lima dan enam karbon, furan dan piran (Gambar 9.2). Perhatikan bahwa reaksi siklisasi menciptakan pusat asimetris baru pada C-1, yang dikenal sebagai karbon anomerik.

d. Struktur kuarterner

Struktur kuarterner protein multisubunit ditentukan oleh interaksi kovalen dan nonkovalen yang terjadi di antara permukaan subunit. Struktur yang kuat mengacu pada bentuk kompleks atau susunan dari dua atau lebih rantai peptida yang berbeda, yang saling terhubung melalui interaksi nonkovalen, atau dalam beberapa kasus melalui interaksi kovalen. Secara umum, sebagian besar protein yang memiliki massa molekul lebih besar dari 50 kDa terdiri dari lebih dari satu rantai dan dikenal sebagai protein dimerik, trimerik, atau multimerik. Banyak protein multisubunit terdiri dari berbagai jenis subunit fungsional, seperti subunit pengatur dan subunit katalitik. Hemoglobin adalah protein tetramerik, dan ATPase mitokondria jantung sapi memiliki 10 protomer. Unit terkecil disebut sebagai monomer, atau subunit. Gambar 2.9 mengilustrasikan struktur protein dimerik Cu,Zn-superoksida dismutase.

Daftar Pustaka

- Ahmed, Saba, Shah, P., & Ahmed, O. (2025). *Lipids*. In *Biochemistry*. StatPearls [Internet].
- Anonim. (2018). Modul Karbohidrat Jilid 1. In *Universitas Islam Indonesia* (Vol. 1).
- Baynes, J. W. (2019). *Medical Biochemistry* (5th ed.).
- Cox, R., & García-Palmieri, M. (1990). Cholesterol, Triglycerides, and Associated Lipoproteins. In: *Walker HK, Hall WD, Hurst JW, editors. Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. Boston: Butterworths.
- Ischak, N. I., Salimi, Y. K., & Botutihe, D. N. (2017). *Biokimia dasar 1* (Cetakan 1). UNG Press.
- Koolman, J., & Roehm, K. H. (2005). *Color Atlas of Biochemistry* (2nd ed.). Thieme Stuttgart.
- Panickar, K., & Bhathena, SJ. (2010). Control of Fatty Acid Intake and the Role of Essential Fatty Acids in Cognitive Function and Neurological Disorders. In *Montmayeur JP, le Coutre J, editors. In: Montmayeur JP, le Coutre J, editors. Fat Detection: Taste, Texture, and Post-Ingestive Effects*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis.
- Reece, Jane, Urry, L. A., Cain, M. L., & Steven, A. (2020). *Campbell Biology* (Beth Wilbur, Ed.; 10th ed.). Pearson Education, Inc.
- Sengupta, S., Mukherjee, S., Basak, P., & Majumder, A. L. (2015). Significance of galactinol and raffinose family oligosaccharide synthesis in plants. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 6, Issue AUG). Frontiers Research Foundation.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00656>
- Suyatno. (2020). *KARBOHIDRAT*. Department of Chemistry State University of Surabaya
- Thompson, T. E. (2025, December 1). *Lipids Biochemistry*. Encyclopedia Britannica.

PROFIL PENULIS



Dr. Devi Oktafiani, S.Si., M.Ked.Trop.

Lulus S1 Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, di Universitas Airlangga pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S2 Ilmu Kedokteran Tropis di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan berhasil menyelesaikan studi tahun 2017. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan pada jenjang lebih tinggi dengan mengambil S3 Ilmu Kedokteran pada Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan menyelesaikan studinya pada tahun 2019. Penulis menekuni penelitian di bidang epidemiologi molekuler. Untuk meningkatkan kepakaran pada bidangnya, pada tahun 2017 penulis mengikuti *Sandwich Program* peningkatan keahlian laboratorium dan keilmuan di Division of Clinical Virology, Kobe University, Jepang. Penulis aktif sebagai peneliti di bidang kepakaran tersebut dengan beberapa penelitian dan temuan yang telah dilakukan. Salah satu temuan dalam penelitian yang penulis hasilkan yaitu temuan pertama infeksi HHV-6 dan HHV-8 pada pasien HIV di Kota Surabaya, Jawa Timur, yang telah diterbitkan pada jurnal internasional bereputasi. Saat ini penulis merupakan dosen Departemen Biokimia, Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako, Sulawesi Tengah.

Email Penulis: devioktafiani.fk.untad@gmail.com



BAB 8

PERAN SALIVA DALAM METABOLISME ENERGI DAN PROSES BIOKIMIA DI RONGGA MULUT

Ayu Mardian, S.KM., M.Kes.
Poltekkes Kemenkes Padang



Pendahuluan

Saliva merupakan cairan biologis kompleks yang memiliki peran fundamental dalam menjaga fungsi fisiologis rongga mulut dan kesehatan sistemik. Meskipun sering kali dianggap sebagai sekadar pelumas, saliva sebenarnya merupakan komponen aktif yang kaya akan enzim, protein, glikoprotein, hormon, *ion*, dan metabolit yang memungkinkan berlangsungnya berbagai proses biokimia yang rumit. Di dalam kerangka biomedik, saliva berfungsi sebagai pengatur metabolisme energi, memulai pencernaan makanan, memodulasi komposisi mikrobiota, menjalankan detoksifikasi awal terhadap xenobiotik, serta mempertahankan homeostasis oral melalui mekanisme pertahanan imun bawaan maupun adaptif.

Metabolisme energi tidak hanya terjadi di dalam organ pencernaan bagian bawah, tetapi dimulai sejak makanan memasuki rongga mulut. Enzim-enzim saliva seperti amilase dan lipase lingual memulai proses pemecahan nutrisi, sementara hormon-hormon metabolik di dalam saliva mengatur persepsi rasa, nafsu makan, dan asupan energi. Selain itu, saliva berperan dalam detoksifikasi xenobiotik, mendukung remineralisasi gigi, menjaga pH stabil, dan menyediakan biomarker penting untuk diagnosis non-invasif berbagai penyakit.

Dalam konteks metabolisme energi, saliva terlibat dalam tahap awal pencernaan karbohidrat dan *lipid* melalui enzim-enzim seperti amilase dan lipase. Selain itu, keberadaan hormon metabolik dalam saliva memberi kontribusi signifikan terhadap regulasi nafsu makan, persepsi rasa, dan pengaturan energi tubuh secara keseluruhan. Di sisi lain, interaksi antara saliva dan mikrobiota mulut menghasilkan berbagai metabolit yang dapat berdampak positif maupun negatif terhadap integritas struktur gigi, jaringan periodontal, serta kesehatan sistemik.

Bab ini mengulas secara komprehensif peran saliva dalam metabolisme energi dan proses biokimia di rongga mulut, dengan pendekatan biomedik yang menekankan aspek komposisi molekuler saliva, mekanisme aksi, relevansi klinis, serta implikasinya dalam kesehatan masyarakat dan praktik kedokteran gigi.

Komposisi Biokimia Saliva

Komposisi saliva sangat beragam dan merupakan hasil interaksi kompleks antara berbagai kelenjar saliva mayor parotis, submandibular, dan sublingual serta ratusan kelenjar saliva minor yang tersebar di mukosa rongga mulut, bibir, palatum, dan orofaring. Setiap kelenjar memiliki proporsi sekresi yang berbeda, baik dari segi jenis, viskositas, maupun kandungan elektrolit dan protein. Kelenjar parotis, misalnya, menghasilkan saliva serosa yang kaya enzim, terutama amilase, sedangkan kelenjar submandibular dan sublingual menghasilkan saliva campuran yang lebih viskoelastis karena tingginya kadar mucin. Kelenjar minor berkontribusi pada pelumasan dan perlindungan mukosa melalui sekresi mukus yang kontinu. Interaksi komponen-komponen ini menciptakan lingkungan biofisik yang optimal untuk fungsi oral seperti pencernaan awal, artikulasi bicara, persepsi rasa, pengaturan mikrobiota, dan pemeliharaan integritas jaringan mulut.

Keberagaman komposisi saliva tidak bersifat statis, melainkan sangat dinamis dan bergantung pada berbagai faktor fisiologis maupun patologis. Jenis stimulasi baik mekanis, gustatorik, maupun olfaktori dapat mengubah volume dan komposisi saliva secara signifikan. Stimulus asam, misalnya, meningkatkan sekresi saliva parotis yang kaya bikarbonat sebagai respons kompensasi terhadap penurunan pH, sementara stimulasi mekanis seperti mengunyah meningkatkan aliran saliva sehingga mempercepat pembersihan rongga mulut. Status hidrasi juga memainkan peran penting; dehidrasi menurunkan aliran saliva dan meningkatkan konsentrasi elektrolit, yang dapat mempengaruhi viskositas dan kapasitas buffer. Selain itu, perubahan komposisi saliva dapat menjadi indikator sensitif terhadap kondisi metabolik dan hormonal individu, termasuk diabetes, stres kronis, gangguan tiroid, dan sindrom *Sjögren*.

Usia dan kesehatan sistemik turut mempengaruhi profil biokimia saliva secara nyata. Pada usia lanjut, terjadi involusi kelenjar saliva yang menyebabkan berkurangnya volume sekresi dan perubahan komponen imun serta enzimatik. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya risiko karies, kandidiasis, dan disfgia. Penyakit

sistemik seperti diabetes mellitus dapat meningkatkan kadar glukosa dalam saliva dan mengubah homeostasis mikrobiota, sedangkan terapi radiasi pada kepala dan leher dapat merusak jaringan kelenjar saliva sehingga memicu hiposalivasi berat. Secara keseluruhan, variasi komposisi saliva mencerminkan keadaan fisiologis seseorang dan dapat menjadi cerminan langsung dari status kesehatan lokal maupun sistemik. Oleh karena itu, saliva bukan hanya cairan pelumas, tetapi juga media biologis kompleks yang memberikan informasi diagnostik berharga dan memainkan peran penting dalam metabolisme energi, imunitas, dan keseimbangan biokimia rongga mulut.

1. Komponen Anorganik

Komponen anorganik saliva adalah semua zat bukan organik (bukan protein, bukan enzim, bukan *lipid*, dan bukan molekul berbasis karbon kompleks) yang terdapat di dalam saliva dalam bentuk ion, mineral, dan elektrolit.

Komponen ini sebagian besar berasal dari plasma darah yang kemudian dimodifikasi oleh sel-sel duktus kelenjar saliva melalui proses sekresi dan reabsorpsi.

Komponen anorganik berfungsi penting dalam:

- a. menjaga keseimbangan pH mulut,
- b. mempertahankan remineralisasi enamel gigi,
- c. mengatur osmolalitas dan keseimbangan cairan,
- d. mendukung aktivitas enzim,
- e. serta berperan dalam mekanisme pertahanan terhadap asam.

Komponen anorganik saliva meliputi berbagai ion penting:

- a. Ion Bikarbonat (HCO_3^-)

Bikarbonat adalah buffer utama dalam saliva yang mengatur pH agar tetap stabil.

Fungsinya:

- 1) Menetralkan asam yang dihasilkan bakteri (terutama dari fermentasi karbohidrat).
- 2) Menjaga lingkungan mulut tetap basa → menghambat demineralisasi enamel.
- 3) Meningkatkan drastis saat saliva terstimulasi (misalnya mengunyah atau mencicipi sesuatu yang asam).

Daftar Pustaka

- Ahsan, H. (2021). The significance of teaching human biochemistry to dental students. *International Journal of Medical Biochemistry*, 4(2), 136–142. <https://doi.org/10.14744/ijmb.2021.61687>
- Hyvärinen, E., Kashyap, B., & Kullaa, A. M. (2023). Oral Sources of Salivary Metabolites. *Metabolites*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/metabo13040498>
- Jensen, S. B., & Pedersen, A. M. L. (2015). Association between oral infections and salivary gland hypofunction. In *Oral Infections and General Health: From Molecule to Chairside* (pp. 79–94). https://doi.org/10.1007/978-3-319-25091-5_9
- Matczuk, J., Zendzian-Piotrowska, M., Maciejczyk, M., & Kurek, K. (2017). Salivary lipids: A review. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 26(6), 1023–1031. <https://doi.org/10.17219/acem/63030>
- Mikkonen, J. J., Singh, S. P., Herrala, M., Lappalainen, R., Myllymaa, S., & Kullaa, A. M. (2016). Salivary metabolomics in the diagnosis of oral cancer and periodontal diseases. *Journal of Periodontal Research*, 51(4), 431–437. <https://doi.org/10.1111/jre.12327>
- Mishra, A. A., Almhöjd, U., Çevik-Aras, H., Fisic, A., Olofsson, R., Almståhl, A., & Kádár, R. (2025). The complex shear time response of saliva in healthy individuals. *Physics of Fluids*, 37(1). <https://doi.org/10.1063/5.0245979>
- Nijakowski, K., Gruszczyński, D., Kopala, D., & Surdacka, A. (2022). Salivary Metabolomics for Oral Squamous Cell Carcinoma Diagnosis: A Systematic Review. *Metabolites*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/metabo12040294>
- Schwartz, M., Neiers, F., Charles, J.-P., Heydel, J.-M., Muñoz-González, C., Feron, G., & Canon, F. (2021). Oral enzymatic detoxification system: Insights obtained from proteome analysis to understand its potential impact on aroma metabolization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5516–5547. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12857>

- Uchida, H., & Ovitt, C. E. (2022). Novel impacts of saliva with regard to oral health. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(3), 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.009>
- Zeng, L., Walker, A. R., Calderon, P. D. S., Xia, X., Ren, F., & Esquivel-Upshaw, J. F. (2022). The Effect of Amino Sugars on the Composition and Metabolism of a Microcosm Biofilm and the Cariogenic Potential against Teeth and Dental Materials. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/jfb13040223>
- Zolotukhin, S. (2013). Metabolic hormones in saliva: Origins and functions. *Oral Diseases*, 19(3), 219–229. <https://doi.org/10.1111/odi.12015>

PROFIL PENULIS



Ayu Mardian, S.KM., M.Kes.

lahir di Payakumbuh pada 30 September 1982. Bekerja sebagai Dosen Politeknik Kesehatan Kemenkes Padang di Jurusan Kesehatan Gigi, mengajar dalam area ilmu promosi kesehatan dan ilmu perilaku, menempuh jenjang pendidikan Diploma 3 Kesehatan Gigi Poltekkes Kemenkes Jakarta 1, S1 Promosi Kesehatan Universitas Fort de Kock, S2 Ilmu

Kedokteran Gigi Komunitas FKG Universitas Indonesia, dan saat ini sedang menempuh Pendidikan Strata 3 di FKM Universitas Indonesia dengan peminatan di bidang community health development.

Email: ayumardian5@gmail.com



BAB 9

ENZIM DAN KINETIKA

ENZIM

dr. Nur Aisah Ibrahimiyah, M.Si.
Universitas Muhammadiyah Surabaya

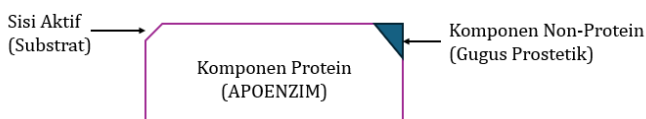


Pengantar Enzim

Tubuh manusia terdiri dari sel yang merupakan unit struktural dan fungsional terkecil. Sel memiliki kemampuan untuk berproliferasi, differensiasi, merespon rangsangan serta mampu melakukan berbagai reaksi biokimia yang dibutuhkan untuk mempertahankan kehidupan. Proses biokimiawi tersebut sangat dibantu oleh enzim yang bekerja secara spesifik serta mampu mempercepat laju reaksi (Bhatia, 2018; Umbu Henggu et al., 2021). Dalam catatan sejarah penemuan enzim, diastase merupakan enzim pertama yang ditemukan pada tahun 1833 oleh Payen dan Persoz, disusul dengan penemuan enzim hidrolitik lainnya. Pada tahun 1836, Berzelius mengemukakan konsep katalisis enzim, yaitu suatu bahan kimia yang dapat memfasilitasi reaksi tanpa adanya perubahan pada dirinya. Hal ini dilanjutkan oleh Wilhelm Kuhne, seorang ahli fisiologi Jerman yang melakukan eksplorasi tripsin pada tahun 1877 sehingga mencetuskan istilah “enzim.” Penelitian terkait enzim terus dilakukan hingga pada tahun 1926, James Sumner menemukan bahwa enzim (*urease*) memiliki sifat protein. Hal ini diperkuat dari penelitian John Nortop pada tahun 1930, yang melakukan pengkristalan pepsin dan tripsin, keduanya adalah protein (Bhatia, 2018a; Heckmann & Paradisi, 2020).

Struktur Enzim

Enzim memiliki struktur sebagian besar berupa protein globular yang terdiri dari satu atau lebih polipeptida (kecuali beberapa RNA yang berperan sebagai riboenzim), sedangkan struktur lainnya (non-protein) dapat berupa gugus prostetik, kofaktor, atau koenzim yang juga berperan aktif dalam pengikatan substrat maupun proses katalisis (Elshad et al., 2024; Rodwell et al., 2015). Bagian protein dari suatu enzim disebut apoenzim, dan bagian non-proteinnya disebut gugus prostetik atau kofaktor. Gabungan dari keduanya (struktur protein dan non-protein) disebut dengan holoenzim (Nayak, 2018).



Gambar 9.1: Holoenzim (Struktur Protein + Non-Protein)

Sumber: diolah penulis

Kofaktor dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu komponen organik yang disebut dengan koenzim dan komponen non-organik yang berupa ion logam. Kofaktor berikatan dengan struktur protein secara lemah dan bersifat sementara. Sedangkan, gugus prostetik merupakan koenzim yang terikat ke dalam struktur protein secara stabil dan tidak mudah lepas melalui ikatan kovalen. Contohnya antara lain FMN (Flavin Mononukleotida), FAD (Flavin Adenin Dinukleotida), tiamin pirofosfat dan biotin (Naik, 2017; Rodwell et al., 2015).

Tabel 9.1: Contoh komponen non-protein enzim

Komponen Non-Protein	Enzim
Organik (Koenzim)	
NAD (Nicotinamide Adenine Dinucleotide)	Laktat dehidrogenase, malat dehidrogenase
TPP (Tiamin Pirofosfat)	Piruvat dehidrogenase
PLP (Piridoksal Fosfat)	Transaminase
THF (Tetrahidrofolate)	Thymidylate synthase
Ubiquinon	Kompleks I, II, III rantai transpor elektron
Cobalamin	Metionin sintase
Non-organik (Ion Logam)	
Zn ²⁺	Alkohol dehidrogenase; Karbonat anhidrase; Karboksipeptidase
Mg ²⁺	Fosfohidrolasa; Fosfotransferase
Fe ²⁺ / Fe ³⁺	Sitokrom; Peroksida: Katalase; Feredoksin
Cu ²⁺ / Cu ⁺	Tirosina; Sitokrom oksidase
K ⁺	Piruvat kinase
Na ⁺	ATPase

Sumber: (Nayak, 2018)

Molekul protein penyusun enzim merupakan rantai linear residu asam amino yang membentuk struktur primer. Susunan unik asam amino membentuk sisi aktif enzim yang menjadi tempat pengikatan substrat dengan spesifitas yang tinggi, serta sebagai tempat terjadinya reaksi. Pelipatan lokal struktur primer akan membentuk struktur sekunder. Susunan struktur sekunder seperti *a-heliks* dan *b-sheet* berfungsi dalam menjaga stabilitas dan efisiensi reaksi katalisis enzim. Struktur tersier merupakan bentuk pelipatan komplit dari struktur

primer. Sedangkan gabungan dari beberapa rantai yang terlipat disebut dengan struktur kuartener (Bhatia, 2018a; Elshad et al., 2024).

Mekanisme Kerja Enzim

Enzim berperan sebagai biokatalisator yang mempercepat reaksi biokimia dengan menurunkan energi aktivasi dan tanpa mengalami perubahan. Mekanisme kerja enzim ditentukan oleh sifat interaksi spesifik antara enzim dan substrat. Substrat membentuk ikatan dengan gugus samping dari residu asam amino sisi aktif hingga terbentuk kompleks enzim-substrat. Hal ini menyebabkan terjadi perubahan konformasi sisi aktif dan terjadinya proses transformasi substrat menjadi produk. Ketika produk terlepas, enzim akan kembali dalam bentuk awal dan siap mengikat substrat berikutnya (Bhatia, 2018b; Patil, 2023; Rodwell et al., 2015).

Model interaksi antara enzim dan substrat dijelaskan melalui dua teori di bawah ini:

1. Teori *Lock and Key* oleh Fischer

Fisher menjelaskan bahwa enzim memilih substratnya dengan sangat spesifik, yaitu bentuk substrat sesuai dengan bentuk sisi aktif enzim seperti sebuah gembok yang hanya dapat dibuka oleh kunci yang sesuai (Galuh et al., n.d.; Rodwell et al., 2015). Teori ini tidak dapat menjelaskan bagaimana struktur enzim berubah saat dipengaruhi oleh modulator alosterik (Bhatia, 2018).



Gambar 9.2: Teori *Lock and Key*

Sumber: Nayak, 2018

2. Teori *Induced Fit* oleh Koshland

Koshland menjelaskan bahwa interaksi antara enzim dan substrat terjadi karena terdapat induksi molekul substrat-enzim. Sisi aktif enzim bersifat fleksibel, artinya ketika substrat terikat pada sisi

Daftar Pustaka

- Bhatia, S. (2018). Introduction to Enzymes and Their Applications. In *Introduction to Pharmaceutical Biotechnology, Volume 2* (pp. 1-1-1-29). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-1302-5ch1>
- Boyce, S. (2001). *Enzyme Classification and Nomenclature*. www.els.net
- Elshad, N., Huseyn, A., Farah, M., & Nigar, M. (2024). Enzymes Are Catalysts of Biological Reactions. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry (IOSR-JBB)*, 10, 9-12. <https://doi.org/10.9790/264X-1005020912>
- Galuh, P., Hanum, R., Si, S., & Si, M. (2018). *Buku Ajar Biokimia Dasar Edisi Revisi*. Umsida Press.
- Heckmann, C. M., & Paradisi, F. (2020). Looking Back: A Short History of the Discovery of Enzymes and How They Became Powerful Chemical Tools. In *ChemCatChem* (Vol. 12, Issue 24, pp. 6082-6102). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/cctc.202001107>
- Kavitha, K. (2018). Enzyme Kinetics: Mechanisms of Catalysis and Inhibition. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 228. www.ijrar.org
- McDonald, A. G., & Tipton, K. F. (2023). Enzyme Nomenclature and Classification: The State of the Art. In *FEBS Journal* (Vol. 290, Issue 9, pp. 2214-2231). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/febs.16274>
- Muñoz, P. (2025). *CHEM 114: Human Chemistry II*. <https://LibreTexts.org>
- Naik, P. (2017). *Essentials of Biochemistry, second edition*. Jaypee Brothers Medical Publisher.
- Nayak B., Shivananda. (2018). *Essentials of Biochemistry Essentials, second edition*. Jaypee Brothers Medical Publisher.
- Patil, S.J. (2023). *Enzyme Mechanisms*. Jaya Publishing House.
- Rodwell, V. W., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., & Weil, P. Anthony. (2015). *Harper's illustrated biochemistry*. McGraw-Hill

Education.

- Umbu Henggu, K., Nurdiansyah, Y., Wira, K., Sumba, W., Suprpto, J. R., 35, N., Prailiu, K., Sumba, K., Jenderal, D., Daya, P., Kelautan, S. P., Perikanan, D., & Medan, J. (2021). *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat*. 16, 10110. <https://ejurnalunsam.id/index.php/IQ>
- Wahyuni, Sri. (2017). *Biokimia Enzim Dan Karbohidrat*. Unimal Press.

PROFIL PENULIS



Nur Aisah Ibrahimiyah, Dr., M.Si.

Penulis merupakan dosen pengampu mata kuliah biokimia kedokteran dan menjabat sebagai kepala laboratorium Biokimia dan Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surabaya. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada tahun 2016 di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang, kemudian melanjutkan pendidikan S2

dalam bidang Ilmu Kedokteran Dasar dengan fokus pada Biokimia Kedokteran pada tahun 2020 di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Sejak tahun 2020, penulis menunjukkan minat yang mendalam terhadap biokimia kedokteran, khususnya dalam memahami mekanisme enzim, metabolisme, dan regulasi biokimia yang mendasari fungsi fisiologis manusia. Ketertarikan ini mendorong beliau untuk aktif meneliti dan mengembangkan materi pembelajaran yang memadukan konsep biokimia dengan aplikasi klinis, serta membimbing mahasiswa dalam penelitian ilmiah terkait biokimia medis. Selain aktivitas akademik, penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan pengabdian masyarakat yang berfokus pada edukasi kesehatan berbasis pemahaman biokimia. Beliau berkomitmen untuk meningkatkan kualitas pendidikan kedokteran di Indonesia dengan pendekatan yang integratif, menghubungkan ilmu dasar dan praktik klinis melalui pemahaman biokimia yang aplikatif.

Email Penulis: nuraisahibrahimiyah@um-surabaya.ac.id



BAB 10

GIZI DASAR & MAKRO- MIKRONUTRIEN

Kristiawan Prasetyo Agung Nugroho, M.Si.
Universitas Kristen Satya Wacana



Konsep Dasar Gizi dalam Ilmu Biomedik

Ilmu gizi dalam perspektif biomedik tidak dapat dipahami semata-mata sebagai kajian tentang makanan dan zat gizi yang dikonsumsi sehari-hari. Lebih dari itu, gizi merupakan ilmu yang mempelajari bagaimana zat gizi berinteraksi dengan sistem biologis tubuh manusia, memengaruhi struktur sel, fungsi jaringan dan organ, serta mengatur berbagai proses metabolisme yang menopang kehidupan. Dalam kerangka ini, gizi menjadi bagian integral dari ilmu biomedik karena berperan langsung dalam menjaga fungsi fisiologis normal, mempertahankan keseimbangan internal tubuh, serta mencegah terjadinya gangguan metabolik dan penyakit.

Setiap zat gizi yang masuk ke dalam tubuh, baik makronutrien seperti karbohidrat, protein, dan lemak, maupun mikronutrien seperti vitamin dan mineral, akan melalui rangkaian proses biomedik yang kompleks, mulai dari pencernaan, absorpsi, dan distribusi hingga metabolisme di tingkat seluler. Zat gizi tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai komponen struktural sel, kofaktor reaksi enzimatik, serta molekul sinyal yang memengaruhi regulasi gen dan respon fisiologis tubuh. Oleh karena itu, gizi memiliki peran yang bersifat struktural, fungsional, dan regulatori secara simultan.

Konsep fundamental dalam gizi biomedik adalah homeostasis zat gizi, yaitu kemampuan tubuh untuk menjaga keseimbangan antara asupan zat gizi, kebutuhan fisiologis, serta pemanfaatannya oleh jaringan dan organ. Homeostasis ini dikendalikan oleh sistem regulasi yang melibatkan sistem saraf, sistem endokrin, serta mekanisme molekuler di tingkat sel. Ketika asupan zat gizi sesuai dengan kebutuhan, tubuh mampu mempertahankan fungsi metabolik yang optimal. Sebaliknya, ketidakseimbangan asupan, baik dalam bentuk defisiensi maupun kelebihan, dapat mengganggu homeostasis dan menjadi titik awal terjadinya penyakit.

Sebagai contoh, dalam konteks biomedik modern, pemahaman tentang gizi juga tidak dapat dilepaskan dari peran *gut microbiome*, yaitu komunitas mikroorganisme yang hidup di saluran cerna dan berinteraksi erat dengan zat gizi yang dikonsumsi. *Gut microbiome* berperan dalam fermentasi serat pangan, produksi asam lemak rantai pendek (*short-chain fatty acids/SCFA*), modulasi sistem imun, serta

regulasi metabolisme energi. Dengan demikian, hubungan antara gizi dan kesehatan manusia bersifat triadik, melibatkan interaksi antara makanan, tubuh manusia, dan mikrobiota usus.

Hubungan erat antara gizi dan sistem biomedik juga tercermin pada keterkaitannya dengan sistem endokrin dan sistem imun. Sistem endokrin mengatur metabolisme energi melalui hormon-hormon seperti insulin, glukagon, leptin, dan hormon tiroid, yang sangat dipengaruhi oleh status gizi. Sementara itu, sistem imun membutuhkan dukungan zat gizi yang adekuat untuk mempertahankan integritas mukosa, memproduksi sel imun, serta mengontrol respon inflamasi. Ketidakseimbangan gizi dapat mengganggu kedua sistem ini dan berdampak luas terhadap kesehatan individu.

Klasifikasi & Fungsi Zat Gizi

Dalam ilmu biomedik, zat gizi diklasifikasikan tidak hanya berdasarkan asal atau jumlah kebutuhannya, tetapi terutama berdasarkan fungsi biologisnya di dalam tubuh. Pendekatan fungsional ini penting karena membantu memahami bagaimana zat gizi berperan dalam menjaga struktur sel, mengatur proses metabolik, serta mempertahankan homeostasis tubuh. Secara umum, zat gizi dikelompokkan menjadi makronutrien dan mikronutrien, yang masing-masing memiliki peran spesifik namun saling berinteraksi dalam sistem biologis manusia.

Pemahaman tentang klasifikasi dan fungsi zat gizi menjadi dasar penting untuk menelusuri mekanisme terjadinya gangguan metabolik di tingkat seluler. Kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu dapat mengganggu reaksi biokimia, sinyal sel, dan fungsi organ, yang pada akhirnya bermuara pada munculnya penyakit. Oleh karena itu, zat gizi harus dipandang sebagai komponen aktif dalam sistem biomedik, bukan sekadar unsur pasif dari makanan.

1. Makronutrien: Sumber Energi dan Komponen Struktural Tubuh

Makronutrien terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak, yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah relatif besar. Dalam perspektif biomedik, makronutrien memiliki dua peran utama, yaitu sebagai

sumber energi metabolik dan sebagai bahan struktural penyusun sel dan jaringan. Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi sel, terutama bagi jaringan yang sangat bergantung pada glukosa, seperti otak dan sel darah merah. Setelah dicerna dan diserap, karbohidrat diubah menjadi glukosa yang kemudian dimetabolisme melalui jalur glikolisis, siklus asam sitrat, dan fosforilasi oksidatif untuk menghasilkan Adenosin Trifosfat (ATP). Di tingkat sel, ketersediaan glukosa memengaruhi regulasi hormon insulin dan jalur sinyal metabolik, sehingga kelebihan atau kekurangan karbohidrat dapat berdampak pada keseimbangan energi dan metabolisme glukosa.

Protein berperan terutama sebagai bahan struktural dan fungsional tubuh. Asam amino hasil pencernaan protein digunakan untuk sintesis protein struktural seperti kolagen dan aktin, serta protein fungsional seperti enzim, hormon, dan antibodi. Dalam kondisi tertentu, protein juga dapat digunakan sebagai sumber energi, meskipun hal ini bukan fungsi utamanya. Kekurangan protein dapat mengganggu pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan fungsi sistem imun, sedangkan kelebihan asupan protein dapat memengaruhi beban metabolik ginjal dan keseimbangan nitrogen.

Lemak (*lipid*) merupakan sumber energi dengan densitas tinggi dan berperan penting dalam struktur membran sel. Asam lemak dan fosfolipid menjadi komponen utama membran sel, memengaruhi fluiditas membran dan fungsi reseptor. Selain itu, lemak juga berfungsi sebagai prekursor hormon steroid dan molekul sinyal *lipid*. Dalam konteks biomedik, kelebihan asupan lemak tertentu dapat berkontribusi terhadap *dislipidemia* dan inflamasi, sementara kekurangan lemak esensial dapat mengganggu fungsi sel dan sistem saraf.

2. Mikronutrien: Kofaktor dan Pengatur Proses Biokimia

Mikronutrien terdiri dari vitamin dan mineral, yang dibutuhkan dalam jumlah relatif kecil tetapi memiliki peran yang sangat krusial dalam regulasi metabolisme. Dalam perspektif biomedik, mikronutrien berfungsi terutama sebagai kofaktor enzimatik, regulator reaksi biokimia, dan penjaga stabilitas struktur sel dan jaringan.

Daftar Pustaka

- Belkaid, Y. & Hand, T. W. (2014). *Role of the Microbiota in Immunity and Inflammation. Cell*, 157 (1), 121-141.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.011>.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., & Stryer, L. (2019). *Biochemistry* (9th Ed.). Macmillan. New York.
- Gibney, M. J., Lanham-New, S. A., Cassidy, A., & Vorster, H. H. (2019). *Introduction to Human Nutrition* (3rd Ed.). Wiley-Blackwell.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2020). *Textbook of Medical Physiology* (14th Ed.). Elsevier.
- Holick, M. F. (2007). *Vitamin D Deficiency. The New England Journal of Medicine*, 357 (3), 266-281.
<https://doi.org/10.1056/NEJMra070553>.
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2021). *Lehninger Principles of Biochemistry* (8th Ed.). W. H. Freeman & Company. New York.
- Nicholson, J. K., Holmes, E., Kinross, J., Burcelin, R., Gibson, G., Jia, W., & Pettersson, S. (2012). *Host-Gut Microbiota Metabolic Interactions. Science*, 336 (6086), 1262-1267.
<https://doi.org/10.1126/science.1223813>
- Ordovás, J. M., Ferguson, L. R., Tai, E. S., & Mathers, J. C. (2018). *Personalised Nutrition and Health. BMJ*, 361, k2173.
<https://doi.org/10.1136/bmj.k2173>.
- Prentice, A. M., & Humphrey, J. H. (2014). *The Stunting Syndrome in Developing Countries. Paediatrics and International Child Health*, 34 (4), 250-265.
<https://doi.org/10.1179/2046905514Y.00000000158>.
- Sonnenburg, J. L. & Bäckhed, F. (2016). *Diet-Microbiota Interactions as Moderators of Human Metabolism. Nature*, 535 (7610), 56-64.
<https://doi.org/10.1038/nature18846>
- Turnbaugh, P. J. & Gordon, J. I. (2009). *The Core Gut Microbiome, Energy Balance, and Obesity. The Journal of Physiology*, 587 (17), 4153-4158. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.174136>.
- Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R.,

- & Gordon, J. I. (2006). *An Obesity-Associated Gut Microbiome with Increased Capacity for Energy Harvest. Nature*, 444 (7122), 1027-1031. <https://doi.org/10.1038/nature05414>
- World Health Organization. (2014). *Global nutrition targets 2025: Stunting policy brief*.
- World Health Organization. (2020). *Obesity and Overweight*. WHO Press, Geneva.
- Zeisel, S. H. (2020). *Precision (Personalized) Nutrition: Understanding Metabolic Heterogeneity. Annual review of food science and technology*, 11, 71-92. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051736>.

PROFIL PENULIS



Kristiawan Prasetyo Agung Nugroho, M.Si.

Sejak masa SMA, penulis tertarik terhadap berbagai hal seputar bidang sains, khususnya terhadap bidang kesehatan, medis, gizi, dan pangan. Ketertarikan tersebut membawa penulis untuk mendalami ilmu biologi yang dinilai sebagai cikal bakal segala ilmu sains. Penulis menyelesaikan jenjang S1 dari

Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana pada tahun 2009 dengan peminatan biokimia, kemudian pada tahun 2010 melanjutkan studi paska sarjana (S2) di Universitas yang sama, yakni Magister Biologi Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana.

Sejak tahun 2015, penulis mengabdikan kepada almamater dengan menjadi pengajar di Program Studi S1 Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana. Mata kuliah yang diajarkan kepada mahasiswa diantaranya *Biochemistry*, *Nutrition Ecology*, *Nutrition Epidemiology*, *Research Method*, *Diet & Gut Microbiome*, dan beberapa mata kuliah lainnya. Fokus riset penulis saat ini adalah mengenai gangguan/penyakit metabolik, khususnya obesitas dan mikrobiota saluran cerna. Bersama dengan para penulis lainnya, ia pernah terlibat dalam penulisan buku yang diterbitkan oleh Sada Kurnia Pustaka, yakni *Keamanan Pangan* (tentang Keracunan Makanan) dan *Pengantar Metodologi Kesehatan* (tentang Pemahaman terhadap Variabel dan Indikator), keduanya pada tahun 2023; serta *Pengantar Biokimia Gizi* (tentang Mikrobiota Usus dan Metabolisme Gizi) dan *Anatomi & Fisiologi Manusia* (tentang Metabolisme & Gizi) pada tahun 2025.

Surel Penulis: kristiawan.nugroho@uksw.edu



BAB 11

SISTEM PERSARAFAN

Novi Dewi Tanjung, SKM, M.Biomed
Universitas Indonesia



Pendahuluan

Sistem saraf merupakan jaringan komunikasi biologis yang sangat kompleks, tersusun atas sel-sel saraf (neuron) dan sel pendukung (sel glia) yang bekerja secara terkoordinasi untuk menerima, mengolah, dan mengirimkan informasi ke seluruh tubuh (Silverthorn, 2019; Sherwood & Ward, 2019). Sebagai sistem pengendali utama bersama sistem endokrin, sistem saraf memungkinkan organisme mempertahankan homeostasis, merespons rangsangan, dan menjalankan berbagai aktivitas kognitif tingkat tinggi seperti memori, pembelajaran, serta pengambilan keputusan (Kandel et al., 2021). Melalui interaksi elektrokimia yang sangat cepat, sistem saraf memungkinkan organisme beradaptasi dengan perubahan lingkungan secara *real time* (Hall & Hall, 2021).

Secara umum, fungsi utama sistem saraf dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori besar. Pertama, fungsi sensorik, yaitu menerima rangsangan dari lingkungan internal maupun eksternal melalui reseptor sensorik. Kedua, fungsi integratif, yaitu mengolah informasi sensorik, menyimpannya, membuat asosiasi, serta menentukan respons yang sesuai. Ketiga, fungsi motorik, yaitu mengirimkan sinyal ke otot atau kelenjar untuk menghasilkan respons, baik dalam bentuk gerakan sadar maupun aktivitas otomatis (Barrett et al., 2019; VanPutte et al., 2020).

Sistem saraf secara anatomi dibagi menjadi dua komponen utama. Bagian pertama adalah sistem saraf pusat (SSP) yang terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. SSP berfungsi sebagai pusat kendali dan pemrosesan informasi, tempat terjadinya integrasi sensoris, pembentukan memori, regulasi emosi, serta kontrol aktivitas motorik (Hall & Hall, 2021; Kandel et al., 2021). Bagian kedua adalah sistem saraf perifer (SNP), yaitu seluruh jaringan saraf di luar otak dan sumsum tulang belakang. SNP berperan menghubungkan SSP dengan organ, otot, kelenjar, dan seluruh bagian tubuh lainnya. SNP terdiri atas jalur aferen (sensorik) yang membawa informasi menuju SSP, serta jalur eferen (motorik) yang membawa sinyal keluar dari SSP menuju efektor (VanPutte et al., 2020). Pembagian ini menunjukkan bahwa fungsi sensorik, integrasi, dan motorik berjalan melalui koordinasi erat antara SSP dan SNP, sehingga tubuh mampu merespons rangsangan secara cepat, tepat, dan terkoordinasi.

Sistem Saraf Pusat (SSP)

SSP terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang, yang dilindungi oleh tulang tengkorak dan tulang vertebra, serta oleh struktur pelindung tambahan berupa meninges, cairan serebrospinal (CSF), dan *blood-brain barrier* (BBB). Secara fungsional, SSP berperan sebagai pusat pemrosesan, pengintegrasian, dan pengoordinasian respons tubuh (Hall & Hall, 2021).

1. Struktur Sistem Saraf Pusat

a. Otak

adalah organ kompleks dengan berat sekitar 1,2-1,4 kg dan terdiri atas beberapa wilayah besar yang memiliki fungsi saling berhubungan. Secara umum otak dibagi menjadi cerebrum, batang otak, dan cerebellum, masing-masing dengan peran spesifik dalam regulasi sensorik, motorik, homeostasis, dan fungsi kognitif (VanPutte et al., 2020; Kandel et al., 2021).

1) Cerebrum

Cerebrum merupakan bagian terbesar otak, tersusun atas dua hemisfer, korteks serebri, dan struktur subkortikal seperti ganglia basal, sistem limbik, dan thalamus-hipotalamus.

- a) Korteks serebri terdiri atas enam lapisan sel yang berperan dalam pengolahan sensorik, fungsi motorik sadar, bahasa, memori, dan kognisi tingkat tinggi. Korteks dibagi menjadi empat lobus utama: frontalis, parietalis, temporalis, dan oksipitalis, masing-masing memiliki area sensorik, motorik, dan asosiasi yang spesifik (Sherwood & Ward, 2019).
- b) Ganglia basal adalah kelompok inti subkortikal yang mengatur gerakan halus, inisiasi motorik, dan pembelajaran kebiasaan. Disfungsi struktur ini terkait dengan penyakit Parkinson dan Huntington (Barrett et al., 2019).
- c) Sistem limbik termasuk amigdala, hipokampus, gyrus cingulatus, dan nukleus terkait. Sistem ini berperan dalam regulasi emosi, motivasi, perilaku adaptif, serta

pembentukan memori jangka panjang (Kandel et al., 2021).

- d) Thalamus dan hipotalamus. Thalamus berfungsi sebagai relay station untuk hampir semua informasi sensorik yang masuk ke korteks. Hipotalamus merupakan pusat penting homeostasis yang mengontrol suhu tubuh, rasa lapar, haus, ritme sirkadian, serta fungsi endokrin melalui koneksinya dengan kelenjar pituitari (Hall & Hall, 2021).

2) Batang Otak

Batang otak terdiri atas mesensefalon, pons, dan medulla oblongata. Struktur ini merupakan jalur utama antara otak dan sumsum tulang belakang serta mengandung berbagai pusat vital (Hall & Hall, 2021).

- a) Mesencephalon mengatur refleks visual dan auditorik, mengandung substansia nigra dan kolikulus superior-inferior.
- b) Pons berperan dalam koordinasi pernapasan, menghubungkan serebrum dengan cerebellum, serta menjadi tempat keluarnya beberapa saraf kranial.
- c) Medulla oblongata mengandung pusat-pusat vital seperti respirasi, kardiovaskular, dan refleks dasar (batuk, muntah, dan bersin). Lesi pada medulla dapat menyebabkan gangguan yang mengancam jiwa.

3) Cerebellum

Cerebellum terletak di posterior batang otak dan berfungsi dalam koordinasi gerakan, keseimbangan, postur, serta pembelajaran motorik. Cerebellum menerima informasi sensorik dari proprioceptor dan mengintegrasikannya untuk melakukan koreksi gerakan secara *real-time*. Kerusakan cerebellum menghasilkan ataxia, dysmetria, dan gangguan keseimbangan (Sherwood & Ward, 2019).

b. Sumsum Tulang Belakang (Medulla Spinalis)

merupakan struktur silindris yang memanjang dari medulla hingga vertebra lumbalis bagian atas. Bagian ini terdiri atas substansia abu-abu di bagian dalam dan substansia putih di

Daftar Pustaka

- Barrett, K. E., Barman, S. M., Brooks, H. L., & Yuan, J.-X. J. (2019). *Ganong's review of medical physiology* (26th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Henley, C. (2021). *Foundations of neuroscience*. Michigan State University.
- Irwin, S., & Palmer, R. (2008). *Neuroanatomy & physiology workbook*. Wessex Neurological Centre, University Hospital Southampton NHS Trust.
- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (Eds.). (2021). *Principles of neural science* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Sherwood, L., & Ward, C. (2019). *Human physiology* (4th Canadian ed.). Nelson Education Ltd.
- Silverthorn, D. U. (2019). *Human physiology: An integrated approach* (8th ed.). Pearson.
- VanPutte, C. L., Regan, J. L., & Russo, A. F. (2020). *Seeley's anatomy & physiology* (12th ed.). McGraw-Hill Education.

PROFIL PENULIS



Novi Dewi Tanjung, SKM, M.Biomed.

Penulis menempuh studi sarjana di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dengan peminatan pada Program Studi Gizi, di mana penulis mempelajari hubungan antara nutrisi, metabolisme, dan kesehatan populasi. Keinginan untuk mendalami aspek biologis dari kesehatan dan mekanisme molekuler penyakit mendorong penulis melanjutkan pendidikan magister ilmu biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Pada jenjang ini, penulis mengembangkan kompetensi riset laboratorium dan analisis ilmiah yang lebih mendalam. Penulis pernah melakukan penelitian mengenai ekspresi *hippocampal* CREB dan BDNF yang dipengaruhi oleh asupan seng maternal, sebuah topik yang menggabungkan ilmu nutrisi, biologi molekuler, dan neurobiologi. Di laboratorium, penulis memiliki keterampilan praktis dalam berbagai teknik biomedis, antara lain ELISA, qRT-PCR, isolasi RNA, Western Blot, dan Spektrometri Serapan Atom. Penulis juga berpengalaman dalam penggunaan hewan coba, terutama rodensia sebagai model penelitian, termasuk desain eksperimen, pemeliharaan hewan, serta analisis data preklinik. Perjalanan profesional penulis tidak hanya terbatas pada penelitian, tetapi juga mencakup pengalaman di bidang pengajaran, promosi kesehatan, dan pengembangan program berbasis *evidence-based practice*. Penulis memiliki komitmen untuk berkontribusi pada dunia pendidikan tinggi melalui pengembangan riset yang relevan, serta menumbuhkan generasi ilmuwan muda yang kompeten.

Email Penulis: novi.tanjung023@gmail.com



BAB 12

SISTEM

KARDIOVASKULER

(JANTUNG DAN

PEMBULUH DARAH)

Diza Fathamira Hamzah, S.K.M., M.Kes.

Universitas Sumatera Utara



Pendahuluan

Sistem kardiovaskular adalah sekumpulan organ yang bekerja sama dalam menjalankan fungsi transportasi dalam tubuh manusia. Sistem kardiovaskular merupakan salah satu sistem paling vital dalam tubuh manusia yang berperan dalam menjaga kelangsungan hidup makhluk hidup melalui mekanisme transportasi darah (Pane, Simorangkir, and Saragih, 2022). Sistem ini bertanggung jawab untuk mengedarkan oksigen, nutrisi, hormon, elektrolit, serta mengangkut zat sisa metabolisme menuju organ ekskresi. Tanpa sistem yang terkoordinasi dengan baik, jaringan tubuh tidak akan menerima suplai oksigen yang cukup sehingga menimbulkan gangguan proses metabolik. Oleh karena itu, sistem kardiovaskular adalah fondasi dari stabilitas fisiologis manusia (Fikriana, 2018).

Jantung sebagai pusat sistem kardiovaskular bekerja sebagai pompa mekanik sekaligus organ elektrik yang berdenyut secara ritmis. Aktivitas ini terjadi sepanjang manusia hidup. Secara khusus, sel-sel jantung, terutama miokardium, berkontraksi secara otomatis dan teratur tanpa rangsangan eksternal. Pembuluh darah kemudian membentuk jaringan tertutup di seluruh tubuh yang terdiri dari arteri, arteriola, kapiler, venula, dan vena, dengan struktur dan fungsi yang berbeda untuk mendukung distribusi darah yang optimal. Sebagai contoh, pembuluh darah kapiler, misalnya, merupakan tempat utama pertukaran gas dan nutrisi antara darah dengan sel-sel tubuh (Gomes *et al.*, 2025).

Sistem kardiovaskular tidak hanya berperan sebagai sistem transportasi tetapi juga berperan dalam menjaga homeostasis tubuh, seperti pengaturan tekanan darah, pH darah, keseimbangan cairan, serta respons imun. Ketika tubuh mengalami perubahan fisiologis, misalnya saat berolahraga, stres, atau sakit jantung, dan pembuluh darah melakukan adaptasi cepat untuk mempertahankan kestabilan fungsi organ (Baggish *et al.*, 2025).

Kompleksitas tugas dan fungsi dari sistem kardiovaskuler menjadikannya rentan terhadap berbagai gangguan. Penyakit kardiovaskular masih menjadi penyebab kematian utama secara global. WHO menekankan bahwa mayoritas kematian diakibatkan

oleh penyakit kardiovaskular seperti penyakit jantung koroner dan stroke, yang secara umum berakar pada proses kronik pada pembuluh darah seperti aterosklerosis, hipertensi, gagal jantung, dan penyakit jantung koroner serta faktor risiko yang dapat dimodifikasi seperti merokok, pola makan yang tidak sehat, kurang aktivitas fisik, obesitas, diabetes, serta penyakit degeneratif lainnya. WHO (2023) melaporkan bahwa satu dari tiga kematian global disebabkan oleh penyakit jantung dan pembuluh darah. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman yang mendalam tentang anatomi, fisiologi, dan mekanisme kerja sistem kardiovaskular sangat penting khususnya bagi mahasiswa kesehatan, tenaga medis, maupun masyarakat (Colabollator, 2021).

Kapasitas kerja sistem kardiovaskular sangat dipengaruhi oleh faktor gaya hidup. Faktor pola makan, kurang aktivitas fisik, merokok, serta stres merupakan pemicu utama kerusakan pembuluh darah dan gangguan fungsi jantung. Sebaliknya, pola makan sehat seperti diet tinggi serat, konsumsi omega-3, serta aktivitas fisik rutin terbukti dapat meningkatkan fungsi endotel dan menurunkan risiko penyakit kardiovaskular. Maka dari itu, diperlukan edukasi/penyuluhan kesehatan mengenai kesehatan kardiovaskular guna menjaga kesehatan dari seluruh organ tubuh manusia (Hasanah *et al.*, 2024).

Komponen Sistem Kardiovaskular

Sistem kardiovaskular terdiri dari tiga komponen utama yang bekerja secara terpadu, antara lain jantung, pembuluh darah, dan darah. Ketiga komponen ini membentuk satu kesatuan fungsional yang memungkinkan terjadinya sirkulasi darah secara kontinu guna mempertahankan homeostasis tubuh. Gangguan pada salah satu komponen akan berdampak langsung terhadap kinerja keseluruhan sistem kardiovaskular (Simonds *et al.*, 2025).

1. Jantung

Jantung merupakan organ utama pada sistem kardiovaskuler yang memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung adalah organ berotot yang berperan sebagai pompa mekanik dan generator impuls listrik untuk menggerakkan darah ke seluruh tubuh melalui sistem

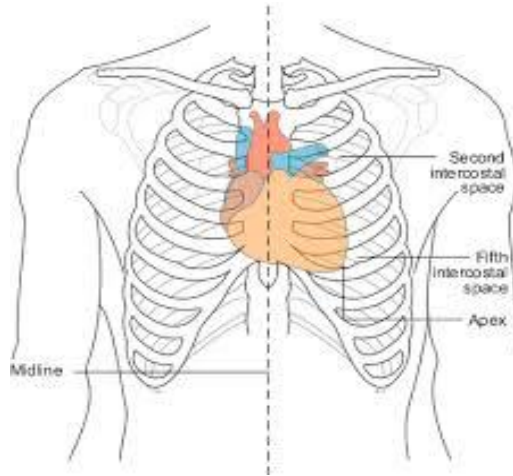
pembuluh darah. Jantung memiliki berat sekitar 200-425 g dengan ukuran sedikit lebih besar dari genggam tangan manusia (Reilingh *et al.*, 2025). Jantung memiliki 4 fungsi utama, antara lain sebagai berikut.

- a. Memompa darah ke sirkulasi pulmonal dan sistemik;
- b. Menjaga tekanan darah;
- c. Menyesuaikan curah jantung dengan kebutuhan metabolik tubuh;
- d. Menjamin perfusi organ vital seperti otak dan ginjal.

Prinsip kerja jantung adalah bekerja secara otomatis di sepanjang hidup manusia tanpa menjalani masa istirahat. Jantung mampu berdenyut sebanyak lebih dari 3.5 milyar kali dengan rata-rata per hari sebanyak ± 100.000 kali yang memompa darah sekitar 7.571 kali. Ketika jantung berdenyut, jantung akan mengalami relaksasi (pengenduran) dengan mengisi darah ke ruangan jantung, kemudian jantung akan berkontraksi untuk memompa darah keluar dari ruangan jantung (Syafriati, 2023).

a. Posisi Jantung

Jantung terletak di dalam rongga dada di daerah mediastinum tengah di antara kedua paru-paru dengan sedikit condong ke sisi kiri tubuh. Sekitar dua pertiga berat jantung berada di sebelah kiri garis tengah tubuh. Jantung dilindungi oleh tulang sternum pada bagian anterior dan tulang belakang di bagian posterior. Jantung diselimuti oleh sebuah membran dua lapis yang disebut perikardium. Perikardium terbagi atas dua bagian, yaitu bagian luar (perikardium fibrosa) dan bagian dalam (perikardium serosa). Terdapat cairan di antara kedua bagian perikardium. Perikardium berperan dalam meminimalkan terjadinya gesekan, melindungi jantung, serta mencegah distensi berlebihan (Biswas *et al.*, 2025). Posisi jantung pada tubuh manusia dapat dilihat pada Gambar 12.1.



Gambar 12.1: Posisi Jantung

Sumber : Sri Andayani, 2021.

b. Struktur dan Bagian Jantung

Secara anatomi, jantung memiliki empat ruang, antara lain atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel kiri. Dinding jantung tersusun atas tiga struktur lapisan utama, meliputi endokardium sebagai lapisan terdalam, miokardium sebagai lapisan otot jantung yang bertugas untuk memastikan kontraksi jantung, serta epikardium sebagai lapisan terluar yang melindungi jantung (Khadijah *et al.*, 2020). Fungsi dari masing-masing ruangan pada jantung disajikan pada Tabel 12.1.

Tabel 12.1: Ruang dan Fungsi Jantung

Ruang	Fungsi
Atrium kanan	Menerima darah dari seluruh tubuh yang disalurkan melalui vena cava superior dan inferior
Atrium kiri	menerima darah dari paru-paru melalui vena pulmonalis
Ventrikel kanan	untuk memompa darah dari jantung menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis
Ventrikel kiri	memompa darah ke seluruh tubuh melalui aorta

Sumber: Fikriana, 2018.

Daftar Pustaka

- Baggish, A.L. *et al.* (2025) 'Clinical considerations for competitive sports participation for athletes with cardiovascular abnormalities', *Journal of the American College of Cardiology*, 85(10), pp. 1059–1108. Available at <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.12.025>.
- Biswas, D. *et al.* (2025) 'Artificial intelligence for cardiovascular care in action', *JACC Advances*, 4(11), pp. 1–16. Available at <https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2025.102307>.
- Colabollator, A.C. (2021) 'The epidemiology and burden of cardiovascular diseases in countries of the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), 1990–2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021.' Available at: [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(25\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(25)00087-8).
- Eltidar, T.R. (2021) 'Pengaruh latihan fisik terhadap sistem kardiovaskuler', *Jurnal Medika Hutama*, 3(1), pp. 1288–1292.
- Fikriana, R. (2018). *Sistem kardiovaskuler*. Yogyakarta: Deepublish.
- Gomes, D. de oliveria *et al.* (2025) 'Nudges in a learning health system applications to cardiovascular-kidney-metabolic care', *JAAC Advances*, 4(11), pp. 1–12. Available at <https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2025.102270>.
- Hafila, D.N. *et al.* (2023) 'Prevalensi penyakit kardiovaskular pada masa pandemik tahun 2020-2021 di RS Arifin Nu'mang Kabupaten Sidrap', *Fakumi Medical Journal*, 3(10), pp. 710–719.
- Handayani, S. (2021) *Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. Bandung: CV. Media Sains Indonesia.
- Hasanah, F. *et al.* (2024) 'Pencegahan penyakit kardiovaskuler bagi masyarakat', *Jurnal Pengabdian Masyarakat Tjut Nyak Dhien*, 3(2), pp. 64–69.
- Khadijah, S. *et al.* (2020) *Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Yogyakarta: Respati Press.
- Martiningsih and Haris, A. (2019) 'Risiko penyakit kardiovaskuler

- pada peserta program pengelolaan penyakit kronis (PROLANIS) di puskesmas kota Bima: korelasinya dengan ankle brachial index and obesitas', *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 22(3), pp. 200–208. Available at: <https://doi.org/10.7454/jki.v22i3.880>.
- Pane, J.P., Simorangkir, L., and Saragih, P.I.S.B. (2022) 'Faktor-faktor penyakit kardiovaskular berbasis masyarakat', *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 4(4), pp. 1183–1192.
- Reilingh, A.Y.A.M. *et al.* (2025) 'Cardiovascular risk management after hypertensive disorders and diabetes during pregnancy in a multi-ethnic population: A qualitative study among women and healthcare providers', *Pregnancy hypertension: An international journal of women's cardiovascular health*, 39(January), pp. 1–7. Available at <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2025.101203>.
- Sa'adah, S. (2018). *Sistem Peredaran Darah Manusia*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Simonds, S.E. *et al.* (2025) 'The metabolic and cardiovascular effects of amphetamine are partially mediated by the central melanocortin system.' The metabolic and cardiovascular effects of amphetamine are partially mediated by the central melanocortin system,' *Cell Reports Medicine*, 6(2), pp. 1–18. Available at <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2025.101936>.
- Syafriati, A. (2023). *Keperawatan Medikal Bedah Sistem Kardiovaskular*. Palembang. Available at: Morgonsone Media.
- Tsuroyya, F.A., Ramadhani, K.N., and Ramadhani, E.O. (2025) 'Tinjauan organ jantung sebagai pusat kehidupan dalam sistem kardiovaskular', *Jurnal Mahasiswa Ilmu Farmasi dan Kesehatan*, 3(1), pp. 7–11.

PROFIL PENULIS



Diza Fathamira Hamzah, S.K.M., M.Kes.

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 13 Agustus 1990. Penulis memiliki ketertarikan di bidang kesehatan dan gizi. Hal ini dibuktikan dengan latar belakang pendidikan penulis. Pendidikan Sarjana (S1) dan Magister (S2) diselesaikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara. Peminatan gizi kesehatan masyarakat merupakan konsentrasi ilmu yang dipilih oleh penulis. Ketertarikan ilmu ini menjadikan landasan bagi karier profesional penulis. Penulis memulai karier pada tahun 2013 sebagai tenaga pengajar di salah satu institusi pendidikan swasta, yaitu Akademi Keperawatan SEHAT Binjai, dengan mengampu beberapa mata kuliah Ilmu Gizi dan Epidemiologi. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan karier sebagai dosen di Universitas Sains Cut Nyak Dhien Langsa dan pada tahun 2021 mengajar di Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh. Saat ini penulis merupakan dosen tetap pada Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara Medan. Selain menjalankan tugas sebagai pendidik, penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian dengan kajian gizi dan kesehatan masyarakat. Tidak hanya itu, penulis juga aktif di masyarakat sebagai perwujudan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Beberapa kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilakukan oleh penulis adalah kegiatan edukasi kesehatan serta kegiatan dapur gizi.

Email Penulis: dizafathamira@usu.ac.id



BAB 13

SISTEM PERNAPASAN

Kiki Rismadi, SKM, MKM.
Universitas Sumatera Utara



Pendahuluan

Sistem pernapasan merupakan sistem vital yang memungkinkan tubuh mempertahankan kehidupan melalui suplai oksigen dan pembuangan karbon dioksida, dua komponen yang sangat menentukan keseimbangan metabolisme seluler (Guyton & Hall, 2021). Proses ini berjalan melalui interaksi kompleks antara saluran napas, paru-paru, dan jaringan pembuluh darah yang bekerja secara harmonis untuk menjaga kelangsungan fungsi organ-organ tubuh. Ketidakseimbangan kecil pada salah satu komponen tersebut dapat mengganggu homeostasis dan memicu berbagai kondisi klinis serius, sehingga pemahaman detail mengenai mekanisme dasarnya menjadi sangat penting bagi tenaga kesehatan (West, 2015).

Selain fungsi pertukaran gas, sistem pernapasan juga memiliki peran tambahan seperti penyaringan partikel, humidifikasi udara, fonasi, serta menjadi garis pertahanan pertama bagi tubuh terhadap agen infeksius yang terhirup setiap hari (Levitzky, 2013). Lapisan mukosilier dan respons imun lokal menjadi mekanisme penting dalam mempertahankan kebersihan saluran napas, terutama pada lingkungan dengan tingkat polutan tinggi. Faktor-faktor eksternal seperti polusi udara, asap rokok, dan paparan bahan kimia dapat merusak mekanisme pertahanan ini, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap penyakit respirasi kronis maupun akut (Kim et al., 2021).

Dalam konteks pelayanan klinis, penyakit pada sistem pernapasan masih menjadi salah satu penyebab tertinggi angka kunjungan ke fasilitas kesehatan dan berkontribusi signifikan terhadap morbiditas serta mortalitas global (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2024). Penyakit seperti PPOK, asma, pneumonia, dan tuberkulosis terus mendominasi beban kesehatan dunia, terutama di negara berkembang. Hal ini menekankan pentingnya pemahaman mendalam mengenai anatomi, fisiologi, patofisiologi, serta pemeriksaan klinis sistem pernapasan sebagai bagian dari kompetensi dasar tenaga kesehatan (Global Initiative for Asthma, 2023).

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif namun mudah dicerna mengenai konsep fundamental dan perkembangan terbaru dalam ilmu respirasi. Materi tidak hanya membahas aspek teoretis, tetapi juga memberikan penekanan pada relevansi klinis dan penerapannya dalam praktik sehari-hari, sehingga dapat menjadi pedoman yang bermanfaat bagi mahasiswa kesehatan, praktisi, maupun akademisi (West, 2015). Dengan pendekatan ilmiah-populer, buku ini diharapkan mampu menjembatani kebutuhan pembelajaran yang berkualitas serta meningkatkan pemahaman terhadap berbagai masalah respirasi yang umum dijumpai dalam dunia klinik.

Anatomi Sistem Pernapasan

1. Saluran Pernapasan Atas

Saluran pernapasan atas mencakup hidung, rongga hidung, sinus paranasal, dan faring, yang berfungsi sebagai pintu masuk udara sebelum memasuki sistem pernapasan bawah (Guyton & Hall, 2021). Rongga hidung memiliki struktur konka dan meatus yang memperluas area kontak antara udara dan mukosa untuk memfasilitasi pemanasan, pelembapan, dan penyaringan udara secara optimal (Levitzky, 2013). Desain anatomi ini memastikan udara yang masuk telah dimodifikasi sehingga sesuai dengan kondisi fisiologis paru (West, 2015).

Epitel saluran napas atas dilapisi epitel bersilia dan sel goblet yang berperan dalam proses *mucociliary clearance*, yaitu mekanisme alami tubuh untuk menangkap dan mengeluarkan partikel asing (Levitzky, 2013). Silia bergerak ritmis membawa mukus ke arah faring untuk ditelan atau dikeluarkan sehingga menurunkan paparan patogen terhadap saluran napas yang lebih dalam (Hall, 2021). Efektivitas sistem ini dapat menurun akibat paparan polusi, asap rokok, dan udara kering yang dapat merusak silia (Kim et al., 2021).

Faring berfungsi sebagai jalur bersama udara dan makanan, sehingga memiliki struktur kompleks untuk mengoordinasikan proses respirasi dan menelan (Moore et al., 2018). Pada daerah ini

terdapat jaringan limfoid seperti tonsil yang berperan sebagai garis pertahanan pertama terhadap patogen yang masuk melalui udara atau makanan (Kumar et al., 2020). Kombinasi sistem filtrasi mekanis dan imunologis ini menjadikan saluran napas atas komponen penting dalam perlindungan tubuh (West, 2015).

2. Saluran Pernapasan Bawah

Saluran pernapasan bawah terdiri dari laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus yang berfungsi mengalirkan udara ke dalam paru (Guyton & Hall, 2021). Trakea berbentuk tabung silindris yang ditopang cincin kartilago berbentuk C yang menjaga jalan napas tetap terbuka meskipun terjadi perubahan tekanan intratorakal (Levitzy, 2013). Dari trakea, udara mengalir ke bronkus utama kanan dan kiri yang bercabang menjadi bronkus lobaris dan segmentalis (Moore et al., 2018).

Menuju distal, bronkus bercabang menjadi bronkiolus yang tidak lagi memiliki kartilago dan lebih banyak tersusun atas jaringan otot polos sehingga lebih responsif terhadap rangsangan saraf dan kimiawi (West, 2015). Hal ini menjelaskan kecenderungan terjadinya bronkospasme pada asma atau kolaps saluran napas kecil pada PPOK (GOLD, 2024). Epithelial bersilia masih ditemukan dan berfungsi mempertahankan kebersihan saluran napas pada tingkat mikro (Levitzy, 2013).

Perubahan komposisi jaringan dari proksimal ke distal menjadi penting dalam memahami berbagai patologi respirasi, termasuk inflamasi, obstruksi, dan remodeling saluran napas (Kumar et al., 2020). Saluran napas kecil sangat rentan terhadap inflamasi dan edema sehingga mudah mengalami penyempitan pada banyak kondisi penyakit (GOLD, 2024). Pengetahuan mengenai struktur dan fungsinya sangat penting dalam interpretasi gambaran klinis dan radiologis (West, 2015).

3. Paru-paru, Alveoli, dan Pleura

Paru-paru merupakan organ spongiosa yang terletak di rongga toraks dan dibungkus pleura viseral, sedangkan dinding toraks dilapisi pleura parietal (Moore et al., 2018). Paru kanan memiliki

penatalaksanaan penyakit, tetapi juga dalam edukasi dan advokasi terkait dampak lingkungan terhadap sistem pernapasan (Guyton & Hall, 2021).

Pada pasien dengan penyakit paru kronis, edukasi terbukti meningkatkan kepatuhan terapi dan menurunkan frekuensi eksaserbasi (GINA, 2023).

Tenaga kesehatan memiliki peran strategis sebagai edukator dan advokat dalam promosi kesehatan pernapasan, baik melalui pelayanan klinis maupun kegiatan berbasis komunitas (Kumar et al., 2020). Dengan pendekatan promotif dan preventif yang berkelanjutan, beban penyakit pernapasan dapat ditekan secara signifikan di masa mendatang (GOLD, 2024).

Daftar Pustaka

- Global Initiative for Asthma. (2023). *Global strategy for asthma management and prevention*. GINA. <https://ginasthma.org>
- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. (2024). *Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease*. GOLD. <https://goldcopd.org>
- Gotts, J. E., Jordt, S. E., McConnell, R., & Tarran, R. (2019). What are the respiratory effects of e-cigarettes? *BMJ*, 366, 15275. <https://doi.org/10.1136/bmj.15275>
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, (2019). Standardization of spirometry 2019 update: An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(8), e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Kim, V., Aaron, S. D., & Make, B. J. (2021). Chronic obstructive pulmonary disease. *The Lancet*, 397(10277), 1680–1691. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00264-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00264-3)
- Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2020). *Robbins and Cotran pathologic basis of disease* (10th ed.). Elsevier.
- Levitzky, M. G. (2013). *Pulmonary physiology* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2018). *Clinically oriented anatomy* (7th ed.). Wolters Kluwer.
- Murray, J. F., Nadel, J. A., Mason, R. J., & Broaddus, V. C. (2016). *Murray & Nadel's textbook of respiratory medicine* (6th ed.). Elsevier.
- West, J. B. (2015). *Respiratory physiology: The essentials* (10th ed.). Wolters Kluwer.
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines*. World Health Organization. <https://www.who.int>
- World Health Organization. (2023). *Global tuberculosis report 2023*.

PROFIL PENULIS



Kiki Rismadi, SKM, MKM.

Lahir di Medan, 9 Januari 1989. Penulis merupakan anak pertama dari 6 bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 2010 dan pendidikan S2 pada tahun 2020 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Saat ini penulis merupakan Dosen PNS di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Selain aktif melakukan tridharma perguruan tinggi, penulis juga aktif sebagai *project head* di Cita Sehat Foundation yang merupakan Lembaga Swadaya yang bergerak di bidang kesehatan.

Email Penulis: kikirsimadi@usu.ac.id



BAB 14

SISTEM PENCERNAAN

Liska Alfaaizin, S.Kep., M.Biomed.
Akademi Ilmu Gizi YPAG Makassar



Gambaran Umum dan Fungsi Sistem Pencernaan

Sistem gastrointestinal adalah salah satu sistem yang memiliki peran vital dalam tubuh manusia. Gastrointestinal berperan untuk mengubah bentuk makanan maupun minuman yang dikonsumsi menjadi bentuk yang lebih kecil untuk memudahkan diurai oleh enzim dalam tubuh. Fungsi enzim tersebut adalah menguraikan pecahan makanan melalui proses kimia secara *digesti* sehingga menjadi nutrisi yang mampu diserap dan didistribusikan ke seluruh tubuh (Ramadhani et al., 2022).

Manusia tidak akan mampu menjalankan fungsi biologis dan fisiologisnya dalam kehidupan sehari-hari jika tidak mendapatkan nutrisi dan energi yang berasal dari proses pencernaan optimal. Proses pencernaan tidak hanya terkait tentang proses makan dan defekasi saja, tetapi melibatkan sejumlah mekanisme kompleks seperti organ tubuh, hormon, beberapa enzim, dan adanya interaksi kimiawi yang terkoordinasi.

Semua jenis makanan yang dimakan oleh manusia perlu diubah sebelumnya menjadi ukuran yang lebih mudah diterima oleh dinding saluran pencernaan dan didistribusikan oleh darah menggunakan pembuluh darah. Makronutrien utama, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak, tidak mudah dicerna jika masih dalam bentuk aslinya. Sehingga melalui proses penguraian harus diubah menjadi bentuk monosakarida, asam amino, serta asam lemak. Begitu juga pada mikronutrien seperti vitamin dan mineral, proses penyerapan maksimal dipengaruhi secara maksimal oleh kondisi lingkungan dan faktor-faktor internal di dalam saluran cerna, termasuk keseimbangan enzim, pH, serta fungsi dari motorik usus (Denvisintami et al., 2025).

Sistem pencernaan memiliki fungsi utama yaitu mengangkut zat gizi, H₂O, serta mineral esensial dari makanan yang ditelan ke lingkungan dalam tubuh. Makanan yang terurai akan menjadi bahan bakar ataupun energi esensial. Proses metabolisme di mana sel mengonversi sumber energi (bahan bakar) menjadi energi yang dapat digunakan (ATP) dan menjalankan berbagai aktivitas yang membutuhkan energi, seperti transpor aktif, kontraksi, sintesis, dan sekresi. Makanan juga berperan sebagai bahan dasar dalam meregenerasi dan sintesis jaringan (Parker, 2024).

Sistem gastrointestinal dalam pengaturan fungsinya memiliki beberapa faktor pendukung, seperti Prawira et al. (2020).

1. Aktivitas involunter dari otot polos
2. Sistem saraf enterik
3. Saraf aferen
4. Hormon traktus gastrointestinal

Proses Dasar Sistem Pencernaan

Sistem Gastrointestinal berfungsi menyediakan air, zat makanan, serta elektrolit dari nutrisi yang diserap tubuh secara mekanik dan kimiawi melalui tahap berikut:

1. Ingesti

Proses ingesti atau penelanan makanan meliputi menempatkan makanan dalam mulut, mengunyah makanan ke bentuk yang lebih kecil (*mastication*), dan pembasahan makanan oleh saliva yang di dalamnya terkandung enzim amilase. Enzim amilase berperan mengurai karbohidrat kompleks dihidrolisis menjadi molekul sederhana seperti maltosa (disakarida) dan glukosa (monosakarida). Proses selanjutnya yaitu menelan makanan (*deglutition*). Setelah makanan melewati proses mastikasi yang cukup dan dibasahi dengan air liur, makanan ini diubah menjadi tekstur lunak yang dinamakan bolus. Bolus tersebut lalu digerakkan oleh lidah ke belakang rongga mulut menuju saluran tenggorokan untuk proses deglutisi. Pengunyahan makanan meliputi pergerakan mulut, pemotongan makanan oleh gigi seri dilanjutkan pengunyahan oleh gigi geraham, dan koordinasi lidah dan otot rongga mulut (Nasution et al., 2024).

Fungsi ingesti dalam sistem gastrointestinal yaitu:

- a. Awal dari proses pencernaan, baik secara mekanis maupun kimiawi.
- b. Menstimulasi refleks saraf sehingga merangsang pembentukan enzim pencernaan.
- c. Mengoptimalkan bentuk atau ukuran makanan agar mampu diproses oleh organ pencernaan selanjutnya.
- d. Merupakan proses kendali sadar untuk menetapkan mutu dan volume asupan makanan yang masuk ke dalam tubuh.

2. Motilitas

Motilitas merupakan kemampuan pencernaan dalam menggerakkan dan mencampurkan zat-zat yang terdapat dalam traktus gastrointestinal (misalnya enzim dan zat makanan) dengan gerakan kontraksi dan relaksasi dinding pencernaan. Terdapat dua gerakan pada usus, yaitu:

- a. Gerakan Propulsif: Menggerakkan maju isi saluran cerna, dengan laju pergerakan yang beragam sesuai dengan kinerja organ-organ pencernaan.
- b. Gerakan Mencampur: Gerakan ini mempunyai dua fungsi. Pertama, makanan tersebut dicampur bersama cairan pencernaan; gerakan tersebut bertujuan melancarkan pencernaan makanan. Kedua, gerakan mencampur memfasilitasi proses penyerapan dengan mempertemukan seluruh isi saluran cerna ke area serap saluran cerna.

3. Sekresi

Sekresi pada saluran cerna, dinamakan sebagai getah pencernaan, yang mencakup enzim, garam empedu, mukus, cairan, dan elektrolit yang diproduksi dan dikeluarkan oleh kelenjar eksokrin ke dalam saluran cerna. Secara umum, makanan yang memiliki bentuk molekul yang besar tidak dapat diserap secara langsung sehingga memerlukan penguraian dari enzim. Dalam melaksanakan perannya, enzim bekerja dengan bantuan dari zat-zat lain, seperti HCl yang diproduksi oleh gaster, garam empedu, dan sodium bikarbonat yang diproduksi oleh kelenjar pankreas. Pelepasan HCl dan natrium bikarbonat berlangsung melalui pertukaran ion antara sel dan lumen saluran cerna. sementara itu, lendir atau musin yang dihasilkan oleh kelenjar ludah berperan dalam sistem pertahanan tubuh non-spesifik, asimilasi, dan sebagai pemicu stimulan neurotransmitter (asetilkolin), neuropeptida, dan sitokin (Juffrie, 2016).

4. Digesti

Perubahan dari bentuk makromolekul organik menjadi berbagai unsur seperti monosakarida dihasilkan dari karbohidrat; protein

Daftar Pustaka

- Delbaere, K., Roegiers, I., Bron, A., Durif, C., Van De Wiele, T., Blanquet-Diot, S., & Marinelli, L. (2023). The small intestine: Dining table of host-microbiota meetings. *FEMS Microbiology Reviews*, 47(3), 1–32. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuad022>
- Dennisintami, A. C., Laili, G., Syarif, M., Cahya, K. P., Rahmaputri, L. S., & Rahmawati, M. A. (2025). Sistem Pencernaan pada Manusia. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(6), 4398–4402. <https://doi.org/doi.org/10.63822/06bf1v14>
- Dr. Yessy Dessy Arna, M.Kep., S. K., Fini Ainun Qolbi Wasdili, M. S., Sri Mulyati Rahayu, Sk. Mk., Fitriani Agustina, M.Kep., N. S. K. M., Yayah Sya'diah, S.S.T., M. K., Ns. Isni Hijriana, M. K., Luh Ade Wilankrisna, S.Si., M.Ked., P., Ns. Insanul Firdaus, S.Kep., M. S., Ns. Remita Hutagalung, S. Kep., M. K., Ns. Sudirman Efendi, M. K., Ns. Muh Firman Yudiantma, S.Kep., M. K., Dr. apt. Sofia Rahmi, S. Farm., M. S., Anna Malia, SST., M. K., apt. Evi Depiana Gultom, S. Farm., M. S., Dr. Drs. Agus Rokot, S.Pd., M. K., Ratih Arum Astuti, M. F., Dr. Juliet Tangka, S.Pd., M. K., Dr. Arina Novilla, S.Pd., M. S., & Bdn. Imelda, S. S. M. B. (2023). *Bunga Rampai: Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia* (M. K. Ns. Saida, S.Kep. (ed.)).
- Gerard J. Tortora, B. D. (2017). Principles of Anatomy & Physiology. In *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents* (15th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- John E. Hall, Ph.D., A. C. G. P. (2019). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (13th ed.).
- Juffrie, M. (2016). *Saluran Cerna yang Sehat: Anatomi dan Fisiologi* (pp. 1–12).
- Leonard R. Johnson, P. (2019). *Gastrointestinal Physiology* (9th EDITION). Elsevier.
- Nasution, A. S., Rasyid, S. A., Pujiastuti, V. I., Agustin, R. D., Siregar, F. M., Fajriyah, S., Ratna, A. P., Alfaaizin, L., Rachmi, E., Ovaditya, S. Z., Putri, D. L., Suryana, A. L., Sari, D. K., Sunandar, A., Nauli, H. A., & Rachmat, B. (2024). Biomedik Dasar. In *Modul Bahan Ajar Cetak Keperawatan*. Future Science.

- Novia Susanti, S.Kep., N. M. T. K., Ns. Marlon Sijabat, M. Kep., S. K. M., Dr. Rita Benya Adriani, S.Kp, M. K., Septy Nur Aini, S.Kep., Ns., M. K., Ns. Rusdi, S.Kep., M. K., apt. Ridha Elvina, M. F., SKp.M.Kes, D. P., Meggy Wulandari Kai, S.Tr.Kep., M. T. K., Novrita, S., Ns. Ni Made Sri Muryani, M. K., Fathiya Luthfil Yumni, S.Kep., Ns., M. K., Siti Fatimah, SST., M. B., Riri Safitri, S.Si., M. S., Miskiyah SKM, M. B., Rika Hairunisyah, S. S. T. M. B., & Ns. Lalu Rodi Sanjaya, S.Kep., M. K. (2022). Buku Ajar Anatomi Fisiologi. In *Zahir Publishing*. <https://repository.poltekkespalembang.ac.id/files/original/2f78c229942eb9c65238559d5cbb1867.pdf>
- Parker, E. (2024). Gastrointestinal Anatomy and Physiology: Current Insights and Emerging Trends. *Anatomy & Physiology: Current Research*, 14(2), 1–1. <https://doi.org/10.35248/2161-0940.24.14.477>
- Prawira, M. D., Agus, M., & Sueta, D. (2020). Konsep Patofisiologi Motilitas Gastrointestinal. *Cermin Dunia Kedokteran*, 47(1), 7–10. <https://cdkjournal.com/index.php/cdk/article/view/4%0Ahttps://doi.org/10.55175/cdk.v47i1.4>
- Ramadhani, K., Gz, S., Mahasiswa, B., & Dan, G. (2022). *Buku Ajar Dasar-Dasar Tubuh Manusia dan Fisiologi Tubuh Manusia*.
- Ramaswamy, A. T., Martell, P., Azevedo, R., & Belafsky, P. (2022). The upper esophageal sphincter: anatomy and physiology. *Annals of Esophagus*, 5, 0–1. <https://doi.org/10.21037/aoe-21-34>
- Rusin, L. (2023). Anatomy and Physiology of the Human Gastrointestinal Tract: Exploring the Functions and Interactions of the Digestive System. *Journal of Morphology and Anatomy*, 7(2), 1. <https://doi.org/10.37421/2684-4265.2023.7.265>
- Sensoy, I. (2021). A review on the food digestion in the digestive tract and the used in vitro models. *Science Direct*, 4, 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.04.004>
- Sherwood, L. (2018). Introduction to Human Physiology. In *American Journal of Public Health and the Nation's Health* (9th ed., Vol. 38, Issue 11). <https://doi.org/10.2105/ajph.38.11.1590-b>

PROFIL PENULIS



Liska Alfaaizin, S.Kep., M.Biomed.

Penulis lahir di Bulukumba pada tanggal 12 Juli 1989 dan merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Drs. H. Mappisabbi dan Ibu Hj. Rosmaeni, S.Pd. Ketertarikan penulis pada dunia kesehatan dimulai sejak duduk di bangku SMA. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk menempuh pendidikan S1 Keperawatan di Fakultas Ilmu Kesehatan UIN Alauddin

Makassar dan berhasil lulus pada tahun 2010. Selanjutnya penulis meraih gelar Magister Biomedik (S2) tahun 2019 setelah menyelesaikan pendidikan di Program Studi Ilmu Biomedik Minat Fisiologi Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi DIII Gizi Akademi Ilmu Gizi YPAG Makassar sebagai pengajar mata kuliah Anatomi dan Fisiologi, Patologi Manusia, MPASI, dan Seminar Gizi. Penulis aktif berkolaborasi dalam berbagai penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Penulis juga telah menerbitkan beberapa buku kolaborasi berjudul Biomedik Dasar; Dasar Kesehatan Reproduksi dan Kesehatan Keluarga; Fisiologi Tidur dan Irama Sikardian. Penulis berharap bisa menjadi pengajar yang selalu berbagi pengetahuan dan inspirasi layaknya “oasis di tengah gurun.”

Email Penulis: liska.alfaa@gmail.com



BAB 15

DASAR-DASAR

MIKROBIOLOGI

Indira Pipit Miranti, M.Sc.
STIKes Ibnu Sina Ajibarang



Pendahuluan

Mikrobiologi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari tiga kata, yaitu *“micro”* yang artinya kecil, *“bios”* yang artinya kehidupan, dan *“logos”* yang berarti ilmu. Jadi, mikrobiologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari makhluk hidup yang berukuran sangat kecil dan hanya bisa dilihat menggunakan alat bantu seperti mikroskop (Hasyrul Hamzah, 2021). Makhluk hidup berukuran kecil ini dikenal dengan istilah mikroorganisme, yang juga sering disebut sebagai mikroba atau jasad renik (Munir, 2006; Putri et al., 2017). Mikroorganisme meliputi berbagai jenis seperti bakteri, virus, jamur, protozoa, dan mikroalga (Yolanda, 2024). Mikrobiologi terfokus pada mikroorganisme dengan mempelajari beberapa elemen (sifat sel serta proses metabolik dan variasi mikroba), interaksi antara mikroba dengan makhluk hidup lainnya, serta fungsi dan penerapan mikroba di berbagai sektor.

Jika dilihat dari aspek yang dibahas sebelumnya, mikrobiologi terbagi menjadi beberapa kelompok ilmu, di antaranya:

1. Parasitologi: Mengkaji berbagai jenis mikroorganisme yang bersifat parasit terhadap mikroorganisme lain.
2. Virologi: Mengkaji tentang virus, yang merupakan kelompok parasit obligat bagi organisme lainnya.
3. Metabolisme mikroba: Mengkaji reaksi kimia yang terjadi dalam mikroba.
4. Genetika molekuler mikroba: Membahas informasi genetik pada mikroba dan cara penyampaian. Rekayasa genetika mikroba: Mengkaji pemanfaatan informasi genetik mikroba serta rekayasa genetik dalam beberapa aplikasi.
5. Epidemiologi: Mengkaji penyebaran dan terjadinya penyakit yang disebabkan oleh mikroba.
6. Etiologi: Mengkaji tentang proses terjadinya penyakit. Pengontrolan infeksi: Mengkaji cara-cara untuk mengendalikan penyebaran penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme.
7. Kemoterapi: Mengulas tentang penggunaan obat dalam menangani infeksi yang disebabkan oleh mikroba.
8. Bioteknologi mikroba: Mengulas tentang pemanfaatan mikroba dan teknik rekayasa untuk menciptakan produk baru.

9. Mikrobiologi farmasetika: Mempelajari tentang peran mikroba dalam pembuatan vaksin, antibiotik, dan zat farmasetik lainnya.
10. Taksonomi mikroba: Mengulas tentang sistem pengelompokan mikroorganisme.
11. Bakteriologi: Mengulas tentang kelompok prokariot yang tergolong dalam bakteri.
12. Mikologi: Mempelajari tentang kelompok jamur, termasuk fungi (mikroskopis: ragi dan kapang) dan fungi (makroskopis: jamur bertubuh berbentuk buah).
13. Fikologi: Membahas tentang alga yang dapat melakukan fotosintesis.

Berdasarkan bidang ilmu tersebut, mikrobiologi bisa dijadikan dasar untuk memahami berbagai proses yang terjadi dalam kehidupan. Ilmuwan biokimia dapat mempelajari mikrobiologi guna memahami jalur metabolik dalam makhluk hidup. Para ahli genetika dapat memanfaatkan mikroorganisme untuk meneliti pewarisan genetik. Pakar lingkungan dapat memanfaatkan mikroba untuk mengurai zat berbahaya demi perbaikan lingkungan. Melalui mikroorganisme yang ada serta sifat-sifat yang terkait dengan awal kehidupan, para ilmuwan evolusi bisa menyelidiki cara terbentuknya biosfer (American Society for Microbiology, 2004).

Salah satu hal yang sangat penting dalam mikrobiologi adalah mengetahui bentuk dan fungsi dari mikroorganisme. Mikroorganisme hadir dalam berbagai bentuk dan konfigurasi yang memengaruhi tingkah laku serta peranan biologis mereka. Contohnya, bakteri dapat ditemukan dalam berbagai bentuk seperti bulat (*cocci*), batang (*bacilli*), atau spiral (*spirilli*), sedangkan fungi dapat berbentuk sel tunggal (ragi) atau serat panjang (filamen) (Soni et al., 2024; Al Hafi et al., 2025). Bentuk dan struktur tersebut sangat penting bagi kemampuan mikroorganisme untuk bertahan hidup serta berkembang di lingkungan yang beragam. Di samping itu, pemahaman mengenai struktur mikroorganisme juga berkontribusi pada pengembangan metode pengendalian terhadap patogen mikroba yang dapat menimbulkan ancaman bagi manusia, hewan, atau tanaman (Garvey, 2024).

Sejarah Perkembangan Mikrobiologi

1. Awal Penemuan Mikroskop dan Mikroorganisme

Penemuan mikroskop pertama kali ditemukan oleh Antonio van Leeuwenhoek pada abad ke-17, penemuan ini menciptakan wawasan baru mengenai dunia mikroskopis dan memicu berbagai perdebatan terkait asal mula kehidupan. Leeuwenhoek menemukan berbagai macam mikroorganisme, termasuk bakteri, yang menimbulkan perdebatan antara teori *abiogenesis* (kehidupan berasal dari materi tak hidup) dan *biogenesis* (kehidupan berasal dari kehidupan sebelumnya). Perdebatan ini menghambat perkembangan mikrobiologi dalam membuktikan kebenaran teori biogenesis (Serafino, 2016).

2. Teori Sterilisasi dan Mikroorganisme

Teori Pasteur mengenai mikroba penyebab munculnya penyakit mempunyai pengaruh signifikan terhadap kemajuan di bidang mikrobiologi serta kesehatan. Pemikiran ini menimbulkan perubahan cara pandang dalam kebersihan serta teknik sterilisasi (khususnya pada cara pembuatan dan cara penyimpanan obat). Pasteur menunjukkan bahwa mikroorganisme berperan dalam timbulnya penyakit dan bahwa proses sterilisasi dapat mencegah penyebaran penyakit, yang akhirnya membuka jalan bagi perkembangan ilmu kesehatan modern (Khaerunissa, 2024; Moore et al., 2024).

Pasteur melakukan penelitian tentang proses pembusukan dan fermentasi, yang membawanya pada kesimpulan bahwa mikroorganisme merupakan penyebab utama. Dia juga mengungkapkan bahwa mikroorganisme dapat mengakibatkan penyakit pada manusia serta hewan. Melalui eksperimen dengan tabung leher lekukan, Pasteur membantah teori abiogenesis dan menunjukkan bahwa kehidupan mikroba berasal dari mikroorganisme yang sudah ada, bukan muncul secara tiba-tiba (Cavaillon & Legout, 2022). Dengan pengetahuan mengenai peranan mikroba pada proses pembusukan dan penyakit, Pasteur menciptakan metode pasteurisasi. Metode ini merupakan proses

Daftar Pustaka

- Al Hafi L, Alocilja EC. (2025) *Morphometric Characterization of Bacteria Associated with Bacteremia*. Encyclopedia (MDPI). Vol 5(3):130. doi:10.3390/encyclopedia5030130.
- Almutairi, H. S., et al. (2025). *Advancing patient safety through sterilization: An integrative review of contemporary methods and innovations*. Journal of International Crisis and Risk Communication Research, 8(4), 83–91.
- American Society for Microbiology. (2004). *Microbiology in the 21st Century: Where Are We and Where Are We Going?* Washington, DC. doi: 10.1128/AAMCol.5Sept.2003.
- Burgos, R. M. and Rodvold, K. A. (2019). *ZTI-01 (fosfomycin for injection) in the treatment of hospitalized patients with complicated urinary tract infections*. Future Microbiology. 14(6), pp. 461–475. doi: 10.2217/fmb2018-0303.
- Caforio, A. and Driessen, A. J. M. (2017) 'Archaeal phospholipids: Structural properties and biosynthesis', *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)—Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1862(11), pp. 1325–1339. doi: 10.1016/j.bbalip.2016.12.006.
- Cheng, L., Wang, Y., and Du, J. (2020). *Human papillomavirus vaccines: An updated review*. Vaccines. 8(3), pp. 1–15. doi: 10.3390/vaccines8030391.
- Das, S. et al. (2019). *Hepatitis B vaccine and immunoglobulin: Key concepts*. Journal of Clinical and Translational Hepatology. 7(2), pp. 165–171. doi: 10.14218/JCTH.2018.00037.
- Garvey, M. (2024). Medical device-associated infections: sterilization and implications for fungal contamination. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(1), 201.
- Hasyrul Hamzah, 2021. *Essentials of Medical Microbiology*. Fourth Edit. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd.
- Hayden, F. G., et al. (2018). *Baloxavir Marboxil for Uncomplicated Influenza in Adults and Adolescents*. New England Journal of Medicine. 379(10), pp. 913–923. doi: 10.1056/nejmoa1716197.

- Henry, D. A., et al. (2021). *Effectiveness of COVID-19 vaccines: findings from real-world studies*. Medical Journal of Australia. 215(4), pp. 149-151. e1. doi: 10.5694/mja2.51182.
- Karna, N. P. T., Hartono, T. A., Dewi, N. P. F. C., & Arianti, N. L. D. (2025). Review: Peran fungi dan aplikasinya dalam bidang medis dan lingkungan. *Journal of Comprehensive Science*, Vol 4(3), 1074–1085.
- Khaerunissa, A.I., Jernita, S., Eni, D.I., Melati, A.R., Dewi, C., Indah, K., Windi, Susmayanti, Monik, K., Abdul, R., Andrey, W., Neli, D., Al Hajar, F.Z., Dwi, E.K., Erma, S. (2024). *Mikrobiologi dan Virologi*. Penerbit Yayasan Kita Menulis.
- Liang, J. L., et al. (2018). *Prevention of Pertussis, Tetanus, and Diphtheria with Vaccines in the United States: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP)* Morbidity and Mortality Weekly Report Recommendations and Reports Centers for Disease Control a. Recommendations and Reports. Vol: 67(2), p. 31.
- Luigi Cembalo. (2021). *Classification of Eukaryotic Microorganisms*. Analysis of Biological Research. <https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/classification-of-eukarotic-microorganisms-76370.html>
- Miethke, M. et al. (2021). *Towards the sustainable discovery and development of new antibiotics*. Nature Reviews Chemistry. Vol 5(10), pp. 726–749. doi: 10.1038/s41570-021-00313-1.
- Moore E, Cortese Y.J., Colbert, D.M. (2025). A review of sterilization methods and their commercial impacts on polysaccharide-based biomaterials. *Macromol.* Vol 5(4):45. doi:10.3390/macromol5040045.
- Munir, E. (2006). *Pemanfaatan mikroba dalam bioremediasi: Suatu teknologi alternatif untuk pelestarian lingkungan*. Universitas Sumatera Utara.
- Popa, G. T., et al. (2023). Efficiency of disinfection and sterilization in controlling fungal contaminants in clinical practice: A review. *Journal of Dental Practice and Research*, Vol. 12(2), 44–52.

- Putri, M. H., Sukini, S., & Yodong, Y. (2017). *Bahan ajar keperawatan gigi: Mikrobiologi* (Cetakan ke-5). Pusat Pendidikan SDM Kesehatan, Badan PPSDM, Kementerian Kesehatan.
- Rahmadina dkk (2024). *Perbedaan Teori Organisme Sel Prokariotik, Eukariotik, dan Virus*. Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumian dan Angkasa. Vol 2 (5): 75-84.
- Serafino, L. (2016). *Abiogenesis as a theoretical challenge: Some reflections*. Journal of Theoretical Biology. 402, pp. 18–20. doi: 10.1016/j.jtbi.2016.04.033.
- Slack, M. P. E. (2021). *Long-term impact of conjugate vaccines on Haemophilus influenzae meningitis: A narrative review*. Microorganisms. 9(5). doi:10.3390/microorganisms9050886.
- Soni J, Sinha S, Pandey R. (2024) *Understanding bacterial pathogenicity: a closer look at the journey of harmful microbes*. Frontiers in Microbiology. doi:10.3389/fmicb.2024.1370818. [Frontiers](https://www.frontiersin.org)
- Suryani, Y., & Taupiqurrahman, O. (2021). Mikrobiologi dasar. LP2M UIN SGD Bandung. UIN Sunan Gunung Djati Bandung
- Susanne Modrow dkk. (2013). *Viruses: Definition, Structure, and Classification*. National Library of Medicine.
- Talaro, K. P., and Chess, B. (2015). *Foundations in Microbiology*. New York: McGraw Hill Education.
- Tulchinsky TH. Maurice Hilleman: Creator of Vaccines That Changed the World. Vaccine. 2018;36(39):5861–5866
- Wahyuni, W., & Ramadhani, I. (2020). Mikrobiologi Dan Parasitologi (1st Ed.). Purwokerto: Pena Persada.
- World Health Organization. 2025. *History of polio vaccination*. WHO. Available from: <https://www.who.int/news-room/spotlight/history-of-vaccination/history-of-polio-vaccination>
- Yolanda, P.K. (2024). *Mikrobiologi*. Artikel kesehatan. Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Fakultas Kedokteran.

Zhanel, G. G., et al. (2021). *Lefamulin: A Novel Oral and Intravenous Pleuromutilin for the Treatment of Community-Acquired Bacterial Pneumonia*. *Drugs*. 81(2), pp. 233–256. doi: 10.1007/s40265-020-01443-4.

PROFIL PENULIS



Indira Pipit Miranti, S.Pd., M.Sc.

Ketertarikan penulis terhadap ilmu biologi dimulai pada tahun 2005 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Sekolah Menengah Atas di SMA Muhamadiyah 1 Purwokerto dengan memilih IPA dan berhasil lulus pada tahun 2008. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi pada tahun 2008 dan berhasil menyelesaikan studi S1 di prodi Pendidikan Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) pada tahun 2013. Setelah menyelesaikan pendidikan S1, penulis melanjutkan studi S2 di prodi Magister Biologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan konsentrasi ilmu Biologi sejak tahun 2013 sampai 2016. Penulis memiliki kepakaran di bidang Biologi. Dan untuk mewujudkan karier sebagai dosen profesional, penulis pun aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya tersebut, termasuk mikrobiologi. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara yang sangat tercinta ini. Email Penulis: indirapipit@stikes-ibnusina.ac.id / indira.pipit@gmail.com



BAB 16

DASAR-DASAR PATOLOGI DAN PATOLOGISIOLOGI

dr. Syafarinah Nur Hidayah Akil, M.Si.
Universitas Muhammadiyah Surabaya



Pendahuluan

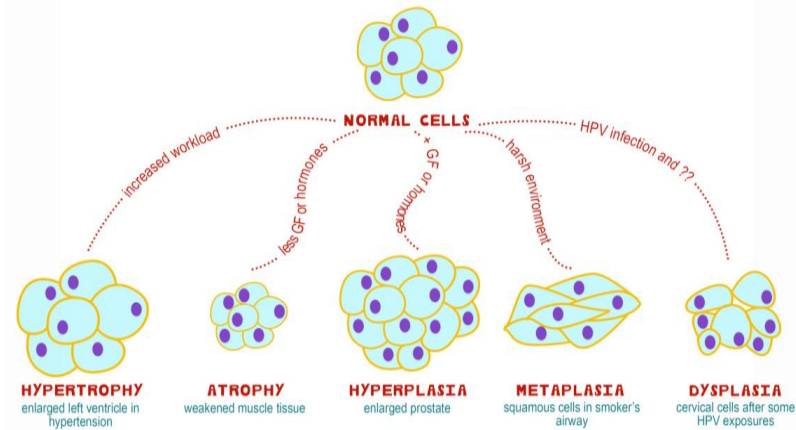
Patologi dan patofisiologi termasuk dalam cabang ilmu kedokteran atau kesehatan yang penting untuk dipahami karena keduanya menjelaskan mekanisme dasar terjadinya penyakit, mulai dari perubahan sel hingga gangguan fungsi organ. Patologi menjelaskan tentang perubahan struktur, sedangkan patofisiologi tentang perubahan fungsi akibat penyakit. Pemahaman yang baik terkait keduanya merupakan dasar ilmiah untuk menegakkan diagnosis secara tepat dan menentukan tata laksana yang rasional.

Patologi dan patofisiologi memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan disiplin ilmu biomedik dasar lainnya, seperti anatomi, histologi, fisiologi, biokimia, dan farmakologi. Anatomi dan histologi memberikan pemahaman tentang struktur normal tubuh hingga tingkat seluler, yang menjadi dasar untuk mengenali perubahan morfologis akibat penyakit (Kumar et al., 2013). Fisiologi menjelaskan fungsi normal sistem tubuh, sementara patofisiologi menggambarkan bagaimana fungsi tersebut terganggu dalam kondisi patologis (Hall, 2016; Norries, 2019). Biokimia berperan dalam memahami perubahan metabolik dan molekuler yang terjadi, misalnya peningkatan enzim pada kerusakan hati atau jantung, sedangkan farmakologi memanfaatkan pengetahuan ini untuk mengembangkan terapi yang menargetkan mekanisme penyakit secara spesifik (Rodwell et al., 2020; Vanderah, 2023). Dengan demikian, sinergi antara cabang-cabang ilmu tersebut membentuk dasar ilmiah untuk memahami mekanisme penyakit dari tingkat sel hingga manifestasi klinis.

Patologi yang mendasari penyakit mulai dari tingkat sel, jaringan, dan organ mencakup adaptasi sel terhadap stres, cedera dan kematian sel, peradangan, gangguan sirkulasi, serta respons perbaikan jaringan. Pemahaman umum terkait hal-hal tersebut merupakan landasan penting untuk menjelaskan perubahan struktural dan molekuler sehingga terjadi gangguan fungsi suatu organ sampai ke manifestasi klinisnya (Kumar et al., 2013).

Adaptasi Sel terhadap Stress

Adaptasi sel merupakan respons fisiologis atau patologis terhadap stres yang bertujuan mempertahankan homeostasis dan kelangsungan hidup sel. Bila sel menghadapi peningkatan beban kerja, perubahan hormonal, atau rangsangan lingkungan, maka sel dapat mengalami perubahan ukuran, jumlah, atau jenisnya (Kumar et al., 2013). Hipertrofi, atrofi, hiperplasia, dan metaplasia adalah perubahan seluler yang dapat terjadi sebagai respons terhadap stres.



Gambar 16.1: Gambaran skematis perubahan seluler

Sumber: <https://www.lovelybean.com>

1. Hipertrofi

Hipertrofi adalah peningkatan ukuran sel yang menyebabkan pembesaran organ (Kumar et al., 2013). Salah satu contoh yaitu hipertrofi ventrikel kiri jantung pada hipertensi yang merupakan respon adaptif terhadap peningkatan beban tekanan. Sel otot jantung (kardiomiosit) mengalami peningkatan ukuran untuk mempertahankan curah jantung, melalui peningkatan sintesis protein kontraktile dan komponen sitoskeleton tanpa disertai penambahan jumlah sel (Lorell & Carabello, 2000).

Contoh lain hipertrofi yaitu pada otot rangka yang terjadi akibat peningkatan beban mekanik berulang, seperti pada latihan angkat beban. Stimulasi mekanik ini mengaktifkan jalur molekuler seperti *insulin-like growth factor-1* (IGF-1) yang meningkatkan

sintesis protein miofibril, sehingga diameter serat otot bertambah. Proses ini merupakan contoh hipertrofi fisiologis yang bersifat reversibel dan bertujuan meningkatkan kekuatan otot dalam menghadapi tuntutan fungsional yang meningkat (Borst et al., 2001; Hall, 2016; Lim et al., 2022).

2. Atrofi

Atrofi merupakan penurunan ukuran dan fungsi sel akibat berkurangnya beban kerja, suplai darah, atau stimulasi hormon (Norries, 2019). Atrofi otot rangka merupakan contoh klasik adaptasi sel terhadap penurunan beban kerja, seperti pada imobilisasi berkepanjangan akibat tirah baring atau kelumpuhan. Pada kondisi ini, sel otot rangka mengalami penurunan ukuran serat otot akibat berkurangnya sintesis protein dan meningkatnya degradasi protein melalui aktivasi *ubiquitin-proteasome system* serta *autophagy*. Secara klinis, atrofi ini ditandai dengan penurunan massa dan kekuatan otot, namun bersifat reversibel bila beban mekanik dan aktivitas fisik dipulihkan (Jackman & Kandarian, 2004).

Contoh lain atrofi yaitu yang terjadi pada endometrium saat menopause dan atrofi otak pada usia lanjut. Atrofi endometrium adalah contoh atrofi akibat hilangnya stimulasi hormonal dan bersifat fisiologis pada wanita menopause. Penurunan estrogen pascamenopause menyebabkan penipisan lapisan endometrium, penurunan aktivitas kelenjar, dan berkurangnya proliferasi sel (Yang et al., 2024). Atrofi otak yang terjadi pada penuaan normal berhubungan dengan penurunan volume otak progresif akibat penyusutan ukuran neuron, berkurangnya kompleksitas dendrit, dan kehilangan sinaps (Blinkouskaya et al., 2021).

3. Hiperplasia

Hiperplasia adalah peningkatan jumlah sel akibat stimulasi hormonal atau kompensasi (Huether & McCance, 2020). Contoh hiperplasia yaitu pada saat menstruasi atau pada hepatektomi parsial. Hiperplasia endometrium terjadi akibat estrogen menstimulasi proliferasi sel endometrium melalui aktivasi

Daftar Pustaka

- Baddam, S., & Burns, B. (2025). Systemic Inflammatory Response Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547669/>
- Balli, S., Shumway, K. R., & Sharan, S. (2025). Physiology, Fever. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562334/>
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine*, 10(4), 174–188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
- Blinkouskaya, Y., Caçoilo, A., Gollamudi, T., Jalalian, S., & Weickenmeier, J. (2021). Brain aging mechanisms with mechanical manifestations. *Mechanisms of Ageing and Development*, 200, 111575. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2021.111575>
- Borst, S. E., De Hoyos, D. V., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B. H., Lowenthal, D. T., & Pollock, M. L. (2001). Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(4), 648.
- Castillo-Castañeda, S. M., Cordova-Gallardo, J., Rivera-Espinosa, L., Chavez-Pacheco, J. L., Ramírez-Mejía, M. M., & Méndez-Sánchez, N. (2024). Bilirubin Molecular Species Play an Important Role in the Pathophysiology of Acute-on-Chronic Liver Failure. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15), 8181. <https://doi.org/10.3390/ijms25158181>
- Chauhan, K., Jandu, J. S., Brent, L. H., & Al-Dhahir, M. A. (2025). Rheumatoid Arthritis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441999/>
- Cleveland Clinic. (2024). *Do You Know the Symptoms of an Embolism?* Cleveland Clinic. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/embolism>
- Cooper, D. B., & McCathran, C. E. (2025). Cervical Dysplasia. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430859/>

- Della Rocca, Y., Fonticoli, L., Rajan, T. S., Trubiani, O., Caputi, S., Diomede, F., Pizzicannella, J., & Marconi, G. D. (2022). Hypoxia: Molecular pathophysiological mechanisms in human diseases. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 78(4), 739–752. <https://doi.org/10.1007/s13105-022-00912-6>
- El-Radhi, A. S. (2019). Pathogenesis of Fever. *Clinical Manual of Fever in Children*, 53–68. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92336-9_3
- Fink, S. L., & Cookson, B. T. (2005). Apoptosis, Pyroptosis, and Necrosis: Mechanistic Description of Dead and Dying Eukaryotic Cells. *Infection and Immunity*, 73(4), 1907–1916. <https://doi.org/10.1128/IAI.73.4.1907-1916.2005>
- Galicia-Garcia, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17), 6275. <https://doi.org/10.3390/ijms21176275>
- Garmo, C., Bajwa, T., & Burns, B. (2025). Physiology, Clotting Mechanism. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507795/>
- Gerber, G. (2025). *Anemia Hemolitik Autoimun*. Manual MSD Versi Konsumen. <https://www.msmanuals.com/id/home/gangguan-darah/anemia/anemia-hemolitik-autoimun>
- Giri, S. K., Nayak, B. L., & Mohapatra, J. (2021). Thickened Endometrium: When to Intervene? A Clinical Conundrum. *Journal of Obstetrics and Gynaecology of India*, 71(3), 216–225. <https://doi.org/10.1007/s13224-020-01415-4>
- Grant, L. M., & Purres, M. (2025). Viral Hepatitis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554549/>
- Hall, J. (2016). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (13th Edition). Elsevier.
- Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of Cancer: The Next Generation. *Cell*, 144(5), 646–674. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.02.013>

- Huether, S., & McCance, K. (2020). *Understanding Pathophysiology* (7th ed.). Mosby (Elsevier).
- Hussein, W. F. (2024). The Pathophysiology of Heart Failure: A Review Article. *Indonesian Journal on Health Science and Medicine*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.21070/ijhsm.v2i1.82>
- Jackman, R. W., & Kandarian, S. C. (2004). The molecular basis of skeletal muscle atrophy. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 287(4), C834–C843. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00579.2003>
- Justiz Vaillant, A. A., Goyal, A., & Varacallo, M. A. (2025). Systemic Lupus Erythematosus. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535405/>
- Justiz Vaillant, A. A., & Qurie, A. (2025). Immunodeficiency. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500027/>
- Khalid, N., & Azimpouran, M. (2025). Necrosis Pathology. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557627/>
- Kumar, V., Abbas, A., & Aster, J. (2013). *Robbin's Basic Pathology*.
- Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2021). *Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease* (10th ed.). Elsevier.
- Lim, C., NUNES, E. A., CURRIER, B. S., MCLEOD, J. C., THOMAS, A. C. Q., & PHILLIPS, S. M. (2022). An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(9), 1546–1559. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002929>
- Litchman, G., Nair, P. A., Atwater, A. R., & Bhutta, B. S. (2025). Contact Dermatitis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459230/>
- Lorell, B. H., & Carabello, B. A. (2000). Left Ventricular Hypertrophy. *Circulation*, 102(4), 470–479. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.4.470>

- Miller, M. A., & Zachary, J. F. (2017). Mechanisms and Morphology of Cellular Injury, Adaptation, and Death. *Pathologic Basis of Veterinary Disease*, 2-43.e19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35775-3.00001-1>
- Mishra, M., Nichols, L., Dave, A. A., Pittman, E. H., Cheek, J. P., Caroland, A. J. V., Lotwala, P., Drummond, J., Bridges, C. C., Mishra, M., Nichols, L., Dave, A. A., Pittman, E. H., Cheek, J. P., Caroland, A. J. V., Lotwala, P., Drummond, J., & Bridges, C. C. (2022). Molecular Mechanisms of Cellular Injury and Role of Toxic Heavy Metals in Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19). <https://doi.org/10.3390/ijms231911105>
- Norries, T. (2019). *Essentials of Pathophysiology: Concepts of Altered Health States* (5th ed.). Wolters Kluwer. https://shop.lww.com/Porth-s-Essentials-of-Pathophysiology/p/9781975107192?srsId=AfmB0ooAx3r08oPxLSXe5vbzRIrnX0AB64Py2qH-pMqjgqvtxYV_SVb2
- Oe, Y. (2024). Editorial for the Special Issue: Pathophysiology of Chronic Kidney Disease and Its Complications. *Biomedicines*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/biomedicines12020416>
- Rigden, H. M., Alias, A., Havelock, T., O'Donnell, R., Djukanovic, R., Davies, D. E., & Wilson, S. J. (2016). Squamous metaplasia is increased in the bronchial epithelium of smokers with chronic obstructive pulmonary disease. *PLoS ONE*, 11(5), e0156009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156009>
- Rodwell, V., Bender, D., Botham, K., Kennely, P., & Wejl, A. (2020). *Biokimia Harper* (31st ed.). EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Schwinger, R. H. G. (2021). Pathophysiology of heart failure. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 11(1), 263–276. <https://doi.org/10.21037/cdt-20-302>
- Sciencevid. (2023). Cell injury. *Sciencevid*. <https://sciencevid.com/cell-injury-introduction-causes-types-mechanism-morphology/>
- Sinyor, B., & Concepcion Perez, L. (2025). Pathophysiology Of Asthma.

- In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551579/>
- Stone, W. L., Basit, H., Zubair, M., & Burns, B. (2025). Pathology, Inflammation. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534820/>
- Vanderah, T. W. (2023). *Katzung's Basic & Clinical Pharmacology* (16th ed.). McGraw Hill.
- Vanholder, R., Smet, R. D., Glorieux, G., Argilés, A., Baurmeister, U., Brunet, P., Clark, W., Cohen, G., Deyn, P. P. D., Deppisch, R., Descamps-Latscha, B., Henle, T., Jörres, A., Lemke, H. D., Massy, Z. A., Passlick-Deetjen, J., Rodriguez, M., Stegmayr, B., Stenvinkel, P., ... Group (EUTox), F. the E. U. T. W. (2003). Review on uremic toxins: Classification, concentration, and interindividual variability. *Kidney International*, 63(5), 1934–1943. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2003.00924.x>
- Wrage, M., Ruosaari, S., Eijk, P. P., Kaifi, J. T., Hollmén, J., Yekebas, E. F., Izbicki, J. R., Brakenhoff, R. H., Streichert, T., Riethdorf, S., Glatzel, M., Ylstra, B., Pantel, K., & Wikman, H. (2009). Genomic Profiles Associated with Early Micrometastasis in Lung Cancer: Relevance of 4q Deletion. *Clinical Cancer Research*, 15(5), 1566–1574. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-08-2188>
- Yang, J. L., Hodara, E., Sriprasert, I., Shoupe, D., & Stanczyk, F. Z. (2024). Estrogen deficiency in menopause and the role of hormone therapy: Integrating the findings of basic science research with clinical trials. *Menopause (New York, N.Y.)*, 31(10), 926–939. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002407>
- Yuan, Y., Zhao, J., Chen, M., Liang, H., Long, X., Zhang, B., Chen, X., & Chen, Q. (2021). Understanding the Pathophysiology of Exosomes in Schistosomiasis: A New Direction for Disease Control and Prevention. *Frontiers in Immunology*, 12, 634138. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.634138>

PROFIL PENULIS



**dr. Syafarinah Nur Hidayah Akil,
M.Si.**

Penulis adalah seorang dokter lulusan Universitas Airlangga Surabaya yang saat ini bekerja sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Surabaya. Penulis termotivasi untuk menulis topik-topik kedokteran sejak beberapa tahun terakhir dengan tujuan menghubungkan antara ilmu kedokteran dengan masyarakat luas.

Ketertarikan dalam menulis muncul dari keyakinan bahwa tulisan merupakan salah satu sarana untuk memberikan edukasi dan *berbagi* ilmu pengetahuan. Penulis senantiasa belajar untuk meningkatkan kemampuan menulis dengan fokus pada topik-topik kedokteran atau kesehatan. Penulis berharap dapat memberikan kontribusi dan menebarkan manfaat bagi para pembaca.

Email Penulis: syafarinah.akil@gmail.com



BAB 17

FARMAKOLOGI DASAR

Apt. Resny Pebritrinasari, M.Si.
Akademi Farmasi YPF Bandung dan UPTD Puskesmas Pasirluyu



Farmakologi

Farmakologi terdiri dari kata "*pharmakon*" dan "*logia*," yang berasal dari bahasa Yunani atau Greek. "*Pharmakon*" secara modern berarti "obat" dan secara klasik berarti "racun"; oleh karena itu, jika penggunaan obat tidak tepat, bisa bersifat racun. Sedangkan "*logia*" memiliki arti "ilmu." Farmakologi merupakan cabang ilmu farmasi yang mempelajari tentang perjalanan obat atau bahan kimia dalam tubuh. Namun secara luas farmakologi juga mempelajari asal usul obat, sifat fisika-kimia obat, cara pencampuran dan membuat obat, efek obat terhadap fungsi biokimia dan faal tubuh, cara kerja absorpsi, distribusi, biotransformasi dan ekskresi obat, penggunaan klinis, serta efek toksik obat. Perjalanan obat dalam tubuh cukup panjang dan kompleks, mengalami beberapa tahapan hingga menghasilkan efek, dan tak jarang obat mengalami efek semu atau bahkan tidak berefek karena beberapa faktor yang terjadi selama perjalanan obat. Mengapa farmakologi penting untuk dipelajari? Karena farmakologi yang menjadi dasar untuk penemuan atau perkembangan obat baru, hingga mencapai efek yang diinginkan dan meminimalisir efek samping yang tidak diharapkan.

Obat berdasarkan Undang-Undang Kesehatan no. 17 tahun 2023 adalah bahan, paduan bahan, termasuk produk biologi, yang digunakan untuk mempengaruhi atau menyelidiki sistem fisiologi atau keadaan patologi dalam rangka penetapan diagnosis, pencegahan, penyembuhan, pemulihan, peningkatan kesehatan, dan kontrasepsi untuk manusia. Dari pengertian tersebut, obat tidak hanya untuk pengobatan atau penyembuhan saja, namun obat memiliki banyak kegunaan, seperti halnya barium sulfat yang digunakan dalam diagnosis pada saluran lambung dan usus, penggunaan vaksin untuk mencegah penyakit tertentu yang disebabkan virus atau bakteri, penggunaan vitamin dan suplemen sebagai agen pencegahan dan pemulihan suatu penyakit serta peningkatan kesehatan, dan obat hormon yang digunakan sebagai kontrasepsi.

1. Sejarah Farmakologi

Farmakologi sudah ada dari periode kuno (3000 SM – 500 M), di mana manusia zaman purba sudah menggunakan bahan alami dari tanaman untuk pengobatan penyakit, seperti halnya suku Indian Kuno menggunakan opium di acara persembahan kepada Dewa Matahari untuk mendapatkan efek halusinasi, dan kina untuk mengobati demam dari penyakit malaria. Pengembangan obat tradisional terjadi di peradaban kuno. Hal ini terdapat dalam manuskrip pengobatan tradisional yang ditemukan dalam bentuk kertas papyrus, dikenal sebagai "*The Ebers Papyrus*." Di dalamnya tercatat 700 obat herbal, pengobatan tradisional oleh tabib dari daratan Tiongkok yang dikenal sebagai "*Chinese Traditional Medicines*," di India terdapat Sushruta Samhita yang dikenal dengan "Ayurveda," dan Dioscorides dengan karyanya "*De Materia Medika*" dari Yunani. Kemudian Hipocrates dikenal sebagai Bapak Ilmu Kedokteran dan Galen yang memperkenalkan dunia farmasi dan kedokteran, mengenalkan obat dari alam, dengan formulanya dan sediaan farmasi "Farmasi Galenik."

Pada abad pertengahan (500-1500 M) terdapat ilmu pengetahuan dan kedokteran Islam yang berpengaruh di Eropa dalam perkembangan farmakologi. Ibnu Sina (Avicenna) yang merupakan sarjana Muslim dengan karyanya "*Canon of Medicine*" digunakan sebagai rujukan medis di dunia Islam dan Eropa selama berabad-abad. Selain itu, perkembangan apotek mulai berkembang, dan apoteker menjadi profesi yang diakui pada abad pertengahan (Dede Dwi Nathalia, 2023).

Periode Renaissance (1500–1700 M), yang artinya "kelahiran kembali," di mana pemikiran klasik Yunani dan Romawi kembali dihidupkan. Humanisme merupakan ide utama Renaissance, di mana studi tentang manusia dan alam berdasarkan pengamatan empiris dan metode ilmiah (Cochrane, 1976). Ilmu pengetahuan dan kedokteran mulai berkembang pesat pada periode ini. Paracelsus memperkenalkan dosis yang dapat menentukan suatu zat menjadi obat atau racun.

Pada periode modern (1700-1900 M), mulai dikembangkan farmakologi eksperimental, yaitu mengenai nasib obat, tempat, dan

cara kerja obat pada tingkat organ dan jaringan. Pada tahun 1847, Rudolf Buchheim mendirikan institusi pertama farmakologi di University of Dorpat di Estonia, sehingga farmakologi menjadi salah satu ilmu sains. John J. Abel menjadi Bapak Amerika Farmakologi pertama.

Saat ini memasuki farmasi digital, di mana era digital membawa perubahan signifikan dalam terapi farmakologi. Farmasi presisi menggunakan data genetika untuk menyesuaikan terapi pasien sehingga lebih efektif dan meminimalisir efek samping. Selain itu, karena kemajuan bioteknologi dan teknologi digital, terapi gen seperti *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) dengan pengeditan gen atau penyisipan gen baru ke dalam sel untuk mengobati penyakit genetika dan penyakit lain yang sebelumnya susah diobati, seperti kanker, dan pengembangan obat baru (Brittain, 2017).

2. Ruang Lingkup Farmakologi

Farmakologi berhubungan dengan beberapa ilmu farmasi lainnya, di antaranya:

- a. Farmakognosi yang mempelajari obat yang berasal dari tanaman dan zat aktifnya, selain dari tanaman, juga berasal dari mineral dan hewan.
- b. Biofarmasi yang mempelajari pengaruh formulasi obat terhadap efek terapinya.
- c. Farmakokinetik yang mempelajari nasib obat di dalam tubuh, baik itu absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi.
- d. Farmakodinamik yang mempelajari pengaruh obat terhadap organisme hidup, terutama mekanisme kerja, reaksi fisiologi, dan efek terapi yang ditimbulkan.
- e. Farmakologi eksperimental yang mempelajari pengaruh obat pada tubuh dengan obat yang dilakukan pada hewan uji dengan perlakuan tertentu.
- f. Farmakologi klinik yang mempelajari dan menyelidiki interaksi antara obat dan tubuh manusia khususnya, serta penggunaan pada pengobatan penyakit.

Daftar Pustaka

- Brittain, H.K., Richard Scott, and Ellen Thomas. (2017). The Rise of the Genome and Personalized Medicine. *Clinical Medicine*. Volume 17-6.
- Brunton, Laurence L., and Bjorn C. Knollmann. (2022). *Goodman and Gilman's The Pharmacological Basic of Therapeutics*. 14th edition. McGraw Hill Medical Publishing Division
- Cochrane, E. (1976). Science and Humanism in the Italian Renaissance. *The American Historical Review*, 81(5), 1039.
- Katzung, B.G. (2018). *Basic Clinical Pharmacology*. 14th edition. North America: McGraw Education
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Undang Undang Republik Indonesia no. 17 tahun 2023 tentang Kesehatan
- Olivia, Zora, et al. (2024). *Pengantar Dasar Farmasi*. Sada Kurnia Pustaka

PROFIL PENULIS



apt. Resny Pebritrinasari, M.Si.

Penulis sangat tertarik dengan farmakologi setelah bekerja di dunia pelayanan kefarmasian pada tahun 2010 silam. Setelah penulis lulus Program Profesi Apoteker dan bekerja di Apotek. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk melanjutkan Program Magister Farmasi Konsentrasi Farmakologi dan Toksikologi di Sekolah Farmasi Institut Teknologi

Bandung (ITB) pada tahun 2012. Sebelumnya penulis melakukan studi S1 di program studi Farmasi Universitas Jenderal Ahmad Yani pada tahun 2004 dan melanjutkan studi Program Profesi apoteker di ITB pada tahun 2009. Saat ini penulis menjadi seorang dosen farmakologi di Akademi Farmasi YPF Bandung sejak tahun 2014 hingga sekarang, dan penulis aktif juga sebagai seorang apoteker di UPTD Puskesmas Pasirluyu Kota Bandung.

Email Penulis: resnypebri10@gmail.com

ILMU BIOMEDIK DASAR

Ilmu Biomedik Dasar merupakan cabang ilmu yang mempelajari fondasi biologis, kimiawi, dan fisiologis tubuh manusia sebagai dasar untuk memahami kesehatan dan penyakit; bidang ini mencakup kajian tentang struktur sel, jaringan, organ, serta sistem tubuh, disertai dengan proses biokimia, genetika, dan mekanisme molekuler yang menopang kehidupan, sehingga memberikan pemahaman menyeluruh mengenai bagaimana tubuh berfungsi dalam kondisi normal dan bagaimana perubahan pada tingkat molekul maupun sel dapat menimbulkan gangguan kesehatan; dengan demikian, Ilmu Biomedik Dasar berperan sebagai jembatan antara ilmu dasar dan aplikasi klinis, menjadi landasan penting bagi mahasiswa, tenaga kesehatan, dan peneliti dalam menghubungkan teori dengan praktik kedokteran serta pengembangan terapi dan penelitian kesehatan. Pembahasan pada buku ini meliputi:

1. Pengantar Ilmu Biomedik dan Perannya dalam Kesehatan
2. Dasar-Dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia
3. Struktur dan Fungsi Sel (Biologi Sel)
4. Genetika Dasar dan Hereditas
5. Jaringan Tubuh Manusia
6. Keseimbangan Cairan, Elektrolit, dan Asam Basa
7. Biokimia Dasar
8. Peran Saliva dalam Metabolisme Energi dan Proses Biokimia di Rongga Mulut
9. Enzim dan Kinetika Enzim
10. Gizi Dasar dan Makro-Mikronutrien
11. Sistem Persarafan
12. Sistem Kardiovaskuler (Jantung dan Pembuluh Darah)
13. Sistem Pernapasan (Respirasi)
14. Sistem Pencernaan
15. Dasar Mikrobiologi
16. Dasar-Dasar Patologi dan Patofisiologi
17. Farmakologi Dasar