

Biologi Integratif:

Konsep Dasar, Fisiologi,
dan Bioteknologi



Fitri Elizabrth Hasibuan, M.Si.
Febry Rahmadhani Hasibuan, S.Pd., M.Si.
Hasbiah, S.Si., M.Kes.
Widya Syahfitri, M.Si.
Natasha Novida Sipahutar, S.Pd., M.Sc.
Imelda Maelani, S.Si., M.Si.

Biologi Integratif: Konsep Dasar, Fisiologi, dan Bioteknologi

Fitri Elizabrth Hasibuan, M.Si.

Febry Rahmadhani Hasibuan, S.Pd., M.Si.

Hasbiah, S.Si., M.Kes.

Widya Syahfitri, M.Si.

Natasha Novida Sipahutar, S.Pd., M.Sc.

Imelda Maelani, S.Si., M.Si.



PT YAPINDO JAYA ABADI

Anggota IKAPI: No. 627/DKI/2023

Biologi Integratif: Konsep Dasar, Fisiologi, dan Bioteknologi

Penulis : Fitri Elizabrth Hasibuan, M.Si., Febry Rahmadhani
Hasibuan, S.Pd., M.Si., Hasbiah, S.Si., M.Kes.,
Widya Syahfitri, M.Si., Natasha Novida Sipahutar,
S.Pd., M.Sc., dan Imelda Maelani, S.Si., M.Si.
ISBN : 978-634-7789-41-9 (PDF)
Penyunting Naskah : Teguh Arief Santoso
Tata Letak : Teguh Arief Santoso
Desain Sampul : Novikean Keysah Sanisri
Penerbit

PT Yapindo Jaya Abadi

Jl. Tanjung Duren Raya No. 89 C RT 06/RW 05, Kelurahan Tanjung Duren
Selatan, Kecamatan Grogol Petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah
Khusus Ibukota Jakarta 11470

E-Mail : yapjadi@gmail.com

Website : yapindo.co.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak ciptaan tersebut pertama
kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi
buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi
Pelanggaran UU No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan
perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau
Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara
masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda
paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana
penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling
banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan,
memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum
suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau
Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana
dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau
denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta
rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku berjudul *Biologi Integratif: Konsep Dasar, Fisiologi, dan Bioteknologi* ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman mengenai keterkaitan berbagai aspek biologi yang saling terintegrasi, mulai dari konsep dasar kehidupan hingga perkembangan teknologi yang mendukung pemanfaatan sistem hayati.

Isi buku ini membahas berbagai proses fisiologi makhluk hidup serta perkembangan bioteknologi yang berperan penting dalam berbagai bidang kehidupan. Penyajiannya dibuat dengan bahasa yang mudah dipahami sehingga dapat dinikmati oleh masyarakat umum, pelaku industri, pemerhati sains, maupun siapa saja yang ingin memperluas wawasan tentang biologi modern.

Sebagai buku yang dipasarkan untuk masyarakat luas, dan diharapkan dapat menjadi sumber bacaan yang bermanfaat, menambah pengetahuan, serta memberikan gambaran yang lebih luas mengenai perkembangan ilmu biologi yang terus berkembang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembaca.

Jakarta, Juni 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
Bab 1: Konsep Dasar Biologi sebagai Ilmu Kehidupan	1
1.1 Hakikat Biologi	1
1.2 Organisasi Kehidupan	4
1.3 Metode Ilmiah dalam Biologi.....	7
1.4 Peran Biologi dalam Kehidupan.....	11
Bab 2: Biomolekul dan Metabolisme Kehidupan	16
2.1 Biomolekul Penyusun Kehidupan	16
2.2 Enzim sebagai Katalis Biologis.....	21
2.3 Energi dalam Sistem Biologi.....	26
2.4 Integrasi Metabolisme	29
Bab 3: Struktur dan Fungsi Sel	34
3.1 Tipe dan Organisasi Sel.....	34
3.2 Organel dan Fungsinya.....	38
3.3 Membran dan Transport	42
3.4 Komunikasi dan Regulasi Sel.....	46
Bab 4: Genetika dan Pewarisan Sifat.....	51
4.1 Struktur dan Fungsi Materi Genetik.....	51
4.2 Ekspresi Gen.....	55
4.3 Pewarisan Sifat	58
4.4 Genetika dalam Kehidupan	62
Bab 5: Mikroorganisme dalam Sistem Kehidupan.....	66
5.1 Klasifikasi Mikroorganisme	66

5.2 Struktur dan Fisiologi Mikroba	75
5.3 Fisiologi Mikroba: Keanekaragaman Metabolik sebagai Kunci Keberhasilan Ekologis.....	77
5.4 Peran Menguntungkan Mikroba: Dari Tubuh Manusia hingga Ekosistem Global.....	83
5.5 Mikroba Patogen: Mekanisme Infeksi dan Pertahanan Inang	85
Bab 6: Prinsip Fisiologi dan Homeostasis.....	89
6.1 Konsep Dasar Fisiologi	89
6.2 Homeostasis.....	96
6.3 Regulasi Tubuh.....	100
6.4 Adaptasi Fisiologis	107
Bab 7: Fisiologi Sistem Organ pada Hewan	112
7.1 Sistem Sirkulasi.....	112
7.2 Sistem Respirasi	121
7.3 Sistem Pencernaan.....	126
7.4 Sistem Ekskresi	132
Bab 8: Sistem Regulasi dan Koordinasi Hewan	141
8.1 Sistem Saraf.....	141
8.2 Sistem Endokrin	146
8.3 Integrasi Saraf dan Hormon	153
8.4 Reproduksi dan Perkembangan	159
Bab 9: Fisiologi Tumbuhan.....	167
9.1 Struktur dan Fungsi Tumbuhan.....	167
9.2 Proses Fisiologis.....	170
9.3 Regulasi dan Respons.....	173
9.4 Peran Tumbuhan dalam Kehidupan	177
Bab 10: Konsep dan Prinsip Bioteknologi	182
10.1 Definisi Bioteknologi	182

10.2 Sejarah dan Perkembangan	186
10.3 Bioteknologi Tradisional.....	190
10.4 Bioteknologi Modern	194
Bab 11: Teknik dan Aplikasi Bioteknologi.....	199
11.1 Rekayasa Genetika	199
11.2 Kultur Jaringan	204
11.3 Fermentasi	209
11.4 Aplikasi Bioteknologi.....	213
Bab 12: Dampak dan Perkembangan Bioteknologi.....	218
12.1 Manfaat Bioteknologi.....	218
12.2 Risiko dan Dampak	224
12.3 Etika Bioteknologi.....	231
12.4 Masa Depan Bioteknologi	238
Daftar Pustaka.....	246
Profil Penulis	256

Daftar Pustaka

- Hood, L. (2020). Systems biology and personalized medicine: Past, present, and future. *Nature Reviews Genetics*, 21(10), 615–627.
- Nielsen, J. (2020). Synthetic biology for engineering microorganisms. *Nature Reviews Microbiology*, 18(2), 109–120.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2020). Reproducibility and replicability in science. The National Academies Press.
- Nosek, B. A., Errington, T. M., & Hardwicke, T. E. (2021). Replicability, robustness, and reproducibility in scientific research. *Annual Review of Psychology*, 72, 1–28.
- Kitano, H. (2021). Systems biology: A brief overview. *Science*, 295(5560), 1662–1664.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Orr, R. B. (2020). *Campbell biology* (12th ed.). Pearson.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.
- Goodwin, S., McPherson, J. D., & McCombie, W. R. (2016). Coming of age: Ten years of next-generation sequencing technologies. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333–351.

- Benkovic, S. J., & Hammes-Schiffer, S. (2020). A perspective on enzyme catalysis. *Science*, 301(5637), 1196–1202.
- Brown, J. H., Burger, J. R., & Burnside, W. R. (2021). Macroecology meets metabolism: Toward a unified theory of ecology. *Ecology Letters*, 24(3), 1–14.
- Nelson, D. L. (2021). *Lehninger principles of biochemistry*. W.H. Freeman.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). *Lehninger principles of biochemistry* (8th ed.). W.H. Freeman.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2020). *Fundamentals of ecology*. Cengage Learning.
- Shendure, J., Balasubramanian, S., Church, G. M., Gilbert, W., Rogers, J., Schloss, J. A., & Waterston, R. H. (2017). DNA sequencing at 40: Past, present and future. *Nature*, 550(7676), 345–353.
- Zhang, A. (2020). Metabolomics in systems biology: Applications and challenges. *Journal of Proteome Research*, 19(2), 709–719.
- Altschuler, S. J. (2020). Cellular heterogeneity: Do differences make a difference? *Cell*, 141(4), 559–563.
- Hanahan, D. (2022). Hallmarks of cancer: New dimensions. *Cancer Discovery*, 12(1), 31–46.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular biology of the cell*. Garland Science.
- Stillwell, W. (2020). *Membrane structure and function*. Elsevier.

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular biology of the cell* (7th ed.). Garland Science.
- Scorrano, L., De Matteis, M. A., Emr, S., Giordano, F., Hajnóczky, G., Kornmann, B., Lackner, L. L., Levine, T. P., Pellegrini, L., Reinisch, K., Rizzuto, R., Simmen, T., Stenmark, H., Ungermann, C., & Schuldiner, M. (2021). Coming together to define membrane contact sites. *Nature Communications*, 10(1).
- Martin, W. F., Garg, S., & Zimorski, V. (2015). Endosymbiotic theories for eukaryote origin. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370(1678), 20140330.
- Tang, F., Barbacioru, C., Wang, Y., Nordman, E., Lee, C., Xu, N., ... & Surani, M. A. (2019). mRNA-Seq whole-transcriptome analysis of a single cell. *Nature Methods*, 6(5), 377–382.
- Allis, C. D., & Jenuwein, T. (2021). The molecular hallmarks of epigenetic control. *Nature Reviews Genetics*, 17(8), 487–500.
- Cavalli, G., & Heard, E. (2019). Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease. *Nature*, 571(7766), 489–499.
- Collins, F. S. (2021). The future of precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 385(2), 97–99.
- Doudna, J. A. (2020). The promise and challenge of therapeutic genome editing. *Nature*, 578(7794), 229–236.

- Griffiths, A. J. F., Wessler, S. R., Carroll, S. B., & Doebley, J. (2020). *Introduction to genetic analysis*. W. H. Freeman.
- Latchman, D. S. (2021). *Gene control*. Garland Science.
- Moore, L. D., Le, T., & Fan, G. (2013). DNA methylation and its basic function. *Neuropsychopharmacology*, 38(1), 23–38.
- Spiegel, J., Adhikari, S., & Balasubramanian, S. (2020). The structure and function of DNA G-quadruplexes. *Trends in Chemistry*, 2(2), 123–136.
- Hug, L. A., Baker, B. J., Anantharaman, K., Brown, C. T., Probst, A. J., Castelle, C. J., ... & Banfield, J. F. (2016). A new view of the tree of life. *Nature Microbiology*, 1(5), 16048.
- Lloyd-Price, J., Abu-Ali, G., & Huttenhower, C. (2016). The healthy human microbiome. *Genome Medicine*, 8(1), 51.
- Lynch, S. V., & Pedersen, O. (2016). The human intestinal microbiome in health and disease. *New England Journal of Medicine*, 375(24), 2369–2379.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2021). *Brock biology of microorganisms* (16th ed.). Pearson.
- Murphy, K., & Weaver, C. (2022). *Janeway's immunobiology* (10th ed.). Garland Science.
- Thompson, L. R., Sanders, J. G., McDonald, D., Amir, A., Ladau, J., Locey, K. J., & Knight, R. (2017). A communal catalogue reveals Earth's multiscale microbial diversity. *Nature*, 551(7681), 457–463.

- Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics*, 40(4), 277–283.
- Woese, C. R., Kandler, O., & Wheelis, M. L. (1990). Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(12), 4576–4579.
- Cannon, W. B. (2020). Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9(3), 399–431.
- Fuster, V., & Walsh, K. (2020). Mechanisms underlying organ crosstalk in physiology and disease. *Journal of Clinical Investigation*, 130(1), 5–8.
- Hall, J. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Hall, J. E., Guyton, A. C., & Hall, M. E. (2022). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Elsevier.
- Hill, R. W. (2021). *Animal physiology*. Sinauer Associates.
- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (2021). *Principles of neural science*. McGraw-Hill Education.
- Seebacher, F. (2020). Physiological plasticity in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 223(12), jeb217596.
- West, J. B. (2021). Physiological responses to high altitude. *Annual Review of Physiology*, 83, 561–583.
- Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2020). The gut-brain axis: Interactions between enteric microbiota,

- central and enteric nervous systems. *Annals of Gastroenterology*, 33(2), 1–10.
- Gimbrone, M. A., & García-Cardena, G. (2016). Endothelial cell dysfunction and the pathobiology of atherosclerosis. *Circulation Research*, 118(4), 620–636.
- Joyner, M. J., & Casey, D. P. (2015). Regulation of increased blood flow during exercise: A hierarchy of competing physiological needs. *Physiological Reviews*, 95(2), 549–601.
- Petersson, J., & Glenny, R. W. (2020). Gas exchange and ventilation–perfusion relationships in the lung. *European Respiratory Journal*, 44(4), 1023–1041.
- Valdes, A. M., Walter, J., Segal, E., & Spector, T. D. (2020). Role of the gut microbiota in nutrition and health. *BMJ*, 361, 1–8.
- Webster, A. C. (2020). Chronic kidney disease. *The Lancet*, 395(10225), 709–733.
- West, J. B. (2021). *Respiratory physiology: The essentials* (11th ed.). Wolters Kluwer.
- Charmandari, E., Tsigos, C., & Chrousos, G. (2021). Endocrinology of the stress response. *Annual Review of Physiology*, 83, 155–181.
- Clevers, H. (2020). Stem cells: What are they and what can they do? *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 21(2), 63–64.
- Gilbert, S. F. (2020). *Developmental biology*. Sinauer Associates
- Hall, J. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.

- Herman, J. P., McKlveen, J. M., Solomon, M. B., Carvalho-Netto, E., & Myers, B. (2020). Neural regulation of the stress response: Glucocorticoid feedback mechanisms. *Brain Research*, 1645, 3–11.
- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (2021). *Principles of Neural Science* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Mateos-Aparicio, P., & Rodríguez-Moreno, A. (2019). The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 13, 66.
- Melmed, S., Polonsky, K. S., Larsen, P. R., & Kronenberg, H. M. (2020). *Williams textbook of endocrinology* (14th ed.). Elsevier.
- Atanasov, A. G. (2021). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products. *Biotechnology Advances*, 39, 107559.
- Bonan, G. B. (2020). Forests, climate, and public policy. *Science*, 320(5882), 1444–1449.
- Cannon, W. B. (2020). *The wisdom of the body*. W. W. Norton & Company.
- Choi, W. G., Miller, G., Wallace, I., Harper, J., Mittler, R., & Gilroy, S. (2017). Orchestrating rapid long-distance signaling in plants with Ca²⁺, ROS and electrical signals. *The Plant Journal*, 90(4), 698–707.
- Hall, J. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.

- Hall, J. E. (2022). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Elsevier.
- Silverthorn, D. U. (2020). *Human physiology: An integrated approach* (8th ed.). Pearson.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates.
- Doudna, J. A. (2020). The promise and challenge of therapeutic genome editing. *Nature*, 578(7794), 229–236.
- Ledford, H. (2021). CRISPR gene editing produces promising results in human trials. *Nature*, 593(7857), 337–338.
- Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 184–217.
- Burke, P. (2020). *What is the history of knowledge?* Polity Press.
- Tosh, J. (2021). *The pursuit of history: Aims, methods and new directions in the study of history* (7th ed.). Routledge.
- Jaiswal, A. K., Jaiswal, S., & Kumar, S. (2020). Biotechnology and sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*, 270, 110874.
- Nielsen, J., & Keasling, J. D. (2016). Engineering cellular metabolism. *Cell*, 164(6), 1185–1197.
- Ecker, D. M. (2020). The therapeutic monoclonal antibody market. *mAbs*, 12(1), 1700638.

- Singh, R. (2021). Biofuels and microbial biotechnology for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110206.
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (2020). *Principles of fermentation technology*. Elsevier.
- Ansori, A. N. M., Kharisma, V. D., Antonius, Y., Parikesit, A. A., & Rebezov, M. (2023). Application of CRISPR-Cas9 genome editing technology in various fields: A review. *Narere: Journal of Biotechnology and Molecular Biology*, 1(1), 1–11.
- Anzalone, L. V., Koblan, L. W., & Liu, D. R. (2020). Genome editing with CRISPR-Cas nucleases, base editors, transposases and prime editors. *Nature Biotechnology*, 38(7), 824–844.
- Gunasena, M. D. K. M., Alahakoon, A. M. P. D., Polwaththa, K. P. G. D. M., Galpaya, G. D. C. P., Priyanjani, H. A. S., Koswattage, K. R., & Senarath, W. T. P. S. K. (2024). Transforming plant tissue culture with nanoparticles: A review of current applications. *Plant Nano Biology*, 10, 100102.
- Wijerathna-Yapa, A., & Hiti-Bandaralage, J. (2023). Tissue culture—A sustainable approach to explore plant stresses. *Life*, 13(3), 780.
- Church, G. M. (2020). Synthetic biology: Toward a future of engineered life. *Science*, 359(6374), 36–39.

- Collins, F. S. (2021). The future of precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 385(2), 97–99.
- Donato, K., et al. (2023). Unleashing the potential of biotechnology for sustainable development. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 27, 100–113.
- Jasanoff, S. (2021). The ethics of human genome editing. *Nature*, 578(7795), 183–185.
- Ou, Y., Yan, L., Liu, X., Shi, J., Yu, H., & Zhang, Y. (2023). Safety risks and ethical governance of biomedical applications of synthetic biology. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 8(4), 663–676.
- Ranjha, M. M. A. N., Shafique, B., Rehman, A., Mehmood, A., Ali, A., Zahra, S. M., Roobab, U., Singh, A., Ibrahim, S. A., & Siddiqui, S. A. (2022). Applications of biotechnology in food and agriculture: A mini-review. *Foods*, 11(1), 85.
- Trump, B. D. (2023). The worsening divergence of biotechnology. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1192229.

Buku Referensi Berjudul: Biologi Integratif: Konsep Dasar, Fisiologi, dan Bioteknologi menyajikan pemahaman menyeluruh tentang ilmu biologi yang menghubungkan berbagai aspek kehidupan, mulai dari struktur dasar makhluk hidup, fungsi fisiologis, hingga penerapan teknologi modern dalam bidang biologi. Pendekatan integratif digunakan untuk membantu pembaca melihat keterkaitan antara sistem biologis secara lebih utuh dan bermakna.

Dengan bahasa yang mudah dipahami, buku ini juga mengulas perkembangan bioteknologi yang berperan penting dalam kesehatan, pertanian, dan lingkungan. Pembahasan disusun secara sistematis sehingga memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana ilmu biologi berkembang dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Buku ini sangat cocok untuk masyarakat umum yang ingin memahami dasar-dasar biologi serta peran pentingnya dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi modern.

