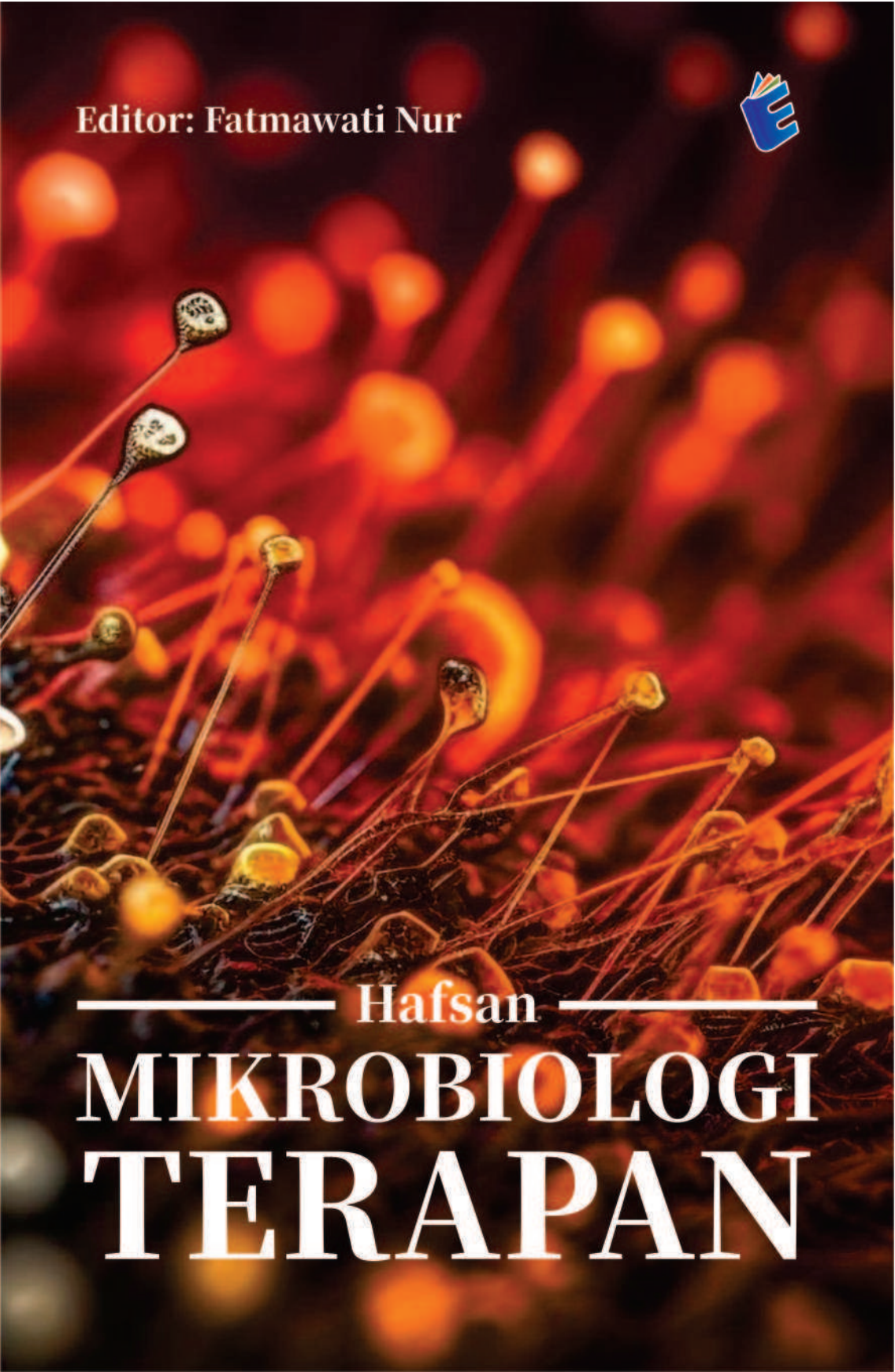
Editor: Fatmawati Nur



Hafsan

# MIKROBIOLOGI TERAPAN

# MIKROBIOLOGI TERAPAN

Mikrobiologi memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam buku ini, penulis berusaha menekankan aplikasi mikrobiologi dalam berbagai bidang yang esensial bagi kehidupan kita. Materi dalam buku ini mencakup "Bioteknologi Mikroorganisme", yang menjelajahi bagaimana mikroorganisme dapat dimanfaatkan dalam teknologi dan inovasi terbaru; "Mikroorganisme dan Pangan", yang membahas peran mikroorganisme dalam industri pangan dan keamanan makanan; "Mikroorganisme dan Kesehatan", yang menyoroti kontribusi mikroorganisme baik sebagai patogen maupun sebagai bagian dari solusi dalam bidang kesehatan; "Mikroorganisme dan Produk Industri", yang menguraikan pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi berbagai produk industri; serta "Mikroorganisme dan Pertanian", yang mendeskripsikan peran mikroorganisme dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan dalam pertanian.Buku ini disusun dengan harapan menjadi panduan yang berharga bagi siapa saja yang ingin mempelajari dan memahami mikrobiologi dari perspektif aplikatif dan integratif. Melalui penyajian materi yang komprehensif dan mudah dipahami, penulis berharap pembaca dapat menemukan inspirasi dan wawasan baru dalam menjelajahi aplikasi mikrobiologi dalam kehidupan sehari-hari.

eureka media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-456-1
9 786231 204561

# MIKROBIOLOGI TERAPAN

**Hafsan**

**PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA**

**MIKROBIOLOGI TERAPAN**

**Penulis** : Hafsan

**Editor** : Fatmawati Nur

**Desain Sampul** : Ardyan Arya Hayuwaskita

**Tata Letak** : Laeli Oktafiana

**ISBN** : 978-623-120-456-1

Diterbitkan Oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MARET 2024**
**ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH**
**NO. 225/JTE/2021**

**Redaksi:**
Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

**All right reserved**

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

# KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur dan kehormatan, saya berkesempatan untuk menulis dan menyusun buku referensi yang bertajuk Mikrobiologi Terapan. Buku ini merupakan hasil dari perjalanan panjang penuh dedikasi dalam mengumpulkan serta merangkum materi yang tidak hanya luas, tetapi juga mendalam dalam bidang mikrobiologi. Tujuan saya adalah untuk memberikan kontribusi yang signifikan kepada dunia pendidikan, khususnya untuk menambah referensi bagi para pembaca yang berkecimpung dalam studi mikrobiologi.

Mikrobiologi memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam buku ini, saya berusaha menekankan aplikasi mikrobiologi dalam berbagai bidang yang esensial bagi kehidupan kita. Materi dalam buku ini mencakup "Bioteknologi Mikroorganisme", yang menjelajahi bagaimana mikroorganisme dapat dimanfaatkan dalam teknologi dan inovasi terbaru; "Mikroorganisme dan Pangan", yang membahas peran mikroorganisme dalam industri pangan dan keamanan makanan; "Mikroorganisme dan Kesehatan", yang menyoroti kontribusi mikroorganisme baik sebagai patogen maupun sebagai bagian dari solusi dalam bidang kesehatan; "Mikroorganisme dan Produk Industri", yang menguraikan pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi berbagai produk industri; serta "Mikroorganisme dan Pertanian", yang mendeskripsikan peran mikroorganisme dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan dalam pertanian.

Buku ini disusun dengan harapan menjadi buku yang berharga bagi siapa saja yang ingin mempelajari dan memahami mikrobiologi dari perspektif aplikatif dan integratif. Melalui penyajian materi yang komprehensif dan mudah dipahami, saya berharap pembaca dapat menemukan inspirasi dan wawasan baru dalam menjelajahi aplikasi mikrobiologi dalam kehidupan sehari-hari.

Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, inspirasi, dan kontribusi dalam penyusunan buku ini. Saya sangat menyadari bahwa penyempurnaan materi dan informasi dalam buku ini tidak lepas dari masukan dan kritik konstruktif dari pembaca. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan *feedback* dari para pembaca untuk penyempurnaan edisi berikutnya.

Semoga buku ini tidak hanya menjadi sumber informasi yang kaya akan pengetahuan, tetapi juga menjadi inspirasi bagi para pembaca untuk menggali lebih dalam dan berkontribusi dalam bidang mikrobiologi. Selamat membaca, dan semoga Anda terinspirasi oleh dunia mikrobiologi yang luar biasa ini.

Hormat saya,

Hafsan

## DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR** ..... **iii**
**DAFTAR ISI** ..... **v**
**BIOTEKNOLOGI BERBASIS MIKROORGANISME** ..... **1**
**BAB 1 BIOTEKNOLOGI BERBASIS MIKROORGANISME** .. **1**
A. Pendahuluan ..... 1
B. Mikroorganisme dan Bioteknologi ..... 6
C. Rekayasa Genetika Mikroba ..... 12
D. Bioproses dan Fermentasi ..... 21
E. Isu Etis dan Regulasi dalam Bioteknologi Mikroba ..... 29
DAFTAR PUSTAKA ..... 42
**BAB 2 MIKROORGANISME DAN KESEHATAN** ..... **45**
A. Pendahuluan ..... 45
B. Patogen dan Penyakit Infeksi ..... 50
C. Epidemiologi Mikroba Patogen ..... 77
DAFTAR PUSTAKA ..... 93
**BAB 3 MIKROORGANISME DAN PANGAN** ..... **95**
A. Pendahuluan ..... 95
B. Mikroorganisme dan Pengolahan Pangan ..... 98
C. Aditif makanan ..... 102
D. Pengawet makanan ..... 106
E. Pembusukan Makanan & Food-Borne Disease ..... 110
F. Nilai-Nilai Keislaman dalam Mikrobiologi Pangan ..... 117
DAFTAR PUSTAKA ..... 121
**BAB 4 MIKROORGANISME DAN PRODUK INDUSTRI** . **123**
A. Pendahuluan ..... 123
B. Antibiotik, Vitamin, dan Asam Amino ..... 125
C. Steroid ..... 142
D. Enzim ..... 149
DAFTAR PUSTAKA ..... 161
**BAB 5 MIKROORGANISME DAN PERTANIAN** ..... **166**
A. Pendahuluan ..... 166
B. Mikroorganisme sebagai Patogen ..... 168
C. Mikroorganisme sebagai Biofertilizer ..... 181

D. Mikroorganisme sebagai Biokontrol ..... 195
E. Integrasi Nilai-nilai Keislaman dalam Pengelolaan Pertanian yang Berkelanjutan ..... 209
DAFTAR PUSTAKA ..... 213
**TENTANG PENULIS ..... 216**

# BAB 1

# BIOTEKNOLOGI BERBASIS MIKROORGANISME

Dalam beberapa dekade terakhir, bioteknologi berbasis mikroorganisme telah menjadi bidang riset yang berkembang pesat dan memiliki dampak yang signifikan di berbagai sektor, termasuk industri, pertanian, dan lingkungan. Penggunaan mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan virus, sebagai alat untuk menghasilkan produk atau layanan telah menjadi dasar dari apa yang dikenal sebagai microbial biotechnology. Melalui kombinasi pemahaman genetika mikroba, rekayasa genetika, dan pengembangan bioproses, ilmu ini membuka peluang baru untuk inovasi yang dapat merubah cara kita memenuhi kebutuhan manusia sekaligus mempertahankan keseimbangan ekosistem.

## A. Pendahuluan

### 1. Pengertian dan Ruang Lingkup Bioteknologi Mikroba

Bioteknologi mikroorganisme adalah cabang dari bioteknologi yang menggunakan mikroorganisme, seperti bakteri, virus, fungi, dan alga, untuk mengembangkan produk dan proses yang bermanfaat bagi manusia dan lingkungan. Ruang lingkupnya mencakup manipulasi genetik mikroorganisme untuk produksi obat-obatan, bahan kimia, bahan bakar, dan makanan, serta aplikasi dalam pengolahan limbah dan bioremediasi. Teknologi ini memanfaatkan proses biologis mikroorganisme pada skala molekuler untuk mencapai tujuan yang spesifik.

## DAFTAR PUSTAKA


Bashan, Y., Salazar, B. G., Moreno, M., Lopez, B. R., & Linderman, R. G. (2012). Restoration of eroded soil in the Sonoran Desert with native leguminous trees using plant growth-promoting microorganisms and limited amounts of compost and water. *Journal of Environmental Management*, 102, 26–36.

Berdy, J. (2005). Bioactive microbial metabolites. *Journal of Antibiotics*, 58(1), 1–26.

Berg, G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84(1), 11–18.

Chen, G. Q. (2009). A microbial polyhydroxyalkanoates (PHA) based bio- and materials industry. *Chemical Society Reviews*, 38(8), 2434–2446.

Das, S., & Dash, H. R. (2017). Microbial Diversity in the Genomic Era. *Microbial Biotechnology*, 10(4), 1233–1236.

Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.

Hassanein, R. (2015). Islam, Science, and the Challenge of History. *Social Epistemology*, 29(1), 1–14.

Jinek, M., et al. (2012). A programmable dual-RNA–guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science, 337(6096), 816–821.

Kuzma, J., & Priest, S. (2010). Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences. *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, 38(3), 511–524.

Logan, B. E., & Rabaey, K. (2012). Conversion of wastes into bioelectricity and chemicals by using microbial electrochemical technologies. *Science*, 337(6095), 686–690.

Macnaghten, P., Kearnes, M. B., & Wynne, B. (2005). Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences. *Science Communication*, 27(2), 268–291.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2018). *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson.

Mata-Alvarez, J., Macé, S., & Llabrés, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, 74(1), 3–16.

Mokhlis, S. (2019). The Sharia, Islamic Bioethics, and Science. *The Monist*, 102(3), 343–362.

Nath, K., & Das, D. (2016). Improvement of hydrogen production under heat stress: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(42), 18892–18903.

Nielsen, J., & Keasling, J. D. (2016). Engineering Cellular Metabolism. *Cell*, 164(6), 1185–1197.

Pandey, A., Soccol, C. R., & Mitchell, D. (2000). New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. *Process Biochemistry*, 35(10), 1153–1161.

Plotkin, S. A., & Mahmoud, A. A. F. (2011). *Vaccines* (6th ed.). Elsevier.

Purnhagen, K., & Kok, E. (2017). EU Court Classifies CRISPR-Cas as GMO—Now What? *Trends in Biotechnology*, 35(4), 231–233.

Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2009.

Singh, A., & Pant, D. (2018). A critical review on production of bioenergy from microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 234–245.

Tamang, J. P., & Fleet, G. H. (2009). Yeasts diversity in fermented foods and beverages. *Food Research International*, 42(3), 526–531.

Tringe, S. G., et al. (2005). Comparative metagenomics of microbial communities. *Science*, 308(5721), 554–557.

Van den Belt, H. (2009). Playing God in Frankenstein's Footsteps: Synthetic Biology and the Meaning of Life. *Nanoethics*, 3(3), 257–268.

# BAB 2

# MIKROORGANISME DAN KESEHATAN

## A. Pendahuluan

### 1. Mikroorganisme yang berperan dalam kesehatan manusia

Pengenalan dan penelitian tentang berbagai jenis mikroorganisme telah memberikan wawasan yang signifikan ke dalam dunia yang tidak terlihat namun sangat mempengaruhi kehidupan manusia. Dari bakteri dan virus hingga fungi dan protozoa, masing-masing memiliki peran unik dalam ekosistem manusia, baik sebagai penyebab penyakit maupun sebagai penjaga kesehatan. Dengan memahami karakteristik dan mekanisme interaksi mereka dengan tubuh manusia, para peneliti dapat mengungkap banyak misteri tentang bagaimana mikroorganisme mempengaruhi kesehatan dan penyakit.

Penelitian tentang mikroorganisme patogen telah menjadi kunci dalam mengembangkan terapi dan vaksin yang menyelamatkan jutaan nyawa. Misalnya, pemahaman tentang mekanisme patogenitas bakteri dan virus telah mengarah pada pengembangan vaksin yang mencegah penyakit-penyakit berbahaya seperti polio, campak, dan hepatitis. Sementara itu, penelitian tentang resistensi antibiotik, sebuah tantangan besar dalam pengobatan modern, membantu dalam pengembangan strategi baru untuk melawan bakteri yang semakin kebal terhadap pengobatan tradisional.

## DAFTAR PUSTAKA


Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2017). *Cellular and Molecular Immunology (9th ed.)*. Elsevier.

Bartram, J., & Cairncross, S. (2010). Hygiene, Sanitation, and Water: Forgotten Foundations of Health. *PLoS Medicine*, 7(11), e1000367.

Belkaid, Y., & Harrison, O. J. (2017). Homeostatic Immunity and the Microbiota. *Immunity*, 46(4), 562–576.

Gostin, L. O., Friedman, E. A., & Wetter, S. A. (2014). Responding to Ebola: The Need for a Global Health Systems Framework. *New England Journal of Medicine*, 371(13), 1185–1187.

Heymann, D. L. (2015). *Control of Communicable Diseases Manual (20th ed.)*. American Public Health Association.

Human Microbiome Project Consortium. (2012). Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*, 486(7402), 207–214.

Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. J. (2001). *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease (5th ed.)*. Garland Science.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2014). *Brock Biology of Microorganisms (14th ed.)*. Pearson.

Morse, S. S. (1995). Factors in the Emergence of Infectious Diseases. *Emerging Infectious Diseases*, 1(1), 7–15.

Murphy, K., Weaver, C., & Janeway, C. (2016). *Janeway's Immunobiology (9th ed.)*. Garland Science.

Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2015). *Medical Microbiology (8th ed.)*. Elsevier.

Park, K. (2013). *Park's Textbook of Preventive and Social Medicine (22nd ed.)*. Banarsidas Bhanot.

Sommer, F., & Bäckhed, F. (2013). The gut microbiota—masters of host development and physiology. *Nature Reviews Microbiology*, 11(4), 227–238.

Wilson, B. A., Salyers, A. A., Whitt, D. D., & Winkler, M. E. (2011). *Bacterial Pathogenesis: A Molecular Approach (3rd ed.).* ASM Press.

# BAB 3

# MIKROORGANISME DAN PANGAN

## A. Pendahuluan

Mikrobiologi Pangan merupakan cabang ilmu mikrobiologi yang fokus pada studi mikroorganisme yang terlibat dalam pengolahan dan keamanan pangan. Dengan pertumbuhan populasi global dan meningkatnya kompleksitas rantai pasok pangan, pemahaman mendalam tentang mikrobiologi pangan menjadi semakin penting. Buku ini akan membahas definisi mikrobiologi pangan, peran mikroorganisme dalam pengolahan makanan, dan urgensi kebersihan serta keamanan pangan dalam konteks mikrobiologi.

### 1. Definisi Mikrobiologi Pangan

Mikrobiologi Pangan adalah cabang ilmu mikrobiologi yang khusus mempelajari mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengolahan makanan, serta dampaknya terhadap keamanan dan kualitas pangan. Mikroorganisme yang termasuk dalam lingkup mikrobiologi pangan melibatkan bakteri, jamur, virus, dan protozoa. Studi ini mencakup analisis mikrobiologis pada berbagai tahap produksi pangan, mulai dari bahan baku hingga produk jadi. Sebagai ilmu multidisipliner, mikrobiologi pangan melibatkan konsep dari mikrobiologi, kimia pangan, dan teknologi pangan.

Mikrobiologi pangan memainkan peran penting dalam memastikan keamanan dan kualitas pangan yang dikonsumsi oleh masyarakat. Pengembangan teknik analisis

## DAFTAR PUSTAKA


Abdelhedi, O., Nasri, R., Mora, L., & Jridi, M. (2018). Halal and kosher meats: a critical review of the scientific and religious standards. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 61-70.

Adams, M. R., & Moss, M. O. (2008). Food Microbiology (3rd ed.). Royal Society of Chemistry.

Badar, R. (2012). Islamic principles for the prohibition of certain foodstuffs in light of modern biotechnology. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 534-539.

Branen, A. L. (Ed.). (2005). Food Additives (2nd ed.). CRC Press.

Davidson, P. M., & Taylor, T. M. (2007). *Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In Antimicrobials in Food* (3rd ed., pp. 1-21). CRC Press.

Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (2013). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers (4th ed.)*. ASM Press.

FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2021). *Food Additives*. Retrieved from https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/food-additives.

Fellows, P. (2009). Food Processing Technology: *Principles and Practice (3rd ed.).* Woodhead Publishing.

Gänzle, M. G. (2015). Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science,* 2, 106-117.

Gould, G. W. (1996). *Preservation: An Overview. In New Methods of Food Preservation* (pp. 1-6). Springer.

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (2011). *Microorganisms in Foods 8: Use of Data for Assessing Process Control and Product Acceptance*. Springer.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology (7th ed.).* Springer.

Mohamed, A. H. A. (2014). Role of fermented foods on gut health. *Food Research International*, 64, 227-235.

Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (1995). *Food Science (5th ed.).* Chapman & Hall.

Rahman, M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation (2nd ed.).* CRC Press.

Riaz, M. N., & Chaudry, M. M. (2004). *Halal Food Production*. CRC Press.

Shah, W. H., & Pasqualone, A. (2019). Quality characteristics and shelf life of halal and non-halal meat and meat products: A review. *Food Research International*, 119, 705-716.

Smith, J. P., & Houck, J. E. (Eds.). (2008). *Food Additives Data Book (2nd ed.).* Wiley-Blackwell.

Todd, E. C. (1997). Epidemiology of Foodborne Diseases: A Worldwide Review. *World Health Statistics Quarterly*, 50(1-2), 30-50.

WHO (World Health Organization). (2020). *Food Safety*. Retrieved from https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/food-safety.

World Health Organization. (2015). *WHO Estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases.* Retrieved from https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/.

Yusuf, T., Nurrulhidayah, A. F., Muhamad, I. I., & Namsiah, S. (2017). A critical review on the modernisation and application of halal slaughter. *Food Research International*, 96, 326-333.

# BAB 4

# MIKROORGANISME DAN PRODUK INDUSTRI

## A. Pendahuluan

Mikroorganisme telah memegang peran yang penting dalam dunia industri, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sebagai organisme kecil yang tidak terlihat oleh mata telanjang, mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus memiliki kemampuan unik dalam memproduksi berbagai senyawa yang berguna dalam berbagai industri. Peran utama mikroorganisme dalam produksi industri meliputi sintesis senyawa yang digunakan dalam farmasi, makanan, minuman, kosmetik, energi, dan berbagai produk lainnya.

Mikroorganisme secara alami mampu memproduksi senyawa-senyawa yang sulit atau bahkan tidak dapat disintesis oleh organisme lain atau sintesis kimia. Salah satu contohnya adalah antibiotik, senyawa yang digunakan untuk mengobati infeksi bakteri. Antibiotik pertama kali ditemukan dari jamur, seperti penisilin yang ditemukan oleh Alexander Fleming dari jamur Penicillium pada tahun 1928. Sejak itu, mikroorganisme telah menjadi sumber utama antibiotik, dengan berbagai jenis senyawa yang dihasilkan untuk mengatasi berbagai penyakit infeksi.

Selain antibiotik, mikroorganisme juga berperan dalam produksi senyawa lain yang penting bagi kesehatan, seperti vitamin dan asam amino. Vitamin dan asam amino merupakan nutrien esensial yang dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk menjaga kesehatan dan keseimbangan fisiologis. Beberapa

## DAFTAR PUSTAKA


Baltz, R. H. (2017). Gifted microbes for genome mining and natural product discovery. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 44(4-5), 573–588.

Becker, W. M., Kleinsmith, L. J., & Hardin, J. (2006). *The World of the Cell*. 6th edition. Benjamin Cummings.

Blair, J. M., Webber, M. A., Baylay, A. J., Ogbolu, D. O., & Piddock, L. J. (2015). Molecular mechanisms of antibiotic resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 13(1), 42–51.

Boukamp, P. (2005). UV-induced skin cancer: similarities--variations. Journal of Dermal Science, 39(1), 1-3.

Brown, E. D., & Wright, G. D. (2016). Antibacterial drug discovery in the resistance era. *Nature*, 529(7586), 336–343.

Butler, M. S., & Cooper, M. A. (2011). Antibiotics in the clinical pipeline in 2011. *Journal of Antibiotics*, 64(5), 413–425.

Davies, J., & Davies, D. (2010). Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. Microbiology and Molecular Biology *Reviews*, 74(3), 417–433.

Davies, M. B., & Popovich, N. G. (2016). *Pharmaceutical applications of cell and tissue culture to drug transport.* In Pharmaceutical Applications of Cell and Tissue Culture to Drug Transport (pp. 187-208). Springer, Cham.

Devlin, T. M. (2010). *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations. 7th edition*. Wiley-Liss.

Donova, M. V., & Egorova, O. V. (2012). Microbial steroid transformations: current state and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(6), 1423-1447.

El-Sabbagh, O. I., Mabrouk, E. M., & Mohamed, A. H. (2015). The role of enzymes in the improvement of wool dyeability. *Journal of Textile Science and Engineering*, 5(1), 1000212.)

Eriksson, K. E., Blanchette, R. A., & Ander, P. (2013). *Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.

Gascón, S., & Neunlist, S. (2014). Steroid hormones: relevance and measurement in the clinical laboratory. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM),* 52(5), 621-631.

Gropper, S. S., Smith, J. L., & Groff, J. L. (2008). *Advanced Nutrition and Human Metabolism (5th ed.*). Wadsworth.

Guengerich, F. P. (2018). *Human Cytochrome P450 Enzymes. In Cytochrome P450 Enzymes in Drug Metabolism: Regulation of Gene Expression, Enzyme Activities, and Impact of Genetic Variation* (pp. 1-44). Springer, Cham.

Gupta, V. K., & Kaloti, M. (2016). *Industrial Enzymes: Structure, Function and Applications.* In Enzymes in Human and Animal Nutrition (pp. 391-420). Springer, Cham.

Hafsan, H. T. A., Natsir, A., & Ahmad, A. (2021). Performance, carcass and internal organs characterizes of broiler chickens with phytase. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 11(2), 52-56.

Hasan, F., & Shah, A. A. (2005). Optimization of the lipase-catalyzed synthesis of methyl ester from palm oil using response surface methodology. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80(10), 1089-1096.

Hopwood, D. A. (2007). *Streptomyces in Nature and Medicine: The Antibiotic Makers*. Oxford University Press.

Horn, D. H. S., & Strohl, W. R. (Eds.). (1991). *CRC Handbook of Microbiology*. CRC Press.

Katsambas, A., & Lotti, T. (Eds.). (2010). *European Handbook of Dermatological Treatment*s. Springer Science & Business Media.

Khosravi, A., & Shahidi, S. (2017). Textile enzyme wash: An overview of enzymatic stone washing of garments. *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, 5(2), 1-5.

Kim, H., Jang, M., & Kim, Y. (2015). *Therapeutic Enzymes: Applications and Approaches to Pharmacological Chaperoning*. In Protein Reviews (pp. 235-259). Springer, Cham.

Kishimoto, Y., Tsuchiya, T., & Emori, Y. (2016). *Development of Enzyme Sensors.* In Enzyme Engineering (pp. 285-300). Springer, Tokyo.

Kudanga, T., & Le Roes-Hill, M. (2014). Lignin-modifying enzymes: Advances, applications and perspectives. *Enzyme Research*, 2014, 1-21.

Lynd, L. R., et al. (2002). Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), 506-577.

Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018). *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson.

Martín, J. F., Liras, P., & Demain, A. L. (2019). *Antibiotics: Current innovations and future trends.* Caister Academic Press.

Nagar, S., & Mittal, A. (2012). *Enzymes in textile processing*. In Handbook of Sustainable Textile Production (pp. 57-84). Woodhead Publishing.Muthuraj, M., & Ganesan, P. (2018). Enzymes in Textile Processing. In Green Energy and Technology (pp. 189-204). Springer, Singapore.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2008). Lehninger Principles of Biochemistry. 5th edition. W. H. Freeman and Company.

Nes, W. D. (2011). Biosynthesis of cholesterol and other sterols. *Chemical Reviews*, 111(10), 6423-6451.

Pandey, A., et al. (2000). Advances in microbial amylases. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 31(2), 135-152.

Pelczar, M. J., Chan, E. C. S., & Krieg, N. R. (2006). *Microbiology*: *Concepts and Applications* (International ed.). McGraw-Hill.

Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. (2005). *Microbiology* (6th ed.). McGraw-Hill.

Puri, M. (2012). *Industrial enzymes for food applications*. In Enzymes in Food Biotechnology (pp. 1-30). Academic Press.

Rastegari, A. A., Khajeh, K., & Aminlari, M. (2019). Industrial applications of enzymes: Recent advances, techniques, and outlooks. *Catalysts*, 9(2), 153.

Rastogi, V., & Mishra, S. (2013). Biotechnological approach in textile industry: A review. *Journal of Biochemical Technology*, 4(4), 590-598.

Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K. L., & Ziegler, T. R. (2014). *Modern Nutrition in Health and Disease (11th ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.

Sharma, R., Chisti, Y., & Banerjee, U. C. (2001). Production, purification, characterization, and applications of lipases. *Biotechnology Advances*, 19(8), 627-662.

Singh, R., & Shukla, P. (2012). *Biotechnological approach for ethanol production from lignocellulosic biomass*. In Bioethanol (pp. 53-74). Springer, Berlin, Heidelberg.

Spellberg, B., Bartlett, J. G., & Gilbert, D. N. (2013). The Future of Antibiotics and Resistance. *New England Journal of Medicine*, 368(4), 299–302.

Thomas, L., Wolf, K., & Goldsmith, L. A. (Eds.). (2012*)*. Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine (Vol. 1). McGraw Hill Professional.

Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2017). *Microbiology: An Introduction (12th ed.).* Pearson.

Wang, Y., & Song, A. (2019). *Overview of Gene Therapy. In Gene Therapy* (pp. 1-29). Springer, Cham.

Whitney, E. N., Rolfes, S. R., Crowe, T., & Cameron-Smith, D. (2016). *Understanding Nutrition: Australian and New Zealand Edition (2nd ed.).* Cengage Learning Australia.

# BAB 5

# MIKROORGANISME DAN PERTANIAN

## A. Pendahuluan

Mikrobiologi telah menjadi subjek yang semakin penting dalam konteks pertanian modern, di mana pemahaman tentang peran mikroorganisme telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan produktivitas tanaman dan keberlanjutan lingkungan. Dalam buku ini, kita akan menjelajahi peran penting mikroorganisme dalam tiga aspek utama pertanian: sebagai patogen, biofertilizer, dan Biokontrol.

Pertama-tama, penting untuk memahami bagaimana mikroorganisme patogen dapat memengaruhi kesehatan tanaman. Mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan fungi memiliki kemampuan untuk menyebabkan penyakit serius pada tanaman, yang dapat mengakibatkan kerugian besar bagi petani. Dalam bab pertama, kita akan mempelajari konsep dasar tentang bagaimana mikroorganisme patogen menyerang tanaman, jenis-jenis patogen yang umumnya menginfeksi tanaman pertanian, serta gejala penyakit yang disebabkan oleh mereka.

Selanjutnya, kita akan menjelajahi peran mikroorganisme sebagai biofertilizer. Dalam siklus nutrisi tanaman, unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium sangat penting untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. Namun, seringkali ketersediaan unsur hara ini terbatas dalam tanah. Di sinilah peran mikroorganisme sebagai biofertilizer menjadi krusial. Dalam bab kedua, kita akan memahami bagaimana

## DAFTAR PUSTAKA


Agrios, G. N. (2005). Plant Pathology (5th ed.). Academic Press.

Bashan, Y., de-Bashan, L. E., & Prabhu, S. R. (2021). Superior polymeric formulations for the slow release of plant growth-promoting bacteria and fungi. Science of the Total Environment, 769, 145016. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145016

Bashan, Y., Kamnev, A. A., & de-Bashan, L. E. (2013). Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. Biology and Fertility of Soils, 49(4), 465–479.

Cook, D. E., Mesarich, C. H., & Thomma, B. P. H. J. (2015). Understanding Plant Immunity as a Surveillance System to Detect Invasion. Annual Review of Phytopathology, 53(1), 541–563. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120114

Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., … Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology, 13(4), 414–430.

Dodds, P. N., & Rathjen, J. P. (2010). Plant immunity: towards an integrated view of plant-pathogen interactions. Nature Reviews Genetics, 11(8), 539–548.

Erb, M., Reymond, P. (2019). Molecular Interactions Between Plants and Insect Herbivores. Annual Review of Plant Biology, 70, 527–557. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100650

Esposito, J. L., & DeLong-Bas, N. J. (2001). Women in Muslim Family Law (2nd ed.). Syracuse University Press.

Foltz, R. C. (2003). Environmentalism in the Muslim World. Nova Science Publishers.

Glare, T. R., & O'Callaghan, M. (2000). Bacillus thuringiensis: Biology, Ecology and Safety. Wiley.

Glare, T., Caradus, J., Gelernter, W., Jackson, T., Keyhani, N., Köhl, J., Stewart, A. (2012). Have Biopesticides Come of Age? Trends in Biotechnology, 30(5), 250–258.

Gwynn, R. L., & Bateman, R. P. (1996). Microbial Insecticides: Novelty or Necessity? Proceedings of the 5th Australasian Conference on Grassland Invertebrate Ecology, University of Queensland, Brisbane.

Hassanein, N. (2008). Fair Trade for All: How Trade Can Promote Development. Oxford University Press.

Hirsch, P. R., Mauchline, T. H., & Clark, I. M. (2010). Culture-independent molecular techniques for soil microbial ecology. Soil Biology and Biochemistry, 42(6), 878–887.

Hull, R. (2014). Plant Virology (5th ed.). Academic Press.

Jones, J. D. G., & Dangl, J. L. (2006). The plant immune system. Nature, 444(7117), 323–329. https://doi.org/10.1038/nature05286

Kuran, T. (2004). Islam and Mammon: The Economic Predicaments of Islamism. Princeton University Press.

Ma, W., & Berkowitz, G. A. (2011). The grateful dead: calcium and cell death in plant innate immunity. Cell Microbiology, 13(2), 183–190. https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2010.01550.x

Majeed, A., Muhammad, Z., & Ahmad, H. (2018). Plant growth-promoting bacteria: Role in soil improvement, abiotic and biotic stress management of crops. Plant Microbiome: Stress Response, 169–200. doi:10.1007/978-3-319-93803-4_9

Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S. V., Machado, M. A., Toth, I., Salmond, G., Foster, G. D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology, 13(6), 614–629.

Marschner, P. (2011). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press.

Mengiste, T. (2012). Plant Immunity to Necrotrophs. Annual Review of Phytopathology, 50(1), 267–294.

Othman, M. (2002). Agriculture in Islam: A Socioeconomic Study. Routledge.

Pautasso, M., Döring, T. F., Garbelotto, M., Pellis, L., & Jeger, M. J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends. European Journal of Plant Pathology, 133(1), 295–313. https://doi.org/10.1007/s10658-012-9936-1

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. Nature Reviews Microbiology, 11(11), 789–799. https://doi.org/10.1038/nrmicro3109

Sharma, A., Johri, B. N., Sharma, A. K., & Glick, B. R. (2016). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. World Scientific.

Siddiqui, M. N. (2010). Islam and Ecology: A Bestowed Trust. Harvard University Press.

Spaepen, S., & Vanderleyden, J. (2011). Auxin and Plant-Microbe Interactions. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 3(4), a001438.

## TENTANG PENULIS

**Prof. Dr. Hafsan, S.Si., M. Pd.** Lahir di Sabah, Malaysia 12 September 1981, merupakan putri ke-6 dari pasangan bersuku Bugis Muh. Sapile (alm.) dan Hasnawiah Naharia. Gelar sarjana dalam bidang Biologi berhasil diselesaikan di Universitas Negeri Makassar pada tahun 2004. Selanjutnya, pendidikan lanjutan pada jenjang Magister dalam bidang Pendidikan Biologi ditempuh di Universitas Negeri Malang dan berhasil diselesaikan pada tahun 2007. Gelar Doktor dalam bidang agrobioteknologi kemudian diraih di Universitas Hasanuddin pada tahun 2018. Saat ini, Hafsan menjabat sebagai Guru Besar dalam bidang Biologi.

Selama kariernya sebagai tenaga pengajar dan peneliti, penulis menekuni bidang mikrobiologi dan berbagai terapannya. Hingga saat ini penulis telah menerbitkan 15 judul buku, baik sebagai bahan ajar, buku teks maupun dalam bentuk monograf. Selain itu, Hafsan juga aktif dalam publikasi jurnal ilmiah dan prosiding sebagai upaya untuk menyebarkan hasil risetnya. Aktivitas ini dimulai sejak melakoni karir sebagai dosen tetap di Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada tahun 2009.