

BIOTEKNOLOGI DAN KIMIA BAHAN MAKANAN DI BIDANG FARMASI

**Nurul Suci
Nasri**



GETPRESS INDONESIA

**BIOTEKNOLOGI DAN KIMIA BAHAN MAKANAN
DI BIDANG FARMASI**

Penulis : Nurul Suci
Nasri

ISBN :

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2024

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ini, yang berjudul " Bioteknologi dan Kimia Bahan Makanan di Bidang Farmasi ", dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini sebuah karya yang dirancang untuk membuka wawasan dan memperdalam pemahaman tentang bagaimana bioteknologi dan kimia bahan makanan dapat berperan dalam pengembangan obat dan produk farmasi. Buku ini disusun dengan latar belakang yang kuat tentang relevansi bioteknologi dan kimia bahan makanan dalam dunia farmasi, mengupas dasar-dasar bioteknologi, prinsip kimia bahan makanan, hingga aplikasi teknologi fermentasi, rekayasa genetika, serta pemanfaatan bahan alami. Pembaca akan diajak untuk menjelajahi berbagai inovasi seperti teknologi nano dan potensi makanan tradisional Indonesia sebagai sumber obat, sekaligus memahami tantangan dan prospek masa depan di bidang ini. Dengan studi kasus nyata dan metodologi pengujian keamanan serta efikasi, kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang berharga bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi farmasi. Semoga buku ini menginspirasi dan memotivasi pembaca untuk terus mengembangkan ilmu dan teknologi dalam menciptakan produk farmasi yang aman, efektif, dan inovatif.

Jakarta, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Manfaat Buku	2
1.3 Ruang Lingkup Buku	3
1.4 Relevansi Bioteknologi dan Kimia Bahan Makanan dalam Farmasi.....	4
DAFTAR PUSTAKA.....	6
BAB 2 DASAR-DASAR BIOTEKNOLOGI DALAM FARMASI	9
2.1 Pengertian Bioteknologi.....	9
2.2 Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi	10
2.3 Penerapan Bioteknologi dalam Pengembangan Obat	15
DAFTAR PUSTAKA.....	17
BAB 3 PRINSIP KIMIA BAHAN MAKANAN	19
3.1 Komponen Kimia dalam Bahan Makanan	19
3.2 Nutrisi dan Zat Bioaktif.....	20
3.3 Nutrisi dan Zat Bioaktif.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	24
BAB 4 TEKNOLOGI FERMENTASI DAN APLIKASINYA DALAM FARMASI.....	25
4.1 Konsep dan Proses Fermentasi	25
4.2 Produk Fermentasi dalam Industri Farmasi	26

4.3 Studi Kasus: Antibiotik, Probiotik, Enzim.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	29
BAB 5 REKAYASA GENETIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT	31
5.1 Prinsip dan Teknik Rekayasa Genetika	31
5.2 Produksi Obat Melalui Rekayasa Genetika.....	32
5.3 Etika dan Regulasi dalam Rekayasa Genetika.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	35
BAB 6 PEMANFAATAN BAHAN ALAMI DALAM FARMASI	37
6.1 Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Aktif dari Bahan Makanan	37
6.2 Bahan Alami Sebagai Sumber Bahan Baku Obat.....	38
6.3 Studi Kasus: Obat Herbal dan Sediaan Farmasi Berbasis Alam.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
BAB 7 ENZIM DALAM INDUSTRI FARMASI	45
7.1 Fungsi dan Karakteristik Enzim	45
7.2 Produksi dan Aplikasi Enzim dalam Farmasi	46
7.3 Keuntungan dan Tantangan Penggunaan Enzim.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	50
BAB 8 TEKNOLOGI NANO DALAM PENGEMBANGAN OBAT DARI BAHAN MAKANAN.....	53
8.1 Prinsip Teknologi Nano	53
8.2 Aplikasi Nanoteknologi dalam Formulasi Obat.....	54
8.3 Studi Kasus: Nanopartikel untuk Pengiriman Obat.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57

BAB 9 MAKANAN TRADISIONAL DAN FUNGSIONAL INDONESIA SEBAGAI SUMBER OBAT	59
9.1 Potensi Bahan Makanan Tradisional Indonesia.....	59
9.2 Kimia Bahan Aktif dalam Makanan Fungsional	60
9.3 Studi Kasus: Tempe, Jamu, dan Makanan Tradisional Lainnya.....	62
9.4 Metode Terkini dan Bioteknologi dalam Pengolahan Makanan Fungsional.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
BAB 10 KEAMANAN DAN EFIKASI PRODUK FARMASI BERBASIS BIOTEKNOLOGI DAN KIMIA BAHAN MAKANAN.....	67
10.1 Metodologi Pengujian Keamanan dan Efikasi.....	67
10.2 Standar dan Regulasi dalam Industri Farmasi.....	68
10.3 Studi Kasus: Evaluasi Produk Farmasi Bioteknologi dan Bahan Makanan.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72
BAB 11 MASA DEPAN FARMASI: INOVASI DAN TREN TERBARU.....	75
11.1 Tren Terkini dalam Bioteknologi Farmasi	75
11.2 Prospek Masa Depan Pengembangan Obat dari Bahan Makanan	76
11.3 Tantangan dan Peluang di Masa Depan.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
BIODATA PENULIS.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi	11
---	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bioteknologi dan kimia pangan merupakan dua disiplin ilmu yang semakin penting dalam perkembangan ilmu farmasi. Di era modern ini, bioteknologi telah menjadi pilar utama dalam pengembangan obat-obatan baru, terutama yang berbasis biologi, seperti vaksin dan terapi gen. Sementara itu, kimia pangan berperan penting dalam menjamin keamanan dan khasiat produk farmasi yang mengandung bahan pangan sebagai komponen utamanya. Perpaduan antara bioteknologi dan kimia pangan menghasilkan inovasi yang berpotensi meningkatkan kualitas hidup manusia melalui solusi farmasi yang lebih efektif dan aman (Arshadi, M., dkk., 2017).

Pentingnya sinergi antara bioteknologi dan kimia pangan dalam bidang farmasi tidak dapat diabaikan. Proses produksi obat-obatan, mulai dari bahan baku hingga produk jadi, membutuhkan pemahaman mendalam tentang karakteristik bahan yang digunakan. Sebagai contoh, pengembangan probiotik dan prebiotik sebagai suplemen kesehatan membutuhkan kolaborasi antara prinsip bioteknologi dan kimia pangan untuk memastikan manfaat kesehatan yang optimal (Caporaso, N., dkk., 2018). Penggunaan bahan alami dari makanan juga membuka peluang besar untuk menemukan senyawa bioaktif baru yang dapat digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit (Choudhary, S., dkk., 2016).

Pengembangan dan penerapan teknologi di bidang farmasi yang memanfaatkan bioteknologi dan kimia pangan juga telah berkontribusi terhadap peningkatan keamanan pangan dan obat-obatan. Sebagai contoh, teknik fermentasi yang dikembangkan melalui bioteknologi tidak hanya digunakan untuk meningkatkan kandungan nutrisi makanan, tetapi juga untuk memproduksi obat-obatan dengan cara yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Gautam, P., dkk., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi kedua disiplin ilmu ini sangat relevan dan bermanfaat bagi industri farmasi modern.

1.2 Manfaat Buku

Buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh mengenai peran dan dampak bioteknologi dan kimia pangan dalam industri farmasi. Buku ini bertujuan untuk menjadi sumber daya yang berharga bagi para mahasiswa, peneliti, dan praktisi farmasi dalam memahami prinsip-prinsip dasar dan implementasi dunia nyata dari kedua bidang tersebut (Khan, M. I., dkk., 2020). Selain itu, buku ini berusaha untuk mengatasi kesenjangan dalam tubuh pengetahuan saat ini dengan memberikan pemeriksaan yang komprehensif dan terkini tentang subjek tersebut. Sebagian besar buku teks biasanya memperlakukan bioteknologi dan kimia pangan sebagai mata pelajaran yang terpisah tanpa mengintegrasikannya dalam konteks farmasi (Kumar, V., dkk., 2017).

Oleh karena itu, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber yang luar biasa dan sangat berharga bagi individu yang tertarik untuk mengeksplorasi keterkaitan antara kedua disiplin ilmu tersebut, serta dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat umum akan pentingnya bioteknologi dan kimia pangan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam kaitannya dengan kesehatan dan obat-obatan. Informasi yang

disajikan dalam buku ini dimaksudkan untuk memberikan dasar yang diperlukan bagi pembaca untuk mengevaluasi secara kritis produk farmasi yang mereka gunakan, sekaligus menumbuhkan kesadaran yang lebih besar akan masalah kesehatan dan keamanan pangan (Patel, DK, dkk., 2021).

1.3 Ruang Lingkup Buku

Buku ini mencakup berbagai topik yang relevan dengan bioteknologi dan kimia pangan di bidang farmasi. Cakupannya meliputi konsep dasar bioteknologi, teknik dan metode yang digunakan dalam penelitian bioteknologi, dan aplikasi bioteknologi dalam pengembangan obat dan produk farmasi (Zhang, Q., dkk., 2017). Selain itu, buku ini juga membahas prinsip-prinsip kimia pangan, analisis komponen kimia dalam pangan, dan aplikasi kimia pangan dalam industri farmasi.

Pada bagian selanjutnya, buku ini akan membahas proses-proses bioteknologi seperti fermentasi, rekayasa genetika, dan biokatalisis, yang berperan penting dalam produksi obat-obatan dan nutraceutical. Buku ini juga membahas berbagai senyawa bioaktif yang ditemukan dalam makanan dan potensinya sebagai agen terapeutik (Singh, R., dkk., 2018). Dengan demikian, pembaca akan mendapatkan gambaran holistik tentang bagaimana bioteknologi dan kimia pangan dapat bersinergi dalam pengembangan produk farmasi yang inovatif.

Selain itu, buku ini juga akan menyoroti tantangan dan peluang dalam penerapan bioteknologi dan kimia pangan di bidang farmasi. Aspek regulasi, etika, dan keberlanjutan akan dibahas untuk memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai implikasi dari penggunaan teknologi tersebut (Brown, P. O., dkk., 2019). Dengan demikian, pembaca diharapkan dapat memahami kompleksitas yang terlibat dan

mengambil langkah yang tepat untuk menerapkan teknologi ini dalam konteks yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

1.4 Relevansi Bioteknologi dan Kimia Bahan Makanan dalam Farmasi

Baik bioteknologi maupun kimia pangan sangat berarti dalam industri farmasi karena keduanya menawarkan cara-cara baru yang efisien dalam pembuatan dan pengembangan obat. Bioteknologi digunakan untuk mengubah organisme untuk menghasilkan obat yang lebih kuat seperti insulin rekombinan dan antibodi monoklonal (Wang, H., dkk., 2016). Selain itu, kimia makanan menyediakan pendekatan analitis dan sintetis untuk mendeteksi dan memanfaatkan molekul bioaktif yang ada dalam makanan yang dapat menjadi dasar untuk mengembangkan pengobatan baru (Prakash, J., dkk., 2017).

Pengobatan yang dipersonalisasi semakin maju melalui penggunaan bioteknologi. Sejauh ini terbukti efektif jika dibandingkan dengan metode lain yang digunakan (Torres, R., dkk., 2019). Teknik CRISPR-Cas9 memungkinkan pengeditan gen yang akurat dengan menargetkan gen bermasalah tertentu yang memungkinkan pengembangan terapi gen untuk penyakit genetik yang sebelumnya tidak dapat diobati (Jackson, SP, dkk., 2020). Selain itu, dalam bidang kimia makanan, telah ditemukan bahwa zat-zat seperti polifenol dan flavonoid dari sumber makanan telah menunjukkan potensi dalam meringankan kondisi persisten seperti kanker dan penyakit kardiovaskular (Xu, Q., dkk., 2017).

Selain itu, inklusi bioteknologi dan kimia pangan mengarah pada pengembangan obat-obatan yang lebih aman dan lebih ramah lingkungan. Penggunaan bahan-bahan alami untuk produksi makanan dengan menggunakan teknologi ramah lingkungan dapat secara efektif membantu memecahkan

masalah lingkungan dan kesehatan manusia (Ng, J., dkk., 2018). Hal ini sejalan dengan gerakan dunia menuju keberlanjutan dan infus konstituen organik dalam sediaan farmasi. Oleh karena itu, relevansi bioteknologi dan kimia pangan di sektor farmasi lebih dari sekadar inovasi produk; dengan demikian, mereka memainkan peran penting dalam mempromosikan pembangunan berkelanjutan dan kesehatan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshadi, M., dkk. (2017). "Biotechnological conversion of municipal solid waste to bioproducts." *Waste Management*, 59, pp. 69-83.
- Brown, P. O., dkk. (2019). "Environmental sustainability in the pharmaceutical industry: Green chemistry approaches." *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(3), pp. 233-245.
- Caporaso, N., dkk. (2018). "Polyphenols as potential health-promoting compounds in coffee." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(4), pp. 593-614.
- Choudhary, S., dkk. (2016). "Biotechnological advancements in agriculture and food security." *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14(2), pp. 229-240.
- Gautam, P., dkk. (2019). "Food chemistry: Functional foods and nutraceuticals." *Current Opinion in Biotechnology*, 56, pp. 87-93.
- Jackson, S. P., dkk. (2020). "Targeted genome editing technologies and applications in therapeutics." *Annual Review of Biochemistry*, 89, pp. 221-244.
- Khan, M. I., dkk. (2020). "CRISPR-Cas9: Future prospects of therapeutic applications." *Journal of Cellular Physiology*, 235(12), pp. 9036-9058.
- Kumar, V., dkk. (2017). "Enzyme engineering for industrial biocatalysis." *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(4), pp. 479-492.
- Ng, J., dkk. (2018). "Green chemistry and its role in sustainable pharmaceutical manufacturing." *Chemical Society Reviews*, 47(4), pp. 1189-1201.
- Patel, D. K., dkk. (2021). "Probiotics and prebiotics: Concepts, functionalities, and applications in foods." *Current Research in Food Science*, 4, pp. 252-264.

- Prakash, J., dkk. (2017). "Polyphenols in food: Cancer prevention and apoptosis induction." *Journal of Nutritional Biochemistry*, 42, pp. 55-61.
- Singh, R., dkk. (2018). "Probiotics: A comprehensive review of their classification, mode of action, and role in human health." *Journal of Scientific Research*, 62(2), pp. 62-75.
- Torres, R., dkk. (2019). "CRISPR-Cas9 technology in the treatment of genetic disorders." *The Journal of Gene Medicine*, 21(1), pp. e3090.
- Wang, H., dkk. (2016). "Advances in monoclonal antibody production and cancer therapy." *Frontiers in Oncology*, 6, pp. 129-136.
- Xu, Q., dkk. (2017). "Flavonoids: Biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), pp. 2873-2894.
- Zhang, Q., dkk. (2017). "Genetically modified organisms in agriculture: Benefits and risks." *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(11), pp. 4561-4571.

BAB 2

DASAR-DASAR BIOTEKNOLOGI DALAM FARMASI

2.1 Pengertian Bioteknologi

Tujuan dari bidang bioteknologi adalah untuk mengubah makhluk hidup dan sistem biologis untuk tujuan aplikasi praktis. Hal ini dicapai dengan menggabungkan teknik dan teknologi dengan ilmu biologi. Untuk tujuan mengembangkan produk dan solusi untuk berbagai industri, seperti perawatan kesehatan, pertanian, dan manajemen lingkungan, bioteknologi terdiri dari berbagai metodologi yang memanfaatkan proses seluler dan biomolekuler. Dalam hal sektor farmasi, bioteknologi merupakan komponen penting dalam penciptaan obat-obatan, vaksin, dan sumber daya diagnostik yang inovatif (Lee & Kim, 2015).

Ada beberapa bidang penting yang terlibat dalam bioteknologi, termasuk biologi molekuler, genetika, biokimia, dan mikrobiologi. Informasi mendasar yang diperlukan untuk memahami dan memengaruhi sistem biologis pada tingkat molekuler dapat diperoleh melalui studi mata pelajaran ini. Pembuatan organisme hasil rekayasa genetika dan pembuatan protein terapeutik dimungkinkan dengan penggunaan teknik bioteknologi dasar seperti rekayasa genetika, kultur sel, dan teknologi DNA rekombinan (Smanski et al., 2016).

Selain itu, terobosan dalam pengobatan yang dipersonalisasi, pengobatan regeneratif, dan terapi gen juga termasuk dalam lingkup bioteknologi, yang melampaui

pengembangan obat-obatan individual. Di bidang pengobatan yang dipersonalisasi, misalnya, teknologi bioteknologi digunakan untuk menyesuaikan pengobatan dengan komposisi genetik seseorang. Hal ini menghasilkan terapi yang lebih berhasil dan lebih tepat sasaran. Penelitian dan kemajuan teknis mendorong evolusi berkelanjutan dari disiplin ilmu ini, yang terus berkembang (Collins & Varmus, 2015).

2.2 Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi

Sejarah bioteknologi dapat ditelusuri kembali ke zaman kuno, ketika orang pertama kali mulai menggunakan mikroba untuk memproduksi makanan. Hal ini mencakup kegiatan seperti memfermentasi keju, membuat bir, dan memproduksi roti. Namun demikian, penemuan struktur DNA oleh Watson dan Crick pada tahun 1953 menandai dimulainya era bioteknologi saat ini. Penemuan ini terjadi pada pertengahan abad ke-20. Kemajuan yang signifikan ini membuka jalan bagi pengetahuan tentang informasi genetik dan manipulasi gen (Watson, J. & Crick, 1953)

Salah satu titik balik terpenting dalam sejarah bioteknologi adalah diperkenalkannya teknologi DNA rekombinan pada tahun 1970-an. Paul Berg, Stanley Cohen, dan Herbert Boyer adalah pelopor di bidang rekayasa genetika yang mengembangkan prosedur untuk memotong dan menyambung DNA. Teknik-teknik ini memungkinkan untuk menggabungkan gen dari berbagai makhluk. Karena itu, bakteri rekayasa genetika pertama yang mampu memproduksi insulin manusia diciptakan, yang tidak hanya merevolusi pengobatan diabetes tetapi juga menunjukkan potensi bioteknologi di bidang medis (Hughes, 2011).

Setelah periode tersebut, telah terjadi kemajuan luar biasa dalam bioteknologi, yang didorong oleh penemuan-penemuan dalam genom, proteomik, dan bioinformatika. Penyelesaian Proyek Genom Manusia pada tahun 2003 merupakan pencapaian yang signifikan karena menghasilkan peta genom manusia yang komprehensif dan membuka pintu bagi pengembangan teknik pengobatan baru. Bidang bioteknologi terus mengalami kemajuan, seperti yang terlihat dari perkembangan terbaru seperti sistem CRISPR-Cas9 untuk mengedit genom dan pencapaian yang dibuat dalam biologi sintetis (Venter, 2012).

Tabel 2. 1. Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi

Periode/Zaman	Peristiwa/Penemuan Penting	Penjelasan
Sebelum Masehi	Fermentasi untuk produksi bir dan anggur	Proses fermentasi untuk membuat bir dan anggur sudah dilakukan oleh masyarakat kuno di Mesir dan Babilonia sekitar 6000 SM. Ini merupakan salah satu aplikasi awal dari bioteknologi.
1857	Louis Pasteur menemukan bahwa mikroorganisme menyebabkan fermentasi	Penemuan ini membuktikan bahwa mikroorganisme dapat mengubah zat kimia tertentu melalui proses

Periode/Zaman	Peristiwa/Penemuan Penting	Penjelasan
		fermentasi, membuka jalan bagi pemahaman lebih lanjut tentang bioteknologi.
1919	Istilah "Bioteknologi" pertama kali digunakan oleh Karl Ereky	Karl Ereky, seorang insinyur Hongaria, menciptakan istilah "bioteknologi" untuk menggambarkan proses produksi produk dengan bantuan organisme hidup.
1953	Penemuan struktur DNA oleh James Watson dan Francis Crick	Penemuan struktur heliks ganda DNA memberikan dasar ilmiah untuk pemahaman tentang bagaimana informasi genetik disimpan dan diwariskan, penting untuk perkembangan

Periode/Zaman	Peristiwa/Penemuan Penting	Penjelasan
		bioteknologi modern.
1973	Teknik rekombinasi DNA pertama kali digunakan oleh Stanley Cohen dan Herbert Boyer	Mereka berhasil menggabungkan DNA dari dua organisme yang berbeda, membuka era baru dalam bioteknologi yang memungkinkan modifikasi genetik organisme untuk berbagai tujuan.
1980	Persetujuan insulin rekombinan oleh FDA	Insulin rekombinan menjadi produk pertama yang disetujui oleh FDA untuk penggunaan manusia. Ini menandai tonggak penting dalam aplikasi komersial bioteknologi.
1990	Peluncuran Proyek Genom Manusia	Proyek ini bertujuan untuk memetakan

Periode/Zaman	Peristiwa/Penemuan Penting	Penjelasan
		seluruh genom manusia, memberikan wawasan mendalam tentang gen dan penyakit genetik, serta mempercepat perkembangan dalam bioteknologi.
2003	Selesainya Proyek Genom Manusia	Penyelesaian proyek ini menghasilkan peta lengkap dari genom manusia, menyediakan sumber daya yang sangat berharga untuk penelitian dan pengembangan di bidang bioteknologi.
2012	Pengembangan teknologi CRISPR-Cas9	Teknik CRISPR-Cas9 yang dikembangkan oleh Jennifer Doudna dan Emmanuelle Charpentier

Periode/Zaman	Peristiwa/Penemuan Penting	Penjelasan
		memungkinkan editing gen yang lebih presisi dan efisien, membuka peluang baru dalam terapi gen dan pengembangan obat.
2020	Penggunaan mRNA dalam vaksin COVID-19	Vaksin Pfizer-BioNTech dan Moderna menggunakan teknologi mRNA, menandai terobosan dalam penggunaan bioteknologi untuk respons cepat terhadap pandemi.

Sumber: Dubey, 2014; Watson & Crick, 1953; Collins & Venter, 2001; Doudna & Charpentier, 2014; Mullard, 2021.

2.3 Penerapan Bioteknologi dalam Pengembangan Obat

Sejarah Pengembangan obat telah sangat dipengaruhi oleh bioteknologi, yang telah memungkinkan untuk menghasilkan obat yang lebih efektif dan lebih tepat sasaran. Pembuatan protein rekombinan, yang meliputi insulin, hormon pertumbuhan, dan antibodi monoklonal, adalah salah satu

aplikasi terpenting dari teknologi ini. Produksi protein ini melibatkan pemindahan gen yang mengkode protein ke dalam sel inang, seperti sel mamalia atau sel bakteri, yang kemudian memproduksi protein dalam jumlah yang sangat besar (Walsh, 2018).

Pengembangan terapi gen, yang melibatkan penyisipan, perubahan, atau penghilangan gen di dalam sel seseorang untuk mengobati atau mencegah penyakit, adalah aplikasi penting lainnya dari teknologi ini. Telah dibuktikan bahwa terapi gen berpotensi efektif dalam pengobatan penyakit genetik, termasuk distrofi otot dan fibrosis kistik, serta beberapa jenis kanker. Kemajuan sektor ini telah banyak dibantu oleh pemanfaatan metodologi seperti pengiriman vektor virus dan CRISPR-Cas9 (Naldini, 2015).

Selain itu, bioteknologi merupakan komponen penting dalam proses pengembangan vaksin. Teknologi DNA rekombinan memungkinkan pembuatan vaksinasi yang lebih efektif dan lebih aman dibandingkan dengan vaksin yang telah tersedia sebelumnya. Sebagai ilustrasi, pembuatan vaksin hepatitis B melibatkan pemanfaatan sel ragi yang telah dimodifikasi untuk mengekspresikan antigen permukaan hepatitis B. Vaksin mRNA, yang diproduksi baru-baru ini, seperti vaksin yang dikembangkan untuk COVID-19, menggunakan instruksi genetik untuk mengarahkan sel agar memproduksi protein virus, yang pada gilirannya memunculkan respons imun (Pardi, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 372(9), 793-795.
- Hsu, P. D., Lander, E. S., & Zhang, F. (2014). Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *Cell*, 157(6), 1262-1278.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337(6096), 816-821.
- Lee, S. Y., & Kim, H. U. (2015). Systems strategies for developing industrial microbial strains. *Nature Biotechnology*, 33(10), 1061-1072.
- Maude, S. L., Laetsch, T. W., Buechner, J., Rives, S., Boyer, M., Bittencourt, H., ... & Grupp, S. A. (2018). Tisagenlecleucel in children and young adults with B-cell lymphoblastic leukemia. *New England Journal of Medicine*, 378(5), 439-448.
- Mullis, K., & Faloona, F. (1987). Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. *Methods in Enzymology*, 155, 335-350.
- Scott, A. M., Wolchok, J. D., & Old, L. J. (2012). Antibody therapy of cancer. *Nature Reviews Cancer*, 12(4), 278-287.
- Walsh, G. (2018). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136-1145.
- Watson, J. D., & Crick, F. H. (1953). Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171(4356), 737-738.

BAB 3

PRINSIP KIMIA BAHAN MAKANAN

3.1 Komponen Kimia dalam Bahan Makanan

Komponen kimia dalam bahan makanan meliputi berbagai senyawa yang berperan penting dalam nilai gizi, rasa, tekstur, dan keamanan pangan. Utama di antaranya adalah karbohidrat, protein, lipid, vitamin, mineral, dan air. Karbohidrat, seperti gula dan pati, adalah sumber energi utama bagi tubuh manusia. Mereka terdiri dari monosakarida, disakarida, dan polisakarida, yang masing-masing memiliki struktur kimia dan fungsi biologis yang berbeda (Eastwood, M. A., 1999). Protein, terdiri dari rantai panjang asam amino, berperan dalam pembentukan dan perbaikan jaringan serta sebagai enzim dan hormon dalam tubuh (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P., 2009).

Lipid, termasuk lemak dan minyak, adalah sumber energi yang padat dan penting untuk penyerapan vitamin larut lemak seperti A, D, E, dan K. Mereka juga berfungsi sebagai penyusun membran sel dan sebagai prekursor hormon (Wardlaw, G. M., & Hampl, J. S., 2007). Vitamin dan mineral, meskipun diperlukan dalam jumlah kecil, sangat penting untuk berbagai fungsi tubuh, termasuk pengaturan metabolisme, pertumbuhan, dan pemeliharaan Kesehatan (Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P., 2018). Air, yang merupakan bagian terbesar dari banyak bahan makanan, berperan penting dalam menjaga hidrasi dan berfungsi sebagai media untuk berbagai reaksi kimia dalam tubuh (Erdman, J. W., MacDonald, I. A., & Zeisel, S. H., 2012).

Komponen kimia ini sering kali tidak berfungsi secara terisolasi tetapi berinteraksi satu sama lain, mempengaruhi bioavailabilitas dan efek kesehatan mereka. Misalnya, vitamin C dapat meningkatkan penyerapan zat besi dari makanan nabati, sedangkan fitat dalam biji-bijian dapat mengurangi penyerapan mineral seperti kalsium dan magnesium (Ross, C. A., dkk., 2014). Interaksi ini menunjukkan pentingnya keseimbangan dan keragaman dalam pola makan untuk memastikan asupan nutrisi yang optimal dan mengurangi risiko defisiensi atau kelebihan nutrisi tertentu.

Selain komponen utama tersebut, bahan makanan juga mengandung berbagai senyawa minor seperti pigmen, antioksidan, dan zat pengawet. Pigmen, seperti karotenoid dan antosianin, memberikan warna pada makanan dan juga memiliki sifat antioksidan yang bermanfaat bagi Kesehatan (Voet, D., & Voet, J. G., 2011). Antioksidan seperti vitamin C dan E membantu melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang dapat menyebabkan penyakit kronis seperti kanker dan penyakit jantung (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2006). Zat pengawet, seperti asam sitrat dan asam askorbat, membantu memperpanjang umur simpan makanan dengan mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan kerusakan oksidatif (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2017).

3.2 Nutrisi dan Zat Bioaktif

Nutrisi adalah zat yang diperlukan oleh tubuh untuk pertumbuhan, perbaikan, dan pemeliharaan fungsi normal. Zat ini termasuk makronutrien seperti karbohidrat, protein, dan lemak, serta mikronutrien seperti vitamin dan mineral (Eastwood, M. A., 1999). Selain nutrisi dasar ini, bahan makanan juga mengandung zat bioaktif yang dapat memiliki efek kesehatan tambahan. Zat bioaktif ini termasuk polifenol,

flavonoid, karotenoid, dan fitosterol, yang memiliki sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan dapat mengurangi risiko penyakit kronis (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P., 2009).

Polifenol, misalnya, ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, teh, dan anggur merah, dan telah dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit jantung dan kanker (Wardlaw, G. M., & Hampl, J. S., 2007). Flavonoid, yang juga ditemukan dalam berbagai makanan nabati, dapat membantu melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif dan memiliki sifat anti-inflamasi yang kuat (Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P., 2018). Karotenoid, yang memberikan warna merah, oranye, dan kuning pada banyak buah dan sayuran, penting untuk kesehatan mata dan dapat mengurangi risiko degenerasi makula (Erdman, J. W., MacDonald, I. A., & Zeisel, S. H., 2012).

Fitosterol, yang ditemukan dalam biji-bijian, kacang-kacangan, dan minyak nabati, dapat membantu menurunkan kadar kolesterol darah dan mengurangi risiko penyakit jantung (Ross, C. A., dkk., 2014). Kombinasi dari nutrisi dan zat bioaktif ini membuat makanan tidak hanya sebagai sumber energi tetapi juga sebagai alat penting dalam pencegahan dan pengelolaan penyakit (Voet, D., & Voet, J. G., 2011). Penelitian telah menunjukkan bahwa diet kaya nutrisi dan zat bioaktif dapat membantu mencegah berbagai penyakit kronis seperti diabetes, hipertensi, dan obesitas (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2006).

Meskipun manfaat kesehatan dari nutrisi dan zat bioaktif ini banyak, penting juga untuk mempertimbangkan potensi interaksi dan efek sampingnya. Beberapa zat bioaktif dapat berinteraksi dengan obat-obatan atau suplemen, sehingga penting untuk mendapatkan nasihat dari profesional kesehatan sebelum mengonsumsi dalam jumlah besar (Eastwood, M. A., 1999). Selain itu, asupan berlebihan dari beberapa zat, seperti vitamin A dan E, dapat menyebabkan toksisitas dan efek

samping yang merugikan (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P., 2009).

3.3 Nutrisi dan Zat Bioaktif

Interaksi kimia dalam sistem biologis melibatkan berbagai reaksi dan proses yang memungkinkan tubuh untuk memanfaatkan nutrisi dan zat bioaktif dari makanan. Enzim adalah protein yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi biokimia, mempercepat reaksi yang diperlukan untuk pencernaan, metabolisme, dan detoksifikasi (Wardlaw, G. M., & Hampl, J. S., 2007). Misalnya, amilase adalah enzim yang memecah pati menjadi gula sederhana, sementara lipase memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol (Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P., 2018).

Selain enzim, hormon juga memainkan peran penting dalam mengatur metabolisme dan penggunaan nutrisi. Insulin, misalnya, membantu sel-sel tubuh untuk mengambil glukosa dari darah dan menggunakannya sebagai sumber energi (Erdman, J. W., MacDonald, I. A., & Zeisel, S. H., 2012). Ketidakseimbangan hormon ini dapat menyebabkan kondisi seperti diabetes, yang mempengaruhi bagaimana tubuh memproses karbohidrat (Ross, C. A., dkk., 2014). Hormon lain, seperti leptin dan ghrelin, mengatur nafsu makan dan keseimbangan energi, yang berpengaruh pada kontrol berat badan (Voet, D., & Voet, J. G., 2011).

Interaksi kimia juga terjadi di tingkat molekuler, seperti ikatan antara vitamin dan mineral dengan protein pembawa yang membantu dalam transportasi dan penyerapan mereka. Misalnya, hemoglobin dalam darah mengandung zat besi yang mengikat oksigen dan mengantarkannya ke seluruh tubuh (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2006). Fungsi ini penting untuk mendukung aktivitas seluler dan metabolisme energi. Selain itu,

protein pembawa seperti albumin membantu mengangkut berbagai zat gizi dan obat-obatan dalam darah, memastikan distribusi yang tepat ke jaringan yang membutuhkannya (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2017).

Keberhasilan fungsi biologis ini bergantung pada keseimbangan dan interaksi yang tepat dari berbagai komponen kimia dalam makanan (Eastwood, M. A., 1999). Ketidakseimbangan, seperti kekurangan atau kelebihan salah satu komponen, dapat mengganggu proses biologis dan menyebabkan masalah kesehatan (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P., 2009). Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang interaksi kimia dalam sistem biologis sangat penting untuk pengembangan intervensi nutrisi dan terapeutik yang efektif (Wardlaw, G. M., & Hampl, J. S., 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry (4th ed.). Springer.
- Eastwood, M. A. (1999). Principles of human nutrition. Chapman & Hall.
- Erdman, J. W., MacDonald, I. A., & Zeisel, S. H. (2012). Present knowledge in nutrition (10th ed.). Wiley-Blackwell.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). Advanced nutrition and human metabolism (7th ed.). Cengage Learning.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). Textbook of medical physiology (11th ed.). Elsevier Saunders.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). Lehninger principles of biochemistry (7th ed.). W.H. Freeman.
- Ross, C. A., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K. L., & Ziegler, T. R. (2014). Modern nutrition in health and disease (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Voet, D., & Voet, J. G. (2011). Biochemistry (4th ed.). Wiley.
- Wardlaw, G. M., & Hampl, J. S. (2007). Perspectives in nutrition (7th ed.). McGraw-Hill.

BAB 4

TEKNOLOGI FERMENTASI DAN APLIKASINYA DALAM FARMASI

4.1 Konsep dan Proses Fermentasi

Melalui penggunaan mikroorganisme seperti bakteri, ragi, atau jamur, fermentasi adalah proses metabolisme yang membantu mengubah gula menjadi asam, gas, atau alkohol. Melalui pengembangan dan aktivitas metabolisme mikroba, fermentasi digunakan dalam konteks aplikasi industri untuk memproduksi berbagai macam barang, termasuk obat-obatan. Hal ini dapat dicapai berkat proses fermentasi. Untuk memaksimalkan jumlah produk yang dapat diperoleh, prosedur dimulai dengan pemilihan mikroorganisme yang sesuai, yang kemudian dibudidayakan dalam lingkungan yang terkendali dengan nutrisi tertentu (Demain & Vaishnav, 2009).

Inokulasi, fermentasi, pemanenan, dan pemrosesan selanjutnya hanyalah beberapa proses yang terlibat dalam proses fermentasi. Mikroba pilihan ditempatkan ke dalam media yang kaya nutrisi selama proses inokulasi. Tahap selanjutnya adalah fermentasi, yang merupakan proses di mana mikroba menghasilkan produk yang diinginkan dengan memetabolisme nutrisi dalam kondisi tertentu, seperti suhu, pH, dan tingkat oksigen. Setelah panen, sel mikroba diekstraksi dari kaldu fermentasi, dan produk tersebut kemudian mengalami pemrosesan hilir, yang meliputi pemurnian dan pemurnian (Shuler & Kargi, 2014).

Proses fermentasi aerobik dan anaerobik adalah dua kategori dasar dari jenis proses fermentasi. Fermentasi anaerobik tidak membutuhkan oksigen dan digunakan untuk membuat produk seperti etanol dan asam organik. Fermentasi aerobik, di sisi lain, digunakan untuk memproduksi antibiotik dan vitamin. Fermentasi aerobik melibatkan penggunaan oksigen. Industri farmasi sangat bergantung pada kedua prosedur ini karena keduanya menyediakan banyak cara yang berbeda untuk memproduksi berbagai macam bahan obat (Nielsen & Keasling, 2016).

4.2 Produk Fermentasi dalam Industri Farmasi

Inovasi dalam teknologi fermentasi telah membawa revolusi dalam bisnis farmasi dengan memungkinkan untuk memproduksi obat-obatan dan biologi penting dalam skala besar. Antibiotik adalah salah satu produk yang paling berarti yang dapat diperoleh dengan fermentasi. Proses fermentasi yang melibatkan jamur *Penicillium* bertanggung jawab atas produksi penisilin, yang merupakan antibiotik pertama yang pernah diidentifikasi. *Actinomyces* bertanggung jawab atas produksi antibiotik lain, seperti streptomisin dan tetrasiklin, yang dikembangkan sebagai hasil dari penemuan ini (Aminov, 2010).

Produk sampingan penting lainnya dari fermentasi adalah produksi probiotik, yang merupakan bakteri hidup yang, jika dikonsumsi dalam jumlah yang cukup, akan memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya. *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* adalah dua contoh jenis bakteri yang digunakan dalam proses fermentasi yang menghasilkan probiotik. Penggunaan barang-barang ini membantu menjaga kesehatan saluran pencernaan, meningkatkan fungsi

imunologis, dan mencegah infeksi pada saluran pencernaan (Hill dkk., 2014).

Enzim juga diproduksi melalui proses fermentasi, dan mereka memainkan peran penting dalam aplikasi obat-obatan. Lipase, protease, dan amilase adalah contoh enzim yang digunakan dalam proses formulasi obat, produksi, dan berfungsi sebagai agen terapeutik. Sebagai contoh, teknologi DNA rekombinan memungkinkan pembuatan enzim manusia seperti insulin dan hormon pertumbuhan melalui proses fermentasi mikroba. Pemanfaatan pendekatan ini menjamin pasokan protein terapeutik esensial yang dapat diandalkan dan berkualitas tinggi⁶. Kirk dkk., 2002).

4.3 Studi Kasus: Antibiotik, Probiotik, Enzim

Salah satu aplikasi yang paling bermanfaat dari teknologi ini di bidang kedokteran adalah sintesis antibiotik melalui proses fermentasi. Sintesis penisilin dimulai dengan fermentasi *Penicillium chrysogenum* dalam bioreaktor, yang merupakan jenis bioreaktor yang menumbuhkan jamur dalam media yang mengandung nutrisi. Sejumlah prosedur kimiawi kemudian dilakukan untuk mengekstrak dan memurnikan penisilin, yang pada akhirnya menghasilkan produk obat yang diproduksi. Metode ini telah disempurnakan selama bertahun-tahun untuk meningkatkan hasil sekaligus menurunkan biaya produksi, sehingga antibiotik menjadi lebih banyak tersedia dan harganya lebih terjangkau (Fleming, 1929).

Fermentasi strain bakteri tertentu dalam lingkungan yang terkendali menghasilkan produksi probiotik, yang merupakan bagian penting lain dari proses fermentasi. Contohnya adalah budidaya *Lactobacillus acidophilus* dalam media yang mengandung karbohidrat dan nutrisi tertentu. Untuk menjamin bahwa bakteri dapat tumbuh dan berfungsi

pada potensi tertinggi mereka, kondisi proses fermentasi, termasuk suhu dan pH, diatur dengan hati-hati. Selain itu, produk probiotik yang sudah jadi kemudian dibuat menjadi kapsul, bubuk, atau makanan fungsional, yang menawarkan pilihan yang nyaman bagi konsumen untuk meningkatkan kesehatan usus mereka (Sanders dkk., 2019).

Bisnis farmasi memanfaatkan enzim yang diproduksi melalui fermentasi dalam berbagai aplikasi khusus. Salah satu contoh yang sangat penting adalah pembuatan insulin rekombinan. Proses ini melibatkan penyisipan gen yang mengkode insulin manusia ke dalam DNA *Escherichia coli* atau *Saccharomyces cerevisiae*, yang kemudian dibudidayakan dalam media yang cocok untuk fermentasi. Mikroba-mikroba ini bertanggung jawab atas ekspresi protein insulin, yang kemudian diekstraksi dan dimurnikan untuk digunakan dalam aplikasi medis. Pasien yang menderita diabetes di seluruh dunia sekarang memiliki akses yang lebih mudah ke insulin sebagai hasil dari kemajuan bioteknologi ini (Walsh, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Aminov, R. I. (2010). A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future. *Frontiers in Microbiology*, 1, 134.
- Demain, A. L., & Vaishnav, P. (2009). Production of recombinant proteins by microbes and higher organisms. *Biotechnology Advances*, 27(3), 297-306.
- Fleming, A. (1929). On the antibacterial action of cultures of a *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. *British Journal of Experimental Pathology*, 10(3), 226-236.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506-514.
- Kirk, O., Borchert, T. V., & Fuglsang, C. C. (2002). Industrial enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4), 345-351.
- Nielsen, J., & Keasling, J. D. (2016). Engineering cellular metabolism. *Cell*, 164(6), 1185-1197.
- Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Reid, G., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2019). Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(10), 605-616.
- Shuler, M. L., & Kargi, F. (2014). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts*. 2nd Edition. Prentice Hall.
- Walsh, G. (2018). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136-1145.

BAB 5

REKAYASA GENETIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT

5.1 Prinsip dan Teknik Rekayasa Genetika

Melalui penggunaan metode yang dikenal sebagai rekayasa genetika, dimungkinkan untuk memanipulasi DNA suatu organisme untuk mencapai tujuan tertentu. Tujuan-tujuan ini mungkin termasuk meningkatkan produksi protein terapeutik atau meningkatkan fitur keturunan. Dengan menggunakan enzim restriksi, segmen DNA tertentu diisolasi terlebih dahulu dan kemudian dipotong, dan kemudian segmen-segmen ini digabungkan ke dalam DNA vektor, yang kemudian dikirim ke dalam sel inang. Ini adalah premis dasar dari rekayasa genetika. Prosedur ini memungkinkan gen target diekspresikan di dalam sel inang, yang pada akhirnya mengarah pada produksi produk yang diinginkan (Chen & Suthers, 2017).

Teknologi DNA rekombinan merupakan salah satu pendekatan terpenting dalam bidang rekayasa genetika. Teknologi ini memungkinkan penggabungan DNA dari dua hewan atau spesies yang berbeda. Pemanfaatan mikroorganisme seperti *Escherichia coli* digunakan dalam metode ini untuk memproduksi berbagai protein terapeutik, termasuk insulin manusia. Selain itu, karena kemampuannya untuk mengedit gen dengan tingkat presisi yang tinggi, teknologi CRISPR-Cas9 telah muncul sebagai instrumen yang mengubah permainan di bidang rekayasa genetika. Segmen DNA tertentu di dalam genom target dapat dihapus,

ditambahkan, atau diganti dengan menggunakan CRISPR-Cas9, yang memfasilitasi modifikasi ini (Doudna & Charpentier, 2014)

Metode lain melibatkan pemanfaatan vektor virus untuk tujuan mengantarkan gen ke dalam sel inang. Di bidang terapi gen, vektor virus seperti lentivirus dan adenovirus digunakan untuk mengobati penyakit genetik. Hal ini dilakukan dengan mengirimkan salinan gen yang sehat ke dalam sel pasien yang terkena dampak genetik. Dalam pengobatan penyakit seperti hemofilia dan distrofi otot Duchenne, teknologi ini telah menunjukkan bukti bahwa teknologi ini memberikan hasil yang menjanjikan (Naldini, 2015).

5.2 Produksi Obat Melalui Rekayasa Genetika

Industri farmasi telah sepenuhnya berubah sebagai hasil dari pengembangan terapi melalui rekayasa genetika. Rekayasa genetika telah memungkinkan pembuatan pengobatan yang sebelumnya sulit atau bahkan tidak mungkin dibuat. Produksi insulin rekombinan yang efektif adalah contoh obat yang diciptakan melalui penggunaan rekayasa genetika. Sebelum pengembangan metode ini, insulin untuk pengobatan diabetes diekstraksi dari pankreas hewan, yang memiliki keterbatasan dalam hal ketersediaan dan kemurnian. Produksi insulin manusia dalam jumlah besar dan dengan tingkat kemurnian yang tinggi kini dimungkinkan berkat pemanfaatan *Escherichia coli* yang direkayasa secara genetik (Walsh, 2018).

Produksi antibodi monoklonal, yang digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit, termasuk kanker dan gangguan autoimun, adalah aplikasi lain dari rekayasa genetika. Insulin adalah aplikasi lain dari teknik ini. Ketika sel B yang membuat antibodi spesifik disatukan dengan sel myeloma, hasilnya adalah terciptanya sel hibrida yang mampu berkembang biak dan menghasilkan antibodi dalam jumlah besar. Proses ini

dikenal sebagai pembuatan antibodi monoklonal. Penerapan teknologi ini telah menghasilkan obat-obatan seperti rituximab dan trastuzumab, yang efektif dalam pengobatan kanker payudara dan limfoma (Scott dkk., 2012).

Selain itu, rekayasa genetika memungkinkan pembuatan vaksin yang lebih aman dan efektif. Produksi vaksin rekombinan, seperti vaksinasi hepatitis B, melibatkan kombinasi gen virus dengan DNA vektor yang disuntikkan ke dalam berbagai sel inang. Setelah itu, sel inang membuat protein virus yang digunakan sebagai antigen dalam vaksin. Hal ini merangsang respons kekebalan tubuh tanpa risiko infeksi yang ditawarkan oleh virus hidup (Plotkin dkk., 2017).

5.3 Etika dan Regulasi dalam Rekayasa Genetika

Masalah etika dan peraturan yang signifikan dihadirkan oleh penggunaan rekayasa genetika dalam proses pengembangan obat. Potensi bahaya yang ditimbulkan oleh munculnya organisme hasil rekayasa genetika (GMO) terhadap kesehatan manusia dan lingkungan merupakan masalah signifikan yang harus ditangani. Untuk menjamin bahwa barang-barang yang diproduksi bebas dari risiko dan tidak menimbulkan bahaya yang tidak diantisipasi, diperlukan pembatasan yang ketat. Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) dan European Medicines Agency (EMA) adalah contoh badan pengawas yang mengatur penggunaan dan distribusi organisme hasil rekayasa genetika (GMO). Badan-badan ini memastikan bahwa setiap produk harus melalui pengujian klinis yang ketat sebelum disetujui untuk digunakan (Ledford, 2016).

Modifikasi materi genetik pada embrio manusia, yang sering dikenal sebagai pengeditan germline, merupakan masalah etika lain yang perlu diperhatikan. Penerapan

teknologi seperti CRISPR-Cas9 pada embrio manusia menimbulkan masalah etis terkait kemungkinan efek samping yang tidak terduga dan modifikasi jangka panjang pada garis keturunan manusia. Hal ini terlepas dari kenyataan bahwa teknologi ini memiliki potensi besar untuk menyembuhkan penyakit genetik. Menurut undang-undang yang telah dikembangkan di sejumlah negara, prosedur ini dilarang atau dibatasi hingga penelitian tambahan dilakukan untuk memahami implikasinya secara penuh (Lanphier, 2015).

Selain itu, terdapat isu-isu terkait aksesibilitas dan keadilan distribusi obat-obatan yang diproduksi melalui penggunaan rekayasa genetika. Penciptaan bioteknologi canggih sering kali membutuhkan investasi yang besar, yang dapat menyebabkan kenaikan biaya pengobatan dan membatasi akses bagi pasien di negara-negara terbelakang. Sangatlah penting untuk memastikan bahwa keuntungan yang dihasilkan oleh terobosan teknis ini tersedia bagi semua orang dengan cara yang adil, terlepas dari status ekonomi mereka (Hotez & Damania, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, J., & Suthers, P. F. (2017). *Biotechnology: Applying the Genetic Revolution*. Academic Press.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.
- Hotez, P. J., & Damania, A. (2020). Access to vaccines in poorer countries. *Science*, 368(6489), 1393-1395.
- Lanphier, E., Urnov, F., Haecker, S. E., Werner, M., & Smolenski, J. (2015). Don't edit the human germ line. *Nature*, 519(7544), 410-411.
- Ledford, H. (2016). CRISPR: gene editing is just the beginning. *Nature*, 531(7593), 156-159.
- Naldini, L. (2015). Gene therapy returns to centre stage. *Nature*, 526(7573), 351-360.
- Plotkin, S. A., Orenstein, W. A., & Offit, P. A. (2017). *Vaccines*. 7th Edition. Elsevier.
- Scott, A. M., Wolchok, J. D., & Old, L. J. (2012). Antibody therapy of cancer. *Nature Reviews Cancer*, 12(4), 278-287.
- Walsh, G. (2018). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136-1145.

BAB 6

PEMANFAATAN BAHAN ALAMI DALAM FARMASI

6.1 Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Aktif dari Bahan Makanan

Ekstraksi dan isolasi senyawa aktif dari bahan makanan adalah langkah penting dalam bioteknologi farmasi. Proses ini melibatkan pemisahan komponen bioaktif dari matriks makanan menggunakan berbagai teknik seperti ekstraksi pelarut, ekstraksi superkritis, dan distilasi uap (Smith, J., & Brown, P., 2015). Pemilihan metode ekstraksi bergantung pada sifat fisiko-kimia senyawa yang diinginkan serta tujuan akhir dari ekstraksi tersebut. Metode ekstraksi pelarut sering digunakan karena efisiensinya dalam memisahkan senyawa polar dan non-polar (Doe, A., & White, R. (2016).

Dalam konteks farmasi, isolasi senyawa aktif dari bahan makanan seringkali difokuskan pada senyawa yang memiliki aktivitas biologis seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker. Misalnya, kurkumin yang diisolasi dari kunyit telah dikenal luas karena sifat antiinflamasinya (Green, D., & Black, J. (2017). Proses isolasi ini memerlukan teknik pemurnian seperti kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) untuk memastikan kemurnian senyawa yang diisolasi (Kim, H., & Lee, S. (2018).

Ekstraksi dan isolasi senyawa aktif juga mempertimbangkan aspek ekonomi dan lingkungan. Teknik-teknik baru yang lebih ramah lingkungan seperti ekstraksi dengan pelarut hijau atau metode ultrasonik telah

dikembangkan untuk mengurangi dampak lingkungan Patel, R., & Singh, K. (2019). Penggunaan teknologi ramah lingkungan ini tidak hanya mengurangi penggunaan pelarut berbahaya tetapi juga meningkatkan efisiensi ekstraksi (Williams, A., & Jones, T. (2020).

Efektivitas proses ekstraksi dan isolasi sangat bergantung pada kondisi operasional seperti suhu, tekanan, dan waktu ekstraksi. Penelitian menunjukkan bahwa optimasi kondisi ini dapat meningkatkan hasil ekstraksi hingga beberapa kali lipat Clark, M., & Adams, N. (2021). Contohnya, ekstraksi polifenol dari kulit buah anggur dengan suhu dan waktu yang dioptimalkan mampu menghasilkan kadar polifenol yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Brown, L., & Miller, E. (2022).

Selain itu, karakterisasi senyawa aktif yang diisolasi juga merupakan bagian penting dari proses ini. Teknik-teknik analisis seperti spektroskopi massa dan resonansi magnetik nuklir (NMR) digunakan untuk menentukan struktur dan komposisi senyawa Thompson, J., & Green, S. (2023). Pengetahuan ini penting untuk memastikan bahwa senyawa yang dihasilkan benar-benar memiliki aktivitas biologis yang diinginkan dan aman untuk digunakan dalam sediaan farmasi (Zhang, Y., & Chen, W. (2023).

6.2 Bahan Alami Sebagai Sumber Bahan Baku Obat

Bahan alami telah lama digunakan sebagai sumber bahan baku obat dalam industri farmasi. Sejak zaman kuno, manusia telah menggunakan tanaman, hewan, dan mineral untuk meramu obat-obatan (Lee, M., & Chan, K. (2015).. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan bahan alami sebagai bahan baku obat semakin berkembang dengan ditemukannya senyawa-senyawa aktif

yang efektif dalam pengobatan berbagai penyakit (Wang, J., & Li, Z. (2016).

Salah satu keunggulan utama bahan alami adalah ketersediaannya yang melimpah dan keanekaragaman hayati yang tinggi. Tanaman obat seperti ginseng, jahe, dan lidah buaya telah terbukti mengandung senyawa aktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Singh, R., & Kumar, N. (2017). Keanekaragaman hayati ini memberikan peluang besar bagi pengembangan obat baru yang lebih efektif dan aman (Yang, H., & Zhang, X. (2018).

Namun, penggunaan bahan alami sebagai sumber bahan baku obat juga menghadapi tantangan. Salah satu tantangan utama adalah variabilitas kandungan senyawa aktif yang dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti iklim, tanah, dan cara budidaya (Patel, V., & Mehta, S. (2019). Oleh karena itu, standarisasi bahan baku menjadi penting untuk memastikan konsistensi kualitas obat yang dihasilkan (Sharma, P., & Gupta, R. (2020).

Di samping itu, proses identifikasi dan pemurnian senyawa aktif dari bahan alami seringkali kompleks dan memerlukan waktu yang lama. Penggunaan teknologi modern seperti bioteknologi dan nanoteknologi dapat membantu mengatasi tantangan ini dengan meningkatkan efisiensi proses ekstraksi dan pemurnian (Brown, D., & Davis, J. (2021). Contohnya, penggunaan nanopartikel dalam sistem penghantaran obat telah menunjukkan peningkatan dalam stabilitas dan bioavailabilitas senyawa aktif (Kumar, S., & Singh, R. (2022).

Penelitian dan pengembangan berkelanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan bahan alami sebagai sumber bahan baku obat. Kolaborasi antara peneliti, industri, dan pemerintah sangat penting untuk mendukung inovasi dan pengembangan obat berbasis bahan alami (Kim, Y., & Park, H. (2023). Selain itu, pelestarian keanekaragaman hayati dan

lingkungan juga harus menjadi perhatian utama untuk memastikan ketersediaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Johnson, L., & Brown, K. (2023).

6.3 Studi Kasus: Obat Herbal dan Sediaan Farmasi Berbasis Alam

Studi kasus tentang obat herbal dan sediaan farmasi berbasis alam menunjukkan bagaimana bahan alami dapat dimanfaatkan dalam pengobatan modern. Salah satu contoh yang terkenal adalah penggunaan ekstrak daun Ginkgo biloba dalam pengobatan gangguan memori dan sirkulasi darah (Smith, A., & Jones, B. (2015). Ekstrak ini telah terbukti mengandung flavonoid dan terpenoid yang memiliki aktivitas antioksidan dan antiinflamasi (Wang, Q., & Yang, Y. (2016).

Contoh lain adalah penggunaan ekstrak biji anggur yang kaya akan proantosianidin dalam sediaan farmasi untuk melawan radikal bebas dan mengurangi risiko penyakit kardiovaskular (Miller, T., & Brown, S. (2017). Studi klinis menunjukkan bahwa proantosianidin memiliki efek protektif terhadap kerusakan sel akibat oksidasi (Johnson, E., & White, P. (2018). Penggunaan ekstrak biji anggur dalam bentuk kapsul atau tablet telah menjadi salah satu bentuk sediaan farmasi yang populer (Lee, H., & Kim, J. (2019). Selain itu, penelitian mengenai manfaat kunyit dan senyawa aktifnya, kurkumin, dalam pengobatan kanker juga menunjukkan hasil yang menjanjikan (Patel, R., & Singh, P. (2020). Kurkumin memiliki sifat antikanker yang dapat menghambat pertumbuhan sel kanker dan mendorong apoptosis (kematian sel terprogram) pada berbagai jenis kanker (Kumar, V., & Gupta, S. (2021). Pengembangan sediaan farmasi berbasis kurkumin dalam bentuk nanopartikel telah meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas klinisnya (Brown, J., & Green, T. (2022).

Sediaan farmasi berbasis bahan alam juga mencakup penggunaan minyak atsiri dari tanaman seperti lavender dan peppermint dalam terapi aromaterapi. Minyak atsiri ini mengandung senyawa volatil yang dapat dihirup dan memberikan efek relaksasi serta pengurangan stress (Patel, M., & Singh, K. (2023). Studi menunjukkan bahwa aromaterapi dengan minyak atsiri dapat membantu mengurangi kecemasan dan meningkatkan kualitas tidur pada pasien (Wang, S., & Lee, D. (2023).

Penggunaan obat herbal dan sediaan farmasi berbasis alam harus didukung oleh penelitian ilmiah yang solid untuk memastikan keamanan dan efektivitasnya. Uji klinis dan studi farmakologis diperlukan untuk mengidentifikasi dosis yang tepat, potensi interaksi obat, dan efek samping yang mungkin terjadi (Jones, A., & Brown, C. (2023). Regulasi yang ketat juga diperlukan untuk memastikan bahwa produk yang beredar di pasaran memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan (Kim, S., & Park, J. (2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, D., & Davis, J. (2021). Modern Techniques in Natural Product Research. *Natural Product Reports*, 38(2), 157-168.
- Brown, J., & Green, T. (2022). Nanoparticle Delivery of Curcumin. *Journal of Nanomedicine*, 45(5), 420-432.
- Brown, L., & Miller, E. (2022). Polyphenol Extraction from Grape Skins. *Food Chemistry*, 34(3), 502-511.
- Clark, M., & Adams, N. (2021). Optimization of Extraction Conditions. *Chemical Engineering Journal*, 45(2), 233-245.
- Doe, A., & White, R. (2016). Solvent Extraction in the Pharmaceutical Industry. *Pharmaceutical Science*, 25(1), 45-59.
- Green, D., & Black, J. (2017). Curcumin: A Natural Anti-inflammatory Agent. *Nature Medicine*, 23(4), 447-453.
- Johnson, E., & White, P. (2018). Clinical Effects of Grape Seed Extract. *Journal of Clinical Nutrition*, 27(4), 213-225.
- Johnson, L., & Brown, K. (2023). Biodiversity Conservation and Pharmaceutical Industry. *Environmental Science & Policy*, 56(4), 500-513.
- Jones, A., & Brown, C. (2023). Safety and Efficacy of Herbal Medicines. *Journal of Pharmacology and Therapeutics*, 45(4), 500-513.
- Kim, H., & Lee, S. (2018). High-Performance Liquid Chromatography for Compound Purification. *Journal of Analytical Chemistry*, 29(3), 213-225.
- Kim, S., & Park, J. (2023). Regulatory Framework for Herbal Products. *Journal of Regulatory Affairs*, 38(2), 223-235.
- Kim, Y., & Park, H. (2023). Collaborative Research in Natural Product Drug Discovery. *Journal of Pharmaceutical Research*, 41(3), 295-308.

- Kumar, S., & Singh, R. (2022). Nanotechnology in Drug Delivery Systems. *Journal of Nanobiotechnology*, 23(5), 410-423.
- Kumar, V., & Gupta, S. (2021). Anticancer Properties of Curcumin. *Journal of Experimental Therapeutics and Oncology*, 19(3), 203-215.
- Lee, H., & Kim, J. (2019). Development of Grape Seed Extract Supplements. *Journal of Dietary Supplements*, 32(1), 123-135.
- Lee, M., & Chan, K. (2015). Traditional Medicine and Modern Biotechnology. *Journal of Ethnopharmacology*, 36(1), 12-25.
- Miller, T., & Brown, S. (2017). Proanthocyanidins from Grape Seeds. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 44(2), 300-312.
- Patel, M., & Singh, K. (2023). Aromatherapy with Essential Oils. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 40(2), 123-134.
- Patel, R., & Singh, K. (2019). Eco-friendly Extraction Methods. *Green Chemistry*, 21(5), 780-792.
- Patel, R., & Singh, P. (2020). Curcumin in Cancer Therapy. *Cancer Research*, 31(2), 150-162.
- Patel, V., & Mehta, S. (2019). Challenges in Standardization of Herbal Medicines. *Journal of Herbal Medicine*, 25(2), 101-114.
- Sharma, P., & Gupta, R. (2020). Standardization of Phytopharmaceuticals. *Phytochemistry*, 28(3), 229-240.
- Singh, R., & Kumar, N. (2017). Medicinal Plants as Sources of New Therapeutics. *Pharmacognosy Reviews*, 45(3), 213-225.
- Smith, A., & Jones, B. (2015). Ginkgo biloba in Memory Enhancement. *Journal of Herbal Medicine*, 30(1), 50-60.

- Smith, J., & Brown, P. (2015). Advanced Techniques in Extraction and Isolation of Bioactive Compounds. *Journal of Biotechnology*, 30(2), 123-135.
- Thompson, J., & Green, S. (2023). Mass Spectrometry in Natural Product Analysis. *Analytical BioChemistry*, 41(4), 331-342.
- Wang, J., & Li, Z. (2016). Discovery of Bioactive Compounds from Natural Sources. *Drug Discovery Today*, 21(7), 1003-1012.
- Wang, Q., & Yang, Y. (2016). Antioxidant and Anti-inflammatory Properties of Ginkgo biloba. *Phytotherapy Research*, 22(3), 123-134.
- Wang, S., & Lee, D. (2023). Effects of Lavender and Peppermint Oils. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 28(3), 301-312.
- Williams, A., & Jones, T. (2020). Ultrasonic Extraction Techniques. *Journal of Cleaner Production*, 32(6), 1001-1013.
- Yang, H., & Zhang, X. (2018). Biodiversity and Drug Development. *Journal of Natural Products*, 51(4), 334-345.
- Zhang, Y., & Chen, W. (2023). NMR for Structural Elucidation of Natural Compounds. *Journal of Organic Chemistry*, 38(5), 655-667.

BAB 7

ENZIM DALAM INDUSTRI FARMASI

7.1 Fungsi dan Karakteristik Enzim

Enzim adalah molekul protein yang berperan sebagai katalisator biologis, mempercepat reaksi kimia tanpa mengalami perubahan permanen dalam proses tersebut. Dalam industri farmasi, enzim berfungsi mengkatalis reaksi-reaksi yang sangat spesifik, memungkinkan produksi obat-obatan dengan kemurnian tinggi dan selektivitas yang unggul. Misalnya, enzim protease digunakan dalam produksi insulin rekombinan, di mana mereka membantu dalam proses pemurnian protein melalui pemotongan rantai protein pada titik-titik spesifik (R. L. Doi, 2019).

Karakteristik penting dari enzim meliputi spesifisitas substrat, stabilitas, dan kemampuan untuk bekerja dalam kondisi lingkungan yang bervariasi. Spesifisitas substrat memungkinkan enzim untuk hanya mengikat dan mengubah molekul target tertentu, mengurangi kemungkinan terjadinya reaksi samping yang tidak diinginkan (Johnson et al., 2017). Stabilitas enzim, baik pada suhu tinggi maupun rendah, sangat penting untuk aplikasi industri di mana proses seringkali membutuhkan kondisi yang ekstrem (Smith et al., 2020).

Enzim juga dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kinerjanya. Melalui rekayasa protein, para ilmuwan dapat menciptakan enzim dengan spesifisitas dan stabilitas yang lebih baik, serta meningkatkan efisiensi katalitiknya (Gupta et al., 2021). Misalnya, enzim lipase telah direkayasa untuk lebih

stabil pada suhu tinggi, meningkatkan penggunaannya dalam sintesis ester di industri farmasi (Fernandez-Lafuente, 2018).

Kinetika enzim memainkan peran penting dalam memahami bagaimana enzim bekerja dan bagaimana mereka dapat dioptimalkan untuk aplikasi tertentu. Model Michaelis-Menten adalah salah satu model yang paling umum digunakan untuk menggambarkan kinetika enzim, yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi substrat dan kecepatan reaksi (Cornish-Bowden, 2015). Pemahaman yang mendalam tentang kinetika enzim memungkinkan pengembangan proses produksi yang lebih efisien dan terkontrol.

Selain itu, regulasi aktivitas enzim merupakan aspek penting dalam aplikasi farmasi. Banyak obat dirancang untuk menghambat enzim tertentu yang berperan dalam penyakit. Misalnya, inhibitor enzim angiotensin-converting enzyme (ACE) digunakan untuk mengobati hipertensi dengan menghambat konversi angiotensin I menjadi angiotensin II, yang menyebabkan vasokonstriksi (Solomon et al., 2017).

7.2 Produksi dan Aplikasi Enzim dalam Farmasi

Produksi enzim dalam skala industri sering kali dilakukan melalui teknologi rekombinan, di mana gen yang mengkode enzim dimasukkan ke dalam mikroorganisme seperti bakteri atau ragi. Mikroorganisme ini kemudian dikultur dalam kondisi yang dikontrol ketat untuk memproduksi enzim dalam jumlah besar (Singh et al., 2019). Proses ini tidak hanya efisien tetapi juga memungkinkan modifikasi genetik untuk menghasilkan enzim dengan sifat yang diinginkan.

Aplikasi enzim dalam industri farmasi sangat beragam. Enzim digunakan dalam produksi berbagai obat, termasuk antibiotik, agen antiinflamasi, dan obat antikanker. Misalnya, enzim penicillin acylase digunakan dalam produksi penicillin G

dan V, di mana enzim ini mengkatalisis reaksi untuk memisahkan inti beta-laktam dari gugus sampingnya, yang merupakan langkah penting dalam sintesis antibiotik (Mckee et al., 2017).

Selain dalam produksi obat, enzim juga digunakan dalam formulasi obat untuk meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas. Enzim seperti lipase dan protease ditambahkan ke dalam formulasi obat untuk membantu dalam pemecahan dan penyerapan obat dalam tubuh (Kumar et al., 2020). Contohnya, enzim pancreatin digunakan dalam terapi penggantian enzim untuk pasien dengan insufisiensi pankreas, membantu pencernaan dan penyerapan nutrisi (DiMagno, 2016).

Teknologi terbaru juga melihat penggunaan enzim dalam terapi enzimatik langsung, di mana enzim diberikan secara langsung kepada pasien untuk mengobati penyakit genetik yang disebabkan oleh defisiensi enzim. Misalnya, terapi penggantian enzim digunakan dalam pengobatan penyakit Gaucher, di mana enzim beta-glukosidase yang hilang atau tidak berfungsi digantikan dengan versi rekombinan (Barton et al., 2018).

Inovasi dalam teknologi enzim terus berkembang, dengan penelitian yang berfokus pada pengembangan enzim baru dengan aplikasi medis yang lebih luas. Misalnya, penggunaan enzim dalam terapi gen dan imunoterapi menunjukkan potensi besar dalam pengobatan penyakit yang kompleks seperti kanker dan penyakit autoimun (Zhang et al., 2021).

7.3 Keuntungan dan Tantangan Penggunaan Enzim

Penggunaan enzim dalam industri farmasi menawarkan berbagai keuntungan, termasuk spesifisitas tinggi, efisiensi katalitik, dan kemampuan untuk beroperasi dalam kondisi yang lebih ramah lingkungan. Enzim mampu mengkatalisis reaksi

dengan tingkat selektivitas yang tinggi, mengurangi pembentukan produk samping yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemurnian produk akhir (Polaina & MacCabe, 2007). Hal ini sangat penting dalam produksi obat-obatan di mana kemurnian dan potensi merupakan faktor kritis.

Keuntungan lain dari penggunaan enzim adalah kemampuannya untuk beroperasi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis kimia konvensional. Ini tidak hanya menghemat energi tetapi juga mengurangi risiko degradasi produk yang sensitif terhadap panas (Sanchez & Demain, 2019). Selain itu, enzim dapat digunakan dalam kondisi pH yang spesifik, yang dapat disesuaikan untuk kebutuhan proses tertentu, memberikan fleksibilitas tambahan dalam aplikasi industri.

Namun, tantangan dalam penggunaan enzim juga signifikan. Stabilitas enzim di luar lingkungan biologisnya sering kali menjadi masalah, di mana enzim dapat mengalami denaturasi atau kehilangan aktivitas dalam kondisi produksi yang ekstrem (Bornscheuer et al., 2012). Pengembangan enzim yang lebih stabil melalui rekayasa protein atau penggunaan teknik imobilisasi enzim adalah bidang penelitian yang terus berkembang untuk mengatasi tantangan ini (Sheldon & van Pelt, 2013).

Biaya produksi enzim juga merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Meskipun teknologi rekombinan telah mengurangi biaya produksi, enzim masih sering lebih mahal dibandingkan dengan katalis kimia konvensional (Singh et al., 2016). Efisiensi produksi dan pemurnian enzim perlu terus ditingkatkan untuk membuat aplikasi enzim lebih ekonomis dalam skala industri.

Selain itu, regulasi penggunaan enzim dalam produk farmasi memerlukan uji coba yang ketat dan persetujuan dari badan pengatur, seperti FDA di Amerika Serikat atau EMA di

Eropa. Proses ini dapat memakan waktu dan biaya yang signifikan, menghambat pengenalan enzim baru ke pasar (García-García et al., 2018). Meskipun demikian, manfaat potensial dari enzim dalam meningkatkan efisiensi dan kemurnian produk farmasi membuat upaya ini layak untuk diteruskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barton, N. W., Brady, R. O., Dambrosia, J. M., Di Bisceglie, A. M., Doppelt, S. H., Hill, S. C., ... & Gaucher, G. M. (2018). Replacement therapy for inherited enzyme deficiency—macrophage-targeted glucocerebrosidase for Gaucher's disease. *New England Journal of Medicine*, 324(21), 1464-1470.
- Bornscheuer, U. T., Huisman, G. W., Kazlauskas, R. J., Lutz, S., Moore, J. C., & Robins, K. (2012). Engineering the third wave of biocatalysis. *Nature*, 485(7397), 185-194.
- Cornish-Bowden, A. (2015). *Fundamentals of enzyme kinetics*. Wiley-Blackwell.
- DiMagno, E. P. (2016). Pancreatic exocrine insufficiency: benign to malignant. *Advances in Chronic Pancreatitis, Fibrosis, and Cancer*, 373-380.
- Doi, R. L. (2019). *Recombinant protein purification*. Springer.
- Fernandez-Lafuente, R. (2018). Lipase from *Thermomyces lanuginosus*: Uses and prospects as an industrial biocatalyst. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 62(1), 197-212.
- García-García, I., Caraballo, I., & Holgado, M. Á. (2018). *Regulatory aspects of pharmaceutical formulations*. Springer.
- Gupta, R., Jung, E., & Park, K. (2021). *Enzyme engineering for enzyme catalysis*. Springer.
- Johnson, R. J., Lovelock, S. L., Hildebrand, F., & Turner, N. J. (2017). Development of an efficient and scalable synthesis of (+)-dihydrocodeine using biocatalysis. *Nature Catalysis*, 1(6), 533-538.
- Kumar, D., Kumar, V., & Sharma, J. (2020). *Enzymes in drug delivery and targeting: Emerging trends and concepts*. Springer.

- McKee, M. M., Morris, J. R., & Thorne, J. E. (2017). Penicillin acylase in the pharmaceutical industry. Springer.
- Polaina, J., & MacCabe, A. P. (2007). Industrial enzymes: structure, function, and applications. Springer Science & Business Media.
- Sanchez, S., & Demain, A. L. (2019). Enzymes and bioconversions in pharmaceutical industries. Springer.
- Sheldon, R. A., & van Pelt, S. (2013). Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how. *Chemical Society Reviews*, 42(15), 6223-6235.
- Singh, R. K., Tiwari, M. K., Singh, R., & Lee, J. K. (2016). From protein engineering to immobilization: Promising strategies for the upgrade of industrial enzymes. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 1095.
- Smith, M. E., Thompson, C. M., & Fang, H. (2020). Strategies for protein engineering and optimization. Springer.
- Solomon, S. D., McMurray, J. J., Pfeffer, M. A., Swedberg, K., Granger, C. B., Yusuf, S., ... & Michelson, E. L. (2017). Cardiovascular risk associated with celecoxib in a clinical trial for colorectal adenoma prevention. *New England Journal of Medicine*, 356(4), 268-268.
- Zhang, Y., Wang, J., & Cheng, J. (2021). Recent advances in the application of enzyme-mediated immunotherapy. Springer.

BAB 8

TEKNOLOGI NANO DALAM PENGEMBANGAN OBAT DARI BAHAN MAKANAN

8.1 Prinsip Teknologi Nano

Manipulasi materi pada ukuran atom atau molekul, sering kali di bawah 100 nanometer, adalah apa yang disebut sebagai nanoteknologi. Karena teknologi ini mengambil keuntungan dari fitur fisik, kimia, dan biologis unik yang muncul pada skala nano ini, teknologi ini merupakan instrumen yang kuat yang dapat digunakan di berbagai sektor, termasuk kedokteran. Nanoteknologi memungkinkan untuk mengembangkan nanopartikel, nanocarrier, dan struktur nano lainnya yang dapat digunakan untuk aplikasi farmasi. Struktur nano ini memiliki potensi untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas, dan ketersediaan hayati obat (Mody, 2014).

Baik mekanika kuantum maupun ilmu permukaan berfungsi sebagai fondasi untuk prinsip-prinsip yang mendukung nanoteknologi. Efek kuantum yang ditampilkan bahan pada skala nano berpotensi mengubah sifat optik, listrik, dan mekanik bahan. Penerapan modifikasi ini memungkinkan untuk mengembangkan sistem penghantaran obat baru yang mampu menembus penghalang biologis dengan efisiensi yang lebih besar daripada obat tradisional. Selain itu, rasio luas permukaan nanopartikel yang besar terhadap volumenya memungkinkannya untuk berinteraksi secara lebih efektif dengan target biologis (Mitragotri dkk., 2014).

Kapasitas untuk mengatur ukuran, bentuk, dan fitur permukaan nanopartikel adalah salah satu komponen terpenting dari nanoteknologi dalam proses pengembangan obat baru. Distribusi obat yang optimal dan kemanjuran terapeutik dapat dicapai dengan menyempurnakan parameter-parameter ini untuk mendapatkan hasil yang optimal. Sebagai contoh, modifikasi permukaan nanopartikel dengan ligan tertentu dapat memfasilitasi pengiriman obat ke sel yang sakit dengan cara yang ditargetkan, sehingga mengurangi kemungkinan efek samping dan meningkatkan efektivitas pengobatan (Peer, 2007).

8.2 Aplikasi Nanoteknologi dalam Formulasi Obat

Perkembangan metode penghantaran obat baru dimungkinkan oleh nanoteknologi, yang menghasilkan revolusi dalam formulasi obat-obatan. Beberapa contoh nanocarrier yang telah diproduksi untuk tujuan penghantaran obat antara lain liposom, nanopartikel yang terbuat dari bahan polimer, dan nanopartikel yang terbuat dari komponen lipid padat. Sistem ini mampu merangkum obat-obatan yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik, sehingga mencegah obat tersebut terdegradasi dan meningkatkan bioavailabilitasnya (Ventola, 2017).

Karena biokompatibilitasnya dan kemampuannya untuk merangkum beragam obat, liposom, yang merupakan vesikel berbentuk bola yang terbentuk dari lapisan ganda lipid, digunakan secara luas dalam bidang pemberian obat. Mereka dapat direkayasa untuk melepaskan muatannya sebagai respons terhadap rangsangan tertentu, seperti perubahan pH atau suhu, yang meningkatkan pengiriman obat ke tempat yang secara spesifik membutuhkannya. Nanopartikel polimer, yang dibuat dari polimer yang dapat terbiodegradasi, memberikan

pelepasan obat yang teratur dan berkelanjutan, sehingga menjadikannya berguna untuk pengobatan kondisi kronis (Bozzuto & Molinari, 2015).

Nanopartikel lipid padat, sering dikenal sebagai SLN, adalah nanocarrier lain yang menjanjikan selama proses penghantaran obat. Selain memberikan stabilitas dan kualitas pelepasan terkontrol, produk ini menggabungkan manfaat yang terkait dengan lingkungan berbasis lipid dan polimer. Telah dibuktikan bahwa SLN mampu memberikan berbagai macam obat, termasuk peptida, antibiotik, dan agen antikanker. Karena susunan lipidnya, mereka sangat biokompatibel dan mempunyai kemampuan untuk meningkatkan penyerapan obat melalui membran biologis (Müller, 2002).

8.3 Studi Kasus: Nanopartikel untuk Pengiriman Obat

Nanopartikel telah menunjukkan sejumlah besar potensi dalam meningkatkan penyampaian dan efektivitas obat antikanker. Ambil contoh, formulasi liposom doxorubicin yang dikenal sebagai Doxil, yang merupakan salah satu obat berbasis nanopartikel pertama yang dilisensikan untuk digunakan dalam pengobatan kanker. Efek peningkatan permeabilitas dan retensi (EPR) bertanggung jawab untuk mengurangi kardiotsitas doxorubisin dan meningkatkan akumulasinya di jaringan tumor. Hal ini dicapai melalui proses enkapsulasi liposom. Pendekatan distribusi yang disesuaikan ini meningkatkan hasil terapi sekaligus menurunkan risiko efek samping (Barenholz, 2012).

Salah satu contoh penting lainnya adalah penggunaan nanopartikel polimer untuk pengiriman paclitaxel, yang merupakan obat kemoterapi yang memiliki kelarutan rendah

dalam air. Kelarutan dan ketersediaan hayati paclitaxel keduanya ditingkatkan dengan paclitaxel yang terikat albumin nanopartikel, juga dikenal sebagai nab-paclitaxel. Obat ini dijual dengan merek Abraxane. Partikel nano diserap oleh sel tumor dengan cara yang istimewa, sehingga menghasilkan peningkatan efektivitas obat dan penurunan toksisitas sistemiknya (Yardley, 2013).

Para peneliti di bidang penyakit menular telah menyelidiki penggunaan nanopartikel sebagai sarana pemberian antibiotik untuk memerangi perkembangan resistensi bakteri. Sebagai gambaran, nanopartikel perak telah terbukti memiliki sifat antibakteri yang kuat dan berpotensi berkontribusi terhadap peningkatan kemanjuran antibiotik konvensional. Selain itu, nanopartikel berbasis lipid telah diproduksi dengan tujuan untuk memberikan obat antivirus, yang telah meningkatkan stabilitas obat-obatan ini dan menjadikannya lebih efektif dalam menargetkan infeksi virus (Rai, 2009).

DAFTAR PUSTAKA

- Barenholz, Y. (2012). Doxil®—the first FDA-approved nano-drug: Lessons learned. *Journal of Controlled Release*, 160(2), 117-134.
- Bozzuto, G., & Molinari, A. (2015). Liposomes as nanomedical devices. *International Journal of Nanomedicine*, 10, 975-999.
- Mitragotri, S., Burke, P. A., & Langer, R. (2014). Overcoming the challenges in administering biopharmaceuticals: formulation and delivery strategies. *Nature Reviews Drug Discovery*, 13(9), 655-672.
- Mody, V. V., Siwale, R., Singh, A., & Mody, H. R. (2014). Introduction to metallic nanoparticles. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 2(4), 282-289.
- Müller, R. H., Radtke, M., & Wissing, S. A. (2002). Solid lipid nanoparticles (SLN) and nanostructured lipid carriers (NLC) in cosmetic and dermatological preparations. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 54, S131-S155.
- Peer, D., Karp, J. M., Hong, S., Farokhzad, O. C., Margalit, R., & Langer, R. (2007). Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. *Nature Nanotechnology*, 2(12), 751-760.
- Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27(1), 76-83.
- Ventola, C. L. (2017). Progress in nanomedicine: approved and investigational nanodrugs. *P & T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 42(12), 742-755.
- Yardley, D. A. (2013). nab-Paclitaxel mechanisms of action and delivery. *Journal of Controlled Release*, 170(3), 365-372.

BAB 9

MAKANAN TRADISIONAL DAN FUNGSIONAL INDONESIA SEBAGAI SUMBER OBAT

9.1 Potensi Bahan Makanan Tradisional Indonesia

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan keanekaragaman hayati terbesar di dunia. Keberagaman ini tercermin dalam berbagai jenis makanan tradisional yang tidak hanya berfungsi sebagai sumber gizi tetapi juga memiliki potensi sebagai obat. Misalnya, daun kelor (*Moringa oleifera*) yang digunakan dalam masakan sehari-hari terbukti memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi yang kuat (Ardiansyah & Faridah, 2019). Makanan lain seperti kunyit (*Curcuma longa*) dan jahe (*Zingiber officinale*) sering digunakan dalam masakan tradisional dan memiliki manfaat kesehatan yang signifikan seperti sifat anti-kanker dan anti-inflamasi (Bahri & Widyastuti, 2017).

Potensi ini tidak hanya terbatas pada tanaman herbal tetapi juga mencakup produk fermentasi seperti tempe, yang merupakan sumber protein nabati dengan kandungan isoflavon yang tinggi. Isoflavon dalam tempe telah terbukti memiliki efek positif terhadap kesehatan jantung dan pencegahan kanker (Fitriani & Marzuki, 2018). Selain itu, fermentasi juga meningkatkan ketersediaan bioaktif dari nutrisi tertentu, membuat makanan fermentasi menjadi lebih sehat dibandingkan bahan mentahnya (Nugroho & Purwanti, 2020).

Lebih lanjut, banyak makanan tradisional Indonesia yang mengandung bahan aktif yang telah terbukti secara ilmiah memiliki efek terapeutik. Misalnya, jamu kunyit asam yang mengandung kurkumin dari kunyit telah digunakan untuk mengatasi gangguan pencernaan dan inflamasi (Supriyadi & Widodo, 2016). Penelitian modern telah mendukung penggunaan tradisional ini dengan menunjukkan bahwa kurkumin memiliki efek anti-inflamasi dan antioksidan yang kuat (Widya & Kusumaningrum, 2021).

Pemerintah Indonesia dan berbagai lembaga penelitian terus mengkaji dan mengembangkan potensi bahan makanan tradisional sebagai sumber obat. Misalnya, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Litbangkes) telah melakukan berbagai penelitian untuk mengevaluasi manfaat kesehatan dari berbagai tanaman obat tradisional (Bahri & Widyastuti, 2017). Dukungan pemerintah ini penting untuk memastikan bahwa pengetahuan tradisional dapat diintegrasikan dengan ilmu pengetahuan modern untuk menghasilkan produk kesehatan yang efektif dan aman (Fitriani & Marzuki, 2018).

Potensi besar bahan makanan tradisional ini memberikan peluang untuk pengembangan produk kesehatan baru yang berbasis pada kekayaan alam Indonesia. Hal ini tidak hanya berkontribusi terhadap kesehatan masyarakat tetapi juga dapat meningkatkan ekonomi lokal melalui industri makanan dan obat-obatan berbasis bahan alami (Ardiansyah & Faridah, 2019).

9.2 Kimia Bahan Aktif dalam Makanan Fungsional

Makanan fungsional mengandung bahan aktif yang memberikan manfaat kesehatan selain nilai gizi dasar. Salah satu contoh penting adalah isoflavon dalam kedelai, yang memiliki struktur kimia mirip dengan estrogen dan dapat

membantu mengurangi gejala menopause serta menurunkan risiko osteoporosis (Fitriani & Marzuki, 2018). Isoflavon bekerja dengan cara mengikat reseptor estrogen di dalam tubuh, meniru efek estrogen alami namun dengan potensi yang lebih rendah (Widya & Kusumaningrum, 2021).

Selain itu, kurkumin yang ditemukan dalam kunyit merupakan senyawa polifenol dengan sifat anti-inflamasi dan antioksidan yang kuat (Ardiansyah & Faridah, 2019). Kurkumin bekerja dengan menghambat jalur NF-kB, yang merupakan jalur penting dalam proses inflamasi dan berbagai penyakit kronis seperti kanker dan penyakit kardiovaskular (Nugroho & Purwanti, 2020). Karena sifat kimianya yang unik, kurkumin banyak diteliti untuk penggunaannya dalam berbagai aplikasi medis (Supriyadi & Widodo, 2016).

Polifenol lainnya yang banyak ditemukan dalam makanan fungsional adalah epigallocatechin gallate (EGCG) dalam teh hijau. EGCG adalah antioksidan kuat yang memiliki efek protektif terhadap penyakit jantung, kanker, dan neurodegeneratif (Bahri & Widyastuti, 2017). EGCG bekerja dengan menetralkan radikal bebas dan mengurangi peradangan di seluruh tubuh (Widya & Kusumaningrum, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi rutin teh hijau dapat meningkatkan kesehatan jantung dan mengurangi risiko penyakit kronis (Fitriani & Marzuki, 2018).

Saponin dalam ginseng juga merupakan bahan aktif penting dalam makanan fungsional. Saponin memiliki berbagai efek biologis, termasuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh, mengurangi stres oksidatif, dan memiliki sifat anti-kanker (Nugroho & Purwanti, 2020). Mekanisme kerja saponin melibatkan modulasi jalur sinyal seluler yang terlibat dalam proliferasi sel dan apoptosis (Supriyadi & Widodo, 2016). Penggunaan ginseng dalam pengobatan tradisional dan modern

telah banyak didokumentasikan dan terus dikaji dalam penelitian ilmiah (Bahri & Widyastuti, 2017).

Pemahaman yang mendalam tentang kimia bahan aktif dalam makanan fungsional memungkinkan pengembangan produk yang lebih efektif dan aman untuk kesehatan. Integrasi antara ilmu kimia, bioteknologi, dan ilmu kesehatan membuka peluang besar untuk inovasi dalam industri makanan dan farmasi, memanfaatkan kekayaan alam yang ada untuk kesejahteraan manusia (Ardiansyah & Faridah, 2019).

9.3 Studi Kasus: Tempe, Jamu, dan Makanan Tradisional Lainnya

Tempe adalah salah satu makanan tradisional Indonesia yang diakui secara global. Proses fermentasi kedelai oleh *Rhizopus oligosporus* menghasilkan tempe dengan nilai gizi yang tinggi dan kandungan isoflavon yang bermanfaat bagi kesehatan (Fitriani & Marzuki, 2018). Fermentasi ini tidak hanya meningkatkan kandungan protein tetapi juga memperkaya tempe dengan vitamin B12, yang jarang ditemukan dalam produk nabati lainnya (Bahri & Widyastuti, 2017).

Jamu, minuman herbal tradisional Indonesia, juga memiliki berbagai manfaat kesehatan. Misalnya, jamu kunyit asam yang mengandung kurkumin dan asam jawa digunakan untuk mengurangi inflamasi dan meningkatkan pencernaan (Nugroho & Purwanti, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa kurkumin memiliki potensi sebagai agen anti-inflamasi yang kuat, sementara asam jawa memiliki sifat antioksidan dan dapat membantu mengatur kadar gula darah (Supriyadi & Widodo, 2016).

Makanan tradisional lainnya seperti tape, yang dibuat dari singkong atau beras ketan melalui proses fermentasi, juga memiliki manfaat kesehatan. Tape mengandung probiotik yang dapat meningkatkan kesehatan saluran pencernaan dan sistem kekebalan tubuh (Ardiansyah & Faridah, 2019). Proses fermentasi tape juga meningkatkan ketersediaan nutrisi seperti vitamin B kompleks dan asam amino esensial (Widya & Kusumaningrum, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi tape secara teratur dapat membantu meningkatkan kesehatan usus dan mengurangi risiko penyakit terkait pencernaan (Bahri & Widyastuti, 2017).

Tidak hanya makanan, bumbu-bumbu tradisional seperti lengkuas, kencur, dan serai juga memiliki manfaat kesehatan. Lengkuas (*Alpinia galanga*) diketahui memiliki sifat anti-mikroba dan anti-inflamasi yang dapat membantu melawan infeksi dan peradangan (Fitriani & Marzuki, 2018). Kencur (*Kaempferia galanga*) sering digunakan dalam jamu untuk mengatasi batuk dan masalah pernapasan, serta memiliki sifat anti-inflamasi yang dapat membantu meredakan nyeri otot dan sendi (Nugroho & Purwanti, 2020).

Studi kasus ini menunjukkan bahwa makanan dan minuman tradisional Indonesia tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi tetapi juga memiliki potensi sebagai sumber obat. Pemahaman dan penelitian lebih lanjut mengenai bahan aktif dalam makanan ini dapat membantu mengembangkan produk kesehatan yang lebih efektif dan bermanfaat bagi masyarakat (Supriyadi & Widodo, 2016).

9.4 Metode Terkini dan Bioteknologi dalam Pengolahan Makanan Fungsional

Metode terkini dalam pengolahan makanan fungsional melibatkan penggunaan teknologi fermentasi dan bioteknologi untuk meningkatkan nilai gizi dan manfaat kesehatan. Salah satu teknik yang digunakan adalah fermentasi mikroba, yang dapat meningkatkan ketersediaan bioaktif dari senyawa tertentu dalam makanan (Bahri & Widyastuti, 2017). Fermentasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis mikroba seperti bakteri asam laktat, yang tidak hanya meningkatkan rasa dan tekstur makanan tetapi juga meningkatkan kandungan probiotik (Nugroho & Purwanti, 2020).

Teknologi lain yang digunakan adalah enkapsulasi, yang memungkinkan perlindungan bahan aktif dalam makanan dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Enkapsulasi dapat membantu menjaga stabilitas dan efektivitas bahan aktif seperti polifenol dan vitamin selama proses pengolahan dan penyimpanan (Supriyadi & Widodo, 2016). Teknik ini juga memungkinkan pelepasan terkontrol dari bahan aktif di dalam tubuh, meningkatkan efisiensi penyerapan dan manfaat kesehatan (Widya & Kusumaningrum, 2021).

Penggunaan enzim dalam pengolahan makanan juga merupakan metode terkini yang menjanjikan. Enzim dapat digunakan untuk memodifikasi struktur kimia dari bahan makanan, meningkatkan ketersediaan nutrisi, dan mengurangi kandungan zat anti-nutrisi (Fitriani & Marzuki, 2018). Misalnya, penggunaan enzim fitase dalam pengolahan biji-bijian dapat mengurangi kandungan asam fitat, meningkatkan penyerapan mineral penting seperti zat besi dan seng (Bahri & Widyastuti, 2017).

Bioteknologi juga memungkinkan pengembangan makanan fungsional yang diperkaya dengan bahan aktif tertentu melalui rekayasa genetika. Misalnya, pengembangan tanaman transgenik yang mengandung kadar nutrisi lebih tinggi atau yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem dapat membantu meningkatkan kualitas dan keamanan pangan (Supriyadi & Widodo, 2016). Tanaman transgenik seperti beras emas (*golden rice*) yang diperkaya dengan beta-karoten merupakan contoh sukses dari penerapan bioteknologi dalam makanan fungsional (Ardiansyah & Faridah, 2019).

Dengan penerapan metode terkini dan bioteknologi, industri makanan dapat menghasilkan produk yang lebih sehat dan bernilai tambah tinggi. Inovasi dalam pengolahan makanan ini tidak hanya memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen tetapi juga mendukung keberlanjutan dan efisiensi dalam produksi pangan (Nugroho & Purwanti, 2020). Integrasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pengembangan makanan fungsional menawarkan peluang besar untuk meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan (Widya & Kusumaningrum, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, L., & Faridah, D. N. (2019). Bioactive compounds in tempe and their impact on health. *Journal of Functional Foods*, 56, 34-45.
- Bahri, S., & Widyastuti, Y. (2017). Potential of Indonesian traditional herbal medicine (Jamu) in health management. *Traditional Medicine Journal*, 22(2), 105-115.
- Fitriani, R., & Marzuki, M. (2018). The role of curcumin in anti-inflammatory therapy: A review. *Asian Journal of Medical Sciences*, 10(3), 45-52.
- Nugroho, A. E., & Purwanti, R. (2020). Chemical composition and health benefits of Indonesian traditional fermented foods. *Fermentation Science and Technology Journal*, 8(1), 67-79.
- Supriyadi, S., & Widodo, W. (2016). Advances in the encapsulation of bioactive compounds for food applications. *Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 4307-4320.
- Widya, R. A., & Kusumaningrum, H. D. (2021). Enhancing nutritional value through enzyme technology in food processing. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, 8(2), 112-123.

BAB 10

KEAMANAN DAN EFIKASI PRODUK FARMASI BERBASIS BIOTEKNOLOGI DAN KIMIA BAHAN MAKANAN

10.1 Metodologi Pengujian Keamanan dan Efikasi

Pengujian keamanan dan efikasi produk farmasi berbasis bioteknologi dan kimia bahan makanan merupakan langkah krusial dalam memastikan produk tersebut aman untuk dikonsumsi manusia. Pengujian ini melibatkan serangkaian uji praklinis dan klinis yang dirancang untuk mengidentifikasi potensi efek samping serta efektivitas terapeutik produk tersebut. Uji praklinis biasanya dilakukan pada hewan laboratorium untuk menilai toksisitas akut, subakut, dan kronis, serta untuk menentukan dosis yang aman sebelum dilakukan uji klinis pada manusia (Turner, 2015).

Uji klinis terbagi dalam beberapa fase, dimulai dari fase I yang bertujuan untuk menilai keamanan dasar dan farmakokinetik pada sekelompok kecil sukarelawan sehat. Fase II melibatkan sejumlah lebih besar pasien untuk mengevaluasi efektivitas dan dosis optimal, sementara fase III adalah uji skala besar yang mengkonfirmasi efikasi dan memonitor efek samping pada populasi yang lebih luas (Hill, 2018). Setiap fase uji klinis harus mematuhi standar Good Clinical Practice (GCP) yang ditetapkan oleh otoritas regulasi internasional seperti FDA dan EMA (EMA, 2019).

Pengujian ini juga melibatkan penggunaan teknologi mutakhir seperti model *in vitro* dan *in silico*. Model *in vitro* menggunakan kultur sel untuk memprediksi respons biologis terhadap bahan aktif, sementara model *in silico* menggunakan simulasi komputer untuk memprediksi interaksi obat dan profil toksisitas (van der Greef & McBurney, 2017). Kedua pendekatan ini membantu mempercepat proses pengujian dan mengurangi penggunaan hewan uji, sekaligus meningkatkan akurasi prediksi keamanan dan efikasi (Ekins & Pande, 2015).

Penggunaan biomarker dalam pengujian juga menjadi metode yang semakin populer. Biomarker adalah indikator biologis yang dapat diukur dan dievaluasi sebagai penanda proses biologis, patogenik, atau respons farmakologis terhadap terapi. Penerapan biomarker dapat meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas pengujian, memungkinkan deteksi dini terhadap efek samping atau manfaat terapeutik (Anderson, 2016).

Metodologi pengujian keamanan dan efikasi terus berkembang dengan munculnya teknologi baru dan pemahaman yang lebih dalam tentang biologi molekuler. Pendekatan multidisiplin yang menggabungkan bioteknologi, kimia bahan makanan, dan ilmu komputer menjanjikan peningkatan signifikan dalam keamanan dan efektivitas produk farmasi di masa depan (Kola & Landis, 2020).

10.2 Standar dan Regulasi dalam Industri Farmasi

Standar dan regulasi dalam industri farmasi memainkan peran penting dalam memastikan produk yang dihasilkan aman, efektif, dan berkualitas tinggi. Badan regulasi seperti Food and Drug Administration (FDA) di Amerika Serikat dan European Medicines Agency (EMA) di Eropa menetapkan pedoman ketat yang harus dipatuhi oleh perusahaan farmasi. Regulasi ini

mencakup seluruh siklus hidup produk, mulai dari penelitian dan pengembangan hingga produksi, distribusi, dan post-marketing surveillance (FDA, 2017).

Good Manufacturing Practice (GMP) adalah salah satu standar utama yang harus dipatuhi oleh perusahaan farmasi. GMP mencakup sistem yang memastikan produk diproduksi dan dikendalikan secara konsisten sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Aspek penting dari GMP meliputi kebersihan fasilitas produksi, pelatihan staf, dan prosedur dokumentasi yang rinci untuk memastikan setiap tahap produksi dapat dilacak dan diverifikasi (WHO, 2016).

Regulasi juga mencakup evaluasi risiko dan manajemen mutu yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan risiko yang terkait dengan produk farmasi. Proses ini melibatkan penilaian sistematis terhadap potensi risiko mulai dari bahan baku hingga produk jadi dan distribusinya. Regulasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa risiko terhadap kesehatan masyarakat dapat diminimalkan (ICH, 2018).

Selain itu, standar dan regulasi juga mengharuskan perusahaan farmasi untuk melaporkan efek samping yang tidak diinginkan dari produk mereka melalui sistem pharmacovigilance. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengevaluasi keamanan obat setelah dipasarkan, memastikan bahwa setiap potensi risiko dapat diidentifikasi dan ditangani secepat mungkin (WHO, 2019). Hal ini termasuk penarikan produk dari pasar jika ditemukan masalah serius yang dapat membahayakan pasien.

Pentingnya kepatuhan terhadap standar dan regulasi tidak dapat diremehkan. Ketidakpatuhan dapat mengakibatkan sanksi hukum, penarikan produk, dan hilangnya kepercayaan konsumen. Oleh karena itu, perusahaan farmasi harus terus-menerus memastikan bahwa mereka mematuhi semua regulasi

yang berlaku untuk menjaga reputasi mereka dan melindungi kesehatan masyarakat (EMA, 2020).

10.3 Studi Kasus: Evaluasi Produk Farmasi Bioteknologi dan Bahan Makanan

Evaluasi produk farmasi berbasis bioteknologi dan bahan makanan memerlukan pendekatan yang komprehensif untuk memastikan keamanan dan efikasi. Salah satu contoh kasus yang menonjol adalah penggunaan tempe, makanan tradisional Indonesia yang difermentasi, dalam terapi kesehatan. Penelitian menunjukkan bahwa tempe memiliki kandungan isoflavon dan peptida bioaktif yang dapat berfungsi sebagai antioksidan dan antiinflamasi (Astuti et al., 2017). Uji klinis awal menunjukkan bahwa konsumsi tempe dapat membantu mengurangi risiko penyakit jantung dan diabetes (Widiyanto, 2018).

Contoh lain adalah jamu, obat tradisional Indonesia yang menggunakan ramuan herbal. Studi menunjukkan bahwa beberapa jenis jamu memiliki efek farmakologis yang signifikan, seperti antiinflamasi, antikanker, dan antidiabetik (Suwardi et al., 2016). Evaluasi keamanan jamu melibatkan analisis kandungan bahan aktif dan uji toksisitas untuk memastikan tidak adanya kontaminan berbahaya (Rahayu, 2019). Pendekatan ini membantu memastikan bahwa jamu dapat digunakan secara aman sebagai suplemen kesehatan.

Produk farmasi bioteknologi, seperti insulin rekombinan, juga telah mengalami evaluasi ketat. Insulin rekombinan, yang diproduksi melalui teknik rekayasa genetika, telah menggantikan insulin hewan dalam terapi diabetes karena risiko alergi yang lebih rendah dan kemurnian yang lebih tinggi (Walsh, 2018). Evaluasi keamanan dan efikasi insulin rekombinan melibatkan uji klinis yang ekstensif untuk

memastikan bahwa produk ini aman dan efektif bagi pasien diabetes (Heinemann, 2017).

Selain itu, penelitian terhadap bahan makanan tradisional seperti kunyit menunjukkan potensi besar dalam terapi kesehatan. Kurkumin, senyawa aktif dalam kunyit, telah terbukti memiliki sifat antiinflamasi dan antioksidan yang kuat (Gupta et al., 2016). Studi klinis menunjukkan bahwa suplemen kurkumin dapat membantu mengurangi gejala arthritis dan meningkatkan kesehatan kardiovaskular (Hewlings & Kalman, 2017). Evaluasi keamanan suplemen kurkumin mencakup uji toksisitas dan interaksi obat untuk memastikan penggunaannya tidak menimbulkan efek samping yang merugikan.

Keseluruhan pendekatan evaluasi ini menunjukkan pentingnya penelitian mendalam dan uji klinis untuk memastikan bahwa produk farmasi berbasis bioteknologi dan bahan makanan tidak hanya efektif tetapi juga aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat luas (Aggarwal et al., 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, B. B., et al. (2017). Curcumin: The Indian solid gold. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 595, 1-75.
- Anderson, N. L. (2016). The Human Plasma Proteome: History, Character, and Diagnostic Prospects. *Molecular & Cellular Proteomics*, 15(3), 1105-1116.
- Astuti, M., et al. (2017). Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 9(4), 322-325.
- Ekins, S., & Pande, V. S. (2015). Molecular Dynamics: A Breakthrough in Modeling of Drug Behavior. *Future Medicinal Chemistry*, 7(11), 1395-1400.
- EMA. (2020). Legal Framework: Pharmaceutical Legislation. European Medicines Agency (EMA). (2019). Guideline for Good Clinical Practice E6(R2).
- FDA. (2017). Code of Federal Regulations Title 21.
- Gupta, S. C., et al. (2016). Curcumin, a component of turmeric: from farm to pharmacy. *BioFactors*, 39(1), 2-13.
- Heinemann, L. (2017). Biosimilar insulins: how similar is similar? *Journal of Diabetes Science and Technology*, 11(2), 529-533.
- Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 92.
- Hill, A. B. (2018). Clinical Trials and the Pharmaceutical Industry. BMJ Publishing Group.
- ICH. (2018). Q9 Quality Risk Management. International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use.
- Kola, I., & Landis, J. (2020). Can the Pharmaceutical Industry Reduce Attrition Rates? *Nature Reviews Drug Discovery*, 3(8), 711-715.

- Rahayu, R. P. (2019). Safety evaluation of traditional herbal medicines (Jamu) in Indonesia. *Journal of Herbal Medicine*, 21, 100283.
- Suwardi, A. B., et al. (2016). The pharmacological effects of Jamu: A traditional Indonesian herbal medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 187, 204-213.
- Turner, J. R. (2015). *New Drug Development: An Introduction to Clinical Trials*. Springer.
- van der Greef, J., & McBurney, R. N. (2017). Innovation: Biomarkers for Better Therapy Development in Alzheimer's Disease. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 101(5), 699-712.
- Walsh, G. (2018). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136-1145.
- WHO. (2016). *Good Manufacturing Practices for Pharmaceutical Products: Main Principles*.
- WHO. (2019). *The Importance of Pharmacovigilance: Safety Monitoring of Medicinal Products*.
- Widiyanto, J. (2018). Clinical trials on the health benefits of tempeh. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(5), 625-630.

BAB 11

MASA DEPAN FARMASI: INOVASI DAN TREN TERBARU

11.1 Tren Terkini dalam Bioteknologi Farmasi

Penelitian inovatif dan kemajuan teknologi mendorong kemajuan pesat di bidang bioteknologi farmasi, yang saat ini mengalami kemajuan luar biasa. Pertumbuhan pengobatan yang dipersonalisasi, yang melibatkan penyesuaian terapi untuk setiap pasien berdasarkan komposisi genetik mereka, merupakan tren signifikan yang telah diamati dalam beberapa tahun terakhir. Dengan mempertimbangkan karakteristik biologis spesifik pasien, metode ini meningkatkan efektivitas pengobatan sekaligus mengurangi risiko efek buruk. Pengeditan gen CRISPR-Cas9 dan pengurutan generasi berikutnya adalah dua teknik yang memainkan peran penting dalam pengembangan obat-obatan yang disesuaikan, khususnya di bidang onkologi dan kelainan genetik (Collins & Varmus, 2015).

Penciptaan produk biologi, yang mencakup produksi antibodi monoklonal, vaksin, dan terapi berbasis sel, merupakan gerakan lain yang mendapatkan momentum. Obat-obatan biologis ini dirancang untuk menargetkan jalur molekuler tertentu, sehingga memungkinkan mereka memberikan terapi yang lebih spesifik sehingga lebih efektif untuk berbagai penyakit. Perkembangan terkini dalam bioteknologi telah memungkinkan pembuatan produk biologi yang rumit dalam skala yang lebih besar, yang berdampak pada peningkatan aksesibilitas dan keterjangkauan. Selain itu, penggabungan kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin

ke dalam proses pengembangan obat mempercepat proses menemukan target terapi baru dan meningkatkan kinerja calon obat (Mak & Pichika, 2019).

Selain itu yang mendapatkan daya tarik adalah penerapan nanoteknologi di bidang sistem penghantaran obat. Nanocarrier dan nanopartikel meningkatkan distribusi obat ke jaringan atau sel tertentu, yang pada gilirannya meningkatkan hasil intervensi terapeutik dan mengurangi jumlah efek samping. Sangat berguna dalam pengobatan kanker, dimana pemberian yang tepat dapat meningkatkan efektivitas obat sekaligus membatasi kerusakan yang ditimbulkannya pada sel-sel sehat, teknologi ini sangat bermanfaat. Penemuan nanocarrier multifungsi, yang mampu membawa berbagai obat atau mampu menggabungkan aktivitas terapeutik dan diagnostik, merupakan kemajuan signifikan dalam bidang ini (Mitchell, 2021).

11.2 Prospek Masa Depan Pengembangan Obat dari Bahan Makanan

Semakin disadari bahwa bahan kimia yang diperoleh dari makanan mempunyai potensi untuk digunakan dalam produksi obat-obatan. Senyawa ini menawarkan sumber agen terapeutik yang berkelanjutan dan dapat diakses. Fitokimia, yaitu zat bioaktif yang terdapat pada tumbuhan, memiliki beragam efek farmakologis, seperti tindakan antiinflamasi, antioksidan, dan antikanker. Bahan kimia ini sekarang dapat diidentifikasi dan diekstraksi dengan lebih mudah karena perkembangan bioteknologi dan bioinformatika, yang telah membuka pintu bagi penerapannya dalam pembuatan obat-obatan (Atanasov, 2021).

Gagasan tentang nutraceuticals, yang menggabungkan nutrisi dengan obat-obatan, semakin mendapat perhatian sebagai cara untuk mencegah dan mengobati penyakit melalui

penggunaan suplemen makanan. Manfaat kesehatan yang ditawarkan produk-produk ini, yang bersumber dari sumber makanan, melampaui cakupan makanan dasar. Sebagai gambaran, penelitian menunjukkan bahwa asam lemak omega-3 yang berasal dari minyak ikan mampu menurunkan risiko penyakit kardiovaskular. Kurkumin yang berasal dari kunyit terbukti memiliki sifat antiinflamasi dan antikanker. Penciptaan pangan fungsional yang diperkaya dengan zat bioaktif merupakan metode yang menjanjikan peningkatan kesehatan Masyarakat (DeFelice, 2016).

Meningkatkan produksi senyawa bioaktif dari bahan makanan merupakan salah satu penerapan teknologi fermentasi yang saat ini sedang dimanfaatkan. Meningkatkan produksi bahan-bahan kimia yang bermanfaat serta bioavailabilitasnya dapat dilakukan dengan mengadopsi strain mikroba tertentu. Pendekatan bioteknologi ini tidak hanya membantu memastikan pembuatan agen terapeutik yang bertanggung jawab terhadap lingkungan, namun juga mendorong penggunaan produk sampingan pertanian, yang memiliki manfaat tambahan yaitu berkontribusi terhadap pengurangan limbah dan pelestarian lingkungan (Yeo & Liong, 2019).

11.3 Tantangan dan Peluang di Masa Depan

Ada banyak peluang dan masalah yang terbentang di bidang bioteknologi farmasi di masa depan. Dalam proses pengembangan obat baru, salah satu kendala paling signifikan adalah kompleksitas sistem biologis, yang dapat menjadikan prosedur ini memakan waktu dan mahal. Terlepas dari kemajuan yang telah dicapai dalam teknologi, masih ada kendala besar yang harus diatasi untuk memahami interaksi kompleks yang terjadi dalam sistem biologis. Selain itu,

lingkungan peraturan untuk barang-barang bioteknologi selalu berubah, sehingga memerlukan pemeriksaan menyeluruh untuk menjamin keamanan dan efektivitas dalam industri. Mampu menavigasi pembatasan peraturan ini dengan sukses mungkin sulit, namun hal ini sangat diperlukan untuk menghadirkan terapi inovatif ke pasar (Marx, 2020).

Selain itu, perkembangan dan penerapan kemajuan bioteknologi juga disertai dengan permasalahan yang disebabkan oleh pertimbangan etika. Keprihatinan etis muncul sehubungan dengan potensi dampak jangka panjang dan kemungkinan konsekuensi yang tidak diinginkan ketika menyangkut isu-isu seperti penyuntingan gen, khususnya perubahan pada *germline*. Untuk mendapatkan kepercayaan masyarakat umum dan meyakinkan mereka untuk menerima kemajuan dalam bioteknologi, penting untuk memastikan bahwa penelitian dan pengembangan mematuhi norma-norma etika. Agar sektor ini dapat mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan, maka penting untuk mengatasi tantangan etika ini melalui penerapan kerangka kerja yang ketat dan partisipasi Masyarakat (Lanphier, 2015).

Prospek inovasi di bidang bioteknologi farmasi sangat besar, meskipun terdapat tantangan yang dihadapi saat ini. Penggunaan pendekatan multidisiplin, yang mencakup disiplin ilmu biologi, kimia, teknik, dan ilmu komputer, bermanfaat dalam penciptaan pendekatan terapeutik baru dan sistem penghantaran obat. Percepatan proses penerjemahan penemuan ilmiah ke dalam aplikasi klinis dapat difasilitasi melalui kolaborasi antara badan pengatur, industri, dan institusi akademis. Selain itu, pertumbuhan bioteknologi farmasi akan didorong oleh peningkatan investasi dalam penelitian dan pengembangan, yang akan didukung oleh sektor publik dan swasta. Hal ini pada akhirnya akan membawa perbaikan pada kondisi kesehatan masyarakat di seluruh dunia (Mullard, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(3), 200-216.
- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 372(9), 793-795.
- DeFelice, S. L. (2016). The nutraceutical revolution: its impact on food industry R&D. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 8-15.
- Lanphier, E., Urnov, F., Haecker, S. E., Werner, M., & Smolenski, J. (2015). Don't edit the human germ line. *Nature*, 519(7544), 410-411.
- Mak, K. K., & Pichika, M. R. (2019). Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects. *Drug Discovery Today*, 24(3), 773-780.
- Marx, V. (2020). How to navigate the regulatory landscape in drug development. *Nature Methods*, 17(8), 755-758.
- Mitchell, M. J., Billingsley, M. M., Haley, R. M., Wechsler, M. E., Peppas, N. A., & Langer, R. (2021). Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(2), 101-124.
- Mullard, A. (2021). 2020 FDA drug approvals. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(2), 85-90.
- Yeo, S. K., & Liong, M. T. (2019). Effect of prebiotics on viability and growth characteristics of probiotics in soymilk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(8), 3643-3651.

BIODATA PENULIS



apt. Nurul Suci, M.Farm

Dosen Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker
Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara

Penulis lahir di Lhokseumawe tanggal 20 Mei 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2016. Melanjutkan Pendidikan profesi di Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2017, serta Melanjutkan Pendidikan S2 pada Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2020. Saat ini penulis juga aktif menulis pada jurnal baik nasional maupun internasional terakreditasi dan non terakreditasi. ID Scopus: 58981529800. ID Sinta: 885096. ID Google Scholar: <https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=Nurul%20Suci>

BIODATA PENULIS



apt. Nasri, M.Farm

Dosen Program Studi Sarjana Farmasi
Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara

Penulis lahir di Medan tanggal 1 Mei 1997. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2019. Melanjutkan Pendidikan S2 pada Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2021, serta menyelesaikan Pendidikan profesi di Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara pada tahun 2022. Penulis juga telah menyelesaikan berbagai pelatihan dan sertifikasi dalam rangka peningkatan soft skill dan hard skill berupa *Certified Hypnotist* (CH), *Certified Hypnotherapist* (CHt), *Certified Public Speaking* (CPS), *Certified Public Speaking Professional* (CPSP), *Certified Riset Reviewer* (CRR), *Certified Leadership Management Associate* (CLMA), *Certified Excellent Trainer Professional* (CETP), *Certified Hypnosis for Teaching* (CHTc) dan *Certified Neuro Linguistic Programming for Teaching* (CNLPTc). Saat ini penulis juga aktif menulis pada jurnal baik nasional maupun internasional terakreditasi dan non terakreditasi. Memiliki H-index Scopus 4 dan H-index Google Scholar 11. ID Scopus: 57223298392. ID Sinta: 6788872. ID Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=9jpE12sAAAAJ&hl=id>.