



Bioteknologi

Srinatalia Silaen S.Si., M.Si.

BIOTEKNOLOGI

BIOTEKNOLOGI

Srinatalia Silaen, S.Si., M.Si.



BIOTEKNOLOGI

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis: Srinatalia Silaen, S.Si., M.Si.

Editor: Srinatalia Silaen, S.Si., M.Si.

Cetakan Pertama: November 2022

Cover: Tim Penyusun

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2022, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I –: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
Dimensi : 14,8 x 21 cm
ISBN: 978-623-448-319-2

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang telah menganugerahi saya dengan kesehatan, berkat dan kesempatan, sehingga mendukung terselesainya Buku Ajar ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Bioteknologi adalah cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi, virus, dan lain-lain) maupun produk dari makhluk hidup (enzim, alkohol) dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa. Dewasa ini, perkembangan bioteknologi tidak hanya didasari pada biologi semata, tetapi juga pada ilmu-ilmu terapan dan murni lain, seperti biokimia, biologi molekular, mikrobiologi, genetika, kimia, matematika, dan lain sebagainya. Dengan kata lain, bioteknologi adalah ilmu terapan yang menggabungkan berbagai cabang ilmu dalam proses produksi barang dan jasa.

Bioteknologi sebagai suatu teknologi sebenarnya bukanlah hal baru. Bioteknologi secara sederhana sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Sebagai contoh, di bidang teknologi pangan adalah pembuatan bir, roti, maupun keju yang sudah dikenal sejak abad ke-19. Prinsip dasar upaya pembuatan makanan tersebut pada umumnya sama, yaitu sejumlah bahan dasar didedahkan (exposure) ke jasad renik tertentu yang akan mentransformasikan bahan dasar (anggur, barley, susu atau gandum) menjadi produk yang diinginkan. Selain pembuatan bir, bioteknologi juga diterapkan pada proses pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas-varietas baru di bidang pertanian dan pemuliaan dan reproduksi hewan.

Kami menyadari sebagai manusia dengan pengetahuan yang terbatas dan tidak lepas dari kesalahan, maka Buku ajar

ini mungkin masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang instruktif agar buku ajar ini dapat menjadi lebih baik dan bermanfaat kedepannya.

Pematangsiantar, November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP BIOTEKNOLOGI ..	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Sejarah bioteknologi	2
C. Defenisi Bioteknologi.....	4
D. Bioteknologi Modern	5
E. Lingkup Penerapan Bioteknologi	7
F. Peranan Ilmu Biologi, Biokimia, dan Keteknikan dalam Perkembangan Bioteknologi Molekular.....	9
G. Teknik-Teknik dalam Bioteknologi Molekular	34
BAB II TEKNOLOGI FERMENTASI, MANFAAT DAN APLIKASINYA	52
A. Pendahuluan.....	52
B. Teknologi Fermentasi.....	53
C. Metode Fermentasi.....	53
D. Fermentasi	54
E. Manfaat dan Aplikasinya.....	56
F. Fermentasi Makanan	57
G. Fermentasi Hasil Pertanian menjadi Etanol.....	59
H. Fermentasi Pakan Ternak.....	62

I. Fermentasi Ikan	63
BAB III ENZIM.....	65
A. Pengertian Enzim	65
B. Enzim Selulase	66
C. Aktivitas Enzim.....	67
BAB IV PRODUKSI ENZIM.....	69
A. Sumber Enzim.....	69
B. Kapang Selulolitik.....	73
C. Substrat Produksi Selulase	80
D. Reagen DNS dan Bradford	82
E. Gula Reduksi dan Kadar Protein	84
F. Aktivitas Enzim.....	85
G. Produksi Enzim Selulase.....	88
BAB V BIOTEKNOLOGI TANAMAN, MANFAAT DAN APLIKASINYA.....	90
A. Bioteknologi Tanaman	91
B. Teknologi Kultur <i>In vitro</i>	92
C. Rekayasa Genetika Tanaman.....	99
D. Manfaat dan Aplikasi Bioteknologi Tanaman	100
E. Manfaat dan Aplikasi Teknologi Haploid dan Double- haploid	101
F. Manfaat dan Aplikasi Hibridisasi Somatik melalui Teknologi Protoplas	102
G. Manfaat dan Aplikasi Variasi Somaklonal	104
H. Manfaat dan Aplikasi Mutagenesis <i>In-Vitro</i>	105

I. Manfaat dan Aplikasi Teknologi Rekayasa Genetika.....	106
BAB VI REKAYASA GENETIKA (TEKNOLOGI DNA-REKOMBINAN) DAN APLIKASINYA.....	108
A. Bidang Pertanian	110
B. Bidang Kedokteran	117
C. Bidang Lingkungan.....	124
DAFTAR PUSTAKA.....	126
BIOGRAFI PENULIS	147

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sejarah Perkembangan Bioteknologi.....	6
Tabel 2. Tata nama nukleosida, nukleotida, dan asam nukleat	16
Tabel 3. Beberapa enzim restriksi dan sisi pengenalannya (palindrome)	49
Tabel 4. Hasil Fermentasi dan Mikroorganisme.....	58
Tabel 5. Sumber enzim selulase dan pektinase	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram yang menghubungkan peranan ilmu biologi, ilmu kimia, dan ilmu teknik untuk mendukung bidang bioteknologi dalam proses produksi barang dan jasa.....	10
Gambar 2. Struktur Nukleotida pada penyusun RNA	13
Gambar 3. Struktur basa purin dan pirimidin (Adenin dan Guanin; Cytosin, Tymin dan Urasil)	15
Gambar 4. Struktur primer dari molekul DNA dan RNA	18
Gambar 5. Struktur double heliks molekul DNA.....	20
Gambar 6. Perbedaan struktur DNA dan RNA	22
Gambar 7. Dogma central biologi molekular	23
Gambar 8. Siklus PCR, yang terdiri dari denaturasi, penempelan primer (annealing) dan polimerisasinya.....	39
Gambar 9. Jumlah penggandaan fragmen DNA pada tahapan PCR.....	40
Gambar 10. Visualisasi produk PCR hasil elektroforesis pada gel agarosa	44
Gambar 11. Tahapan dan prinsip dasar pada proses kloning gen.....	45
Gambar 12. Tahapan fermentasi kedelai menjadi tempe	59
Gambar 13. Tahapan pembuatan etanol dari kulit pepaya	60
Gambar 14. Tahapan pembuatan etanol dari sari kulit nanas.....	60
Gambar 15. Fermentasi ikan secara spontan	64
Gambar 16. a) <i>Trichoderma Viride</i> dalam media PDA umur 4 hari. b) <i>Trichoderma Viride</i> dalam media PDA umur 6 hari	71
Gambar 17. Ampas tebu halus	72
Gambar 18. Kurva pertumbuhan fungi	78

Gambar 19. a) Karakter makroskopis dan b) mikroskopis Trichoderma viride.....	80
Gambar 20. Pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH.....	82

BAB I

PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP BIOTEKNOLOGI

A. Pendahuluan

Bioteknologi memiliki peran dalam memperbaiki dan mengendalikan mutu lingkungan hidup. Penerapan bioteknologi dapat dilakukan pada unit dengan skala kecil yang tidak memerlukan infrastruktur atau sarana dan prasarana yang besar. Dalam teknik bioteknologi beberapa teknik yang diterapkan cenderung hemat energi, lebih ekonomis, dan lebih aman dibandingkan proses tradisional saat ini. Selain itu, bioteknologi dalam prosesnya, residu yang dihasilkan, ramah lingkungan mudah untuk diuraikan dan tidak beracun.

Bioteknologi adalah proses transformasi dengan memanfaatkan pengetahuan biologi, biokimia, mikrobiologi, biologi molekuler, biofarmasi dan kemajuan rekayasa dalam sebuah penelitian memakai sel hidup yang akan membawa penemuan baru dan penyempurnaan pemecahan masalah di berbagai bidang kehidupan manusia. (Tajuddin, 2008) Bioteknologi merupakan sebuah rekayasa dan manipulasi pada proses biologi dan sistem menggunakan bantuan agen biologi berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah. Prinsip-prinsip ilmiah yang digunakan berdasarkan pada berbagai disiplin ilmu, terutama di bidang mikrobiologi, mikroorganisme, biologi sel, genetika, biokimia, imunologi, rekayasa biokimia, kimia, teknologi bioinformatika dan biologi komputasi, teknologi antibodi monoklonal, kultur jaringan, teknologi

rekayasa biokimia, teknologi rekayasa genetika, teknologi rekayasa protein, teknologi biofisika, teknologi biosensor.

B. Sejarah bioteknologi

Istilah bioteknologi pertama kali dikemukakan oleh Karl Ereky, seorang insinyur Hongaria pada tahun 1917 untuk mendeskripsikan produksi babi dalam skala besar dengan menggunakan bit gula sebagai sumber pakannya (Suwanto,1998). Beragam batasan dan pengertian dikemukakan oleh berbagai lembaga untuk menjelaskan tentang bioteknologi. Bioteknologi berasal dari kata: Bios: hidup; Teuchos: alat; Logos: ilmu; sehingga bioteknologi dapat diartikan sebagai cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi, virus, dan lain-lain) maupun produk dari makhluk hidup (protein bioaktif, enzim, vitamin, asam basa organik, alkohol, dan lain lain) dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa.

Sebagian besar peristiwa besar dalam tonggak sejarah kehidupan umat manusia didorong oleh adanya perkembangan ilmu dan teknologi. Peningkatan peradaban dan kesadaran pada bidang pertanian dan bekerja menggunakan logam membawa umat manusia keluar dari zaman batu. Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir ini, bioteknologi telah mengalami perkembangan sangat pesat. Pesatnya perkembangan ini sejalan dengan tingkat kebutuhan umat manusia dimuka bumi.

Produk-produk bioteknologi sangat erat dengan perkembangan bioteknologi pada zamannya. Adapun era bioteknologi dapat dibagi atas (Suharto, 1995):

1. Era Pra Pasteur (sebelum 1865), perbaikan teknik fermentasi oleh mikroorganisme misalnya minuman beralkohol.

2. Era Pasteur (1865-1940), pengembangan industri fermentasi pembuatan etanol, butanol dan asam organik, perlakuan air buangan.
3. Era Antibiotika (1940-1960), pembuatan penisilin yang mulai digunakan pada saat pendaratan tentara Amerika di Normandy selama perang dunia kedua, vaksin virus, teknologi kultur sel hewan.
4. Era Pasca Antibiotika (1960-1975), asam-asam amino, eluidasi struktur DNA, protein sel tunggal, enzim untuk deterjen, gasohol, biogas, dan teknologi rekombinan DNA.
5. Era Bioteknologi Modern (1975 - sampai saat ini), rekayasa genetika, zat antibodi monoklonal, hormon insulin, dan hormon pertumbuhan ikan tuna, dan lain-lain.

Menurut EFB (*European Federation of Biotechnology*), bioteknologi sebagai perpaduan dari ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa yang bertujuan untuk meningkatkan aplikasi organisme hidup, sel, bagian dari organisme hidup, dan/atau analog molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa. Definisi EFB ini berlaku untuk kedua bioteknologi 'tradisional atau tua' dan bioteknologi 'baru atau modern'. Bioteknologi tradisional mengacu pada teknik konvensional yang telah digunakan selama berabad-abad untuk menghasilkan bir, anggur, keju dan makanan lainnya sejak zaman Yunani dan Mesir kuno, sedangkan bioteknologi 'baru atau modern' mencakup semua metode modifikasi genetik oleh DNA rekombinan dan teknik fusi sel dengan perkembangan proses bioteknologi modern dari bioteknologi 'tradisional'.

C. Defenisi Bioteknologi

Bioteknologi mempunyai denisi sebagai ilmu menggunakan dan menerapkan rekayasa dan prinsip ilmiah untuk menghasilkan produk berupa makhluk hidup baru, barang, atau jasa untuk kehidupan manusia dengan memanfaatkan mikroorganisme, sel hewan, dan tumbuhan. Menurut Yusal (2021), bioteknologi merupakan ilmu mengenai pemafaatan mikroorganisme atau agen biologi untuk menghasilkan teknologi atau produk yang memiliki manfaat bagi kehidupan manusia. Produk yang dihasilkan merupakan penggabungan ilmu dasar dan ilmu terapan yang diubah menjadi teknologi. Hasil bioteknologi berupa barang, jasa, dan makhluk hidup. Makhluk hidup hasil buoteknologi berupa hewan ternak dan tanaman budidaya yang bersifat unggul. Barang dapat berupa makanan, minuman, obat-obatan, vitamin, dan bahan bakar. Adapun jasa yang dihasilkan dimanfaatkan dalam pemisahan logam, pembasmi hama tanaman, dan pengolahan limbah.

Menurut But *et al*, (1982) bioteknologi merupakan penerapan asas-asas sains (ilmu pengetahuan alam) dan rekayasa (teknologi) untuk pengolahan suatu bahan dengan melibatkan aktivitas jasad hidup untuk menghasilkan barang dan/atau jasa. Sedangkan Primrose (1987), bioteknologi merupakan eksploitasi komersial organisme hidup atau komponennya seperti: sel, enzim dan senyawa organik lainnya.

Penemuan fungsi dan struktur DNA, menjadikan penerapan bioteknologi di kehidupan semakin pesat. Ditandai dengan pemahaman tentang struktur DNA pada tahun 1960-an dan sampai kepada berkembangnya berbagai teknik molekuler berhasil menjadikan pemahaman tentang gen menjadi semakin baik. Hal ini berhasil mendorong penerapan bioteknologi modern berkembang pesat (Sutarno, 2016).

Penerapan metode rekayasa genetika menghasilkan barang dan jasa baru yang lebih modern. Rekayasa genetik merupakan DNA rekombinasi dikonstruksi dengan materi genetik dari sumber yang berbeda untuk menghasilkan individu baru dengan sifat yang diinginkan. Rekayasa genetika dimanfaatkan dalam terapi gen, pembuatan vaksin, dan organisme transgenik. Produk dan jasa bioteknologi berperan dalam penyediaan bahan pangan dengan kualitas unggul dan aman dikonsumsi. Selain itu, bioteknologi memiliki peran dalam menjaga mutu lingkungan hidup.

D. Bioteknologi Modern

Bioteknologi modern lahir pada awal tahun 70-an diawali dengan inovasi para ilmuwan Amerika Serikat (AS) mengembangkan teknologi DNA rekombinan. Berkat penemuan ini lahirlah perusahaan bioteknologi pertama di dunia, yaitu Genentech di AS yang berhasil memproduksi protein hormon insulin recombinant yang dibutuhkan penderita diabetes, dalam sel bakteri *Escherichia coli*. Selama ini insulin hanya bisa didapatkan dalam jumlah sangat terbatas dari organ pankreas sapi atau babi (Witarto, 2003). Perkembangan bioteknologi modern tidak lepas dari perkembangan bioteknologi molekuler yang didorong oleh pengetahuan tentang biologi sel dan molekuler. Bioteknologi molekuler ditujukan untuk memanipulasi suatu organisme pada taraf selular dan molekuler (rekayasa genetika dan biologi molekuler). Bioteknologi juga mempunyai peran penting dalam ilmu pengetahuan. Seiring majunya jaman, bioteknologi mengalami pembaruan yang awalnya proses bioteknologi yang bersifat tradisional menuju bioteknologi modern. Bioteknologi terbukti memiliki manfaat bagi kehidupan manusia dalam peningkatan kesejahteraan dan

perbaikan hidup, antara lain penerapannya untuk mengurangi pencemaran lingkungan, mengatasi masalah di bidang kesehatan, mengatasi masalah kelangkaan bahan pangan, dan penciptaan individu baru melalui rekayasa genetika.

Tabel 1. Sejarah Perkembangan Bioteknologi

No	Tahun	Kejadian/Penemuan
01	1917	Karl Ereky memperkenalkan istilah bioteknologi
02	1943	Produksi penisilin dalam skala industri
03	1944	Avery, MacLeod dan McCarty menemukan DNA sebagai materi genetika
04	1953	Watson dan Crick menemukan struktur ganda heliks DNA
05	1961	Jurnal bioteknologi dan bioengineering pertama diterbitkan
06	1966	Kode genetika berhasil diuraikan
07	1970	Enzim restriksi endonuklease berhasil diisolasi
08	1972	Khorana dkk. mensintesis gen tRNA
09	1973	Boyer dan Cohen memantapkan teknologi DNA rekombinan
10	1975	Kohler dan Milstein memproduksi antibodi monoklonal
11	1976	Buku petunjuk DNA rekombinan diluncurkan pertama kali
12	1978	Perusahaan Genetech memproduksi insulin manusia dalam bakteri <i>E. coli</i>
13	1980	Mahkamah Agung AS memutuskan mikroba transgenik dapat dipatenkan
14	1981	Mesin sintesis DNA otomatis pertama kali dijual secara komersial
15	1981	Antibodi monoklonal berbasis kit diagnostik digunakan pertama kali di AS
16	1982	Vaksin dari hewan transgenik diproduksi pertama kali

No	Tahun	Kejadian/Penemuan
17	1982	Hormon insulin rekombinan mulai dijual secara komersial
18	1983	Mesin plasmid Ti digunakan untuk transformasi gen tanaman
19	1983	Metode PCR untuk amplifikasi DNA secara <i>in vitro</i> diperkenalkan oleh Mullis
20	1990	Proyek pemetaan genom manusia mulai dilakukan
21	1997	Kloning sel inti pada mamalia dengan menggunakan sel epitel domba
22	2002	Padi transgenik yang mengandung β -karoten mulai diproduksi
23	2003	Proyek pemetaan genom manusia telah rampung

Sumber: Modifikasi dari Glick dan Pasternak (2003).

Pengembangan bioteknologi yang ada di Indonesia masih tertinggal dengan bangsa lain. Faktor yang menyebabkan ketertinggalan bioteknologi di Indonesia yaitu minimnya pemberian dana untuk pelaksanaan penelitian. Menurut data LIPI (2016), anggaran penelitian Indonesia termasuk ke dalam anggaran paling terendah di Asia tenggara yaitu sebesar 0.2% dengan jumlah uang sebesar 17 triliun. Negara Thailand dan Singapura telah mengalokasikan dana penelitian sebesar 2.5%, sementara Malaysia mengalokasikan sebesar 1.8%.

E. Lingkup Penerapan Bioteknologi

Seperti sudah dibahas di atas, bioteknologi dibedakan menjadi 2 (dua) bioteknologi tradisional dan modern. Bioteknologi tradisional yaitu yang dalam prakteknya memanfaatkan organisme atau mikrobia untuk memodifikasi bahan dan lingkungan agar diperoleh produk optimal, contoh