



PENGENALAN **BIOTEKNOLOGI** DAN APLIKASINYA

**DALAM KESEHATAN
DAN PANGAN**

Makhabbah Jamilatun, M.Si.

BUKU AJAR
PENGENALAN BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA
DALAM KESEHATAN DAN PANGAN

Makhabbah Jamilatun, M.Si.



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002026023668, 7 Februari 2026

Pencipta

Nama : **Makhabbah Jamilatur, M.Si.**

Alamat : Denokan RT 03/02, Sukoharjo, Kab. Sukoharjo, Jawa Tengah, 57511

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Makhabbah Jamilatur, M.Si.**

Alamat : Denokan RT 03/02, Sukoharjo, Kab. Sukoharjo, Jawa Tengah, 57511

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Pengenalan Bioteknologi dan Aplikasinya dalam Kesehatan dan Pangan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 7 Februari 2026, di Kab. Sukoharjo

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor Pencatatan : 001133921

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Agung Damarsasongko,SH.,MH.
NIP. 196912261994031001



Disclaimer:

1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah disegel secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.

BUKU AJAR
PENGENALAN BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA
DALAM KESEHATAN DAN PANGAN

Penulis:
Makhabbah Jamilatun, M.Si.

Desain Cover:
Tahta Media

Editor:
Tahta Media

Proofreader:
Tahta Media

Ukuran:
viii, 183, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-145-5

Cetakan Pertama:
Februari 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2026 by Tahta Media Group
All Right Reserved

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

Perumahan Mitra Utama Residence 3 Blok A no 1, Sawahan, Tempel,
Kec. Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57557

email: tahtaliterasimedia@gmail.com

website: <http://store.tahtamedia.co.id/>

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga buku “Pengenalan Bioteknologi dan Aplikasinya dalam Kesehatan dan Pangan” dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ini hadir untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai bioteknologi, mulai dari konsep dasar hingga aplikasinya dalam bidang kesehatan dan pangan.

Pembahasan dalam buku ini disusun secara sistematis. Di awal menguraikan definisi, sejarah, ruang lingkup, serta prospek bioteknologi. Bab berikutnya menekankan dasar-dasar sel dan molekul biologis, materi genetika, hingga ekspresi gen yang menjadi landasan bagi perkembangan bioteknologi modern. Selanjutnya, buku ini membahas secara komprehensif mengenai fermentasi, peran mikroorganisme, kultur jaringan tanaman, serta rekayasa genetika dan DNA rekombinan. Teknik analisis DNA dan PCR juga dipaparkan karena keduanya merupakan metode penting dalam riset maupun aplikasi praktis. Bagian akhir dari buku ini mempelajari aplikasi bioteknologi dalam bidang farmasi, kesehatan, dan pangan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, masukan dan saran dari pembaca sangat diharapkan demi penyempurnaan edisi selanjutnya. Besar harapan penulis, buku ini dapat menjadi referensi bermanfaat bagi mahasiswa maupun pembaca yang tertarik pada bidang bioteknologi.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberi kontribusi nyata dalam memperluas wawasan, mendukung inovasi, serta mendorong perkembangan bioteknologi untuk kesejahteraan manusia.

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
PENDAHULUAN	1
BAB 1 PENDAHULUAN	2
A. Deskripsi	2
B. Tujuan Pembelajaran	2
C. Materi Pembelajaran	2
D. Rangkuman	8
E. Latihan Soal	9
Referensi	11
BAB 2 DASAR-DASAR SEL DAN MOLEKUL BIOLOGIS	12
A. Deskripsi	12
B. Tujuan Pembelajaran	12
C. Materi	13
D. Rangkuman	22
E. Latihan Soal	22
Referensi	24
BAB 3 MATERI GENETIK	26
A. Deskripsi	26
B. Tujuan Pembelajaran	26
C. Materi	26
D. Rangkuman	33
E. Latihan Soal	34
Referensi	35
BAB 4 EKSPRESI GEN	36
A. Deskripsi	36
B. Tujuan Pembelajaran	36
C. Materi	36
D. Rangkuman	46
E. Latihan Soal	46
Referensi	48
BAB 5 FERMENTASI	49
A. Deskripsi	49
B. Tujuan Pembelajaran	49

C. Materi	49
D. Rangkuman	66
E. Latihan Soal	67
Referensi	68
BAB 6 BIOTEKNOLOGI MIKROBA	70
A. Deskripsi	70
B. Tujuan Pembelajaran	70
C. Materi	70
D. Rangkuman	77
E. Latihan Soal	78
Referensi	79
BAB 7 KULTUR JARINGAN TANAMAN	81
A. Deskripsi	81
B. Tujuan Pembelajaran	81
C. Materi	81
D. Rangkuman	93
E. Latihan Soal	93
Referensi	95
BAB 8 REKAYASA GENETIK DAN DNA REKOMBINAN	96
A. Deskripsi	96
B. Tujuan Pembelajaran	96
C. Materi	96
D. Rangkuman	108
E. Latihan Soal	109
Referensi	110
BAB 9 ANALISIS DNA	111
A. Deskripsi	111
B. Tujuan Pembelajaran	111
C. Materi	111
D. Rangkuman	119
E. Latihan Soal	119
Referensi	121
BAB 10 POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR)	122
A. Deskripsi	122
B. Tujuan Pembelajaran	122
C. Materi	122

D. Rangkuman	128
E. Latihan Soal	128
Referensi	130
BAB 11 APLIKASI BIOTEKNOLOGI DALAM FARMASI	131
A. Deskripsi	131
B. Tujuan Pembelajaran	131
C. Materi	131
D. Rangkuman	137
E. Latihan Soal	138
Referensi	139
BAB 12 APLIKASI BIOTEKNOLOGI DALAM KESEHATAN	140
A. Deskripsi	140
B. Tujuan Pembelajaran	140
C. Materi	140
D. Rangkuman	147
E. Latihan Soal	147
Referensi	149
BAB 13 VAKSIN DAN RESPON IMUN	150
A. Deskripsi	150
B. Tujuan Pembelajaran	150
C. Materi	150
D. Rangkuman	163
E. Latihan Soal	164
Referensi	165
BAB 14 APLIKASI BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG PANGAN	167
A. Deskripsi	167
B. Tujuan Pembelajaran	167
C. Materi	167
D. Rangkuman	178
E. Latihan Soal	179
Referensi	180
PENUTUP	182
PROFIL PENULIS	183

PENDAHULUAN

Bioteknologi merupakan salah satu bidang ilmu yang berkembang pesat dan telah memberikan kontribusi besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Bioteknologi mengintegrasikan beberapa ilmu diantaranya biologi, kimia, bioinformatika, dan teknologi untuk menghasilkan produk maupun solusi inovatif di bidang kesehatan, pangan, pertanian, farmasi, hingga lingkungan. Kehadirannya tidak hanya menjawab tantangan kebutuhan manusia, tetapi juga menawarkan prospek baru dalam meningkatkan kualitas hidup di masa depan.

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai bioteknologi, dimulai dari konsep dasar hingga penerapannya dalam kehidupan nyata. Bab awal menjelaskan definisi, sejarah perkembangan, serta ruang lingkup bioteknologi. Setelah itu, dasar-dasar sel, molekul biologis, materi genetik, dan ekspresi gen, yang merupakan poin utama bagi setiap proses bioteknologi modern.

Pembahasan berikutnya difokuskan pada fermentasi, peran mikroorganisme, kultur jaringan tanaman, serta rekayasa genetik dan DNA rekombinan. Topik-topik tersebut menjelaskan bagaimana bioteknologi konvensional bertransformasi menjadi bioteknologi modern dengan memanfaatkan teknik molekuler, analisis DNA, dan PCR untuk menghasilkan produk yang lebih spesifik, efektif, dan bermanfaat.

Pada bagian akhir, buku ini membahas mengenai aplikasi bioteknologi dalam bidang farmasi, kesehatan, dan pangan, seperti produksi obat rekombinan, vaksin, terapi gen, diagnostik molekuler, imunoterapi, pangan fungsional. Pembahasan ini menunjukkan bahwa bioteknologi memiliki potensi besar dalam menjawab tantangan, baik kesehatan maupun pangan.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Bab ini membahas dasar-dasar bioteknologi, perbedaan antara bioteknologi konvensional dan molekuler, ruang lingkup, tantangan dan prospek bioteknologi dalam menjawab kebutuhan terkait kesehatan dan ketahanan pangan.

B. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa mampu:

1. Memahami konsep dasar dan sejarah perkembangan bioteknologi
2. Menganalisis ruang lingkup dan peran bioteknologi
3. Mengevaluasi tantangan dan prospek bioteknologi

C. MATERI PEMBELAJARAN

1.1 Definisi dan Konsep Dasar Bioteknologi

Bioteknologi merupakan ilmu terapan yang memanfaatkan sistem biologis, organisme hidup, maupun produk turunannya untuk menghasilkan solusi yang bermanfaat bagi manusia. Definisi modern menekankan integrasi biologi molekuler, genetika, biokimia, dan teknologi rekayasa dalam upaya mengoptimalkan fungsi biologis untuk kepentingan kesehatan, pangan, energi, dan lingkungan.

Konsep dasar bioteknologi mencakup pemahaman mengenai bagaimana organisme atau komponen seluler seperti DNA, RNA, enzim, dan protein dapat dimanipulasi untuk tujuan tertentu. Teknik fundamental seperti rekayasa genetika, kultur jaringan, dan penggunaan DNA rekombinan memungkinkan pengembangan organisme dengan sifat baru, misalnya tanaman tahan hama

atau mikroba penghasil enzim industri. Dengan demikian, bioteknologi menjadi jembatan antara ilmu dasar dan aplikasi praktis yang mendukung inovasi di berbagai sektor.

Selain aspek teknis, pemahaman tentang definisi bioteknologi juga mengalami evolusi. Istilah “bioteknologi” kini tidak hanya merujuk pada praktik tradisional seperti fermentasi, tetapi juga pada pendekatan mutakhir berbasis bioinformatika, nanoteknologi, dan terapi gen. Perubahan makna ini menunjukkan bahwa bioteknologi bersifat dinamis dan terus berkembang sesuai kebutuhan zaman. Bioteknologi dapat dipandang sebagai disiplin multidisipliner yang tidak hanya berorientasi pada produksi dan efisiensi, tetapi juga pada aspek etika, keberlanjutan, dan dampak sosial.

1.2 Sejarah Perkembangan Bioteknologi

Sejarah bioteknologi dapat ditelusuri dari praktik tradisional hingga teknologi modern yang canggih. Pada tahap awal, bioteknologi tradisional sudah diterapkan oleh peradaban kuno melalui proses fermentasi dalam pembuatan roti, bir, anggur, dan produk susu fermentasi. Praktik ini menunjukkan pemanfaatan mikroorganisme secara alami meskipun mekanismenya belum dipahami secara ilmiah. Bioteknologi tradisional berfokus pada aplikasi sederhana berbasis pengalaman empiris untuk memenuhi kebutuhan pangan dan kesehatan masyarakat.

Perkembangan signifikan terjadi pada abad ke-19 dan ke-20 ketika penemuan ilmiah mendasari transisi menuju bioteknologi modern. Penemuan struktur DNA oleh Watson dan Crick pada 1953 membuka jalan bagi lahirnya rekayasa genetika. Sejak 1970-an, perkembangan teknologi DNA rekombinan memungkinkan manipulasi gen secara langsung, yang kemudian melahirkan industri bioteknologi modern dengan produk berupa insulin rekombinan, tanaman transgenik, dan vaksin.

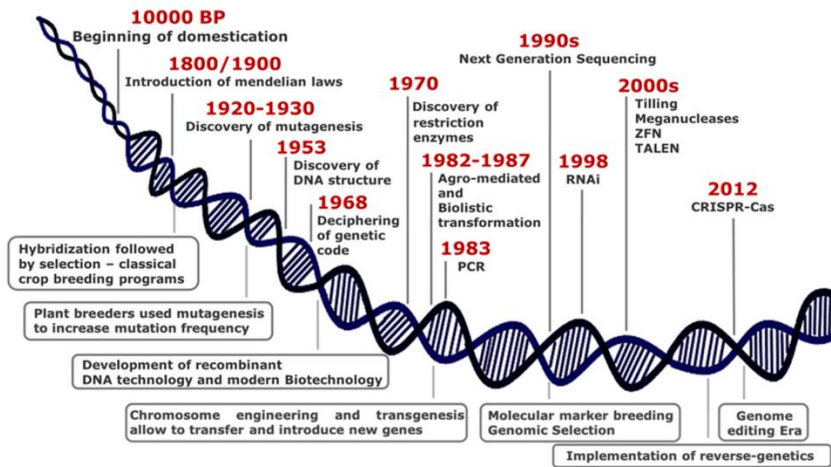
Bioteknologi modern ditandai dengan penerapan teknik molekuler lanjutan seperti CRISPR-Cas9 untuk pengeditan gen, kultur jaringan, dan bioproses industri. Penerapan ini tidak hanya terbatas pada kesehatan, tetapi juga pada pertanian, bioenergi, dan pengelolaan lingkungan. Bioteknologi modern memiliki peran besar dalam pengembangan terapi medis dan produksi obat-obatan biologis yang sangat spesifik dan efektif.

Pertama, Bioteknologi Konvensional, diawali dengan pertanian dan peternakan dimana manusia mulai membudidayakan tanaman dan hewan

untuk kebutuhan pangan. Contoh: padi, gandum, dan ternak seperti sapi dan kambing. Fermentasi tradisional, Bangsa Mesir dan Mesopotamia menggunakan mikroorganisme secara alami untuk membuat roti, bir, dan keju. Abad ke-17, Penemuan Mikroskop oleh Antonie van Leeuwenhoek, yang membuka jalan bagi penemuan mikroorganisme yang terlibat dalam proses bioteknologi. Dan abad ke-19, Pasteur membuktikan bahwa fermentasi disebabkan oleh mikroorganisme hidup, bukan reaksi kimia biasa. Yang menjadi dasar bagi mikrobiologi industri.

Kedua, Peralihan ke Bioteknologi Modern, diawali dengan Gregor Mendel menemukan Hukum Pewarisan Sifat (1865), yang Menjadi dasar bagi ilmu genetika. Penemuan Struktur DNA oleh James Watson & Francis Crick (1953), Revolusi besar dalam pemahaman kode genetik makhluk hidup. Teknik Rekombinan DNA (1973), Stanley Cohen dan Herbert Boyer menciptakan DNA rekombinan pertama, menandai lahirnya bioteknologi modern. Produksi Insulin Rekombinan (1982), Insulin manusia pertama diproduksi melalui bakteri *E. coli* (oleh Genentech dan Eli Lilly). Kloning Domba Dolly (1996), Hewan mamalia pertama yang berhasil dikloning dari sel dewasa.

Ketiga, Era Bioteknologi Modern dan Kontemporer, ditandai dengan Penyelesaian Proyek Genom Manusia (2003), Pemetaan lengkap DNA manusia membuka era genomik dan bioinformatika. Teknologi CRISPR-Cas9 (2012), Jennifer Doudna & Emmanuelle Charpentier mengembangkan teknologi penyuntingan gen yang presisi dan murah. Bioteknologi Terapan dan Sintetis (2020-saat ini), Penerapan dalam vaksin mRNA (seperti COVID-19), bioteknologi lingkungan, dan bioteknologi sintetis untuk produksi bahan kimia ramah lingkungan.



Gambar 1.1 Timeline Perkembangan Bioteknologi
(<https://www.researchgate.net>)

1.3 Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern

Bioteknologi konvensional dan modern memiliki perbedaan mendasar baik metode, aplikasi, maupun presisi. Pertama, bioteknologi konvensional umumnya menggunakan organisme utuh atau proses alami, seperti fermentasi untuk produksi pangan dan minuman, atau persilangan tanaman secara tradisional. Metode ini lebih mengandalkan pengalaman empiris dan seleksi alamiah, sehingga hasilnya membutuhkan waktu lama dan kurang spesifik.

Bioteknologi modern menggunakan teknik berbasis manipulasi DNA, RNA, dan protein untuk menghasilkan perubahan yang lebih presisi. Teknologi ini mencakup rekayasa genetika, kultur sel, serta penggunaan alat seperti CRISPR-Cas9 untuk mengedit gen pada tingkat molekuler. Hal ini memungkinkan penciptaan organisme dengan sifat spesifik, misalnya tanaman tahan kekeringan atau produksi protein terapeutik dalam jumlah besar.

Kedua, perbedaan juga terlihat dalam bidang aplikasinya. Bioteknologi konvensional lebih banyak diaplikasikan pada industri pangan dan minuman melalui proses fermentasi, sedangkan bioteknologi modern digunakan secara luas di bidang medis, pertanian, diagnostik molekuler. Bioteknologi modern menawarkan solusi yang lebih cepat, akurat, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik.

Ketiga, tingkat kontrol dan hasil yang dihasilkan juga berbeda. Bioteknologi konvensional menghasilkan variasi yang lebih acak dan kurang dapat diprediksi, sementara bioteknologi modern memberikan hasil yang lebih konsisten karena dilakukan pada tingkat genetik dan molekuler.

Tabel 1.1 Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern	
Bioteknologi Konvensional	Bioteknologi Modern
<u>Pengertian</u>	
Pemanfaatan makhluk hidup secara alami untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia	Pemanfaatan makhluk hidup dengan rekayasa genetik dan teknologi canggih untuk menghasilkan produk baru
<u>Teknik Utama</u>	
Fermentasi, seleksi alam, persilangan, dan pemuliaan tradisional	Rekombinasi DNA, kultur jaringan, kloning, dan rekayasa genetika (<i>genetically modified organisms / GMO</i>)
<u>Tingkat Teknologi</u>	
Sederhana, tanpa penggunaan alat canggih laboratorium molekuler	Menggunakan teknologi tinggi seperti PCR, CRISPR-Cas9, dan <i>sequencing DNA</i>
<u>Tujuan</u>	
Menghasilkan makanan dan minuman, serta meningkatkan hasil pertanian/peternakan	Menghasilkan obat, vaksin, tanaman tahan penyakit, dan solusi lingkungan
<u>Skala Produksi</u>	
Skala kecil dan tradisional	Skala besar dan industri (farmasi, pertanian, bioteknologi medis)
<u>Contoh Produk</u>	
▪ Roti dan keju ▪ Tape dan tempe ▪ Persilangan padi unggul	▪ Insulin rekombinan (dari bakteri <i>E. coli</i>) ▪ Vaksin mRNA (COVID-19) ▪ Tanaman transgenik seperti jagung Bt dan padi emas (<i>Golden Rice</i>)
<u>Kontrol Proses</u>	

Bioteknologi Konvensional	Bioteknologi Modern
Berdasarkan pengalaman dan pengamatan tradisional	Dapat dikontrol dan dimodifikasi secara spesifik di tingkat genetik

1.4 Ruang Lingkup dan Peran Bioteknologi

Ruang lingkup bioteknologi sangat luas, mencakup berbagai bidang yang berkontribusi langsung terhadap kesehatan, farmasi, pangan, dan industri. Ruang lingkup bioteknologi tidak hanya terbatas pada laboratorium, tetapi juga mencakup berbagai sektor kehidupan yang berperan dalam mendukung kesehatan masyarakat, inovasi farmasi, ketahanan pangan, dan keberlanjutan industri.

Bioteknologi dalam bidang farmasi dan kesehatan, berperan dalam penemuan dan produksi obat baru melalui teknik rekayasa genetika, kultur sel, serta bioproses berbasis mikroba. Bioteknologi berkontribusi dalam mempercepat penemuan obat melalui pendekatan bioinformatika dan teknologi *high-throughput screening*. Produk bioteknologi meliputi insulin rekombinan, antibodi monoklonal, dan terapi berbasis RNA. Inovasi ini mampu meningkatkan efektivitas diagnosis yang lebih cepat dan akurat dan pengobatan penyakit, termasuk penyakit genetik, kanker, dan infeksi menular, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan.

Penggunaan bioteknologi pada bidang pangan, digunakan untuk meningkatkan kualitas, keamanan, dan ketahanan pangan. Aplikasi ini mencakup pengembangan tanaman transgenik tahan hama dan kondisi lingkungan ekstrem, biofortifikasi untuk meningkatkan kandungan gizi, serta penggunaan mikroorganisme dalam fermentasi. Fermentasi modern tidak hanya meningkatkan cita rasa dan daya simpan makanan, tetapi juga meningkatkan kandungan gizi serta menghasilkan produk pangan fungsional seperti probiotik. Sehingga dapat mendukung ketahanan pangan sekaligus meningkatkan kualitas gizi masyarakat

Aplikasi bioteknologi dalam bidang industri, dapat berupa produksi enzim industri, bioplastik, biofuel. Bioteknologi berkontribusi melalui pengelolaan limbah, remediasi lingkungan, serta produksi energi terbarukan. Bioteknologi juga menciptakan peluang industri baru di bidang farmasi dan pertanian yang berpotensi meningkatkan perekonomian. Selain itu, bioteknologi modern mempercepat proses produksi, menekan biaya, serta menghasilkan produk yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.5 Tantangan dan Prospek Bioteknologi

Bioteknologi menghadapi tantangan besar sekaligus membuka prospek yang menjanjikan bagi peradaban manusia. Salah satu tantangan utama adalah isu etika dan keamanan. Kemajuan dalam rekayasa genetika, seperti teknologi CRISPR-Cas9, memunculkan perdebatan mengenai batasan manipulasi genetik, terutama terkait organisme transgenik dan penyuntingan genom manusia. Selain itu, terdapat kekhawatiran mengenai dampak lingkungan dari penerapan bioteknologi, seperti penyebaran gen hasil rekayasa ke populasi alami dan potensi resistensi pada organisme sasaran.

Tantangan lain berkaitan dengan aspek regulasi dan hak kekayaan intelektual. Ketatnya regulasi dalam persetujuan produk bioteknologi dapat memperlambat inovasi, sementara dominasi perusahaan besar dalam paten menimbulkan kesenjangan akses teknologi antara negara maju dan berkembang. Hal ini menuntut adanya kebijakan yang lebih transparan agar manfaat bioteknologi dapat dirasakan secara merata di seluruh dunia.

Selain tantangan yang dihadapi, bioteknologi memiliki prospek bioteknologi sangat luas dan menjanjikan. Dalam bidang kesehatan, bioteknologi berperan dalam pengembangan terapi gen, vaksin berbasis mRNA, serta pengobatan personal yang disesuaikan dengan profil genetik pasien. Pada bidang pangan, bioteknologi diharapkan mampu menciptakan tanaman tahan iklim ekstrem dan meningkatkan produktivitas pangan untuk mendukung ketahanan pangan. Sementara itu, dalam bidang lingkungan dan industri, bioteknologi dapat mendukung pengembangan bioproses ramah lingkungan.

Meskipun dihadapkan pada tantangan etika, regulasi, dan lingkungan, prospek bioteknologi tetap cerah. Inovasi yang berkelanjutan serta regulasi yang adaptif mampu memberikan kontribusi nyata bagi kesehatan, ketahanan pangan, industri, dan kelestarian lingkungan.

D. RANGKUMAN

Bioteknologi adalah ilmu terapan yang memanfaatkan organisme, sel, atau molekul biologis untuk kepentingan manusia. Perkembangannya dimulai dari bioteknologi tradisional hingga bioteknologi modern. Ruang lingkupnya mencakup kesehatan, farmasi, pangan, industri, dan lingkungan. Meskipun

menghadapi tantangan etika, regulasi, dan dampak lingkungan, bioteknologi memiliki prospek besar dalam menjawab tantangan terkait kesehatan dan pangan.

E. LATIHAN SOAL

1. Definisi modern bioteknologi menekankan pada integrasi berbagai bidang ilmu. Manakah kombinasi bidang yang paling relevan?
 - A. Zoologi, taksonomi, dan fisiologi
 - B. Biologi molekuler, genetika, biokimia, dan teknologi rekayasa
 - C. Mikrobiologi, botani, zoologi, dan kimia organik
 - D. Bioetika, ekologi, antropologi, dan sosiologi
 - E. Patologi, farmakologi, entomologi, dan nanoteknologi
2. Sejarah bioteknologi tradisional banyak berakar pada proses fermentasi. Ciri khas bioteknologi tradisional adalah?
 - A. Berbasis manipulasi gen langsung
 - B. Mengandalkan seleksi molekuler presisi tinggi
 - C. Berorientasi pada kultur jaringan tanaman
 - D. Menggunakan mikroorganisme secara alami tanpa pemahaman mekanisme ilmiah
 - E. Menciptakan antibodi monoklonal secara in vitro
3. Fermentasi tradisional menghasilkan produk seperti roti dan yogurt. Hal ini mencerminkan?
 - A. Bioteknologi molekuler
 - B. Bioteknologi konvensional
 - C. Bioteknologi lingkungan
 - D. Bioteknologi bioinformatika
 - E. Bioteknologi berbasis nanoteknologi
4. Bidang farmasi memanfaatkan bioteknologi melalui produksi?
 - A. Antibiotik alami dari jamur
 - B. Insulin rekombinan dan antibodi monoclonal
 - C. Padi varietas unggul non-transgenik
 - D. Yogurt berbasis probiotik alami
 - E. Bioetanol dari fermentasi singkong

5. Tantangan utama bioteknologi yang sering menimbulkan perdebatan adalah?
- A. Efisiensi produksi vaksin
 - B. Etika manipulasi genetik dan organisme transgenic
 - C. Kurangnya sumber daya manusia di bidang pertanian
 - D. Tidak adanya aplikasi bioteknologi dalam lingkungan
 - E. Keterbatasan mikroorganisme fermentasi

REFERENSI

- Bentahar, S., Abada, R., & Ykhlef, N. (2023). Biotechnology: Definitions, types and main applications. *YMER Journal*. 22(1):563-575. DOI: [10.37896/YMER22.04/49](https://doi.org/10.37896/YMER22.04/49).
- Hargreaves, L. (2023). The evolution of biotechnology: From ancient civilisations to modern day. *Medical Writing*. 32(4):40–44. <https://doi.org/10.56012/gxcw4769>.
- Jamilatun, M. Sutarno, Pangastuti, A. 2010. *Rhizopus oryzae* as Processing Starter in Fermentation of Unripened Cheese. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*. 2010. 1(1): 43-48.
- Jamilatun, M. Purwoko, T. Sutarno. 2012. Analisis Kualits Keju Cottage dengan Starter *Rhizopus oryzae* setelah Penambahan Asam dan Pemanasan saat Koagulasi. *Biomedika*. 5(2): 16-24.
- Ray, R. C. (2020). *Microbial biotechnology in food and health*. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-05395-5>
- Samrot, A. V., Sathiyasree, M., Prakash, P. (2024). Industrial biotechnology: Scope and risks in establishing an enterprise. *Bentham Science Publishers*. DOI: <https://doi.org/10.2174/97898151961151240101>
- Syrotina, E. (2020). The evolution of the term “biotechnology” definition. *Euromentor Journal*, 11(1), 154-164
- Zulfiani, Juanengsih, N, Noor, M.F. 2013. *Bioteknologi*. Jakarta: UIN Jakarta Press.

BAB 2

DASAR-DASAR SEL DAN MOLEKUL BIOLOGIS

A. DESKRIPSI

Bab ini membahas struktur dasar sel sebagai unit kehidupan, perbedaan sel hewan, tumbuhan, serta mikroba, peran sel sebagai unit dasar rekayasa bioteknologi. Pemahaman pada bab ini menjadi landasan penting untuk mendukung penerapan bioteknologi.

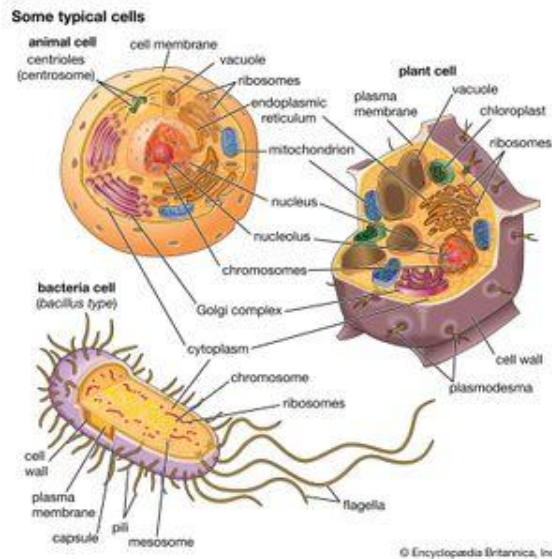
B. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa mampu:

1. Memahami struktur dasar sel dan organel
2. Menganalisis peran sel dan organelnya dalam bioteknologi
3. Mengevaluasi aplikasi pemahaman sel dalam bioteknologi modern

C. MATERI

2.1 Struktur Dasar Sel



Gambar 2.1 Struktur Sel Hewan, Tumbuhan, Bakteri
(<https://www.britannica.com>)

Struktur dasar sel merupakan landasan penting dalam biologi, karena sel dianggap sebagai unit kehidupan terkecil. Berdasarkan kompleksitasnya, sel terbagi menjadi dua kategori utama: prokariotik dan eukariotik. Sel prokariotik ditemukan pada organisme uniseluler seperti bakteri dan archaea. Ciri khas sel prokariotik adalah ketiadaan inti sejati; materi genetik berupa DNA terletak bebas di dalam sitoplasma pada suatu daerah yang disebut nukleoid. Selain itu, sel prokariotik tidak memiliki organel bermembran, sehingga fungsi-fungsi vital dilakukan dalam ruang sitoplasma secara langsung.

Sel eukariotik lebih kompleks dan ditemukan pada organisme multiseluler seperti jamur, tumbuhan dan hewan. Ciri utama sel eukariotik adalah adanya inti sejati yang dibungkus membran nukleus, tempat DNA tersimpan dengan lebih terorganisir. Selain itu, sel eukariotik memiliki organel bermembran seperti mitokondria, retikulum endoplasma, dan aparatus Golgi, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam metabolisme dan homeostasis sel. Kompleksitas ini memungkinkan sel eukariotik mendukung aktivitas biologis yang lebih beragam dan efisien dibanding sel prokariotik.

Tabel 2.1 Perbedaan Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik

Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Sel tidak memiliki membran inti	Sel memiliki membran inti
Letak DNA berada di daerah nukleoid (tidak dibungkus membran) DNA berbentuk sirkular	Letak DNA tersimpan di dalam inti sel (nukleus) DNA lebih kompleks dan linier
Ukuran sel kecil (1–10 μm)	Ukuran sel lebih besar (10–100 μm), karena struktur internal yang kompleks
Tidak memiliki organel bermembran	Memiliki organel bermembran (mitokondria, retikulum endoplasma, badan Golgi, dll)
Terdapat dinding sel (terbuat dari peptidoglikan pada bakteri)	Terdapat dinding sel pada tumbuhan (selulosa) dan jamur (kitin), dan tidak ada dinding sel pada hewan
Pembelahan sel melalui pembelahan biner (<i>binary fission</i>)	Pembelahan sel melalui mitosis dan meiosis
Contoh: Bakteri dan Archaea	Contoh: tumbuhan, hewan, jamur, dan protista

Persamaan antara keduanya adalah, sel prokariotik maupun sel eukariotik memiliki: 1). membran plasma yang mengatur keluar-masuknya zat untuk menjaga keseimbangan internal (homeostasis), 2). materi genetik DNA sebagai bahan genetik yang mengatur aktivitas dan pewarisan sifat, 3). ribosom sebagai tempat sintesis protein dengan ukuran prokariotik 70S dan eukariotik 80S, 4). enzim dan energi untuk metabolisme dan menghasilkan energi (ATP) sebagai sistem hidup aktif, 5). sitoplasma sebagai medium reaksi biokimia terjadinya metabolisme sel.

2.2 Organel Sel dan Fungsinya dalam Bioteknologi

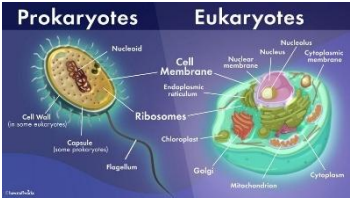
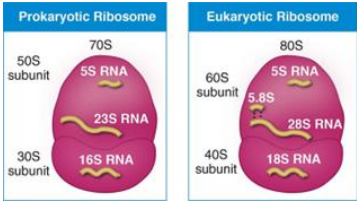
Organel sel memiliki peran penting dalam bioteknologi karena setiap organel memiliki fungsi spesifik yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi ilmiah maupun industri. Mitokondria, misalnya, dikenal sebagai pusat produksi energi sel dan telah dimanfaatkan dalam studi bioenergetika serta terapi berbasis sel, termasuk manipulasi metabolisme untuk meningkatkan

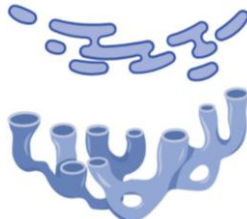
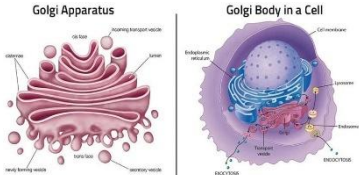
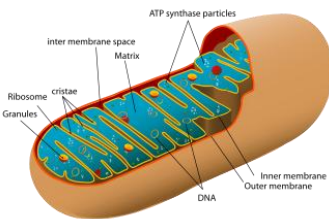
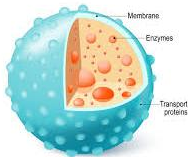
produksi metabolit bernilai tinggi.

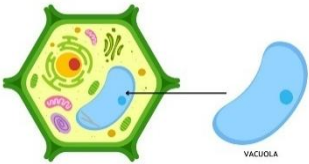
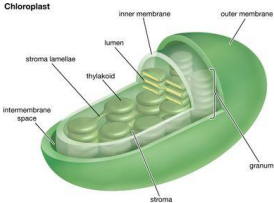
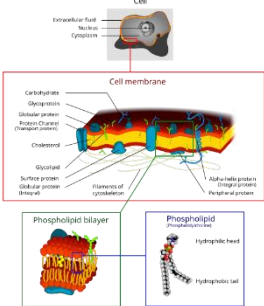
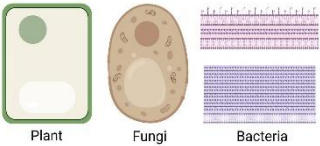
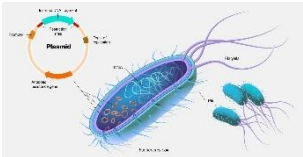
Kloroplas memiliki kepentingan khusus dalam bioteknologi tanaman, terutama melalui rekayasa genetik untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis atau produksi biomolekul spesifik. Teknologi kloroplas telah digunakan dalam pengembangan tanaman transplastomik yang lebih tahan terhadap stres lingkungan serta mampu menghasilkan protein rekombinan dengan efisiensi tinggi. Retikulum endoplasma (RE) juga berperan penting dalam produksi protein rekombinan, terutama karena fungsinya dalam pelipatan protein dan modifikasi pascatranslasi. Hal ini dimanfaatkan dalam bioteknologi farmasi untuk menghasilkan antibodi monoklonal dan protein terapeutik.

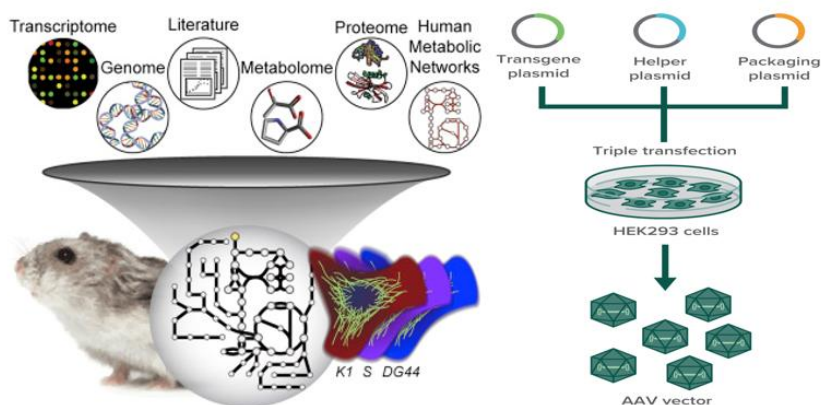
Vesikel gas mikroba merupakan organel dengan potensi besar dalam nanoteknologi. Struktur alami ini dapat dimanfaatkan sebagai sistem penghantaran obat, biosensor, maupun aplikasi lingkungan karena kemampuannya membentuk struktur stabil pada skala nano. Lisosom dan peroksisom, dengan fungsi degradasi dan detoksifikasi.

Tabel 2.2 Organel Sel dan Fungsinya dalam Bioteknologi

Organel Sel	Fungsi	Peran dalam Bioteknologi
Inti Sel (Nukleus) 	Mengatur seluruh aktivitas sel dan menyimpan DNA	Menjadi target utama dalam rekayasa genetik, misalnya dalam penyisipan gen baru menggunakan vektor plasmid atau CRISPR
Ribosom 	Tempat sintesis protein	Diperbanyak dalam produksi protein rekombinan seperti enzim industri
Retikulum Endoplasma (RE) Kasar	Menyintesis dan memodifikasi protein yang akan diekspor	Membantu produksi protein rekombinan dalam kultur sel eukariotik

Organel Sel	Fungsi	Peran dalam Bioteknologi
	atau digunakan dalam membran	
Retikulum Endoplasma (RE) Halus 	Sintesis lipid dan detoksifikasi zat kimia	Berperan dalam biosintesis senyawa bioaktif dan lipid
Badan Golgi 	Memproses, memodifikasi, dan mengemas protein untuk sekresi	Penting dalam produksi dan pemurnian protein terapeutik, seperti antibodi monoklonal
Mitokondria 	Menghasilkan energi (ATP) melalui respirasi seluler	Digunakan untuk mempelajari metabolisme energi sel dan dalam bioteknologi energi (bioenergi)
Lisom 	Menguraikan bahan organik dan daur ulang komponen sel	Dimanfaatkan dalam bioteknologi limbah dan degradasi biologis
Vakuola	Menyimpan	Dalam kultur jaringan

Organel Sel	Fungsi	Peran dalam Bioteknologi
 VACUOLA	air, ion, dan zat terlarut	tanaman, membantu menjaga tekanan osmotik dan penyimpanan metabolit
Kloroplas  Chloroplast inner membrane outer membrane stroma thylakoid stroma lamellae intermembrane space granum	Melakukan fotosintesis (khusus sel tumbuhan)	Digunakan dalam bioteknologi tanaman untuk memproduksi biomassa dan rekayasa fotosintesis
Membran Plasma  Cell Extracellular fluid Nucleus Cytoplasm Cell membrane Carbohydrate Glycoprotein Globular protein Channel protein Channel protein Cholesterol Signal Surface protein Channel protein Integral protein Phospholipid bilayer Phospholipid Hydrophilic head Hydrophobic tail	Mengatur keluar-masuknya zat ke dalam dan luar sel	Penting dalam transpor molekul rekombinan, termasuk proses transformasi genetik
Dinding Sel  Plant Fungi Bacteria	Memberi bentuk dan melindungi sel	Menjadi target modifikasi genetik dalam produksi tanaman tahan penyakit atau bakteri penghasil enzim industri
Plasmid (pada bakteri)  Plasmid Chromosome Cell wall Cell membrane Cell Plasmid Chromosome Cell wall Cell membrane Cell	Molekul DNA kecil di luar kromosom utama	Digunakan sebagai vektor kloning dalam teknik DNA rekombinan untuk memindahkan gen antar organisme



Gambar 8.6 *Chinese Hamster Ovary (CHO) dan sel HEK293*
(<https://www.sciencedirect.com>)

Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa integrasi biologi sintesis dan rekayasa metabolik mampu meningkatkan efisiensi kedua sistem ini. Pada mikroba, rekayasa jalur metabolik memungkinkan produksi molekul kompleks yang sebelumnya hanya dapat dihasilkan dalam sel eukariotik. Sementara itu, optimasi media kultur, bioreaktor, serta teknik *gene editing* seperti CRISPR-Cas9 meningkatkan produktivitas sel mamalia.

8.2 Aplikasi Rekayasa Genetik

1. Aplikasi dalam Kesehatan dan Pangan

Rekayasa genetik menjadi salah satu teknologi paling revolusioner dalam bioteknologi modern dengan dampak signifikan pada kesehatan dan pangan. Dalam bidang kesehatan, teknologi ini memungkinkan produksi protein terapeutik dan vaksin rekombinan. Insulin manusia rekombinan, yang diproduksi oleh *Escherichia coli* transgenik, merupakan salah satu contoh yang telah menyelamatkan jutaan penderita diabetes di seluruh dunia. Selain itu, vaksin rekombinan terhadap hepatitis B dan COVID-19 dikembangkan melalui platform DNA rekombinan yang lebih aman dan efisien dibanding metode tradisional. Rekayasa genetik juga membuka jalan bagi terapi gen, di mana gen sehat dapat disisipkan ke dalam sel pasien untuk mengatasi penyakit genetik bawaan. Perkembangan CRISPR-Cas9 bahkan meningkatkan presisi

PROFIL PENULIS



Makhabbah Jamilatun adalah akademisi dan peneliti di Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan, Poltekkes Kemenkes Surakarta. Beliau menyelesaikan pendidikan sarjana di bidang Biologi, kemudian melanjutkan studi magister pada bidang Biosain di Universitas Sebelas Maret Surakarta. Melalui berbagai karya ilmiah dan pengabdian, beliau berusaha menyajikan referensi bioteknologi yang mudah dipahami, sehingga dapat menjadi rujukan bagi mahasiswa maupun pembaca umum. Dengan karya ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan literasi bioteknologi, sekaligus menginspirasi untuk terus mengembangkan inovasi di bidang kesehatan dan pangan.

PENGENALAN BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA

DALAM KESEHATAN DAN PANGAN

Buku ini menyajikan pembahasan komprehensif mengenai bioteknologi, mulai dari konsep dasar hingga aplikasinya dalam berbagai bidang kehidupan. Disusun dalam empat belas bab, buku ini memberikan pemahaman kepada pembaca tentang bagaimana bioteknologi berkembang, diterapkan, serta prospeknya di masa depan.

Bagian awal menguraikan definisi, sejarah, ruang lingkup, dan prospek bioteknologi. Selanjutnya, memahami mengenai dasar biologi sel, molekul biologis, materi genetik, dan ekspresi gen sebagai landasan utama bioteknologi modern.

Bagian inti buku membahas fermentasi, peran mikroorganisme, kultur jaringan tanaman, rekayasa genetik, DNA rekombinan, analisis DNA, dan PCR. Topik-topik ini menunjukkan perkembangan teknik bioteknologi dari konvensional hingga modern yang memungkinkan manipulasi genetik secara spesifik untuk menghasilkan produk dengan nilai tambah tinggi.

Di bagian akhir, buku ini menguraikan aplikasi bioteknologi dalam bidang farmasi, kesehatan, dan pangan. Contohnya mencakup produksi obat rekombinan, vaksin, terapi gen, diagnostik molekuler, imunoterapi, serta pengembangan pangan fungsional, daging kultur, dan pangan berbasis mikroalga.

Buku ini ditujukan bagi mahasiswa maupun masyarakat umum yang ingin memahami bioteknologi. Selain sebagai sumber belajar, buku ini diharapkan dapat menginspirasi pembaca untuk melihat bioteknologi sebagai solusi nyata dalam menghadapi tantangan di bidang kesehatan dan pangan.



CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896-5427-3996



9 786342 621455