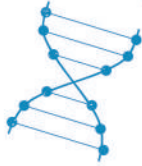


EDITOR

Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc

Prof. Dr. Yusuf Sabilu, M.Si

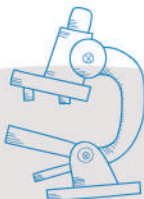
Dr. Evy Yulianti, M.Sc



# PENGANTAR BIOTEKNOLOGI



Yusnita M. Anggraeni | Agus Wibowo | Jekmal Malau | Evy Yulianti  
Sufiah Asri Mulyawati | Johan Sukweenadhi | Dian Eka Setyaningtyas  
Etiek Nurhayati | Dia Septiani | Ahsanal Kasasiah | Nisa Ihsani | Ratna Umi Nurlila



A+B






# PENGANTAR BIOTEKNOLOGI



Perkembangan bioteknologi dalam kehidupan mengalami perkembangan yang cepat. Konsep dasar bioteknologi berawal dari pemanfaatan mikroorganisme pada awal peradaban untuk kebutuhan makanan dan minuman. Saat ini, bioteknologi berkembang menjadi suatu teknik pemanfaatan makhluk hidup untuk menciptakan suatu produk yang lebih bermanfaat bagi kehidupan. Bioteknologi mencakup bidang ilmu genetika, biokimia, biologi molekuler dan mikrobiologi dalam pencarian teknik aplikasi menciptakan produk baru. Pemahaman konsep keilmuan dasar tentang bioteknologi merupakan hal yang diperlukan untuk memahami konsep tersebut.

Buku *Pengantar Bioteknologi* ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai bioteknologi dan aplikasi dalam berbagai aspek. Buku ini merupakan pengantar menuju wawasan bioteknologi dan kajian aplikasi keilmuan terkait penerapan bioteknologi dalam kehidupan. Buku ini ditulis oleh ilmuwan dan peneliti yang memiliki keahlian di bidang bioteknologi. Materi dalam buku ini diharapkan dapat memudahkan pembaca untuk mendapatkan gambaran tentang konsep bioteknologi. Buku ini terdiri dari 12 bab yang membahas mengenai pengertian bioteknologi, konsep dasar yang bersinggungan langsung dengan biologi sel, biologi molekuler, hingga rekayasa genetika, serta aplikasinya.



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



DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL,  
KEMENTERIAN HUKUM & HAK ASASI MANUSIA RI.  
EC00202357359

ISBN 978-623-151-158-4



# PENGANTAR BIOTEKNOLOGI

Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech

Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc

Jekmal Malau, S.Si.,M.Si

Dr. Evy Yulianti, M.Sc

Sufiah Asri Mulyawati, S. Si, M. Kes

Johan Sukweenadhi, Ph.D.

Dian Eka Setyaningtyas, S.Si, M.Biotech.

dr. Etiek Nurhayati, M. Sc

Dia Septiani, S.Si., M.Farm

Ahsanal Kasasiah, S.Si., M. Si

Nisa Ihsani, S.Si., M.Si.

Dr. Ratna Umi Nurlila, M.Sc



**eureka**  
**media aksara**

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

## PENGANTAR BIOTEKNOLOGI

- Penulis** : Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech | Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc | Jekmal Malau, S.Si., M.Si | Dr. Evy Yulianti, M.Sc | Sufiah Asri Mulyawati, S. Si, M. Kes | Johan Sukweenadhi, Ph.D. | Dian Eka Setyaningtyas, S.Si, M.Biotech. | dr. Etiek Nurhayati, M. Sc | Dia Septiani, S.Si., M.Farm | Ahsanal Kasasiah, S.Si., M. Si | Nisa Ihsani, S.Si., M.Si. | Dr. Ratna Umi Nurlila, M.Sc
- Editor** : Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc  
Prof. Dr. Yusuf Sabilu, M.Si  
Dr. Evy Yulianti, M.Sc
- Penyunting** : Dr.apt Asriullah Jabbar, S.Si, MPH
- Desain Sampul** : Ardyan Arya Hayuwaskita
- Tata Letak** : Rizki Rose Mardiana
- ISBN** : 978-623-151-158-4
- No. HKI** : EC00202357359

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, JUNI 2023**  
**ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH**  
**NO. 225/JTE/2021**

### **Redaksi:**

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari  
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992  
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com  
Cetakan Pertama : 2023

### **All right reserved**

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

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan petunjuk sehingga buku *Pengantar Bioteknologi* ini dapat terselesaikan.

Perkembangan bioteknologi dalam kehidupan mengalami perkembangan yang cepat. Konsep dasar bioteknologi berawal dari pemanfaatan mikroorganisme pada awal peradaban untuk kebutuhan makanan dan minuman. Saat ini, bioteknologi berkembang menjadi suatu teknik pemanfaatan makhluk hidup untuk menciptakan suatu produk yang lebih bermanfaat bagi kehidupan. Bioteknologi mencakup bidang ilmu genetika, biokimia, biologi molekuler dan mikrobiologi dalam pencarian teknik aplikasi menciptakan produk baru. Pemahaman konsep keilmuan dasar tentang bioteknologi merupakan hal yang diperlukan untuk memahami konsep tersebut.

Buku *Pengantar Bioteknologi* ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai bioteknologi dan aplikasi dalam berbagai aspek. Buku ini merupakan pengantar menuju wawasan bioteknologi dan kajian aplikasi keilmuan terkait penerapan bioteknologi dalam kehidupan. Buku ini ditulis oleh ilmuwan dan peneliti yang memiliki keahlian di bidang bioteknologi. Materi dalam buku ini diharapkan dapat memudahkan pembaca untuk mendapatkan gambaran tentang konsep bioteknologi. Buku ini terdiri dari 12 bab yang membahas mengenai pengertian bioteknologi, konsep dasar yang bersinggungan langsung dengan biologi sel, biologi molekuler, hingga rekayasa genetika, serta aplikasinya.

Para penulis mengharapkan buku *Pengantar Bioteknologi* ini dapat digunakan sebagai referensi sehingga menjadi ilmu yang bermanfaat dan amal yang terus mengalir. Saran untuk perbaikan di masa mendatang menjadi motivasi untuk karya selanjutnya.

Salatiga, 17 Mei 2023,

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1 MANFAAT, PROSPEK DAN PRODUK-PRODUK BIOTEKNOLOGI KESEHATAN.....</b>	<b>1</b>
A. Pendahuluan .....	1
B. Kategori Bioteknologi.....	2
C. Perkembangan Produk Bioteknologi Kesehatan dan Prospeknya .....	6
DAFTAR PUSTAKA .....	11
<b>BAB 2 STRUKTUR GEN PROKARIOTIK, EUKARIOTIK DAN REKAYASA GENETIKA .....</b>	<b>12</b>
A. Pendahuluan .....	12
B. Struktur Gen pada Prokariotik .....	14
C. Struktur Gen Eukariotik.....	17
D. Rekayasa Genetika.....	24
DAFTAR PUSTAKA .....	30
<b>BAB 3 POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR) .....</b>	<b>32</b>
A. Pendahuluan .....	32
B. Sejarah PCR .....	33
C. Konsep dan Prinsip Dasar PCR.....	35
D. Tahapan Proses PCR.....	41
E. Komponen Reaksi PCR .....	43
F. Generasi PCR.....	46
G. Aplikasi PCR .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	51
<b>BAB 4 TEKNOLOGI DNA REKOMBINAN DAN TRANSGENIK.....</b>	<b>54</b>
A. Pendahuluan .....	54
B. DNA Ligase .....	56
C. Endonuklease Restriksi .....	57
D. Vektor Kloning.....	60

	E. Langkah-langkah dalam Teknologi DNA	
	Rekombinan .....	63
	F. Transgenik.....	66
	G. Dampak Teknologi DNA Rekombinan .....	66
	H. Masalah Keamanan dalam Teknologi DNA	
	Rekombinan .....	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	71
<b>BAB 5</b>	<b>TEKNOLOGI FERMENTASI MANFAAT</b>	
	<b>DAN APLIKASINYA .....</b>	<b>73</b>
	A. Pendahuluan.....	73
	B. Peranan Mikroorganisme dalam Teknologi	
	Fermentasi .....	74
	C. Pertumbuhan Mikroorganisme .....	75
	D. Mikroorganisme untuk Industri Fermentasi.....	76
	E. Substrat Fermentasi .....	77
	F. Produk Fermentasi .....	78
	DAFTAR PUSTAKA.....	79
<b>BAB 6</b>	<b>PENGUKURAN HASIL TEKNOLOGI</b>	
	<b>FERMENTASI PADA SUBSTRAT PADAT .....</b>	<b>80</b>
	A. Pendahuluan.....	80
	B. Definisi dan Potensi Aplikasi .....	81
	C. Tahapan Proses dan Faktor yang	
	Berpengaruh.....	84
	D. Teknik Pengukuran Hasil Fermentasi pada	
	Substrat Padat .....	86
	E. Peran Teknologi Pengukuran Hasil	
	Fermentasi pada Substrat Padat dalam	
	Pengembangan Produk-Produk Industri .....	90
	F. Tantangan dan Strategi dalam Pengukuran	
	Hasil Fermentasi pada Substrat Padat.....	91
	DAFTAR PUSTAKA.....	92
<b>BAB 7</b>	<b>PERANAN ENZIM DALAM BIOTEKNOLOGI.....</b>	<b>96</b>
	A. Pendahuluan.....	96
	B. Nomenklatur dan Klasifikasi Enzim.....	98
	C. Unit Enzim .....	102
	D. Mekanisme Enzim .....	102

	E. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Enzim.....	105
	F. Sumber Enzim.....	109
	G. Peranan Enzim dalam Bioteknologi.....	109
	DAFTAR PUSTAKA .....	114
<b>BAB 8</b>	<b>METODE PENDUKUNG BIOTEKNOLOGI.....</b>	<b>117</b>
	A. Pendahuluan .....	117
	B. Penerapan Bioteknologi .....	118
	C. Teknologi Bioreaktor .....	119
	D. Metode Bioteknologi Molekuler .....	120
	DAFTAR PUSTAKA .....	129
<b>BAB 9</b>	<b>PRODUKSI MASSAL ENZIM UNTUK KOMERSIAL .....</b>	<b>132</b>
	A. Pendahuluan .....	132
	B. Sejarah Produksi Massal Enzim.....	137
	C. Produksi Enzim Komersial .....	139
	DAFTAR PUSTAKA .....	145
<b>BAB 10</b>	<b>BIOTEK HEWAN, MANFAAT DAN APLIKASINYA DI BIDANG KESEHATAN.....</b>	<b>147</b>
	A. Pendahuluan .....	147
	B. Pengertian Biotek Hewan.....	147
	C. Teknik Biomolekuler pada Biotek Hewan serta Contoh Aplikasinya di Bidang Kesehatan.....	150
	DAFTAR PUSTAKA .....	159
<b>BAB 11</b>	<b>REKAYASA GENETIKA (TEKNOLOGI DNA-REKOMBINAN) DAN APLIKASINYA .....</b>	<b>162</b>
	A. Sejarah Penemuan Teknologi DNA- Rekombinan.....	162
	B. Metode Pembuatan DNA-Rekombinan.....	164
	C. Metode Transfer DNA-Rekombinan.....	171
	D. Aplikasi Teknologi DNA-Rekombinan.....	172
	DAFTAR PUSTAKA .....	174
<b>BAB 12</b>	<b>APLIKASI BIOTEKNOLOGI LINGKUNGAN (BIOREMEDIASI) .....</b>	<b>178</b>
	A. Bioremediasi.....	178
	B. Biodiversitas .....	180
	C. Biodegradasi.....	181



D. Jenis Bakteri yang Memiliki Kemampuan sebagai Degradasi.....	184
E. Jenis Fungi yang Memiliki Kemampuan sebagai Degradasi.....	185
F. Bioteknologi Lingkungan .....	188
DAFTAR PUSTAKA.....	189
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>191</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Tabel Pengelompokan Bioteknologi .....	3
Tabel 4. 1	Timeline kejadian utama yang berkaitan dengan pengembangan metode DNA rekombinan .....	55
Tabel 4. 2	Spesifisitas Beberapa Enzim Restriksi.....	58
Tabel 4. 3	Karakteristik utama untuk vektor kloning.....	61
Tabel 7. 1	Pembagian Kelas Enzim Berdasarkan International Union of Biochemistry (IUB) .....	100
Tabel 9. 1	Macam-macam enzim dan aplikasinya di industri.....	133
Tabel 9. 2	Contoh mikroorganisme yang masuk dalam urutan GRAS dalam produksi enzim skala industri.....	135
Tabel 9. 3	Gen, yang dapat direkombinan, pada <i>Bacillus subtilis</i> berperan dalam memproduksi sejumlah enzim .....	136
Tabel 10. 1	Hewan model serta tujuan penggunaannya .....	148
Tabel 10. 2	Contoh Produk Protein dari Bioreaktor Hewan.....	156

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Skema Pembuatan Antibodi Monoklonal.....	10
Gambar 2. 1	Struktur operon prokariotik dari gen penyandi protein. Sekuen regulator bekerja ketika ekspresi terjadi untuk beberapa daerah pengkode protein (merah). Daerah promotor, operator, dan enhancer (kuning) mengatur transkripsi gen menjadi mRNA. Daerah mRNA yang tidak diterjemahkan (biru) mengatur terjemahan menjadi produk protein akhir .....	15
Gambar 2. 2	Struktur gen penyandi protein eukariotik. Sekuen regulator mengatur kapan dan di mana ekspresi terjadi untuk wilayah pengkode protein (merah). Daerah promotor dan enhancer (kuning) mengatur transkripsi gen menjadi pre-mRNA yang dimodifikasi untuk menghilangkan intron (abu-abu muda) dan menambahkan 5' caps dan poli-A tail (abu-abu gelap). Bagian mRNA 5' dan 3' yang tidak diterjemahkan (biru) mengatur translasi menjadi produk protein akhir .....	17
Gambar 3. 1	Analogi mesin foto kopi kertas dengan mesin fotokopi DNA .....	36
Gambar 3. 2	Sepasang primer yang berkomplementasi dengan daerah spesifik DNA cetakan .....	37
Gambar 3. 3	Prinsip kerja amplifikasi PCR; Denaturasi, Annealing dan Ekstensi.....	39
Gambar 3. 4	Komplementasi urutan primer dengan DNA Cetakan.....	40
Gambar 3. 5	Komposisi reaksi PCR yang melibatkan proses amplifikasi .....	45
Gambar 3. 6	Hasil amplifikasi PCR .....	46

Gambar 3. 7	Generasi PCR; PCR konvensional, Real-Time PCR dan digital PCR .....	46
Gambar 3. 8	Kurva amplifikasi dan kurva standar Real-Time PCR.....	48
Gambar 3. 9	Prinsip kerja dPCR.....	49
Gambar 4. 1	Enzim restriksi memotong DNA di situs tertentu, menghasilkan fragmen. Beberapa enzim (misalnya, Rsa1) di (A) menghasilkan fragmen dengan ujung tumpul, yang lain (misalnya Eco R1) di (B) menghasilkan fragmen dengan 5' overhang .....	59
Gambar 4. 2	Pemotongan dengan enzim restriksi dan ligasi.....	60
Gambar 4. 3	Langkah-langkah untuk teknologi DNA rekombinan.....	65
Gambar 7. 1	Struktur Enzim .....	98
Gambar 7. 2	Diagram skematik yang membandingkan reaksi yang dikatalisis oleh enzim dan reaksi yang tidak dikatalisis oleh enzim (EA adalah energi aktivasi untuk reaksi yang tidak dikatalisis oleh enzim dan EA* adalah energi aktivasi untuk reaksi yang dikatalisis oleh enzim).....	103
Gambar 7. 3	Reaksi enzimatik .....	104
Gambar 7. 4	Mekanisme aksi enzim.....	105
Gambar 9. 1	Struktur tiga dimensi $\alpha$ -amilase dengan 3 domain berbeda menunjukkan kemampuan aktivitas katalitiknya .....	132
Gambar 9. 2	Persentase kontribusi mikroorganisme, hewan, dan tumbuhan dalam memproduksi enzim skala industri.....	134
Gambar 9. 3	Anselme Payen seorang saintis yang memperkenalkan aktivitas enzim dalam menguraikan pati .....	137

Gambar 9. 4	Dr. Jokichi Takamine (kiri) dan hasil penelitiannya menciptakan Taka-Diastase (kanan).....	138
Gambar 9. 5	Wilhelm Friedrich Kuhne saintis Jerman yang pertama kali memperkenalkan istilah enzim.....	138
Gambar 9. 6	Fase pertumbuhan mikroorganisme dalam bioreaktor.....	142
Gambar 9. 7	Purifikasi enzim melalui teknik kromatografi kolom.....	145
Gambar 10. 1	Tahap Pengembangan Obat.....	150
Gambar 10. 2	Teknik SCNT.....	151
Gambar 10. 3	Transfer Gen Melalui Retrovirus.....	153
Gambar 10. 4	Introduksi Gen Asing dengan Injeksi Pronuclear.....	154
Gambar 10. 5	Metode Transfer Gen melalui Sel Punca Embriolik.....	155
Gambar 10. 6	Tahapan awal produksi antibodi monoklonal pada skala laboratorium.....	158
Gambar 11. 1	Mekanisme Transduksi. Tahapan infeksi faga ke dalam sel bakteri (1). DNA bakteri terfragmentasi (2). Faga mengalami multiplikasi dan membawa DNA bakteri (3). Faga menginfeksi bakteri lain (4). Faga memasukkan materi genetik ke dalam bakteri baru (5). DNA bakteri sebelumnya terintegrasi ke dalam genom bakteri baru (6) ....	163
Gambar 11. 2	Tahapan Ligation Dependent Cloning (LDC). Isolasi DNA dari sel (a). Amplifikasi DNA target (gen pengkode hormon pertumbuhan) (b). Restriksi gen target dan vektor kloning (c). Ligasi gen target dan vektor kloning (d). Transformasi bakteri (e) .....	165
Gambar 11. 3	Tahapan TA Cloning. Amplifikasi DNA target menggunakan Taq polymerase	

	(a). Ligasi gen target overhang A dan vektor kloning overhang T (b) .....	169
Gambar 11. 4	Tahapan Ligation Independent Cloning .....	170

# BAB 1

## MANFAAT, PROSPEK DAN PRODUK-PRODUK BIOTEKNOLOGI KESEHATAN

Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech

### A. Pendahuluan

Istilah bioteknologi” pertama kali ditemukan oleh Karl Ereky, seorang insinyur Hungaria yang kemudian menjadi Menteri Pangan Hungaria, pada tahun 1919. Awalnya, Ereky menggunakan istilah tersebut untuk menggambarkan produksi babi dengan memberikan *sugar beet* sebagai pakan alternatif. Saat itu, Ereky menggeneralisasi “bioteknologi” sebagai metode dan teknik yang dapat menghasilkan substansi dari bahan mentah atau bahan baku dari makhluk hidup atau bagian makhluk hidup. Hasil pemikirannya yang bertujuan untuk meningkatkan nilai dari suatu produk sebenarnya bukan merupakan hal yang baru. Namun penggunaan istilah “bioteknologi” ini merupakan sebuah aspek kebaruan yang ditonjolkan (Sasson, 2005; Shmaefsky, 2006; Steiner, 2020).

Sejarah bioteknologi diduga dimulai sejak zaman Mesopotamia dan Bangsa Mesir Kuno pada kisaran tahun 2.400 sebelum Masehi. Saat itu, “bioteknologi” digunakan untuk memproduksi bir, anggur, atau vinegar dengan proses fermentasi. Bioteknologi diturunkan dari Bahasa Yunani Kuno, yaitu “*bios*” yang berarti kehidupan, “*techno*” yang berarti teknologi, dan “*logos*” yang berarti bahasa atau bukti. Bioteknologi merujuk pada segala teknik yang menggunakan makhluk hidup untuk berbagai tujuan, seperti industri pangan,

pada manusia diklon dan diekspresikan pada *Escherichia coli* di tahun 1978 dan 1979. Penggunaan insulin dari manusia dengan metode ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu (1) dapat diproduksi pada skala besar tanpa menyakiti hewan maupun manusia, dan (2) mengurangi risiko reaksi alergi yang terjadi pada pasien yang menerima insulin dari sapi. Saat ini, insulin disintesis pada *E. coli* dan *Saccharomyces cerevisiae* (Renneberg *et al.*, 2023).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M., Ahmad, R., Zeenat, R., 2022. Fundamentals and Advances in Medical Biotechnology, Fundamentals and Advances in Medical Biotechnology.
- Dinata, D.I., 2013. Bioteknologi Pemanfaatan Mikroorganisme dan Teknologi Bioproses. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Khan, F.A., 2014. Bioechnology in Medical Sciences. CRC Press, Boca Raton.
- Renneberg, R., Süßbier, D., Viola, B., Vanya, L., 2023. Biotechnology for Beginners, 3rd ed, Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952. Academic Press.
- Sasson, A., 2005. Medical Biotechnology: Achievements, Prospect and Perceptions. United Nations University Press, New York.
- Shmaefsky, B.R., 2006. Biotechnology 101. Greenwood Press, Connecticut.
- Steiner, U., 2020. Biotechnology. In: Fachenglisch Für BioTAs Und BTAs. Springer Link, pp. 1–80.



# BAB 2

## STRUKTUR GEN PROKARIOTIK, EUKARIOTIK DAN REKAYASA GENETIKA

Dr. R Agus Wibowo S, S.Si; M.Sc

### A. Pendahuluan

Ilmu Biologi Molekuler telah berkembang sangat pesat satu dekade terakhir. Penemuan metode *PCR-sequencing* telah memberikan peranan yang besar dalam analisis genetik pada organisme prokariotik dan eukariotik. Gen mengandung informasi yang diperlukan oleh sel hidup untuk bertahan hidup dan bereproduksi (Shafee and Lowe, 2017; Polyak, Kornelia; Meyerson, 2003). Gen terdiri dari urutan DNA atau RNA, yang membawa informasi asam amino dari satu protein yang menentukan fungsi gen. Dalam mekanisme ekspresinya gen disalin dari DNA menjadi RNA, yang kemudian diterjemahkan menjadi protein. DNA yang tidak membawa informasi secara lengkap tidak dapat disebut sebagai gen melainkan hanya sebagai potongan (*fragmen*) DNA.

Whole Genome Sequencing (WGS) dari ribuan genom mikroba yang telah dilakukan, memberikan banyak informasi di dunia mikroba yang dapat dihubungkan dengan mekanisme evolusi genomik mikroba. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa sementara terdapat kesamaan dan perbedaan mencolok, bagaimana komposisi dasar genom telah berevolusi dalam organisme prokariotik dan eukariotik (Bohlin and Pettersson, 2019).

Struktur gen eukariotik dan prokariotik melibatkan beberapa urutan susunan elemen. Setiap elemen memiliki fungsi

## DAFTAR PUSTAKA

- Bohlin, J. and Pettersson, J. H. O. (2019) 'Evolution of Genomic Base Composition: From Single Cell Microbes to Multicellular Animals', *Computational and Structural Biotechnology Journal*. The Authors, 17, pp. 362–370. doi: 10.1016/j.csbj.2019.03.001.
- Guhaniyogi, J. and Brewer, G. (2001) 'Regulation of mRNA stability in mammalian cells', *Gene*, 265(1–2), pp. 11–23. doi: 10.1016/S0378-1119(01)00350-X.
- Jacob, F. and Monod, J. (1961) 'Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins', *Journal of Molecular Biology*, 3(3), pp. 318–356. doi: 10.1016/S0022-2836(61)80072-7.
- Lu, G. (2004) 'Software review Vector NTI , a balanced all-in-one sequence analysis suite', *Briefings in Bioinformatics*, 5(4), pp. 378–388.
- Lynch, M. (2006) 'The origins of eukaryotic gene structure', *Molecular Biology and Evolution*, 23(2), pp. 450–468. doi: 10.1093/molbev/msj050.
- Maston, G. A., Evans, S. K. and Green, M. R. (2006) 'Transcriptional regulatory elements in the human genome', *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 7, pp. 29–59. doi: 10.1146/annurev.genom.7.080505.115623.
- Matera, A. G. and Wang, Z. (2014) 'A day in the life of the spliceosome', *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 15(2), pp. 108–121. doi: 10.1038/nrm3742.
- Polyak, Kornelia; Meyerson, M. (2003) *Overview: Gene Structure*. 6th editio. Edited by Holland-Frei. Hamilton (ON): BC Decker.
- Salgado, H. *et al.* (2000) 'Operons in Escherichia coli: Genomic analyses and predictions', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(12), pp. 6652–6657. doi: 10.1073/pnas.110147297.

- Shafee, T. and Lowe, R. (2017) 'Eukaryotic and prokaryotic gene structure', *WikiJournal of Medicine*, 4(1), pp. 2–6. doi: 10.15347/wjm/2017.002.
- Sridevi, P. (2023) 'Biotechnology - Gene , Genomics and Genetics'. Dept. of Biotechnology Faculty of Science Indira Gandhi National Tribal University Amarkantak, MP, India.
- Struhl, K. (1999) 'Fundamentally different logic of gene regulation in eukaryotes and prokaryotes', *Cell*, 98(1), pp. 1–4. doi: 10.1016/S0092-8674(00)80599-1.
- Sutarno, S. (2016) 'Rekayasa Genetik dan Perkembangan Bioteknologi di Bidang Peternakan', *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), p. 23.
- Tian, T. and Salis, H. M. (2015) 'A predictive biophysical model of translational coupling to coordinate and control protein expression in bacterial operons', *Nucleic Acids Research*, 43(14), pp. 7137–7151. doi: 10.1093/nar/gkv635.
- Yuwono, T. (2005) *Biologi Molekuler*. Erlangga, Jakarta.

# BAB 3

# POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR)

Jekmal Malau, S.Si., M.Si

## A. Pendahuluan

*Polymerase chain reaction* atau disebut juga sebagai reaksi berantai polimerase (PCR) ditemukan oleh Dr. Kary Mullis pada tahun 1983. Saat itu, Dr. Kary Mullis bekerja di Cetus Corporation, salah satu perusahaan bioteknologi pertama. Pada tahun 1993, ia menerima Hadiah Nobel dalam bidang Kimia untuk penemuannya tentang metode reaksi berantai polimerase.

Penemuan ini tentu memberikan dampak yang sangat besar dalam perkembangan ilmu biologi molekuler dan bioteknologi. PCR telah menjadi primadona dan menjadi teknologi yang telah memungkinkan kemajuan diberbagai bidang ilmu pengetahuan diranah *life science*. Disadari atau tidak, sejarah telah membuktikan bahwa teknologi ini telah menjadi salah satu *gold standard tools* yang digunakan di laboratorium kesehatan dalam pengujian dan penegakan diagnostik berbagai penyakit. Salah satunya adalah pengujian virus SARS-CoV-2 atau COVID-19 penyebab pandemi dalam tiga tahun terakhir. Lebih lanjut, PCR telah menjadi alat yang sangat masif digunakan dan belum tergantikan dalam penelitian biologi molekuler, memungkinkan peneliti untuk melakukan berbagai eksperimen seperti kloning gen, sekuensing gen, deteksi mikroorganisme patogen dan deteksi mutasi pada penyakit degeneratif seperti kanker. Tentu masih banyak contoh lain yang kita bisa lihat dalam kehidupan sehari-hari.

papiloma manusia, virus herpes simpleks, infeksi virus vericella-zoster. Tambahan lagi, penggunaan PCR juga telah diterapkan dibidang diagnostik lainnya termasuk penyakit degeneratif seperti kanker (Nazir *et al.*,2020).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Elsalam, K.A. (2003) Bioinformatic tools and guideline for PCR primer design, *Advanced Journal of Microbiology Research*. Available at: <http://internationalscholarsjournals.org/journal/ajmr>.
- Agne, M. et al. (2009) 'PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF POLYMERASE CHAIN REACTION IN MEDICAL DIAGNOSTIC FIELDS: A REVIEW', *Brazilian Journal of Microbiology*, 40, pp. 1-11.
- Armstrong, S.E., Mariano, J.A. and Lundin, D.J. (2010) 'The scope of mycoplasma contamination within the biopharmaceutical industry', *Biologicals*, 38(2), pp. 211-213. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2010.03.002>.
- Chien, A., Edgar, D.B. and Trela, J.M. (1976) 'Deoxyribonucleic acid polymerase from the extreme thermophile *Thermus aquaticus*', *Journal of bacteriology*, 127(3), pp. 1550-1557.
- Crews, N., Wittwer, C. and Gale, B. (2008) 'Continuous-flow thermal gradient PCR', *Biomedical Microdevices*, 10(2), pp. 187-195. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10544-007-9124-9>.
- Dube, S., Qin, J. and Ramakrishnan, R. (2008) 'Mathematical analysis of copy number variation in a DNA sample using digital PCR on a nanofluidic device', *PloS one*, 3(8), p. e2876.
- Higuchi, R. et al. (1992) 'Simultaneous amplification and detection of specific DNA sequences', *Bio/technology*, 10(4), pp. 413-417.

- Higuchi, R. et al. (1993) 'Kinetic PCR analysis: real-time monitoring of DNA amplification reactions', *Bio/technology*, 11(9), pp. 1026–1030.
- Kidd, K.K. et al. (1995) 'PCR 2: A practical approach'. Oxford University Press.
- Kleppe, K. et al. (1971) 'Studies on polynucleotides: XCVI. Repair replication of short synthetic DNA's as catalyzed by DNA polymerases', *Journal of molecular biology*, 56(2), pp. 341–361.
- Kubista, M. et al. (2006) 'The real-time polymerase chain reaction', *Molecular aspects of medicine*, 27(2–3), pp. 95–125.
- Maddocks, S. and Jenkins, R. (2017) *Understanding PCR: a practical bench-top guide*.
- McPherson, M.J. and Geir Moller, S. (2006) *PCR: Second Edition*.
- Mullis, K.B. (1990) 'The unusual origin of the polymerase chain reaction', *Scientific American*, 262(4), pp. 56–65.
- Najafov, A. and Hoxhaj, G. (2017) *PCR Guru: An Ultimate Benchtop Reference for Molecular Biologists*.
- Nazir, I., Zaid Mahmood, H. and E Mustafa, S. (2020) 'Polymerase chain reaction: a creative review', *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 7(4), pp. 157–159. Available at: <https://doi.org/10.15406/jabb.2020.07.00228>.
- Quan, P.L., Sauzade, M. and Brouzes, E. (2018) 'DPCR: A technology review', *Sensors (Switzerland)*. MDPI AG. Available at: <https://doi.org/10.3390/s18041271>.
- Rodríguez-Lazaro, D., Hernández, M. and Rodríguez-Lázaro, D. (2014) Thanatomicrobiome View project Special Issue 'Innovative Techniques for Detecting and Preventing Foodborne Pathogens in Food Processing'(Innovative Techniques for Detecting and Preventing Foodborne Pathogens in Food Processing) View project. Available at: <http://www.cimb.org>.

- Saiki, R.K. et al. (1985) 'Enzymatic amplification of  $\beta$ -globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia', *Science*, 230(4732), pp. 1350–1354.
- Sailaja, V. and Raju, K.N. (2007) 'A Review on Heating and Cooling system using Thermo electric Modules', 14(2), pp. 49–57. Available at: <https://doi.org/10.9790/1676-1402014957>.
- Saunders (1999) *Analytical Molecular Biology Quality and Validation*.
- Svec, D. et al. (2015) 'How good is a PCR efficiency estimate: Recommendations for precise and robust qPCR efficiency assessments', *Biomolecular detection and quantification*, 3, pp. 9–16.
- Sykes, P.J. et al. (1992) 'Quantitation of targets for PCR by use of limiting dilution', *Biotechniques*, 13(3), pp. 444–449.
- Thomas Weissensteiner, H.G.G. and A.G. (2004) *PCR TECHNOLOGY Current Innovations*.
- Vogelstein, B. and Kinzler, K.W. (1999a) 'Digital pcr', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(16), pp. 9236–9241.
- Vogelstein, B. and Kinzler, K.W. (1999b) *Digital PCR*, *Genetics*. Available at: [www.pnas.org](http://www.pnas.org).
- Whale, A.S. et al. (2013) 'Methods for applying accurate digital PCR analysis on low copy DNA samples', *PloS one*, 8(3), p. e58177.
- Zhu, H. et al. (2020) 'PCR past, present and future', *BioTechniques*. Future Science Ltd, pp. 317–325. Available at: <https://doi.org/10.2144/BTN-2020-0057>.

# BAB 4

## TEKNOLOGI DNA REKOMBINAN DAN TRANSGENIK

Dr. Evy Yulianti, M.Sc.

### A. Pendahuluan

Pada tahun 1971-1973 teknologi baru mulai digunakan, yang kemudian menjadi titik balik ilmiah yang berpengaruh besar pada bidang bioteknologi. Teknologi tersebut adalah teknologi DNA rekombinan, atau dikenal sebagai rekayasa genetika, yang sampai saat ini merupakan dasar dari berbagai proses bioteknologi. *Polymerase Chain Reaction* (PCR) adalah salah satu elemen teknologi di balik DNA rekombinasi. Teknik yang ditemukan pada tahun 1985 oleh Mullis ini memungkinkan para peneliti menghasilkan jutaan salinan urutan DNA tertentu dalam waktu sekitar dua jam. Proses otomatis ini dapat menggantikan kebutuhan untuk menggunakan bakteri untuk mengamplifikasi DNA. Dasar dari sebagian besar teknologi biologi molekuler adalah gen. Untuk memfasilitasi studi gen, gen tersebut diisolasi dan diamplifikasi atau diperbanyak. Salah satu metode isolasi dan amplifikasi gen yang menarik adalah mengkloning gen dengan memasukkannya ke dalam molekul DNA lain yang berfungsi sebagai kendaraan atau vektor yang dapat direplikasi dalam sel hidup. Ketika kedua DNA dari asal yang berbeda ini digabungkan, hasilnya adalah molekul DNA rekombinan (Stryjewska *et al.*, 2013).

Ide untuk DNA rekombinan pertama kali diusulkan oleh Peter Lobban, seorang mahasiswa pascasarjana Prof. Dale Kaiser di Departemen Biokimia di Stanford University Medical School.



## DAFTAR PUSTAKA

- Berg, P., Mertz, J.E., 2010. Perspectives Anecdotal, Historical and Critical Commentaries on Genetics Personal Reflections on the Origins and Emergence of Recombinant DNA Technology. *Genetics* 184, 9-17. <https://doi.org/10.1534/genetics.109.112144>
- Clark, D.P., Pazdernik, N.J., McGehee, M.R., 2019. Cloning Genes for Synthetic Biology. *Mol Biol* 199-239. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813288-3.00007-0>
- Deans, T.L., 2014. Parallel networks: Synthetic biology and artificial intelligence. *ACM J Emerg Technol Comput Syst* 11. <https://doi.org/10.1145/2667229>
- Dilawari, R., Kaur, N., Priyadarshi, N., Kumar, B., Abdelmotelb, K.F., Lal, S.K., Singh, B., Tripathi, A., Aggarwal, S.K., Jat, B.S., Mehta, S., 2021. Harsh Environment and Plant Resilience, Harsh Environment and Plant Resilience. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65912-7>
- Khan, S., Ullah, M.W., Siddique, R., Nabi, G., Manan, S., Yousaf, M., Hou, H., 2016. Role of recombinant DNA technology to improve life. *Int J Genomics*. <https://doi.org/10.1155/2016/2405954>
- Nambisan, P., 2017. Ensuring Safety in Biotechnology. An Introduction to Ethical, Safety and Intellectual Property Rights Issues in Biotechnology 211-232. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809231-6.00009-0>
- Rosenberg, L.E., Rosenberg, D.D., 2012. Structure of Genes, Chromosomes, and Genomes. *Human Genes and Genomes* 75-96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385212-0.00006-8>
- Snow, A.A., Andow, D.A., Gepts, P., Hallerman, E.M., Power, A., Tiedje, J.M., Wolfenbarger, L.L., 2005. Genetically Engineered

Organisms and The Environment: Current Status and Recommendations, Ecological Applications.

- Stryjewska, A., Kiepusa, K., Librowski, T., Lochyński, S., 2013. Biotechnology and genetic engineering in the new drug development. Part I. DNA technology and recombinant proteins. *Pharmacological Reports* 65, 1075–1085. [https://doi.org/10.1016/S1734-1140\(13\)71466-X](https://doi.org/10.1016/S1734-1140(13)71466-X)
- Tseng, H., Small, H., 2019. Quantification of knowledge content of a high impact innovation: recombinant DNA. *Heliyon* 5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02219>
- Wall, D., 2009. Recombinant DNA, Basic Procedures. *Encyclopedia of Microbiology* 271–280. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00031-6>
- Watanabe, T., 2018. The Cell. Biophysical Basis of Physiology and Calcium Signaling Mechanism in Cardiac and Smooth Muscle 99–137. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814950-8.00004-4>
- Zerbini, F.M., Silva, F.N. da, Urquiza, G.P.C., Basso, M.F., 2014. Transgenic Plants. *Biotechnology and Plant Breeding: Applications and Approaches for Developing Improved Cultivars* 179–199. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418672-9.00008-8>

# BAB 5

## TEKNOLOGI FERMENTASI MANFAAT DAN APLIKASINYA

Sufiah Asri Mulyawati, S.Si, M.Kes

### A. Pendahuluan

Fermentasi berasal dari kata Latin "fervere" yang berarti "mendidih". Arti kata bahasa Latin ini dapat dikaitkan dengan cairan mendidih. Hal ini disebabkan adanya aktivitas ragi pada saat pemanenan hasil buah-buahan atau biji-bijian. Katabolisme anaerobik terhadap kandungan gula menghasilkan gelembung karbondioksida. Fermentasi dalam bidang biokimia dikaitkan dengan peningkatan produksi energi yang disebabkan oleh organokatabolisme. Fermentasi memiliki teknik yang lebih kompleks di bidang mikrobiologi industri, yang mempersulit setiap proses untuk mendapatkan produk dari transformasi mikroorganisme (Suprihatin, 2010).

Fermentasi umumnya dikaitkan dengan produksi gas oleh mikroorganisme hidup; namun, produksi gas atau keberadaan mikroorganisme hidup saat ini bukan merupakan kriteria penting. Dalam beberapa proses fermentasi, seperti fermentasi laktosa, tidak ada gas yang dihasilkan. Fermentasi juga dapat (tetapi tidak selalu) dipercepat dengan menggunakan enzim sebagai katalis reaksi (Suprihatin, 2010).

Fermentasi adalah suatu proses yang menghasilkan perubahan kimiawi suatu substrat organik melalui aktivitas enzimatik yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010). Fermentasi adalah proses pemecahan senyawa organik

## DAFTAR PUSTAKA

- Fardiaz, 1998, Fisiologi Fermentasi, Pusat Antar Universitas Lembaga Sumberdaya Informasi IPB, Bogor
- Pamungkas, Wahyu., 2011, Teknologi Fermentasi, Alternatif solusi dalam Upaya Pemanfaatan Bahan Pakan Lokal, Media Akuakultur, Vol. 6 No. 1
- Riadi, Lieke., 2007, Teknologi Fermentasi, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Suprihatin, 2010, Teknologi Fermentasi, Penerbit UNESA University Press

# BAB 6

## PENGUKURAN HASIL TEKNOLOGI FERMENTASI PADA SUBSTRAT PADAT

Johan Sukweenadhi, Ph.D.

### A. Pendahuluan

Bab ini membahas tentang konsep dasar, proses, teknik pengukuran, peran, tantangan, dan inovasi dalam pengukuran hasil teknologi fermentasi pada substrat padat. Fermentasi pada substrat padat adalah suatu proses bioteknologi yang digunakan untuk menghasilkan produk yang berguna dalam berbagai industri. Dalam bab ini, akan dibahas berbagai aplikasi fermentasi pada substrat padat serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Selanjutnya, pembahasan akan dilanjutkan dengan teknik pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat, seperti pengukuran massa sel, aktivitas enzim, produksi metabolit, dan kandungan nutrisi. Teknologi pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat berperan penting dalam pengembangan produk-produk industri, seperti pakan ternak, bahan baku pangan, dan bahan kimia. Namun, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat, seperti masalah konsistensi substrat, reproduktibilitas pengukuran, dan validasi metode pengukuran. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut.

Terakhir, bab ini akan membahas inovasi dan perkembangan terbaru dalam teknologi pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat, seperti penggunaan sensor dan

fermentasinya. Validasi metode pengukuran harus mencakup parameter seperti akurasi, presisi, linearitas, batas deteksi, dan batas kuantifikasi (Hongqiang and Hongzhang, 2008).

Strategi untuk mengatasi tantangan dalam pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan teknologi yang lebih canggih seperti spektroskopi inframerah dekat (*near infrared spectroscopy*/NIRS). NIRS dapat digunakan untuk mengukur kandungan nutrisi dalam substrat padat dan hasil fermentasi. Selain itu, penggunaan teknologi sensor juga dapat membantu mengukur parameter fermentasi seperti pH dan suhu (Hongqiang and Hongzhang, 2008; Peng *et al.*, 2019).

Dalam kesimpulannya, pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat merupakan tantangan dalam bidang bioteknologi. Beberapa masalah yang sering dihadapi adalah masalah konsistensi substrat, reproduktibilitas pengukuran hasil fermentasi, dan validasi metode pengukuran hasil fermentasi. Strategi yang tepat seperti penggunaan teknologi canggih dan sensor dapat membantu mengatasi tantangan dalam pengukuran hasil fermentasi pada substrat padat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aliyah, A., Alamsyah, G., Ramadhani, R., and Hermansyah, H. (2017) *Production of  $\alpha$ -Amylase and  $\beta$ -Glucosidase from *Aspergillus niger* by solid state fermentation method on biomass waste substrates from rice husk, bagasse and corn cob*. *Energy Procedia* 136: 418–423.
- Bellon-Maurel, V., Orliac, O., and Christen, P. (2003) *Sensors and measurements in solid state fermentation: a review*. *Process Biochemistry* 38(6): 881–896.
- Chen, L., Yang, X., Raza, W., Luo, J., Zhang, F., and Shen, Q. (2011) *Solid-state fermentation of agro-industrial wastes to produce bioorganic fertilizer for the biocontrol of *Fusarium* wilt of cucumber*

*in continuously cropped soil. Bioresource Technology* 102(4): 3900–3910.

- Couto, S. R., and Sanromán, M. Á. (2006) *Application of solid-state fermentation to food industry – A review. Journal of Food Engineering* 76(3): 291–302.
- Fifendy, M., Eldini, E., and Irdawati, I. (2013) *Pengaruh Pemanfaatan Molase Terhadap Jumlah Mikroba dan Ketebalan Nata Pada Teh Kombucha. Prosiding Seminar Semirata FMIPA 1 (1): 67–72.*
- Hesseltine, C. W. (1987) *Solid state fermentation – An overview. International Biodeterioration* 23(2): 79–89.
- Hidayatullah, R., and Firstendi, H. B. (2018) *Fermentasi Susu Sapi menggunakan Starter Kefir Komersil dengan Teknik Imobilisasi Sel. Thesis. Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.*
- Hongqiang, L., and Hongzhang, C. (2008) *Near-infrared spectroscopy with a fiber-optic probe for state variables determination in solid-state fermentation. Process Biochemistry* 43(5): 511–516.
- Murtiyaningsih, H., and Hazmi, M. (2018) *Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada bakteri selulolitik asal tanah sampah. Agritrop* 15(2): 293–308.
- Pandey, A. (1992) *Recent process developments in solid-state fermentation. Process Biochemistry* 27(2): 109–117.
- Pandey, A. (2003) *Solid-state fermentation. Biochemical Engineering Journal* 13(2–3): 81–84.
- Pandey, A., Soccol, C. R., and Mitchell, D. (2000) *New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. Process Biochemistry* 35(10): 1153–1169.
- Peng, R., He, Z., Gou, T., Du, J., and Li, H. (2019) *Detection of parameters in solid state fermentation of Monascus by near infrared spectroscopy. Infrared Physics & Technology* 96: 244–250.
- Raghavarao, K. S. M. S., Ranganathan, T. V., and Karanth, N. G. (2003) *Some engineering aspects of solid-state fermentation. Biochemical Engineering Journal* 13(2–3): 127–135.

- Sadh, P. K., Duhan, S., and Duhan, J. S. (2018) *Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. Bioresources and Bioprocessing* 5(1): 1–15.
- Singhania, R. R., Patel, A. K., Soccol, C. R., and Pandey, A. (2009) *Recent advances in solid-state fermentation. Biochemical Engineering Journal* 44(1): 13–18.
- Suanda, I. W., and Sumarya, I. M. (2019) *Penerapan Pembelajaran Bioteknologi melalui Fermentasi Umbi-umbian menjadi Produk Tape sebagai Substitusi Pangan Beras. Widyadari: Jurnal Pendidikan* 20(1): 111–116.
- Subramaniam, R., and Vimala, R. (2012) *Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: a comparative study. International journal of natural sciences* 3(3): 480–486.
- Suryani, Y., Hernaman, I., Neng, D., and Abstrak, H. H. (2017) *Pengaruh Tingkat Penggunaan EM4 EM4 (Effective Microorganisms-4) pada Fermentasi Limbah Padat Bioetanol terhadap Kandungan protein dan Serat Kasar. Jurnal Istek* 10(1): 140–153.
- Thomas, L., Larroche, C., and Pandey, A. (2013) *Current developments in solid-state fermentation. Biochemical Engineering Journal* 81: 146–161.
- Waites, M. J., Morgan, N. L., Rockey, J. S., and Higton, G. (2001) *Industrial Microbiology: An Introduction. International Journal of Food Microbiology. London, UK: Blackwell Science.*
- Wang, Q., Wang, F., Xu, Z., Ding, Z., Han, Q.-B., Wang, S., and Nie, S. (2017) *Bioactive Mushroom Polysaccharides: A Review on Monosaccharide Composition, Biosynthesis and Regulation. Molecules* 22(6): 1–13.
- Yusmartini, E. S., Mardwita, M., and Marza, J. (2021) *Bioethanol from Pineapple Peel with Variation of Saccharomyces Cerevisiae Mass and Fermentation Time. IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)* 6(3): 103–108.





# BAB 7

## PERANAN ENZIM DALAM BIOTEKNOLOGI

Dian Eka Setyaningtyas, S.Si, M.Biotech

### A. Pendahuluan

Enzim yang juga dikenal sebagai biokatalis, adalah zat biologis yang mengawali atau mempercepat laju reaksi biokimia dalam organisme hidup. Enzim dapat diekstraksi dari sel dan kemudian digunakan untuk mengkatalisasi berbagai proses penting secara komersial. Sebagian besar enzim adalah protein, tetapi tidak semuanya. RNA dan antibodi juga dapat bertindak sebagai katalis yang masing-masing dikenal sebagai ribozim dan abzim. Literatur menyebutkan bahwa terdapat lebih dari 5000 jenis reaksi biokimia dikatalisis oleh enzim (Schomburg *et al.*, 2013; Robinson, 2015).

Sama dengan katalis yang lain, enzim efektif dalam jumlah kecil, tetap tidak berubah setelah reaksi dan tidak mempengaruhi posisi kesetimbangan reaksi reversibel. Enzim hanya meningkatkan kecepatan di mana keseimbangan tercapai. Dibandingkan dengan katalis anorganik, enzim sangat efisien. Sebagai contoh, sementara serbuk besi dapat mengkatalisis dekomposisi hidrogen peroksida, enzim katalase, secara khusus mengkatalisis reaksi ini. Enzim mengandung atom besi tunggal yang ditempatkan secara strategis di dalam struktur protein. Satu miligram besi dalam katalase dapat menghasilkan laju dekomposisi peroksida yang hanya dapat dicapai dengan beberapa ton serbuk besi. Dengan demikian bagian protein dari katalase dan struktur terkaitnya sangat meningkatkan kekuatan

Enzim mikroba dapat mengolah limbah industri dengan biokonversi senyawa beracun menjadi produk yang lebih aman. Sejumlah enzim yang digunakan untuk tujuan ini adalah amidase, amilase, amiloglukosidase, selulase, glukoamilase, lipase, nitril hidralase, pektinase, dan protease. Dengan cara yang sama enzim, seperti lakase, mangan peroksidase, lignin peroksidase dan tirosinase biokatalisis penghapusan fenol terklorinasi dari limbah industri (Sikdar, Kanungo and Das, 2023). Teknologi DNA rekombinan, rekayasa protein, dan desain enzim rasional adalah bidang penelitian yang muncul berkaitan dengan aplikasi lingkungan dari enzim. Masa depan juga akan melihat penggunaan berbagai teknologi termasuk pengocokan gen, penyaringan throughput tinggi, dan nanoteknologi (Infinita Biotech, 2021).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ensor, C.M. *et al.* (2002) 'Pegylated arginine deiminase (ADI-SS PEG20,000 mw) inhibits human melanomas and hepatocellular carcinomas in vitro and in vivo', *Cancer Research*, 62(19), pp. 5443–5450.
- Harish, B.S. and Uppuluri, K.B. (2018) 'Microbial serine protease inhibitors and their therapeutic applications', *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, pp. 1373–1387. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.115>.
- Illanes, A. (1999) 'Stability of biocatalysts', *Electronic Journal of Biotechnology*, 2(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.2225/vol2-issue1-fulltext-2>.
- Infinita Biotech (2021) *Bio-Technological Applications of Enzymes*, Infinita Biotech Private Limited. Available at: <https://infinitabiotech.com/blog/applications-for-enzymes/> (Accessed: 16 April 2023).

- Kotzia, G.A. *et al.* (2012) 'Biocatalysis, Enzyme Engineering and Biotechnology', *Food Biochemistry and Food Processing: Second Edition*, pp. 125–166. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118308035.ch7>.
- Kuddus, M. (2019) 'Enzymes in Food Biotechnology', *Enzymes in Food Biotechnology* [Preprint], (August 2018). Available at: <https://doi.org/10.1016/c2016-0-04555-2>.
- Lee-Huang, S. *et al.* (1999) 'Lysozyme and RNases as anti-HIV components in  $\beta$ -core preparations of human chorionic gonadotropin', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(6), pp. 2678–2681. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.6.2678>.
- Meghwanshi, G.K. *et al.* (2020) 'Enzymes for pharmaceutical and therapeutic applications', *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 67(4), pp. 586–601. Available at: <https://doi.org/10.1002/bab.1919>.
- Robinson, P.K. (2015) 'Enzymes: principles and biotechnological applications', *Essays in Biochemistry*, 59, pp. 1–41. Available at: <https://doi.org/10.1042/BSE0590001>.
- Schomburg, I. *et al.* (2013) 'BRENDA in 2013: Integrated reactions, kinetic data, enzyme function data, improved disease classification: New options and contents in BRENDA', *Nucleic Acids Research*, 41(D1), pp. 764–772. Available at: <https://doi.org/10.1093/nar/gks1049>.
- Sikdar, D., Kanungo, I. and Das, D. (2023) *Proceedings of the Conference BioSangam 2022: Emerging Trends in Biotechnology (BIOSANGAM 2022), Proceedings of the Conference BioSangam 2022: Emerging Trends in Biotechnology (BIOSANGAM 2022)*. Atlantis Press International BV. Available at: <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-020-6>.
- Susanti, R. and Febriana, F. (2017) *Teknologi Enzim*. I. Edited by Aditya Ari C. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Teal, A.R. and Wymer, D.P.E.. (2013) 'Enzymes and Their Role in Biotechnology', *Enzymes and their role in biotechnology*, pp. 1–43.
- Whitehurst, R.J. and van Oort, M. (2009) *Enzymes in Food Technology: Second Edition*, *Enzymes in Food Technology: Second Edition*. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781444309935>.
- Zimmer, M. *et al.* (2002) 'The murein hydrolase of the bacteriophage  $\phi$ 3626 dual lysis system is active against all tested *Clostridium perfringens* strains', *Applied and Environmental Microbiology*, 68(11), pp. 5311–5317. Available at: <https://doi.org/10.1128/AEM.68.11.5311-5317.2002>.

# BAB 8

## METODE PENDUKUNG BIOTEKNOLOGI

dr. Etiek Nurhayati, M.Sc

### A. Pendahuluan

Ilmu berkembang sejalan dengan kemajuan peradaban manusia. Mahluk hidup secara luas tercakup dalam ilmu biologi, yang terus dipelajari hingga kini. Bioteknologi merupakan pengembangan mutakhir dari ilmu biologi, yang meningkatkan kesejahteraan hidup bagi manusia pada abad ini. Bioteknologi merupakan teknik modern untuk mengubah bahan mentah melalui transformasi biologi sehingga menjadi suatu produk yang bermanfaat.

Kemajuan pesat terjadi dalam lingkup bioteknologi pangan, kesehatan, lingkungan dan industri, termasuk pertahanan militer. Bidang kesehatan, contohnya metode PCR (*polymerase chain reaction*) untuk diagnosa virus, menjadi sangat terkenal akibat adanya pandemi *Covid-19* pada tahun 2019-2023 ini. PCR merupakan penerapan lanjut komponen sel, berupa reaksi enzimatik, dengan alat khusus untuk membantu dokter mengetahui penyebab dan diagnosa penyakit melalui uji laboratorium. Metode PCR ini adalah salah satu dari teknik biomolekuler, yang merupakan bagian dari bioteknologi.

Perkembangan metode bioteknologi terjadi melalui proses yang panjang, dengan berbagai riset di dalam dan luar negeri dengan perlindungan hak paten dan hak kekayaan intelektual (HKI). Akibatnya metode-metode bioteknologi belum banyak yang bisa dipasarkan untuk industri, karena

nuclease (HNH dan RuvC) yang disebut dengan dCas9. dCas9 dapat menghambat ataupun mengaktifasi ekspresi gen. dCas9 tidak dapat memotong gen tetapi masih memiliki kemampuan untuk menempel pada DNA (Soetedjo R. et al, 2020).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arora PK, 2020, Bacilli-mediated degradation of xenobiotic compound and heavy metals, *Front Bioeng Biotechnol*, 2020, 8: 570307, doi: [10.3389/fbioe.2020.570307](https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.570307)
- Ebrahimi A, Ahmadi H, Pourfraidon Ghasrodashti Z, Tanide N, Shahriarirad R, Erfani A, Ranjbar K, Ashkani-Esfahani S., 2021, Therapeutic effects of stem cells in different body systems, a novel method that is yet to gain trust: A comprehensive review. *Bosn J Basic Med Sci.* 2021 Dec 1;21(6):672-701. doi: 10.17305/bjbm.2021.5508. PMID: 34255619; PMCID: PMC8554700
- Gogolev YV, Ahmar S, Akpınar BA, Budak H, Kiryushkin AS, Gorshkov VY, Hensel G, Demchenko KN, Kovalchuk I, Mora-Poblete F, Muslu T, Tsers ID, Yadav NS, Korzun V. OMICs, Epigenetics, and Genome Editing Techniques for Food and Nutritional Security. *Plants.* 2021; 10(7):1423. <https://doi.org/10.3390/plants10071423>
- Khan S, Ullah MW, Siddique R, Nabi G, Manan S, Yousaf M, Hou H., 2016, Role of Recombinant DNA Technology to Improve Life. *Int J Genomics.* 2016; 2016 : 2405954. doi: 10.1155/2016/2405954. Epub 2016 Dec 8. PMID: 28053975; PMCID: PMC5178364.
- Khehra N, Padda IS, Swift CJ. Polymerase Chain Reaction (PCR) [Updated 2023 Mar 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-.

- Liu Z, Xie W, Li D, Peng Y, Li Z, Liu S, 2016, Biodegradation of phenol by bacteria strain *Acinetobacter calcoaceticus* PA isolated from phenolic wastewater, *Int J Environ Res Public Health*, 2016 Mar, 13 (3):300, doi : 10.3390/ijerph13030300
- Mitra S, Tomar PC., 2021, Hybridoma technology; advancements, clinical significance, and future aspects. *J Genet Eng Biotechnol*. 2021 Oct 18;19(1):159. doi: 10.1186/s43141-021-00264-6. PMID: 34661773; PMCID: PMC8521504.
- Moore KJM, Cahill J, Aidelberg G, Aronoff R, Bektaş A, Bezdán D, Butler DJ, Chittur SV, Codyre M, Federici F, Tanner NA, Tighe SW, True R, Ware SB, Wyllie AL, Afshin EE, Bendesky A, Chang CB, Dela Rosa R 2nd, Elhaik E, Erickson D, Goldsborough AS, Grills G, Hadasch K, Hayden A, Her SY, Karl JA, Kim CH, Kriegel AJ, Kunstman T, Landau Z, Land K, Langhorst BW, Lindner AB, Mayer BE, McLaughlin LA, McLaughlin MT, Molloy J, Mozsary C, Nadler JL, D'Silva M, Ng D, O'Connor DH, Ongerth JE, Osuolale O, Pinharanda A, Plenker D, Ranjan R, Rosbash M, Rotem A, Segarra J, Schürer S, Sherrill-Mix S, Solo-Gabriele H, To S, Vogt MC, Yu AD, Mason CE; gLAMP Consortium. Loop-Mediated Isothermal Amplification Detection of SARS-CoV-2 and Myriad Other Applications. *J Biomol Tech*. 2021 Sep;32(3):228-275. doi: 10.7171/jbt.21-3203-017. PMID: 35136384; PMCID: PMC8802757.
- Rajeh Banu J, Kumar G, Chottopadhyay I., 2021, Management of microbial enzymes for biofuels and biogas production by using metagenomic and genome editing approaches, *3 Biotech journal*, 2021 Oct, 11(10): 429, doi: [10.1007/s13205-021-02962-x](https://doi.org/10.1007/s13205-021-02962-x)
- Rahbaran M, Razeghian E, Maashi MS, Jalil AT, Widjaja G, Thangavelu L, Kuznetsova MY, Nasirmoghadas P, Heidari F, Marofi F, Jarahian M., 2021, Cloning and Embryo Splitting in Mammals: Brief History, Methods, and Achievements. *Stem Cells Int*. 2021 Nov 30;2021:2347506. doi:



10.1155/2021/2347506. PMID: 34887927; PMCID: PMC8651392.

Ratledge C, Kristiansen B. 2001. *Basic Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Pr. Hal. 5-17

Soleymanpour Z, Nikzad M, Talebnia F, Niknezhad V. Xanthan gum production from acid hydrolyzed broomcorn stem as a sole carbon source by *Xanthomonas campestris*. 3 Biotech. 2018 Jul;8(7):296. doi: 10.1007/s13205-018-1322-z. Epub 2018 Jun 26. PMID: 29963356; PMCID: PMC6019652.

Soetedjo R, Alexander L, Tobian N., 2020, Tinjauan Pustaka: Penggunaan Crispr-Cas System Sebagai Solusi Menghadapi Resistensi Antimikroba Pada Bakteri, *Essence of Scientific Medical Journal* (2020), Volume 18, Number 2:33-40 P-ISSN.1979-0147, E-ISSN. 2655-6472

Supatni, 2016, Bioteknologi Crispr/Cas9: Cara terbaru Untuk Memukul Jatuh Gen, *Bio Trends*, vol.7 No.2. hal: 31-36.

Suwandi JF., 2021, Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) Dalam Penegakan Diagnosis Infeksi Parasit Malaria Berbasis Molekuler, *JMJ*, Volume 9, Nomor 2, Mei 2021, Hal: 120-129.

Tamoor M, Samak NA, Jia Y, Mustaq MU, Sher H, Bibi M, Xing B., 2021, Potential Use of Microbial Enzymes for the Conversion of Plastic Waste Into Value-Added Products: A Viable Solution, *Front Microbiol*, 2021; 12: 777727, Published online 2021 Nov 30. doi: [10.3389/fmicb.2021.777727](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.777727)

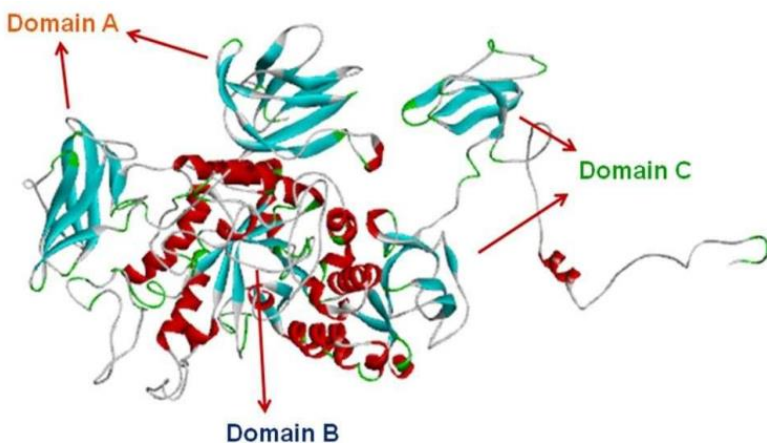
# BAB 9

## PRODUKSI MASSAL ENZIM UNTUK KOMERSIAL

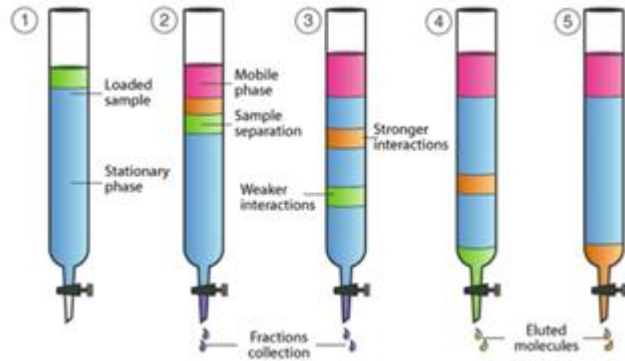
Dia Septiani, S.Si., M.Farm

### A. Pendahuluan

Enzim berperan penting dalam mempercepat laju reaksi kimia sehingga banyak digunakan dalam aplikasi di bidang bioteknologi dan kesehatan. Enzim, sebagai biokatalis, merupakan protein yang sebagian besar memiliki struktur globular dan tiga dimensi yang kompleks (Gambar 9.1). Enzim diproduksi dari sel hidup, dapat diproduksi dari hewan, tumbuhan, sel kultur mamalia, bahkan dari mikroorganisme sekalipun.



Gambar 9. 1 Struktur tiga dimensi  $\alpha$ -amilase dengan 3 domain berbeda menunjukkan kemampuan aktivitas katalitiknya



Gambar 9. 7 Purifikasi enzim melalui teknik kromatografi kolom

### c. Formulasi

Tahapan akhir dari produksi massal enzim komersial adalah menjaga stabilitas dari enzim yang sudah diperoleh. Stabilitas enzim dijaga dengan pemberian sukrosa/ laktosa, garam, atau polimer. Selain itu, enzim juga dapat dibeku-keringkan atau liofilisasi sehingga dikemas dalam bentuk serbuk. Hal demikian dilakukan agar menjaga stabilitas protein yang merupakan komposisi utama enzim sehingga memiliki masa simpan yang panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basanta, K.B., Ram, P., dan Shyambhavee, B. (2021). Life Sciences Industry. Singapore: Springer Nature Singapore, Pte Ltd.
- GlobeNewswire. (2022). Global Enzyme Market Report. Access on: [Global Enzymes Market Report \(2022 to 2027\) - Advancements \(globenewswire.com\)](https://www.globenewswire.com/press-releases/global-enzymes-market-report-2022-to-2027-advancements-3012342.html).
- Headon, D., R., dan G. Walsh. (1994). The Industrial Production of Enzymes. *Biotech.Adv.*(12): 635–646 hlm.
- Kumari, A., Singh, V.K., dan Kayastha, N.M. (2013). Molecular modelling of alfa amylase from germinated soybean (*Glycine*

*max*) and its functional diversity. *International Journal of Genomics and Proteomics* (4)2: 64–71 hlm.

Naveen, K.A., Jitendra, M., dan Vaibhav, M. (2020). *Microbial Enzymes: Roles and Applications in Industries*. Singapore: Springer Nature Singapore, Pte Ltd.

Septiani, D., Suryadi, H., Mun'im, A., dan Mangunwardoyo, W. (2019). Production of cellulase from *Aspergillus niger* and *Trichoderma reesei* mixed culture in carboxymethylcellulose medium as sole carbon. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20(12): 3539–3544 hlm.

Zhu, D., Q. Wu., dan N. Wang. (2011). *Industrial Enzymes*. China: Elsevier B.V.

# BAB

# 10

## BIOTEK HEWAN, MANFAAT DAN APLIKASINYA DI BIDANG KESEHATAN

Ahsanal Kasasiah, S.Si., M.Si

### A. Pendahuluan

Penelitian bioteknologi tidak lepas dari penggunaan hewan sebagai agen biologis. Peran hewan di bidang bioteknologi meliputi pengembangan pengobatan dan obat-obatan baru; meningkatkan produksi makanan seperti daging, susu dan telur; mengurangi dampak agrikultur terhadap lingkungan serta dapat digunakan untuk konservasi hewan/spesies langka. Pemanfaatan hewan di bidang bioteknologi berpotensi penting dalam memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan masyarakat. Meskipun begitu, penelitian menggunakan hewan dapat memungkinkan adanya pelanggaran etik sehingga diharuskan mengikuti regulasi tertentu untuk mencegah hal tersebut.

Pada bab ini akan mengkaji bioteknologi hewan, manfaat dan teknik laboratorium yang umum digunakan serta aplikasinya khususnya di lingkup bidang kesehatan.

### B. Pengertian Biotek Hewan

Secara definisi, biotek hewan (*animal biotechnology*) diartikan sebagai cabang ilmu bioteknologi yang menggunakan teknik biomolekular untuk merekayasa atau memodifikasi hewan agar lebih sesuai untuk diaplikasikan di bidang pertanian, industri, maupun kesehatan. Adapun manfaat dari

minggu sebelum mengalami komplikasi berkaitan dengan reaksi penolakan transplantasi (Thieman and Palladino, 2020).

Peneliti banyak berfokus pada babi sebagai donor utama, hal ini disebabkan babi memiliki keunggulan seperti mudah berkembang biak, relatif murah, dan memiliki kesamaan organ secara fungsi dan ukuran dengan manusia. Keterbatasannya adalah terdapat kekhawatiran mengenai virus yang dapat ditularkan dari babi ke manusia, sehingga menyebabkan organ yang ditransplantasikan ditolak. Sampai saat ini, upaya selalu dilakukan untuk merekayasa kloning babi untuk memberikan sistem kekebalan tubuh manusia agar terhindar dari reaksi penolakan transplantasi atau terhindar dari virus babi (Thieman and Palladino, 2020).

Salah satu proyek dilakukan oleh perusahaan bioteknologi eGenesis dengan cara menghilangkan semua 62 salinan endogen gen retrovirus (PERV) dalam genom babi dengan menggunakan teknologi CRISPR. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir penularan penyakit saat dilakukan transplantasi (NIH, 2020).

Upaya lain juga dilakukan oleh perusahaan bioteknologi Revivicor, dengan menggunakan teknologi modifikasi 10 gen pada donor babi, yang bertujuan untuk mencegah organ transplantasi merespon hormon pertumbuhan pada manusia dan mengurangi reaksi penolakan pada manusia. Pada Januari 2022, upaya xenotransplantasi ini berhasil pada seorang pasien berumur 57 tahun akan tetapi pasien meninggal 2 bulan kemudian akibat infeksi virus (Regalado, 2022).

## DAFTAR PUSTAKA

Advanced Information (2007) *Gene Modification in Mice*, NobelPrize.org. Available at: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2007/advanced-information/> (Accessed: 21 April 2023).

- Al-shuhaib, M. *et al.* (2014) 'Sperm Mediated Gene Transfer in Mammals ; a Versatile Platform with Multiple Enhancements Techniques', 3208(figure 1), pp. 58–68.
- Koo, B.C., Kwon, M.S. and Kim, T. (2014) 'Retrovirus-Mediated Gene Transfer', *Transgenic Animal Technology: A Laboratory Handbook: Third Edition*, pp. 167–194. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410490-7.00006-2>.
- Nabavizadeh, S.L. *et al.* (2016) 'Cloning: A Review on Bioethics, Legal, Jurisprudence and Regenerative Issues in Iran.', *World journal of plastic surgery*, 5(3), pp. 213–225. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27853684>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5109382>.
- National Research Council (US) Committee (2002) *Animal Biotechnology: Science-Based Concerns*. Washington DC: National Academies Press (US). Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK207578/#ddd00063>.
- NIH (2020) *Liver Xenotransplantation using CRISPR-modified Porcine Organs*. Available at: <https://reporter.nih.gov/search/bZCiGKXtUUOEPBliFrzNcw/project-details/10089398>.
- Pepper, M.S., Gouveia, C. and Slabbert, M.N. (2015) 'Legislation governing pluripotent stem cells in South Africa', *South African Journal of Bioethics and Law*, 8(2), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.7196/sajbl.8402>.
- Priya, P. and Reyes, V. (2012) 'A Cancer Biotherapy Resource', (December).
- Regalado, A. (2022) 'The gene-edited pig heart given to a dying patient was infected with a pig virus', *MIT Technology Review*. Available at: <https://www.technologyreview.com/2022/05/04/1051725>

/xenotransplant-patient-died-received-heart-infected-with-pig-virus/.

- Roths, J.B. *et al.* (1999) 'Spontaneous and engineered mutant mice as models for experimental and comparative pathology: History, comparison, and developmental technology', *Laboratory Animal Science*, 49(1), pp. 12-34.
- Tani, H. and Tohyama, S. (2022) 'Human Engineered Heart Tissue Models for Disease Modeling and Drug Discovery', *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10(March), pp. 1-21. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.855763>.
- Thieman, W.J. and Palladino, M.A. (2020) *Introduction to Biotechnology*. Fourth. Harlow Essex United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Wheeler, M.. (2013) 'Transgenic Animals in Agriculture', *Nature Education Knowledge*, 4(11). Available at: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/transgenic-animals-in-agriculture-105646080/#:~:text=A transgenic animal is one,the genome of a cell.>



# BAB

# 11

## REKAYASA GENETIKA (TEKNOLOGI DNA- REKOMBINAN) DAN APLIKASINYA

Nisa Ihsani, S.Si., M.Si.

### A. Sejarah Penemuan Teknologi DNA-Rekombinan

Teknologi DNA-rekombinan muncul setelah mekanisme transduksi ditemukan. Pada tahun 1952, bakteriofaga telah diketahui sebagai virus yang dapat meningkatkan variasi genetik bakteri melalui proses transduksi. Bakteriofaga/faga (*phage*) dapat memasukkan materi genetiknya ke dalam sel bakteri dan menyebabkan DNA bakteri terfragmentasi. Sebagian segmen DNA bakteri kemudian dapat masuk ke dalam faga yang tengah bermultiplikasi dan siap untuk menginfeksi bakteri lainnya. Pada proses transduksi selanjutnya, faga memasukkan kembali materi genetiknya, termasuk segmen DNA bakteri ke dalam sel bakteri yang baru (Gambar 11.1) (Parkinson, 2016; Fillol-Salom *et al.*, 2019).

Jika bakteri tersebut merupakan strain yang berbeda dengan bakteri sebelumnya, maka bakteri mengalami penambahan/perubahan susunan materi genetik. Berg & Mertz (2010) mengungkapkan bahwa faga dapat membawa sekitar 2% dari genom bakteri untuk ditransfer pada bakteri lainnya. Kemampuan faga dalam memperantarai perpindahan segmen DNA antar bakteri inilah yang menjadi salah satu landasan di bidang ilmu Biologi Molekuler untuk menciptakan teknologi DNA-rekombinan. Istilah DNA rekombinan (rDNA) selanjutnya didefinisikan sebagai gabungan atau kombinasi segmen DNA

produksi biodiesel, bioetanol, dan biogas merupakan alternatif energi terbarukan yang dapat menangani keterbatasan sumber energi (Khan *et al.*, 2016).

## 5. Bidang Lingkungan

Berbagai kerusakan lingkungan telah nampak dalam bentuk cemaran air, tanah, dan udara. Bioremediasi telah menjadi solusi yang menjanjikan dalam menanggulangi kerusakan tersebut, salah satunya dengan menggunakan teknologi DNA-rekombinan (Shinde & Sapkai, 2018). Bioremediasi dapat dilakukan melalui *gene editing* mikroba menggunakan CRISPR Cas, TALEN, dan ZFN untuk menyisipkan gen yang berperan dalam degradasi polutan (Jaiswal, Singh, & Shukla, 2019).

## 6. Bidang Pangan

Teknologi DNA-rekombinan menjadi salah satu solusi dari banyaknya kendala terkait ketahanan pangan. Produk yang telah dihasilkan dengan menggunakan teknologi ini antara lain tanaman transgenik yang resisten dari penyakit, iklim yang ekstrem, dan cekaman lainnya; percepatan produksi tanaman (Shinde & Sapkai, 2018); dan peningkatan kualitas pangan dengan menambah kuantitas kandungan senyawa yang bergizi (Kavhiza *et al.*, 2022)

## DAFTAR PUSTAKA

- Aakash. (2022). What is Transduction in Bacteria? Retrieved from <https://byjus.com/neet/transduction-in-bacteria/>
- Aboul-Maaty, N. A.-F., & Oraby, H. A.-S. (2019). Extraction of high-quality genomic DNA from different plant orders applying a modified CTAB-based method. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0066-1>
- Ansar, W., & Ghosh, S. (2013). Monoclonal Antibodies: A Tool in Clinical Research. *Indian Journal of Clinical Medicine*, 4, IJCM.S11968. <https://doi.org/10.4137/ijcm.s11968>

- Aryal, S. (2022). Gene Cloning-Requirements, Principle, Steps, Applications. Retrieved from <https://microbenotes.com/gene-cloning-requirements-principle-steps-applications/>
- Berg, P., & Mertz, J. E. (2010). Personal reflections on the origins and emergence of recombinant DNA technology. *Genetics*, 184(1), 9-17. <https://doi.org/10.1534/genetics.109.112144>
- Berkeley, U. of C. (2023). *LIC Cloning Protocol*. Retrieved from <https://qb3.berkeley.edu/facility/qb3-macrolab/projects/lic-cloning-protocol/>
- Clark, D. P., Pazdernik, N. J., & McGehee, M. R. (2019). *Molecular Biology Third Edition*.
- Delaney, S., Murphy, R., & Walsh, F. (2018). A comparison of methods for the extraction of plasmids capable of conferring antibiotic resistance in a human pathogen from complex broiler cecal samples. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01731>
- Fillol-Salom, A., Alsaadi, A., de Sousa, J. A. M., Zhong, L., Foster, K. R., Rocha, E. P. C., & Haaber, J. (2019). Bacteriophages benefit from generalized transduction. *PLoS Pathogens*, 15(7), 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007888>
- Hilgarth, R. S., & Lanigan, T. M. (2020). Optimization of overlap extension PCR for efficient transgene construction. *MethodsX*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.12.001>
- Jaiswal, S., Singh, D. K., & Shukla, P. (2019). Gene editing and systems biology tools for pesticide bioremediation: A review. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00087>
- Kavhiza, N. J., Zargar, M., Prikhodko, S. I., Pakina, E. N., Murtazova, K. M. S., & Nakhaev, M. R. (2022). Improving Crop Productivity and Ensuring Food Security through the Adoption of Genetically Modified Crops in Sub-Saharan

Africa. *Agronomy*, 12(2).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy12020439>

- Khan, S., Ullah, M. W., Siddique, R., Nabi, G., Manan, S., Yousaf, M., & Hou, H. (2016). Role of recombinant DNA technology to improve life. *International Journal of Genomics*.  
<https://doi.org/10.1155/2016/2405954>
- Mignon, C., Sodoyer, R., & Werle, B. (2015). Antibiotic-free selection in biotherapeutics: Now and forever. *Pathogens*, 4(2), 157–181.  
<https://doi.org/10.3390/pathogens4020157>
- Motohashi, K. (2019). A novel series of high-efficiency vectors for TA cloning and blunt-end cloning of PCR products. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42868-6>
- Nora, L. C., Westmann, C. A., Martins-Santana, L., Alves, L. de F., Monteiro, L. M. O., Guazzaroni, M. E., & Silva-Rocha, R. (2018). The art of vector engineering: towards the construction of next-generation genetic tools. *Microbial Biotechnology*, 12(1), 125–147. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13318>
- Parkinson, J. S. (2016). Classic spotlight: The discovery of bacterial transduction. *Journal of Bacteriology*, 198(21), 2899–2900.  
<https://doi.org/10.1128/JB.00635-16>
- Putra, L. A. G. P., Yonathan, C. J., Niedhatrata, N. I., Firdaus, M. H. R., & Yoewono, J. R. (2020). A review of the development of Polymerase Chain Reaction technique and its uses in Scientific field. *Stannum: Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 2(1).
- Raghunathan, G., & Marx, A. (2019). Identification of *Thermus aquaticus* DNA polymerase variants with increased mismatch discrimination and reverse transcriptase activity from a smart enzyme mutant library. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37233-y>
- Rodríguez-Rodríguez, D. R., Ramírez-Solís, R., Garza-Elizondo, M. A., Garza-Rodríguez, M. D. L., & Barrera-Saldaña, H. A.

- (2019). Genome editing: A perspective on the application of CRISPR/Cas9 to study human diseases (Review). *International Journal of Molecular Medicine*, 43(4), 1559–1574. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2019.4112>
- Sarangi, S., Mandal, C., Dutta, S., Mukherjee, P., Mondal, R., Kumar, S. P. J., & Mandal, A. B. (2020). Data on optimization of microprojectile bombardment parameters in development of salinity tolerant transgenic lines. *Data in Brief*, 29, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105305>
- Shinde, S., & Sapkai, S. (2018). Recombinant DNA technology and its applications. *International Journal of MediPharm Research*, 4(2), 79–88. [https://doi.org/10.5005/jp/books/10279\\_5](https://doi.org/10.5005/jp/books/10279_5)
- Smith, E. R. (2022). Importance of Gene Cloning through Bacterial Transformation. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*, 10(10). <https://doi.org/10.35248/2379-1764.22.10.384>
- Souii, A., Gharbi, M. B. M., & Gharbi, J. (2013). Gene cloning : a frequently used technology in a molecular biology laboratory - alternative approaches , advantages. *American Journal of Research Communication.*, 1(5), 18–35.
- Staal, J., Alci, K., De Schampelaire, W., Vanhoucke, M., & Beyaert, R. (2019). Engineering a minimal cloning vector from a pUC18 plasmid backbone with an extended multiple cloning site. *BioTechniques*, 66(6), 254–259. <https://doi.org/10.2144/btn-2019-0014>
- Ulucay, O., Gormez, A., & Ozic, C. (2022). For biotechnological applications: Purification and characterization of recombinant and nanoconjugated xylanase enzyme from thermophilic *Bacillus subtilis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 44, 102478.

# BAB

# 12

## APLIKASI BIOTEKNOLOGI LINGKUNGAN (BIOREMEDIASI)

Dr. Ratna Umi Nurlila, S.Si., M.Sc

### A. Bioremediasi

Bioremediasi berasal dari dua asal kata, bio (*organisme hidup*) dan remediasi (menyehatkan kembali), sehingga secara bersama diartikan bioremediasi menjadi suatu cara penggunaan organisme dalam upaya penyehatan kembali lingkungan yang sudah rusak atau tercemar. Dalam teknologi ini organisme hidup yang paling banyak digunakan adalah mikroorganisme, yang digunakan untuk pemecahan atau degradasi bahan pencemar lingkungan menjadi bentuk yang lebih sederhana dan aman bagi lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun.

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan atau menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa polutan. Enzim-enzim yang diproduksi mikroorganisme seperti bakteri, khamir dan kapang yang berperan penting dalam bioremediasi limbah polutan. Mikroorganisme ini menghasilkan enzim yang digunakan untuk memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur

kemudian dibuat kultur dan diuji efektifitasnya untuk kemudian dijadikan sediaan jika sewaktu-waktu diperlukan bantuannya untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan.

Dalam pengolahan limbah, jasad biologi pada awalnya bukan hal yang menarik bagi orang teknik, karena memang bukan bidangnya. Namun ternyata mereka sangat membutuhkan mikroba tersebut dalam kegiatan pengolahan limbah, terutama dalam kegiatan pengolahan limbah organik, untuk itulah bioteknologi secara perlahan dikembangkan di bidang lingkungan. Upaya manusia untuk meningkatkan taraf hidup secara individu dan kelompok dengan tanpa memperhatikan kaidah lingkungan yang ada ternyata telah menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Kegiatan pertanian, penebangan hutan, kegiatan perikanan dan industri telah menurunkan kualitas lingkungan dan berpotensi untuk menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi semua makhluk hidup yang terikat dengan lingkungan tersebut. Bioteknologi merupakan revolusi ke tiga dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dunia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Endah Rita, Sulistyia Dewi., *Bioremediasi : Mikroorganisme sebagai Fungsi Bioremediasi pada Perairan Tercemar.* (2020).
- Ethica, Stalis Norma., *Buku referensi bioremediasi limbah biomedik cair.* Deepublish, 2018.
- Fahmideh, L., Khidadadi, E., 2014. A Reeviw of Applications of Biotechnology in the Environment. *International Journal of Farming and Allied Science*, vol. 3 No.
- Hardiani, Henggar, Teddy Kardiansyah, and Susi Sugesty. *Bioremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas proses deinking.* *Jurnal Selulosa* (2016).

- Jekti, Dwi Soelistya Dyah. Peranan Mikroba Dalam Pengelolaan Lingkungan. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. 2018.
- Khastini, Rida Oktorida, et al. Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi* 10.1 (2022): 345-360.
- Munir, Erman. Pemanfaatan mikroba dalam bioremediasi: suatu teknologi alternatif untuk pelestarian lingkungan. (2006).
- Rahayu, Sri Pudji. Peranan Mikroorganisme Dalam Bioremediasi Tanah Yang Tercemar Logam Berat Dari Limbah Industri. *Jurnal Kimia dan Kemasan* (2008): 21-29.
- Suryani, Yani. Bioremediasi limbah merkuri dengan menggunakan mikroba pada lingkungan yang tercemar. *Jurnal Istek* 5.1-2 (2011).
- Waluyo, Lud. *Bioremediasi Limbah: Limbah*. Vol. 1. UMM Press, 2018.
- Yasid, Mochd. Peranan Isolat Bakteriindigenous Sebagai Agen Bioremediasi Perairan Yang Terkontaminasi Uranium. *GANENDRA Majalah IPTEK Nuklir* 17.1 (2014).



## TENTANG PENULIS



**Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech** menyelesaikan studi S1 di Jurusan Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang, dan S2 di Program Studi Bioteknologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Menjadi peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit pada tahun 2008 hingga 2022, saat ia bergabung dalam Kelompok Riset

Penyakit Tular Vektor dan Zoonosis, Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Organisasi Riset Kesehatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Dapat dihubungi melalui surat elektronik di alamat [yusnita.mirna.anggraeni@brin.go.id](mailto:yusnita.mirna.anggraeni@brin.go.id)



**Dr. R. Agus Wibowo S., S.Si; M.Sc** Menyelesaikan studi Doktorat pada Program Studi Ilmu Kedokteran dan Kesehatan FKMK Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan peminatan Biomedis. Penulis menekuni bidang penelitian Biologi molekuler, dan bekerja pada Balai Litbangkes Magelang, Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik

Indonesia.



**Jekmal Malau, S.Si., M.Si** lahir di Tigalama, pada 9 Juli 1988. Beliau adalah anak dari pasangan Asten Malau (ayah) dan Rose Simbolon (ibu). Ia tercatat sebagai lulusan IPB University. **Jekmal Malau** adalah seorang dosen dan peneliti di Fakultas Ilmu Kesehatan program studi Farmasi Universitas Singaperbangsa Karawang, Beliau juga

Konsultan Ahli di PT INBIO Indonesia dan PT Gelora Mandiri Group. Sebelum memilih sebagai pengajar, beliau adalah seorang praktisi profesional dengan pengalaman kerja kurang lebih 6 tahun, sebagai *Field Application Scientist*, PT Enigma Saintia Solusindo sejak Desember 2015- Juli 2018. Pada tahun yang sama beliau juga bergabung di PT Sciencewerke (Agustus 2018-Februari 2022) sebagai *Application Scientist Supervisor*. Disela-sela pekerjaannya, beliau juga aktif berbagi ilmu sebagai pengajar kelas online INBIO Indonesia pada Desember 2019- Maret 2021. Dalam perjalanan karirnya tidak sedikit training yang diperoleh untuk menunjang kemampuan akademik. Sejumlah training baik didalam dan luar negeri dari perusahaan bioteknologi dunia telah diikutinya seperti, *ThermoFisher Scientific USA, Bio-Rad laboratoris USA, Seegene Korea, Abbott Molecular Singapore, MGI-BGI China, LGC China* dan masih banyak yang lain.



**Dr. Evy Yulianti, M.Sc**, lahir di Bandung, pada tanggal 26 Juli 1980. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (S1), FKKMK Universitas Gadjah Mada (S2 dan S3). Wanita yang kerap disapa Evy ini adalah anak dari pasangan Alip Bin Umar (ayah) dan Sri Sukanti (ibu). Evy saat ini

bekerja sebagai dosen di Departemen Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta.



**Sufiah Asri Mulyawati, S.Si., M.Kes,** lahir di Kendari, pada 26 Juni 1983. Ia tercatat sebagai lulusan Ilmu Biomedik konsentrasi Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa phia ini adalah anak dari pasangan Chusaeri, S.Pd (ayah) dan Asmawati (ibu). Sejak tahun 2014 hingga saat ini menjadi dosen di program studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Halu Oleo.



**Johan Sukweenadhi, Ph.D.** lahir di Surabaya, 30 Agustus 1989 silam. Saat ini, pria yang akrab dipanggil Johan ini bekerja sebagai dosen di Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya. Selain aktif melakukan kegiatan penelitian, Johan juga telah menjadi reviewer jurnal internasional, menulis buku-buku monograf dan referensi, serta menjadi konsultan riset untuk Kalbe Ubaya Hanbang-Bio Laboratory dan Tanemi Hydroponics. Bidang riset yang menjadi minatnya adalah kultur jaringan tanaman, fisiologis tanaman terhadap stres, rekayasa genetik tanaman dan interaksi mikroba dengan tanaman.



**Dian Eka Setyaningtyas, S.Si, M.Biotech.** Saat ini bekerja sebagai peneliti di Kelompok Riset Penyakit Tular Vektor dan Zoonosis pada Manusia, Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Pendidikan S1 Kimia ditempuh di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, lulus pada tahun 2009. Pendidikan S2 ditempuh di Program Studi Magister

Bioteknologi, Sekolah Pascasarjana UGM, lulus pada tahun 2021. Bekerja di Balai Litbangkes Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan sejak tahun 2010, kemudian pindah tugas sebagai peneliti ke BRIN sejak tahun 2022. Penelitian yang telah dilakukan di bidang Penyakit Tular Vektor dan Reservoir. Berbagai publikasi telah diterbitkan terkait demam berdarah, malaria, filariasis, fasciolopsiasis dan lain-lainnya.



**dr. Etiek Nurhayati, M.Sc,**

lahir di Jogjakarta, lulusan dari SMA Negeri 1 Pontianak, alumni dari Fakultas Kedokteran UGM Jogjakarta. Sekarang ini bertugas di Poltekkes Kemenkes Pontianak, Kalimantan Barat.



**Dia Septiani, S.Si., M.Farm.** lahir di Lubuk Linggau, pada 9 September 1993. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Indonesia pada Magister Ilmu Kefarmasian. Wanita yang kerap disapa Dia ini adalah dosen farmasi di Universitas Singaperbangsa Karawang sejak 2022 dan ini adalah *book chapter* keduanya. Selain menjadi *working mom*,

Dia juga *happy* menjalani statusnya sebagai istri dari Larantio F.Prasojo (suami) dan ibu dari Albirru Rauf Nauzan (anak).



**Ahsanal Kasasiah, M.Si**

Lahir di Karawang, pada 29 Juli 1990. Menyelesaikan studi S1 Biologi dan S2 Bioteknologi di Institut Teknologi Bandung. Sejak tahun 2016 sampai sekarang menjadi dosen tetap bidang keahlian Biologi dan Bioteknologi di program studi S1 Farmasi serta menjabat sebagai Ketua Gugus Jaminan Mutu

Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Singaperbangsa Karawang



**Nisa Ihsani, S.Si., M.Si.** lahir di Bandung, 16 Januari 1991, anak bungsu dari pasangan Endang alm. (ayah) dan Eny alm. (ibu). Setelah lulus dari S1 Biologi, SITH, Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2013, Ia melanjutkan studi S2-nya di kampus yang sama untuk Program Studi Bioteknologi. Sejak awal perkuliahan S1,

Ia sangat menyukai bidang ilmu terkait Genetika sehingga penelitiannya berfokus pada bidang tersebut hingga ia meniti karirnya sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Bandung pada program studi Bioteknologi.



**Dr. Ratna Umi Nurlila, S.Si., M.Sc.** lahir di kota Loksumawe tanggal 19 November 1980, penulis menempuh Pendidikan S1 jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam pada Universitas Halu Oleo pada tahun 2004, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Magister pada Jurusan

Biologi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada pada tahun 2008, dan pada tahun 2021 penulis telah menyelesaikan program doctor pada Universitas Haluoleo. Penulis adalah dosen pada

perguruan tinggi Universitas Mandala Waluya, penulis aktif dalam menjalankan tridharma perguruan tinggi, dalam bidang penelitian dan juga pengabdian masyarakat penulis telah banyak menghasilkan karya-karya artikel pada jurnal Internasional bereputasi, jurnal nasional bereputasi, HKI, paten dan buku. Penulis telah aktif melakukan penelitian dengan dana hibah dikti sejak tahun 2012, begitu pula dengan hibah pengabdian masyarakat penulis telah menghasilkan 3 paten dari kegiatan PKM dana hibah dikti pada tahun 2015 hingga tahun 2018. Penulis aktif dalam mengikuti kegiatan konferensi internasional, penulis juga beberapa kali telah di undang sebagai pembicara pada seminar nasional. Di samping kesibukannya sebagai dosen yang aktif dalam menjalankan tridharma penulis di amanahkan menjabat sebagai kaprodi pada Universitas Mandala Waluya sejak tahun 2015, yang selanjutnya menjabat sebagai dekan Fakultas Sains dan Teknologi dan saat ini penulis menjalankan tugas sebagai Rektor Universitas Mandala Waluya, visi penulis adalah Membangun kampus tercinta menjadi unggul, kompetitif dan sustainable, dan berkomitmen dalam mencerdaskan Pendidikan di wilayah Sulawesi tenggara khususnya, Indonesia pada umumnya.





REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## 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 : EC00202357359, 20 Juli 2023

**Pencipta**  
Nama : **Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech, Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc dkk**

Alamat : Jl. Diponegoro 89A Kel. Sidorejo Lor, Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah, Salatiga, Jawa Tengah, 50714

Kewarganegaraan : Indonesia

**Pemegang Hak Cipta**  
Nama : **Yusnita M. Anggraeni, S.Si, M.Biotech, Dr. R. Agus Wibowo S., M. Sc dkk**

Alamat : Jl. Diponegoro 89A Kel. Sidorejo Lor, Kec. Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah, Salatiga, Jawa Tengah, 50714

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Pengantar Bioteknologi**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 17 Juni 2023, di Purbalingga

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 : 000490294

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 DAN HAK ASASI MANUSIA  
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto  
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:  
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.