

EDITOR

Prof. Dr. Yusuf Sabilu, M.Si

Jekmal Malau, S.Si., M.Si



Anita Dwi Anggraini | Edy Haryanto | Rita Maliza
Paula Mariana Kustiawan | Dian Eka Setyaningtyas
Desi Aryani | Raudatul Janah | Ramlah | Saldi Hapiwaty
Dessy Arisanty | Muhammad Rizki Saputra | Eti Yerizel
Rauza Sukma Rita | Erpi Nurdin | Weny Rinawati

GENETIKA MOLEKULER

GENETIKA MOLEKULER

Buku ini berisi materi tentang Genetika Molekuler yang terdiri dari 15 Bab diantaranya:

Bab 1 Gen dan Informasi Biologi

Bab 2 Pembuktian DNA Sebagai Pembawa Materi Genetik

Bab 3 Struktur DNA-RNA dan Tipe-Tipe RNA

Bab 4 Perubahan Materi Genetik

Bab 5 Mutasi Kromosom

Bab 6 Fungsi Gen

Bab 7 Genetika Mendel

Bab 8 Genetika Populasi dan Evolusi

Bab 9 Replikasi DNA

Bab 10 Genom Manusia

Bab 11 Translasi

Bab 12 Pengaturan Ekspresi Gen Pada Prokariot

Bab 13 Pengaturan Ekspresi Gen Pada Eukariot

Bab 14 Kloning

Bab 15 Manipulasi DNA



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

ISBN 978-623-120-842-2



9 786231 208422

GENETIKA MOLEKULER

Anita Dwi Anggraini, SST., M.Si
Drs. Edy Haryanto, M.Kes
Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D
Paula Mariana Kustiawan, Ph.D
Dian Eka Setyaningtyas, S.Si., M.Biotech
Desi Aryani, AMAK., SE., MA
Dr. dr. Raudatul Janah, Sp.PA
Ramlah, S.Si., M.Sc
apt. Saldi Hapiwaty, S.Farm., M.Kes
Dr. Dessy Arisanty, M.Sc
Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si
Prof. Dr. Eti Yerizel, MS
dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D
Erpi Nurdin, S.Si., M.Kes
dr. Weny Rinawati, SpPK(K.), MARS., FISQua



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

GENETIKA MOLEKULER

Penulis : Anita Dwi Anggraini, SST., M.Si | Drs. Edy Haryanto, M.Kes | Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D | Paula Mariana Kustiawan, Ph.D | Dian Eka Setyaningtyas, S.Si., M.Biotech | Desi Aryani, AMAK., SE., MA | Dr. dr. Raudatul Janah, Sp. PA | Ramlah, S.Si., M.Sc | apt. Saldi Hapiwaty, S.Farm., M.Kes | Dr. Dessy Arisanty, M.Sc | Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si | Prof. Dr. Eti Yerizel, MS | dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D | Erpi Nurdin, S.Si., M.Kes | dr. Weny Rinawati, SpPK(K)., MARS., FISQua

Editor : Prof. Dr. Yusuf Sabilu, M.Si
Jekmal Malau, S.Si., M.Si

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Fitriani Nur Khaliza

ISBN : 978-623-120-842-2

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

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

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

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku yang merupakan sebuah karya dari hasil pemikiran penulis yang diberi judul “Genetika Molekuler” penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk bisa menyelesaikan buku ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang sudah terlibat dalam proses pembuatan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Buku ini berisi materi tentang Genetika Molekuler yang terdiri dari 15 Bab diantaranya:

- Bab 1 Gen dan Informasi Biologi
- Bab 2 Pembuktian DNA sebagai Pembawa Materi Genetik
- Bab 3 Struktur DNA-RNA dan Tipe-Tipe RNA
- Bab 4 Perubahan Materi Genetik
- Bab 5 Mutasi Kromosom
- Bab 6 Fungsi Gen
- Bab 7 Genetika Mendel
- Bab 8 Genetika Populasi dan Evolusi
- Bab 9 Replikasi DNA
- Bab 10 Genom Manusia
- Bab 11 Translasi
- Bab 12 Pengaturan Ekspresi Gen pada Prokariot
- Bab 13 Pengaturan Ekspresi Gen pada Eukariot
- Bab 14 Kloning
- Bab 15 Manipulasi DNA

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan, sejatinya kesempurnaan hanya milik Allah yang Maha Kuasa, Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan buku ini sangatlah dibutuhkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga buku ini bisa membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 6 Mei 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 GEN DAN INFORMASI BIOLOGI	
Oleh : Anita Dwi Anggraini, SST.,M.Si.....	1
A. Gen.....	1
B. Ekspresi Gen	4
C. Kontrol Genetik	7
DAFTAR PUSTAKA.....	9
BAB 2 PEMBUKTIAN DNA SEBAGAI PEMBAWA MATERI GENETIK	
Oleh : Drs. Edy Haryanto, M.Kes.....	10
DAFTAR PUSTAKA.....	19
BAB 3 STRUKTUR DNA-RNA DAN TIPE-TIPE RNA	
Oleh : Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D	21
A. Pendahuluan.....	21
B. Struktur DNA	22
C. Struktur RNA.....	26
D. Jenis-Jenis RNA	29
DAFTAR PUSTAKA.....	35
BAB 4 PERUBAHAN MATERI GENETIK	
Oleh : Paula Mariana Kustiawan, Ph.D	37
A. Pendahuluan.....	37
B. Pengertian Mutasi dan Mutagen.....	37
C. Mutasi Kromosom dan Mutasi DNA	40
D. Dampak Mutasi	44
E. Perbaikan DNA (<i>DNA Repair</i>).....	45
F. Penutup	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
BAB 5 MUTASI KROMOSOM	
Oleh : Dian Eka Setyaningtyas, S.Si., M.Biotech.....	50
A. Pendahuluan.....	50
B. Mutasi Numerik	52
C. Mutasi Struktural	59

DAFTAR PUSTAKA	71
BAB 6 FUNGSI GEN	
Oleh : Desi Aryani, AMAK., SE., MA.....	74
A. Pengertian Gen.....	74
B. Hukum Pewarisan Mendel	75
C. Istilah-Istilah yang digunakan dalam Studi Pewarisan Sifat	76
D. Kode Genetika.....	77
E. Ekspresi GEN	77
F. Fungsi GEN	78
G. Karyotip	80
H. Struktur GEN	81
I. Kelompok Utama Organisasi Gen.....	82
DAFTAR PUSTAKA	84
BAB 7 GENETIKA MENDEL	
Oleh : Dr. dr. Raudatul Janah, Sp. PA.....	85
A. Pendahuluan	85
B. Prinsip Genetika Mendel.....	86
C. Konsep Penting dalam Genetika Mendel	89
D. Contoh Kasus	90
E. Perkembangan Genetika Mendel	95
DAFTAR PUSTAKA	97
BAB 8 GENETIKA POPULASI & EVOLUSI	
Oleh : Ramlah, S.Si., M.Sc.....	98
A. Pendahuluan dan Konsep Dasar Genetika Populasi ...	98
B. Penerapan Genetika Populasi	101
C. Hukum Hardy-Weinberg.....	103
D. Faktor-Faktor yang Berperan Mengubah Frekuensi Alel dan Frekuensi Genotip (<i>Microevolutionary Forces</i>).....	104
E. Mekanisme Isolasi Reproduksi dan Spesiasi.....	109
F. Variasi Genetik.....	111
DAFTAR PUSTAKA	113
BAB 9 REPLIKASI DNA	
Oleh : apt. Saldi Hapiwaty, S. Farm., M. Kes.....	115
A. Pendahuluan	115
B. Struktur DNA.....	116

C. Model Replikasi DNA.....	120
D. Proses Replikasi DNA.....	121
E. Perbedaan Replikasi DNA Kromosom Bakteri dan Eukariotik	123
F. <i>Summary</i>	126
DAFTAR PUSTAKA.....	127
BAB 10 GENOM MANUSIA	
Oleh : Dr. Dessy Arisanty, M.Sc	128
A. Latar Belakang	128
B. Struktur Genom: DNA, Gen, dan Kromosom	131
C. Kandungan Genom Inti Manusia	144
D. Proyek Genom Manusia (<i>Human Genome Project</i>): Sejarah dan Dampaknya	146
E. Proyek HapMap Internasional (<i>International HapMap Project</i>).....	149
F. Mutasi Genetik dan Penyakit Genetik.....	151
G. Genom Manusia dalam Pengembangan Obat	153
H. Genom Manusia: Tantangan dan Peluang di Masa Depan	155
I. Penutup	156
DAFTAR PUSTAKA.....	158
BAB 11 TRANSLASI	
Oleh : Muhammad Rizki Saputra, S.Si.,M.Si.....	160
A. Pendahuluan.....	160
B. Komponen Molekuler Translasi.....	162
DAFTAR PUSTAKA.....	178
BAB 12 PENGATURAN EKSPRESI GEN PADA PROKARIOT	
Oleh : Prof.Dr.Eti Yerizel,MS	179
A. Pendahuluan.....	179
B. Gen.....	180
C. Gen.....	181
D. Ekspresi Gen Prokariotik.....	183
E. Mekanisme Transkripsi Pada Prokariotik.....	188
F. Pengaturan Ekspresi Gen Prokariotik	189
G. Peran Operon pada Pengaturan Ekspresi Gen Prokariotik	191

DAFTAR PUSTAKA	194
BAB 13 PENGATURAN EKSPRESI GEN PADA EUKARIOT	
Oleh : dr.Rauza Sukma Rita, Ph.D	196
A. Pendahuluan	196
B. Ekspresi Gen pada Eukariotik	196
C. Pengaturan Ekspresi Gen pada Eukariotik.....	200
D. Kesimpulan.....	206
DAFTAR PUSTAKA	208
BAB 14 KLONING	
Oleh : Erpi Nurdin, S.Si.,M.Kes	212
A. Pendahuluan	212
DAFTAR PUSTAKA	226
BAB 15 MANIPULASI DNA	
Oleh : dr. Weny Rinawati, SpPK(K), MARS, FISQua ..	227
A. Pendahuluan	227
B. Sejarah Perkembangan	228
C. Proses Manipulasi DNA.....	229
D. Teknologi DNA Rekombinan	242
DAFTAR PUSTAKA	244
TENTANG PENULIS	246

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	DNA	2
Gambar 1. 2.	mRNA yang merupakan Salinan dari DNA.....	3
Gambar 1. 3.	Struktur Gen	4
Gambar 1. 4.	Proses Translasi	6
Gambar 2. 1.	Tipe Double Helix DNA (a) B-DNA (b) A-DNA (c) Z-NA	12
Gambar 2. 2.	Percobaan Griffth	14
Gambar 2. 3.	Percobaan Hershey dan Chase.....	17
Gambar 2. 4.	Percobaan H.Fraenkel-CONrat dan B.Singer	18
Gambar 3. 1.	Komponen Utama Nukleotida DNA.....	23
Gambar 3. 2.	Dua Basa Nukleotida yang Berikatan, Membentuk Struktur Tangga Ganda DNA	24
Gambar 3. 3.	Ikatan dalam Molekul DNA.....	25
Gambar 3. 4.	Struktur 3D molekul DNA dengan jarak antara pasangan basa diindikasikan sebagai 0.34 nm, alur utama (major groove) dan alur samping (minor groove), serta dimensi lengkung lengkap heliks (3.4 nm) dan lebar heliks (~1.0 nm). Orientasi 5' ke 3' dari tulang punggung gula-fosfat ditunjukkan, menekankan arah antiparalel dari kedua untai DNA.....	26
Gambar 3. 5.	Struktur RNA dan Komponen- Komponennya, serta Klasifikasi Basa Nitrogen yang ditemukan dalam RNA.....	27
Gambar 3. 6.	Tiga jenis utama RNA (mRNA, tRNA, dan rRNA)	29
Gambar 4. 1.	Mutagen Kimia Mengubah Sitosin menjadi Urasil	38
Gambar 4. 2.	Dimer Timin Akibat Radiasi UV	40
Gambar 4. 3.	Jenis-Jenis Mutasi Level Kromosom	42
Gambar 4. 4.	Delesi pada Frameshift Mutation	44
Gambar 4. 5.	Proses Base-Excision Repair	46
Gambar 4. 6.	Proses Nucleotide-Excision Repair	47

Gambar 5. 1.	Aneuploidi (ditampilkan di sini sebagai sel euploid menjadi trisomi untuk kromosom biru)	53
Gambar 5. 2.	Kariotipe Sindrom Down. Individu dengan sindrom Down mewarisi salinan tambahan kromosom 21	54
Gambar 5. 3.	Set kromosom.....	55
Gambar 5. 4.	Variasi Delesi Kromosom.....	61
Gambar 5. 5.	Tipe Duplikasi Kromosom.....	63
Gambar 5. 6.	a. Inversi perisentrik b. Inversi parasentrik.....	64
Gambar 5. 7.	Pemasangan dan Cross-Over dalam loop inversi yang dibentuk oleh (a) inversi perisentrik dan (b) heterozigot inversi parasentrik.....	66
Gambar 5. 8.	Translokasi Resiprokal	68
Gambar 5. 9.	Kemungkinan Trisomi Parsial dan Lengkap untuk Kromosom nomor 21 dan 14	69
Gambar 7. 1.	Diagram Silsilah Keluarga Polidaktili.....	93
Gambar 7. 2.	Diagram Persilangan Perkawinan Penderita Diabetes Melitus	94
Gambar 8. 1.	Hierarki Organisasi Kehidupan dalam Bidang Genetika.....	99
Gambar 8. 2.	Hierarki Organisasi Kehidupan dalam Bidang Ekologi.....	99
Gambar 8. 3.	Representasi grafis dari prinsip Hardy - Weinberg. Frekuensi alel A dilambangkan dengan p dan proporsi alel B dilambangkan dengan q. Homozigot AA diwakili oleh warna putih, heterozigot AB dengan warna abu-abu, dan homozigot BB dengan warna emas. Daerah yang diarsir sebanding dengan peluang pengamatan setiap genotype	100
Gambar 8. 4.	Konseling Genetika.....	102
Gambar 8. 5.	Mutasi DNA	105
Gambar 8. 6.	Migrasi.....	106

Gambar 8. 7.	Migrasi	106
Gambar 8. 8.	Proses Seleksi Alam	107
Gambar 8. 9.	Berbagai spesies burung bowerbird membuat bowerbird yang rumit dan menghiasinya dengan warna berbeda untuk merayu betina. Bowerbird Satin (kiri) membuat saluran di antara batang-batang tegak, dan menghiasinya dengan benda-benda berwarna biru cerah, sedangkan Bowerbird MacGregor (kanan) membangun menara tinggi dari batang-batang dan menghiasinya dengan potongan ranting. Perubahan evolusioner dalam ritual kawin dapat berkontribusi terhadap spesiasi.....	110
Gambar 8. 10.	Variasi genetic	111
Gambar 8. 11.	Variasi Genetika pada Manusia	111
Gambar 8. 12.	Pindah Silang sebagai Sumber Variasi Genetik	112
Gambar 9. 1.	James Watson (kiri) and Francis Crick dengan model DNA.....	116
Gambar 9. 2.	Model DNA	117
Gambar 9. 3.	Struktur Ikatan Hidrogen Untaian DNA	119
Gambar 9. 4.	Alternatif Model Replikasi DNA	120
Gambar 9. 5.	Replikasi DNA.....	122
Gambar 9. 6.	Replikasi pada Kromosom E. coli	124
Gambar 9. 7.	Replikasi pada Kromosom Eukariotik	125
Gambar 9. 8.	Ringkasan Lengkap Replikasi DNA.....	126
Gambar 10. 1.	Komponen Inti dan Mitokondria Genom Manusia.....	129
Gambar 10. 2.	Struktur Genom Manusia	131
Gambar 10. 3.	A. Lokasi mtDNA didalam Sel (www.wikipedia.com), B. Mapping genom mtDNA.....	133
Gambar 10. 4.	Struktur Genom Manusia	136

Gambar 10. 5.	Genom manusia terdiri dari sekitar tiga miliar pasang basa (DNA) yang tersusun atas gula, fosfat, dan basa nukleotida	137
Gambar 10. 6.	Struktur gen manusia terdiri atas: Promotor, Ekson, dan Intron. Promotor merupakan urutan terdepan (hulu) yang mengontrol ekspresi gen melalui interaksi dengan molekul lain. Ekson disebut "coding sequence", karena mengandung informasi untuk membuat protein. Intron mengandung informasi yang penting, tetapi tidak mengandung informasi untuk mengkode protein	139
Gambar 10. 7.	Perbedaan RNA dan DNA.....	140
Gambar 10. 8.	Proses Sintesis Protein.....	141
Gambar 10. 9.	Kromosom Manusia.	142
Gambar 10. 10.	Urutan 23 Pasang Kromosom Pada Pria dan Wanita.....	143
Gambar 10. 11.	Contoh Segmen dari Genom Manusia.....	144
Gambar 10. 12.	Struktur Organisasi Genom Manusia	145
Gambar 10. 13.	Timeline dari proyek genome manusia. Gambar Timeline peristiwa-peristiwa penting dalam genomik sejak dimulainya Proyek Genom Manusia.....	148
Gambar 10. 14.	Alur HapMap Project	150
Gambar 10. 15.	Ilustrasi Mutasi pada DNA.....	151
Gambar 11. 1.	Dalam proses sintesis protein, terdapat tiga kerangka bacaan yang memungkinkan ketika menerjemahkan urutan nukleotida (ditandai dengan warna biru) menjadi urutan asam amino (ditandai dengan warna merah). Urutan nukleotida dalam molekul mRNA dibaca dari ujung 5' hingga ujung 3' dalam rangkaian tiga nukleotida berurutan. Pada prinsipnya, urutan RNA yang sama dapat menghasilkan tiga urutan asam amino yang sangat berbeda, tergantung pada kerangka	

	bacaan yang digunakan. Namun, pada kenyataannya, hanya satu dari kerangka bacaan ini yang mengandung pesan actual162
Gambar 11. 2.	Struktur transfer-RNA (tRNA)164
Gambar 11. 3.	Pada dasarnya, ketika molekul mRNA bergerak melalui ribosom, kodon diartikan menjadi asam amino satu per satu. Molekul tRNA berperan sebagai penerjemah, dengan anticodon khusus di salah satu ujung dan asam amino yang sesuai di ujung lainnya. Ketika anticodon tRNA berpasangan dengan kodon komplementer pada mRNA, tRNA menambahkan asam amino ke dalam rantai polipeptida yang sedang tumbuh.....166
Gambar 11. 4.	Menggambarkan bagaimana enzim aminoasil-tRNA memberikan spesifisitas dalam menggabungkan asam amino dengan tRNA. Proses penggabungan tRNA dengan asam amino ini bersifat endergonik, yang berarti memerlukan energi. Energi diperoleh dari ATP (adenosine triphosphate), yang kehilangan dua gugus fosfat dan berubah menjadi AMP (adenosine monophosphate)169
Gambar 11. 5.	Struktur Anatomi Ribosom172
Gambar 11. 6.	Inisiasi pada Translasi.....173
Gambar 11. 7.	Proses Elongasi pada Translasi.....175
Gambar 11. 8.	Proses Terminasi pada Translasi176
Gambar 12. 1.	Gen Prokaryot dan Eukaryot181
Gambar 12. 2.	Dogma Sentral182
Gambar 12. 3.	Proses dari Gen menjadi Protein.....183
Gambar 12. 4.	Proses Transkripsi.....184
Gambar 12. 5.	Proses Replikasi, Transkripsi dan Translasi185
Gambar 12. 6.	Tahap Inisiasi.....185
Gambar 12. 7.	Tahap Elongasi186
Gambar 12. 8.	Tahap Terminasi.....186

Gambar 12. 9.	Operon Lac pada Bakteri.....	192
Gambar 12. 10.	Cara Kerja Inducer.....	192
Gambar 12. 11.	Cara Kerja Inhibitor (Represor)	192
Gambar 12. 12.	Penghambatan Balik (Feedback Inhibition)	193
Gambar 13. 1.	Ekspresi Gen Eukariotik.....	197
Gambar 13. 2.	Asetilasi dan Deasetilasi Histon	201
Gambar 14. 1.	Seleksi Klon menggunakan Metode Seleksi Putih-Biru	223
Gambar 15. 1.	Ekstraksi DNA	230
Gambar 15. 2.	Sticky Ends	233
Gambar 15. 3.	Blunt Ends yang Sama Panjang Kedua Untai	234
Gambar 15. 4.	Proses Ligasi menggunakan DNA Ligase	234
Gambar 15. 5.	Sintesis DNA oleh DNA Polymerase.....	236
Gambar 15. 6.	Aktivitas DNA Polymerase.....	237
Gambar 15. 7.	Elektroforesis Gel setelah Paparan Sinar UV	240
Gambar 15. 8.	Teknik Southern Blotting	241

DAFTAR TABEL

Tabel 5. 1.	Klasifikasi Poliploidi	56
Tabel 6. 1.	Istilah-Istilah dalam Pewarisan Sifat.....	76
Tabel 10. 1.	Perbedaan DNA Inti dan DNA Mitokondria.....	134
Tabel 14. 1.	Sintesis Interleukin-3 pada Sistem Sel Inang Berbeda	220

BAB

1

GEN DAN INFORMASI BIOLOGI

Anita Dwi Anggraini, SST.,M.Si

Genetika adalah cabang ilmu biologi yang mengkaji tentang cara sifat-sifat makhluk hidup diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui mekanisme pewarisan genetik. Penemuan dasar genetika telah memberikan wawasan yang luar biasa tentang struktur dan fungsi molekul genetik, proses pewarisan sifat, serta peran genetika dalam memahami keragaman dan evolusi kehidupan di Bumi.

DNA adalah molekul polimer ganda yang membawa informasi genetik dalam semua organisme kehidupan. Pengertian DNA adalah sebuah molekul yang terdiri dari dua untai yang saling melilit membentuk struktur heliks ganda.

Setiap untai DNA terdiri dari serangkaian nukleotida yang terdiri dari gula deoksiribosa, gugus fosfat, serta basa nitrogen adenin (A), timin (T), guanin (G), dan sitosin (C). Fungsi utama DNA adalah menyimpan informasi genetik yang diperlukan untuk mengatur fungsi sel dan perkembangan organisme.

A. Gen

Gen merupakan suatu unit penurunan sifat genetik. Gen tersebut berupa segmen-segmen DNA. Kode genetik pada gen disimpan dalam bentuk kode triplet. Kode triplet ini merupakan urutan tiga buah basa nitrogen yang mengkode satu asam amino, kumpulan asam amino membentuk protein. Namun, tidak semua kode triplet mengkode asam amino, sebagian bertanggung jawab untuk regulasi gen tersebut diantaranya memerintahkan untuk membaca pesan genetik dan mengakhiri

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, Suhartati dan Suryadi. 2005. Simulasi Identifikasi Daerah Coding Pada Deoxyribonucleic Acid Dengan Menggunakan Discrete Fourier Transform. *JETri*, 5(2): 45-60.
- Alberts Bruce, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter. 2008. *Molecular Biology of The Cell*, Fifth Edition. New York: Garland Science.
- Baharudin, H., dan I. K. Idrus. 2020. *Mutasi Genetik dan Teori Evolusi*. Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus. Jakarta.
- Irawan, Bambang. 2008. *Genetika Molekuler*. Surabaya: Airlangga University Press. Irmawati. 2003. *Perubahan Keragaman Genetik Ikan Kerapu Tikus Generasi Pertama Pada Stok Hatchery*. Thesis. Bogor: IPB
- Mandayasa, I Wayan Gede. 2007. *Studi Keragaman Genetik Populasi Udang Galah (Marcobrachium rosenbergii) Berdasarkan Polimorfisme Mitokondria DNA*. Skripsi. Bogor: IPB. Melnick D, Hoelzer J, Honeycut. 1992. The mitochondrial genome: its uses in the anthropological research in molecular application in biological anthropological, p. 179 - 233. Cambridge University Press.
- Passarge, Eberhard. 2007. *Color Atlas of Genetics*. New York: Theime Stuttgart. Prasetyo Didik dan Jito Sugardjito. 2007. *Variasi Genetik Orangutan Kalimantan Timur Berdasarkan DNA Mitokondria*. *BIODIVERSITAS*. Vol 8(4): 300- 304.
- Zein, M. Syamsul Arifin dan Sri Sulandari. 2008. *Keragaman Genetik Ayam Lombok Berdasarkan Sekuen D-loop DNA Mitokondria*. *JITV* 13(4): 307-314. Zhao Hongyu, Ruth Pfeiffer and Mitchell H Gail. 2003. *Haplotype analysis in population genetics and association studies*. *Pharmacogenomics* 4(2): 171-178.

BAB 2

PEMBUKTIAN DNA SEBAGAI PEMBAWA MATERI GENETIK

Drs. Edy Haryanto.,M.Kes

Para ahli pada tahun 1930-an telah melakukan studi dan mempelajari susunan kimia gen melalui pendekatan biofisik dan biokimia. Hal ini yang kemudian berkembang melahirkan cabang ilmu baru yang disebut Biologi Molekuler (Henuhili, 2000) Biologi molekuler merupakan ilmu pengetahuan merupakan multi disiplin ilmu dari biokimia, biologi sel, dan genetika yang mempelajari aktivitas biologi pada level molekuler, termasuk interaksi antara perbedaan tipe DNA, RNA, protein, dan biosintesisnya

Perkembangan ilmu dan pengetahuan dalam biologi molekuler, khususnya pada pengkajian karakter bahan genetik telah menghasilkan kemajuan yang sangat pesat bagi perkembangan penelaahan suatu organisme dan pemanfaatannya bagi kesejahteraan manusia (Suryanto, 2003).

Menurut Goodenough (1988), persyaratan tertentu harus dipenuhi molekul manapun, bila molekul itu akan memenuhi syarat sebagai substansi yang meneruskan informasi genetik. Persyaratan tersebut adalah

1. Material genetik harus mengandung informasi biologis
2. Material genetik harus diperbanyak dan dipindahkan ke sel atau dari generasi ke generasi
3. Material genetik harus dapat mengekspresi sendiri sehingga akan dihasilkan dan dipertahankan molekul biologis yang lain dan akhirnya adalah sel dan organisme.
4. Material genetik harus mampu bervariasi

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, T. 2002. Genomes 2 nd ed. Wiley-Liss. Oxford
- Corebima, A.D. 2004. Genetika Mendel. Surabaya: Airlangga University Press.
- Corebima, A.D. 2013. Genetika Mutasi dan Rekombinasi. Surabaya: Airlangga University Press
- Corebima, AD. 2009. A Review on One Gene One Polypeptide Hypothesis. Naskah Pidato Pengukuhan Guru Besar. UM.
- Corebima, AD. Hand Out Rekayasa Genetika. UM
- Gardner, E.J., dkk. 1991. Principle of Genetic. New York: Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore: John Wiley and Sons Inc.
- Goodenough. 1988. Genetika Edisi ketiga Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Henuhili, V. 2000. Genetika Molekuler. UNY. Yogyakarta.
- Johnson, G dan Raven. 2002. Biology 6 th edition. McGraw-Hill Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Klug, W. S., dkk. 1994. Concept of Genetic. Engle Offs New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Lewin, B. 2004. Genes. Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc.
- Suryanto. 2003. Melihat Keanekaragaman Organisme Melalui Beberapa Teknik Genetika Molekuler. USU. Medan.
- Snustad, D. P. dan Simmons, M. J. 2012. Principles of Genetics Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Strickberger, M.W. 1985. Genetics. New York: McMillan Publishing Company.
- Sutarno. 2012. Kimia dari Gen. UNS. Semarang
<http://sutarno.staff.uns.ac.id/files/2012/10/Genetika-5-kimia-materi-genetik.pdf>

- Wahyudi, Ivan Arie. 2011. Biologi Molekuler-Prinsip Dasar Analisis. Erlangga. Jakarta
- Watson, dkk. 1987. Molecular Biology of the Gene, Vol. 1. Menlo Park: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc.
- yala, F.J. and Kiger, J.A. 1984. Modern Genetics. Menlo Park California: The Benyamin/ Cumings Publishing Company, Inc.
- Yuwono, T. 2005. Biologi Molekuler. Erlangga. Jakarta

BAB 3

STRUKTUR DNA-RNA DAN TIPE-TIPE RNA

Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D

A. Pendahuluan

Struktur DNA dan RNA telah menjadi subjek penelitian ilmiah yang intens sejak awal abad ke-20. Sejarah penemuan dan pemahaman mereka dapat ditelusuri kembali ke karya penting Oswald Avery, Colin MacLeod, dan Maclyn McCarty pada tahun 1940-an, yang menunjukkan bahwa DNA adalah materi genetik. Hal ini diikuti oleh karya terobosan James Watson dan Francis Crick, yang mengusulkan struktur heliks ganda DNA pada tahun 1953.

Penemuan struktur DNA pada tahun 1953 oleh James Watson dan Francis Crick menandai titik balik dalam biologi molekuler. Melalui karya mereka, Watson dan Crick mengusulkan model struktur double helix untuk DNA, yang menjelaskan bagaimana informasi genetik disimpan dan direplikasi. Karya ini didasarkan pada data kristalografi sinar-X yang diperoleh oleh Rosalind Franklin dan Maurice Wilkins, yang menunjukkan pola khas dari struktur heliks ganda. Karya pionir ini tidak hanya mengungkapkan mekanisme warisan biologis tetapi juga membuka jalan bagi penelitian genetik lebih lanjut (Watson dan Crick., 1953)

Sementara itu, struktur RNA, meskipun mirip dengan DNA, memiliki perbedaan penting. RNA biasanya beruntai tunggal dan mengandung ribosa sebagai gula dasarnya serta urasil menggantikan timin. Penemuan RNA pertama kali oleh Friedrich Miescher pada tahun 1868, tetapi fungsi dan strukturnya mulai dimengerti lebih dalam pada pertengahan

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts B, Johnson A, Lewis J, *et al* .Molecular Biology of the Cell. 4th edition.New York: Garland Science; 2002.
- Annese T, Tamma R, De Giorgis M and Ribatti D (2020) microRNAs Biogenesis, Functions and Role in Tumor Angiogenesis. *Front. Oncol.* 10:581007. doi: 10.3389/fonc.2020.581007
- Butcher, S.E. and Pyle, A.M. (2011) 'The molecular interactions that stabilize RNA tertiary structure: RNA motifs, patterns, and networks', *Accounts of chemical research*, 44(12), pp. 1302–1311.
- CaiA,HuY,ZhouZ,QiQ,WuY, Dong P, Chen L and Wang F (2022) PIWI-Interacting RNAs (piRNAs): Promising Applications as Emerging Biomarkers for Digestive System Cancer. *Front. Mol. Biosci.* 9:848105. doi: 10.3389/fmolb.2022.848105
- Chen, S., Ben, S., Xin, J. *et al*. The biogenesis and biological function of PIWI-interacting RNA in cancer. *J Hematol Oncol* 14, 93 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13045-021-01104-3>
- Conner, B.N. *et al*. (1982) 'The molecular structure of d (ICpCpGpG), a fragment of right-handed double helical A-DNA', *Nature*, 295(5847), pp. 294–299.
- Costanzo, G. *et al*. (2009) 'Generation of long RNA chains in water', *Journal of Biological Chemistry*, 284(48), pp. 33206–33216.
- Clancy, S. (2008) RNA Functions. *Nature Education* 1(1):102
- Dana H, Chalbatani GM, Mahmoodzadeh H, Karimloo R, Rezaiean O, Moradzadeh A, Mehmandoost N, Moazzen F, Mazraeh A, Marmari V, Ebrahimi M, Rashno MM, Abadi SJ, Gharagouzlo E. Molecular Mechanisms and Biological Functions of siRNA. *Int J Biomed Sci.* 2017 Jun;13(2):48-57. PMID: 28824341; PMCID: PMC5542916.
- Holbrook, S.R. (2005) 'RNA structure: the long and the short of it', *Current opinion in structural biology*, 15(3), pp. 302–308.

- Lao, T.D.; Le, T.A.H. MicroRNAs: Biogenesis, Functions and Potential Biomarkers for Early Screening, Prognosis and Therapeutic Molecular Monitoring of Nasopharyngeal Carcinoma. *Processes* **2020**, *8*, 966.
- Lynch, S.R. *et al.* (2006) 'Toward a designed, functioning genetic system with expanded-size base pairs: solution structure of the eight-base xDNA double helix', *Journal of the American Chemical Society*, *128*(45), pp. 14704–14711.
- Ma, B., Wang, L. and Zhang, K. (2002) 'Computing similarity between RNA structures', *Theoretical Computer Science*, *276*(1-2), pp. 111-132.
- O'Brien J, Hayder H, Zayed Y, Peng C. Overview of MicroRNA Biogenesis, Mechanisms of Actions, and Circulation. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018 Aug 3;9:402. doi: 10.3389/fendo.2018.00402. PMID: 30123182; PMCID: PMC6085463.
- Peng, Y., Croce, C. The role of MicroRNAs in Human Cancer. *Sig Transduct Target Ther* *1*, 15004 (2016).
- Richmond, T.J. and Davey, C.A. (2003) 'The Structure of DNA in the Nucleosome Core', *Nature*, *423*(6936), pp. 145–150.
- Travers, A. and Muskhelishvili, G. (2015) 'DNA structure and function', *The FEBS journal*, *282*(12), pp. 2279–2295.
- Tomaž Bratkovič, Janja Božič, Boris Rogelj, Functional diversity of small nucleolar RNAs, *Nucleic Acids Research*, Volume 48, Issue 4, 28 February 2020, Pages 1627–1651,
- Ulyanov, N.B. and James, T.L. (2010) 'RNA structural motifs that entail hydrogen bonds involving sugar-phosphate backbone atoms of RNA', *New Journal of Chemistry*, *34*(5), pp. 910–917.
- Wu, Z., Yu, X., Zhang, S. *et al.* Novel Roles of PIWI Proteins and PIWI-Interacting RNAs in Human Health and Diseases. *Cell Commun Signal* *21*, 343 (2023).

BAB 4

PERUBAHAN MATERI GENETIK

Paula Mariana Kustiawan, Ph.D.

A. Pendahuluan

Materi genetik dalam sel tersusun dari rangkaian DNA. DNA tersusun dari 4 macam nukleotida Adenin (A), Timin (T), Guanin (G), Cytosin (C). Keseluruhan materi genetik dalam tubuh kita disebut genom. Sekuen DNA yang memiliki fungsi dalam memproduksi protein disebut Gen. Susunan DNA dalam tubuh kita *dipacking* dalam suatu struktur yang disebut kromosom (Meshima & Eltsov, 2008).

Keseluruhan genom manusia terdiri dari 23 pasang kromosom (46 kromosom). Materi genetik tersebut dapat terjadi perubahan. Mutasi merupakan perubahan yang terjadi pada urutan atau sekuen basa nukleotida penyusun DNA. Mutasi ini dapat terjadi pada proses replikasi DNA. Adanya kesalahan dalam proses replikasi atau rekombinasi DNA dapat menyebabkan mutasi yang bersifat permanen dan dapat diturunkan ke generasi berikutnya. Pada pembahasan berikutnya, kita akan lebih mengenal lagi tentang mutasi tersebut.

B. Pengertian Mutasi dan Mutagen

Perubahan yang terjadi pada urutan atau sekuen basa nukleotida penyusun DNA dapat menyebabkan terjadinya mutasi. Organisme atau sel yang mengalami mutasi tersebut disebut sebagai mutan (Funch, 2002).

DAFTAR PUSTAKA

- Fuchs, R. P. (2002). How DNA Lesions Are Turned Into Mutations Within Cells?. *Oncogene*, 21(58), 8957-8966.
- Helleday, T., Petermann, E., Lundin, C., Hodgson, B., & Sharma, R. A. (2008). DNA Repair Pathways As Targets For Cancer Therapy. *Nature Reviews Cancer*, 8(3), 193-204.
- Hosako, H. (2010). The Role of p53 in Normal Development And Teratogen-Induced Apoptosis And Birth Defects In Mouse Embryos (Doctoral Dissertation, Texas A & M University).
- Jung, H., Hawkins, M. A., & Lee, S. (2020). Structural insights Into The Bypass Of The Major Deaminated Purines By Translesion Synthesis DNA Polymerase. *Biochemical Journal*, 477(24), 4797-4810.
- Kumari, S., Sharma, S., Advani, D., Khosla, A., Kumar, P., & Ambasta, R. K. (2021). Unboxing the Molecular Modalities Of Mutagens In Cancer. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-49.
- Maeshima, K., & Eltsov, M. (2008). Packaging the Genome: the Structure of Mitotic Chromosomes. *Journal of biochemistry*, 143(2), 145-153.

BAB 5

MUTASI KROMOSOM

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

A. Pendahuluan

Kromosom merupakan untaian DNA yang dikemas yang ditemukan dalam inti sel dan organel seluler tertentu yang mengandung urutan nonkode dan kode. Istilah kromosom berasal dari kata Yunani yaitu 'kroma' yang berarti warna dan 'soma' yang berarti tubuh (Klegarth dan Eisenberg, 2018). Kromosom terbentuk dari DNA yang mengalami kondensasi dengan mengikat protein (protein histon) pada fase profase pembelahan sel. Organisme mempunyai dua macam kromosom, yaitu kromosom seks (gonosom) yang akan menentukan jenis kelamin suatu organisme dan kromosom tubuh (autosom) yang tidak berhubungan dengan penentuan jenis kelamin. Fungsi DNA adalah membawa gen, informasi yang menentukan semua protein yang membentuk suatu organisme termasuk informasi tentang kapan, dalam jenis sel apa, dan dalam jumlah berapa setiap protein harus dibuat. Fungsi kromosom adalah sebagai agen keturunan yang bertanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap keturunan membawa sifat genetik induknya selama proses pembelahan (Alberts *et al.*, 2002; Bass dan Birchler, 2012).

Kromosom prokariotik berbentuk molekul DNA sirkular telanjang. Namun, pada eukariota, DNA yang berasosiasi dengan protein histon membentuk serat 10 nm yang digulung secara beragam untuk membentuk kromosom yang tebal dan sangat kental. Jumlah dan struktur kumpulan kromosom unik untuk setiap spesies hewan dan tumbuhan. (Shakoori, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B. *et al.* (2002) Chromosomal DNA and Its Packaging in the Chromatin Fiber. 4th edition, Molecular biology of the cell. 4th edition. New York: Garland Science. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26834/>.
- Bass, H.W. and Birchler, J.A. (2012) Plant Cytogenetics: Genome Structure and Chromosome Function. New York: Springer Science & Business Media. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-70869-0>.
- Çelik, T.A. (2020) Introductory Chapter: Chromosomal Abnormalities, IntechOpen. IntechOpen. Available at: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93404>.
- Cromie, G.A. and Dudley, A.M. (2015) 'Aneuploidy: Tolerating Tolerance', *Current Biology*, 25(17), pp. R771-R773. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.06.056>.
- Dar, T.-U.-H. and Rehman, R.-U. (2017) 'Introduction to Polyploidy', in *Polyploidy: Recent Trends and Future Perspectives*. New Delhi: Springer (India) Pvt. Ltd., pp. 1-13. Available at: https://doi.org/10.1007/978-81-322-3772-3_1.
- Giordano, M. *et al.* (2015) 'A 5.8 Mb interstitial deletion on chromosome Xq21.1 in a boy with intellectual disability, cleft palate, hearing impairment and combined growth hormone deficiency', *BMC Medical Genetics*, 16(1), pp. 1-7. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12881-015-0220-z>.
- Johnston, M.O. (2005) 'Mutations and New Variation: Overview', *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons, Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1038/npq.els.0004165>.
- Kirkpatrick, M. (2010) 'How and why chromosome inversions evolve', *PLoS Biology*, 8(9). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000501>.

- Klegarth, A.R. and Eisenberg, D.T.A. (2018) 'Chromosome', The International Encyclopedia of Biological Anthropology, pp. 1-4. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118584538.ieba0089>.
- Kwon-Chung, K.J. and Chang, Y.C. (2012) 'Aneuploidy and Drug Resistance in Pathogenic Fungi', PLoS Pathogens, 8(11), pp. 8-11. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003022>.
- Latifa, Putri and Badriyya (2022) 'Literature Study: Chromosomal Changes in The Class Mammalia Genus Neacomys, Class Actinopterygii Genus characidium, Class Reptile Family Boidae', Tropical Genetics, 2(1), pp. 28-33.
- Laurentin Táriba, H.E. (2023) 'Chromosomal Mutations', Agricultural Genetics, pp. 125-134. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37192-9_10.
- Moore, C.M. and Best, R.G. (2001) 'Chromosomal Genetic Disease: Structural Aberrations', Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley & Sons, Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001452>.
- Nagaoka, S.I., Hassold, T.J. and Hunt, P.A. (2012) 'Human aneuploidy: Mechanisms and new insights into an age-old problem', Nature Reviews Genetics, 13(7), pp. 493-504. Available at: <https://doi.org/10.1038/nrg3245>.
- Nanjappa, L. *et al.* (2011) 'Analysis of the chromosomal deletions', International Journal of Human Genetics, 11(4), pp. 237-244. Available at: <https://doi.org/10.1080/09723757.2011.11886147>.
- Ranney, T.G. (2006) 'Polyploidy: From Evolution To New Plant Development', Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 56, pp. 137-142. Available at: <http://buncombe.ces.ncsu.edu/fletcher/mcilab/publications/ranney-2006.pdf>.

- Shakoori, A.R. (2017) 'Introduction to Chromosome', in T.A. Bhat and A.A. Wani (eds) Chromosome Structure and Aberrations. New Delhi: Springer (India) Pvt. Ltd., pp. 1-11. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3>.
- Shakoori, A.R., Aftab, S. and Al-Ghanim, K. (2017) 'Structural Changes in Chromosomes', in T.A. Bhat and A.A. Wani (eds) Chromosome Structure and Aberrations. New Delhi: Springer (India) Pvt. Ltd., pp. 245-274. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3>.
- Shakoori, A.R., Aftab, S. and Shakoori, F.R. (2017) 'Numerical Changes in Chromosomes', in T.A. Bhat and A.A. Wani (eds) Chromosome Structure and Aberrations. New Delhi: Springer (India) Pvt. Ltd., pp. 275-306. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3>.
- Van de Peer, Y. and Meyer, A. (2005) 'Large-Scale Gene and Ancient Genome Duplications', in T.R. Gregory (ed.) The Evolution of the Genome. Elsevier Inc., pp. 329-368. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-012301463-4/50008-5>.
- Woodhouse, B.M. *et al.* (2014) 'Polyploidy Aa Mechanisms of Polyploidy Advantages of Polyploidy Disadvantages of Polyploidy', (Figure 1), pp. 2-5.
- Zhu, J. *et al.* (2018) 'Cellular Stress Associated with Aneuploidy', *Developmental Cell*, 44(4), pp. 420-431. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2018.02.002>.

BAB 6

FUNGSI GEN

Desi Aryani, S.E., MA

A. Pengertian Gen

Gen adalah unit hereditas suatu organisme hidup, dan tersimpan dalam kedudukan tertentu pada kromosom (Any Suhaeny, 2021) yang merupakan unit dasar dari pewarisan sifat pada organisme hidup. Gen terletak pada posisi tertentu di dalam kromosom dan terdiri dari urutan basa nukleotida yang membentuk kode genetik dan pada umumnya disimpan dalam molekul DNA. Namun, pada beberapa virus, informasi genetik disimpan dalam molekul RNA.

Ekspresi gen, atau aktivitas gen, dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk lingkungan internal dan eksternal. Proses ekspresi gen inilah yang mengatur bagaimana gen menghasilkan produknya, baik itu protein atau RNA, yang kemudian berperan dalam berbagai fungsi seluler, jaringan, dan organ di dalam tubuh. Struktur gen biasanya terdiri dari daerah yang mengkode informasi genetik (ekson) dan daerah yang tidak mengkode informasi genetik (intron). Proses transkripsi dan translasi gen menghasilkan produk akhir seperti protein yang diperlukan untuk berbagai fungsi seluler dan biologis di dalam tubuh organisme.

Konsep gen pertama kali diperkenalkan oleh Gregor Mendel melalui karyanya tentang pewarisan sifat pada tanaman kacang polong pada tahun 1865. Namun, istilah "gen" sendiri baru diperkenalkan oleh ilmuwan Johannsen pada awal abad ke-20, lebih dari lima puluh tahun setelah karya Mendel diterbitkan. Jadi, sementara Mendel memberikan landasan bagi pemahaman

DAFTAR PUSTAKA

- Any Suhaeny (2021) Pembelajaran 4: Genetika dan Pewarisan Sifat. Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Fitrya F, Ilsa Salsabil, Imelia Wulan S, dkk (2020) Struktur dan Fungsi Gen “Genetika Mendel dan Struktur Gen” . Unugiri : Universitas Nahdatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro
- Fransisca Cahyono Kombinatorial Dalam Hukum Pewarisan Mendel .Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Ika Listiana (2023) Makalah Genetika Ekspresi Gen. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Irdalisa (2021) Biologi Sel dan Molekuler. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr.Hamka
- Miftahul Mushlih (2019) Buku Ajar Matakuliah Biologi Molekuler “ Aplikasi Dasar di Dunia Kesehatan”. Universitas Muhammad Sidoarjo.
- Rahmadina (2019) Genetika Dasar. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.

BAB 7

GENETIKA MENDEL

DR. dr. Raudatul Janah, Sp.PA

A. Pendahuluan

Gregor Mendel adalah seorang biolog dan rahib Katolik Austria yang hidup pada abad ke-19. Ia lahir pada tanggal 20 Juli 1822 di Heinzendorf (sekarang Hynčice, Republik Ceko) dan meninggal pada tanggal 6 Januari 1884 di Brno, Austria-Hongaria (sekarang Republik Ceko). Mendel dikenal sebagai bapak genetika karena penelitiannya yang revolusioner dalam bidang pewarisan sifat tanaman ercis (*Pisum sativum*), yang kemudian mengantar pada pengembangan prinsip-prinsip dasar genetika.

Latar belakang historis penelitian Mendel dimulai ketika ia menjadi rahib di Biara Santo Thomas di Brno pada tahun 1843. Di biara tersebut, ia memiliki akses yang luas terhadap fasilitas pertanian, termasuk kebun buah dan sayuran, yang memberinya kesempatan untuk melakukan berbagai eksperimen tanaman. Pada saat itu, perhatian terhadap pewarisan sifat telah ada sejak lama, tetapi belum ada pemahaman yang jelas tentang bagaimana sifat-sifat tersebut diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya.

Mendel memulai serangkaian eksperimen silang-persilangan pada tanaman ercis antara tahun 1856 dan 1863. Dalam eksperimennya, ia memperhatikan dan mencatat berbagai karakteristik fenotipik tanaman, seperti tinggi tanaman, warna bunga, dan bentuk biji. Mendel menggunakan metode persilangan yang sistematis dan matematis untuk

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, E. (2018) 'Balok-Balok Berbentuk Dadu sebagai Alat Peraga untuk Membuktikan Hukum Mendel I Pada percobaan Monohibrid Dalam Pembelajaran Genetika. *Jurnal Pencerahan*, 12(2), pp. 124-149.
- Artadana, I.B.M. and Savitri, W.D. (2018) 'Dasar-Dasar Genetika Mendel dan Pengembangannya', *Graha Ilmu*, xviii, pp. 1-100.
- Auffray, C. and Noble, D. (2022) 'Gregor Mendel at The Source Of Genetics And Systems Biology', *Biological Journal of the Linnean Society*, 137(4), pp. 720-736. Available at: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blac105>.
- Langegger, F. (2019) 'Genetik', *Nicht 1 % Schizophrene*, (1102005227), pp. 13-16. Available at: <https://doi.org/10.14220/9783737010269.13>.
- Zachrani, V. *et al.* (2022) 'Penggunaan Biji Kacang Tanah sebagai Alternatif Kancing Genetika dalam Persilangan Monohibrid', *Biosfer : Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 7(2), pp. 1-4. Available at: <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i2.6458>.

BAB 8

GENETIKA POPULASI & EVOLUSI

Ramlah, S.Si., M.Sc.

A. Pendahuluan dan Konsep Dasar Genetika Populasi

Genetika populasi merupakan studi yang membahas tentang variasi genetik di dalam dan di antara populasi serta faktor evolusi yang menjelaskan variasi ini. Landasannya adalah hukum Hardy-Weinberg, yang dipertahankan selama ukuran populasi besar, perkawinan terjadi secara acak, dan mutasi, seleksi, dan migrasi dapat diabaikan. Genetika populasi studi yang membahas terkait komposisi dan variasi genetik organisme-organisme yang terdapat dalam suatu populasi dan faktor - faktor yang bisa merubah komposisi genetik tersebut. Genetika populasi erat kaitannya dengan teori evolusi diungkapkan oleh Charles Darwin (1809-1882) dapat diringkas dalam tiga prinsip utama, yaitu:

1. **Prinsip variasi:** Di antara individu dalam populasi mana pun, terdapat variasi dalam morfologi, fisiologi, dan perilaku.
2. **Prinsip hereditas:** Keturunan lebih mirip dengan orang tuanya dibandingkan dengan individu yang bukan berkerabat.
3. **Prinsip seleksi:** Beberapa organisme lebih berhasil bertahan hidup dan bereproduksi dibandingkan organisme lain dalam lingkungan tertentu (Darwin, 2009).

DAFTAR PUSTAKA

- Brakefield, P.M., 1989. The Variance In Genetic Diversity Among Subpopulations Is More Sensitive To Founder Effects And Bottlenecks Than Is The Mean: A Case Study. In *Evolutionary Biology of Transient Unstable Populations* (pp. 145-161). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Darwin, C., Burrow, J.W. and Burrow, J.W., 2009. *The Origin of Species By Means Of Natural Selection: or, the Preservation Of Favored Races In The Struggle For Life* (pp. 441-764). New York: AL Burt.
- Gregory, T.R., 2009. Understanding Natural Selection: Essential Concepts And Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2, pp.156-175.
- Grünwald, N.J., Everhart, S.E., Knaus, B.J. and Kamvar, Z.N., 2017. Best practices for population genetic analyses. *Phytopathology*, 107(9), pp.1000-1010.
- https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Introductory_Biology_%28CK-12%29/02%3A_Cell_Biology/2.39%3A_Genetic_Variation
- <https://evolution.berkeley.edu/evolution-101/speciation/reproductive-isolation/>
- <https://microbenotes.com/genetic-variation/>
- <https://theconversation.com/the-worlds-spectacular-animal-migrations-are-dwindling-fishing-fences-and-development-are-fast-tracking-extinctions-222986>
- <https://www.genosalut.com/en/genetic-testing-and-counselling/genetic-counselling/>
- <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/natural-selection/hardy-weinberg-equilibrium/a/hardy-weinberg-mechanisms-of-evolution>

<https://www.openaccessgovernment.org/article/tracking-animal-migration-stable-isotopes/155074/>

Kimura, M. and Kimura, M., 2020. Introduction to Population Genetics. *My Thoughts on Biological Evolution*, pp.85-101.

Lachance, J., 2016. Hardy-Weinberg Equilibrium And Random Mating.

Niepoth, N. and Bendesky, A., 2020. How natural genetic variation shapes behavior. *Annual review of genomics and human genetics*, 21, pp.437-463.

Smith, R.D., 2024. A general Model For Two-Locus Assortative Mating Analysis And Prediction. *bioRxiv*, pp.2024-01.

Vijg, J., 2021. From DNA Damage To Mutations: All Roads Lead To Aging. *Ageing Research Reviews*, 68, p.101316.

BAB 9

REPLIKASI DNA

apt. Saldi Hapiwaty, S.Farm., M.Kes

A. Pendahuluan

Pada bulan April 1953, James Watson dan Francis Crick mengguncang dunia ilmiah dengan mengajukan model heliks ganda yang elegan untuk struktur asam deoksiribonukleat (DNA). Mereka membuat model DNA dari lembaran logam dan kawat serta menjadi ikon biologi modern. Faktor-faktor yang dapat diwariskan dari Gregor Mendel dan gen-gen Thomas Hunt Morgan pada kromosom, pada kenyataannya, tersusun dari DNA. Secara kimiawi, warisan genetik yaitu DNA, diwariskan dari orang tua. Dari semua molekul alam, asam nukleat memiliki keunikan dalam hal kemampuannya untuk mengarahkan replikasi mereka sendiri. Memang, kemiripan keturunan dengan orang tua mereka memiliki dasar dalam replikasi DNA yang akurat dan penularannya dari satu generasi ke generasi berikutnya. Informasi hereditas dalam DNA mengarahkan perkembangan biokimia, anatomi, fisiologi, dan, sampai batas tertentu, sifat-sifat perilaku (Reece *et al.*, 2014). Saat ini, secara umum diketahui bahwa DNA adalah materi genetik yang diturunkan dari orang tua kepada keturunannya dan menentukan sifat-sifatnya. Untuk waktu yang lama, para ilmuwan telah mengetahui keberadaan molekul tersebut, yaitu dengan menyadari bahwa informasi genetik terkandung dalam molekul biokimia (Wakim and Grewal, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce, A. *et al.* (2014) *Essential Cell Biology*. Fourth edi. New York: Garland Science, Taylor & Francis Group.
- Cooper, G.M. (2019) *The Cell: A Molecular Approach*, Eighth Edition. Eighth Edi. New York: Oxford University Press. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
- Reece, J.B. *et al.* (2014) *Campbell Biology*. Tenth edit. U.S: Pearson Education, Inc.
- Wakim, S. and Grewal, M. (2018) *Human Biology*. California: LibreTexts libraries. Available at: <https://doi.org/10.2307/j.ctt22zmc0b.12>.

BAB 10 | GENOM MANUSIA

Dr. Dessy Arisanty, M.Sc

A. Latar Belakang

Setiap organisme memiliki genom yang berisi informasi biologis yang penting untuk membangun dan mempertahankan kehidupan. Genom adalah keseluruhan rangkaian pasangan basa DNA yang ditemukan dalam sel, mengandung semua informasi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan fungsi organisme. Pada manusia, genom terdiri dari 23 pasang kromosom yang terletak di inti sel, ditambah satu molekul DNA sirkuler di mitokondria. Genom manusia mencakup wilayah pengkodean DNA, yang mengkode semua gen (antara 20.000 dan 25.000) organisme manusia, serta wilayah nonkode DNA yang tidak mengkode gen apapun (Brown, 2002).

Sebagian genom, termasuk genom manusia dan semua bentuk kehidupan seluler lainnya, terbuat dari DNA (*deoxyribonucleic acid*), namun beberapa virus memiliki genom RNA (*ribonucleic acid*). DNA dan RNA adalah molekul polimer yang terdiri dari rantai subunit monomer yang disebut nukleotida.

DAFTAR PUSTAKA

- Augustyn, A. (2024). Gene | Definition, Structure, Expression, & Facts | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/gene>
- Brown, T. A. (2002). The Human Genome. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21134/>
- Fridovich-Keil L., J. (2024a). Human genome | DNA Sequencing & Mapping | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/human-genome>
- Fridovich-Keil L., J. (2024b). Human Genome Project - Genome Mapping, DNA Sequencing, Genomics | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/event/Human-Genome-Project/Advances-based-on-the-HGP>
- Griffiths, J.F, A., Dobzhansky, T., & Robinson, A. (2024, February 9). Heredity - Mutations, Genes, DNA | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/heredity-genetics/Mechanisms-of-mutation>
- Heilbron, K., Mozaffari, S. V., Vacic, V., Yue, P., Wang, W., Shi, J., Jubb, A. M., Pitts, S. J., & Wang, X. (2021). Advancing drug discovery using the power of the human genome. *The Journal of Pathology*, 254(4), 418. <https://doi.org/10.1002/PATH.5664>
- Hood, L., & Rowen, L. (2013). The Human Genome Project: big science transforms biology and medicine. *Genome Medicine*, 5(9), 79. <https://doi.org/10.1186/GM483>
- Johnston IG dan Williams BP (February 2016). Evolutionary Inference across Eukaryotes Identifies Specific Pressures Favoring Mitochondrial Gene Retention. *Cell Systems*. 2 (2): 101-111. doi:10.1016/j.cels.2016.01.013. PMID 27135164

- Miller, E. (2022, May 9). Gene – Knowledge Hub. National Genomic Education Programme. <https://www.genomicseducation.hee.nhs.uk/genotes/knowledge-hub/gene/>
- Morgan Hunt, T., wrinch Maud, D., Sutton, W., Boveri Heinrich, T., & Darlington Dean, C. (2024). Chromosome | Structure & Function | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/chromosome>
- Nair, S. R. (2010). Personalized medicine: Striding from genes to medicines. *Perspectives in Clinical Research*, 1(4), 146. <https://doi.org/10.4103/2229-3485.71775>
- Pasumarthi, D dan Dalal, A. 2019. Genetic Clinic. Vol 2 , issue 3. GeneVista.
- Rogers, K. (2019). International HapMap Project | Genome Mapping & Human Diversity | Britannica. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/event/International-HapMap-Project>
- Slunecka, J.L, Van der Zee, M.D, Beck, J.J, Johnson, B.N., Finnicum, C.T., Pool, R., Hottenga, J.J., Geus, E.J dan Ehli, E.A. 2021. Implementation and implication for pyogenic risk score in healthcare. *Human genomics* , 15: 46. <https://doi.org/10.1186/s40246-021-00339-y>
- Uhler, J.P dan Falkenber, M. 2015. Primer removal during mammalian mitochondrial DNA replication. *DNA Repair* 34 : 28-38. www.elsevier.com/locate/dnarepair
- Zhang, X., Yu, W., Li, Y., Wang, A., Cao, H., & Fu, Y. (2024). Drug development advances in human genetics-based targets. *MedComm*, 5(2), e481. <https://doi.org/10.1002/MCO2.481>

BAB 11

TRANSLASI

Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si.

A. Pendahuluan

Proses mengubah informasi dari RNA menjadi protein mirip dengan mengikuti petunjuk untuk sintesis protein, yang melibatkan mRNA dalam tahap transkripsi dan tRNA. Meski mRNA terdiri hanya dari 4 jenis nukleotida dan protein terbuat dari 20 jenis asam amino, proses penerjemahan ini tidak sesederhana hubungan satu-ke-satu antara nukleotida RNA dan asam amino dalam protein. Sebaliknya, urutan nukleotida pada gen, yang disampaikan melalui mRNA, diubah menjadi urutan asam amino dalam protein sesuai dengan aturan kode genetik yang sudah diketahui sejak awal 1960-an (Hidayat *et al.*, 2021).

Translasi adalah proses menerjemahkan urutan nukleotida pada mRNA menjadi rangkaian asam-asam amino yang membentuk suatu polipeptida atau protein. Proses ini terjadi di dalam sel dan melibatkan beberapa komponen penting, termasuk ribosom, tRNA, dan protein-protein pendukung (Mushlih, 2019).

Translasi adalah proses pembentukan protein dengan menggunakan mRNA sebagai cetakannya. Setiap setiap tiga basa pada mRNA yang mengodekan satu jenis asam amino disebut kodon, dan tRNA membawa antikodon yang dapat membaca kodon pada mRNA. Kodon dan antikodon berpasangan. Setelah mRNA bergabung dengan ribosom, proses translasi dimulai. Dengan demikian, translasi menghubungkan informasi genetik yang terdapat pada mRNA dengan sintesis protein yang esensial bagi sel dan organisme (Nurhayati and Darmawati, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N. A. et al. (2017) *Campbell Biology*. 11th edn. New York: Pearson Education Inc.
- Chapeville, F. et al. (1962) 'On The Role Of Soluble Ribonucleic Acid In Coding For Amino Acids.', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 48(1), pp. 1086-1092. doi: 10.1073/pnas.48.6.1086.
- Hidayat, R. et al. (2021) *Ekspresi Gen: Dari Gen Hingga Protein*. Palembang: HM Publisher.
- Mushlih, M. (2019) 'Buku Ajar Mata Kuliah Biologi Molekuler "Aplikasi Dasar Di Dunia Kesehatan"', *Buku Ajar Mata Kuliah Biologi Molekuler "Aplikasi Dasar Di Dunia Kesehatan"*. doi: 10.21070/2019/978-623-6081-07-5.
- Nurhayati, B. and Darmawati, S. (2017) *Biologi Sel dan Molekuler*. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

BAB 12

PENGATURAN EKSPRESI GEN PADA PROKARIOT

Prof. Dr. Eti Yerizel, MS

A. Pendahuluan

Sifat suatu individu akan diwarisi ke individu berikutnya. Sel manusia terdiri dari 46 pasang kromosom, 23 pasang berasal dari ayah dan 23 pasang dari ibu, kemudian menyatu membentuk individu baru atau anak. Turunan baru (anak) akan mewarisi sifat ayah dan sifat ibu atau sifat kedua-duanya. Kromosom merupakan pemampatan dari DNA. Sepanjang rantai DNA terdapat gen-gen yang akan diekspresikan menjadi suatu protein.

Gen merupakan segmen molekul DNA atau urutan basa nukleotida yang memiliki informasi genetik untuk pembentukan suatu polipeptida atau protein melalui proses transkripsi dan translasi. Urutan nukleotida dari DNA sebagai penentu urutan asam amino pada protein yang dibentuknya. Proses pembentukan atau biosintesis protein dari DNA melalui proses transkripsi, yaitu penjabaran DNA menjadi messenger RNA (mRNA) dan selanjutnya tahap translasi, yaitu perubahan mRNA menjadi urutan asam amino sesuai dengan kode genetiknya. Kode genetik yang disebut kodon terdiri dari 3 basa nukleotida akan mengkode satu asam amino.

Seluruh molekul DNA yang dimiliki oleh sebuah individu disebut Genom, sedangkan gen merupakan sekuens atau segmen basa nukleotida DNA yang secara operasional akan membawa informasi genetik. Polipeptida tertentu akan dikode oleh gen tertentu, dengan cara seperti ini DNA sebagai materi genetik menyampaikan informasi genetik melalui biosintesis protein.

DAFTAR PUSTAKA

- Andry Hartono, Editor Tiara M.N.Sikumbang, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta 10042.
- Babu M M, Luscombe N M, Aravind L, Geirstein M, Teichmann S A, 2004. J, " Structure and
- Browning D F, Busby SJW, 2016, J, Local and Global Regulation of Transcription Initiation in bacteria. *Nat. Rev Microbiol*; 14(10): 638-650
- Dodd I b, Shearwin K E, Egan J B, 2005, " Revisited Gene Regulation in Bacteriophage Lambda", *Curr Opin Genet Dev*: 15(2):145-152
- Ernawati S, 2010 "Biologi Molekuler, Regulasi Ekspresi Gen", Fakultas Biologi Universitas Nasional
- Evolution of Transcriptional Regulatory Networks", *Current Opinion in Structural Biology*, 14:283-291
- Gorke B, Stullke, 2008. J, Carbon Catabolite Repression in Bacteria: Many Ways To Make The Most Out of Nutrients. *Nat.Rev.Microbiol*; 6 (8; 613-624
- Jacob F, Monod J, Genetic Regulation Echanisms in thesynthes of proteins, *J Mol Biol*, 1961; 3; 318-356
- Kesidis. Athanasios et al, 2020, J, "Expression of Eucaryotic Membrane Poteins and Procaryotic Host, *Journal Pre -roofs*, 180(1): 1-36
- Nielsen J, Keasling J D, 2016, " Engineering Celluler Metabolism. *Cell*, " 164(6):1185-1197
- Rodwell.V.W, David A.B, Kathleen.M.B, Peter.J.K, P Anthony.W, 2015, "Harper's Illustrated Biochemistry, MS Graw Hill education. New York Chicago San Francisco Athens London Madrid Mexico City Milan New Delhi Singapore Sydney Toronto

Voet. D.J Voet, J G& Pratt C W, 2008," Principle of Biochemistry.3
ed, s .I: John Wiley & Sons, Inc

BAB 13

PENGATURAN EKSPRESI GEN PADA EUKARIOT

dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D

A. Pendahuluan

Dogma sentral menjelaskan bagaimana alur informasi dari gen ke sintesis protein. (Lanier et al., 2017) Gen harus ditranskripsi menjadi asam ribonukleat pembawa pesan (mRNA) dalam inti, lalu diproses dan dikirim ke sitoplasma untuk diterjemahkan menjadi protein. Ahli biologi molekuler telah menemukan bahwa ekspresi gen pada sel mamalia dikendalikan pada beberapa tahap. Pertama, ekspresi gen diatur secara epigenetik oleh struktur kromatin, yang bergantung pada metilasi asam deoksiribonukleat (DNA) dan modifikasi histon. Kemudian, terjadi inisiasi, pemanjangan, dan penghentian transkripsi, dan RNA dapat dimatangkan dalam inti. Selain itu, RNA non-coding (ncRNA), termasuk miRNA, mempengaruhi ekspresi gen. Struktur loop DNA juga berperan dalam ekspresi gen. (Kaikkonen et al., 2011)

Ekspresi gen pada eukariot atau eukariotik dipengaruhi oleh berbagai mekanisme, termasuk kehilangan, amplifikasi, dan penataan ulang gen. Gen ditranskripsi secara berbeda, dan transkrip RNA digunakan secara bervariasi. (Gunter et al., 2024)

B. Ekspresi Gen pada Eukariotik

Ekspresi gen mengacu pada gen yang diaktifkan (on) dan menghasilkan suatu produk. Produk ekspresi gen bisa berupa enzim, protein struktural, atau molekul yang berperan sebagai pengontrol. Studi berkaitan ekspresi gen biasanya mengukur produksi mRNA. Sebagian besar mekanisme yang mengendalikan ekspresi gen berlangsung dengan

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, P. P., Dinger, M. E., Mercer, T. R., & Mattick, J. S. (2008). The Eukaryotic Genome as an RNA Machine. In *Science* (Vol. 319, Issue 5871, pp. 1787–1789). <https://doi.org/10.1126/science.1155472>
- Azizoglu, A., Brent, R., & Rudolf, F. (2021). A Precisely Adjustable, Variation-Suppressed Eukaryotic Transcriptional Controller To Enable Genetic Discovery. *ELife*, 10. <https://doi.org/10.7554/ELIFE.69549>
- Barba-Aliaga, M., Alepuz, P., & Pérez-Ortín, J. E. (2021). Eukaryotic RNA Polymerases: The Many Ways to Transcribe a Gene. In *Frontiers in Molecular Biosciences* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.663209>
- Bright, L. J., & Chalker, D. L. (2016). One Genome's Junk Is Another's Garbage. *ELife*, 5(DECEMBER2016). <https://doi.org/10.7554/eLife.23447>
- Gunter, H. M., Youlten, S. E., Reis, A. L. M., McCubbin, T., Madala, B. S., Wong, T., Stevanovski, I., Cipponi, A., Deveson, I. W., Santini, N. S., Kummerfeld, S., Croucher, P. I., Marcellin, E., & Mercer, T. R. (2024). A Universal Molecular Control For DNA, mRNA and Protein Expression. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46456-9>
- Heyse, G., Jönsson, F., Chang, W. J., & Lipps, H. J. (2010). RNA-Dependent Control Of Gene Amplification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(51), 22134–22139. <https://doi.org/10.1073/pnas.1009284107>
- Hoernes, T. P., Hüttenhofer, A., & Erlacher, M. D. (2016). mRNA modifications: Dynamic Regulators Of Gene Expression? *RNA Biology*, 13(9), 760–765. <https://doi.org/10.1080/15476286.2016.1203504>

- Jackson, R. J., Hellen, C. U. T., & Pestova, T. V. (2010). The Mechanism Of Eukaryotic Translation Initiation And Principles Of Its Regulation. In *Nature Reviews Molecular Cell Biology* (Vol. 11, Issue 2, pp. 113–127). <https://doi.org/10.1038/nrm2838>
- Kaikkonen, M. U., Lam, M. T. Y., & Glass, C. K. (2011). Non-coding RNAs as Regulators Of Gene Expression And Epigenetics. In *Cardiovascular Research* (Vol. 90, Issue 3, pp. 430–440). <https://doi.org/10.1093/cvr/cvr097>
- Kornberg, R. D., & Lorch, Y. (2020). Primary Role of the Nucleosome. In *Molecular Cell* (Vol. 79, Issue 3, pp. 371–375). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2020.07.020>
- Lanier, K. A., Petrov, A. S., & Williams, L. D. (2017). The Central Symbiosis of Molecular Biology: Molecules in Mutualism. *Journal of Molecular Evolution*, 85(1–2), 8–13. <https://doi.org/10.1007/s00239-017-9804-x>
- Lashkevich, K. A., & Dmitriev, S. E. (2021). mRNA Targeting, Transport and Local Translation in Eukaryotic Cells: From the Classical View to a Diversity of New Concepts. *Molecular Biology*, 55(4), 507–537. <https://doi.org/10.1134/S0026893321030080>
- Li, M., Hada, A., Sen, P., Olufemi, L., Hall, M. A., Smith, B. Y., Forth, S., McKnight, J. N., Patel, A., Bowman, G. D., Bartholomew, B., & Wang, M. D. (2015). Dynamic Regulation Of Transcription Factors By Nucleosome remodeling. *ELife*, 4, 1–16. <https://doi.org/10.7554/eLife.06249.001>
- Li, Q., Peterson, K. R., Fang, X., & Stamatoyannopoulos, G. (2002). Locus Control Regions. *Blood*, 100(9), 3077–3086. <https://doi.org/10.1182/blood-2002-04-1104>
- Liu, H., Luo, M., & Wen, J. K. (2014). mRNA Stability In The Nucleus. In *Journal of Zhejiang University: Science B* (Vol. 15, Issue 5, pp. 444–454). Zhejiang University Press. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1400088>

- Moore, L. D., Le, T., & Fan, G. (2013). DNA Methylation And Its Basic Function. In *Neuropsychopharmacology* (Vol. 38, Issue 1, pp. 23–38). <https://doi.org/10.1038/npp.2012.112>
- Nielsen, S., & Zenkin, N. (2013). Transcript Assisted Phosphodiester Bond Hydrolysis By Eukaryotic RNA polymerase II. *Transcription*, 4(5), 209–212. <https://doi.org/10.4161/trns.27062>
- Nitsch, S., Zorro Shahidian, L., & Schneider, R. (2021). Histone Acylations And Chromatin Dynamics: Concepts, Challenges, And Links To Metabolism. *EMBO Reports*, 22(7). <https://doi.org/10.15252/embr.202152774>
- Nothof, S. A., Magdinier, F., & Van-Gils, J. (2022). Chromatin Structure and Dynamics: Focus on Neuronal Differentiation and Pathological Implication. In *Genes* (Vol. 13, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/genes13040639>
- Pennacchio, L. A., Bickmore, W., Dean, A., Nobrega, M. A., & Bejerano, G. (2013). Enhancers: Five essential questions. In *Nature Reviews Genetics* (Vol. 14, Issue 4, pp. 288–295). <https://doi.org/10.1038/nrg3458>
- Romão, L. (2022). mRNA Metabolism in Health and Disease. In *Biomedicines* (Vol. 10, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092262>
- Stein, R. A., & Riber, L. (2023). Epigenetic Effects Of Short-Chain Fatty Acids From The Large Intestine On Host Cells. *MicroLife*, 4. <https://doi.org/10.1093/femsml/uqad032>
- van Mierlo, G., Pushkarev, O., Kribelbauer, J. F., & Deplancke, B. (2023). Chromatin Modules And Their Implication In Genomic Organization And Gene Regulation. In *Trends in Genetics* (Vol. 39, Issue 2, pp. 140–153). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2022.11.003>
- Van Roey, K., & Davey, N. E. (2015). Motif Co-Regulation And Cooperativity Are Common Mechanisms In Transcriptional, Post-Transcriptional And Post-Translational Regulation. In

Cell Communication and Signaling (Vol. 13, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12964-015-0123-9>

Zafar, H., Hassan, A. H., & Demo, G. (2023). Translation Machinery Captured In Motion. *Wiley Interdisciplinary Reviews: RNA*, 14(5). <https://doi.org/10.1002/wrna.1792>

Zardoni, L., Nardini, E., Brambati, A., Lucca, C., Choudhary, R., Loperfido, F., Sabbioneda, S., & Liberi, G. (2021). Elongating RNA polymerase II and RNA:DNA hybrids Hinder Fork Progression And Gene Expression At Sites Of Head-On Replication-Transcription Collisions. *Nucleic Acids Research*, 49(22), 12769–12784. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab1146>

Zhang, J., Zhang, Y. Z., Jiang, J., & Duan, C. G. (2020). The Crosstalk Between Epigenetic Mechanisms and Alternative RNA Processing Regulation. In *Frontiers in Genetics* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00998>

BAB 14

KLONING

Erpi Nurdin, S.Si.,M.Kes

A. Pendahuluan

Kloning adalah kreasi secara aseksual dari suatu sel atau organisme yang merupakan salinan genetik dari organisme pendahulu. Secara alamiah kloning telah ditemukan sejak beribu-ribu tahun yang lalu pada organisme unisel sampai ke yang multisel. Dewasa ini kemajuan bioteknologi dalam melakukan kloning artifisial dengan menggunakan sel non embriogenik telah berkembang dengan pesat. Pemanfaatan kloning dalam aplikasi medik ditujukan untuk pengobatan, reproduksi, dan *replacement*. (Sudjadi, 2008)

1. Kloning gen dengan Cara Komplementasi

Biosintesis satu antibiotik dapat melibatkan 10-30 langkah yang dikatalisis oleh berbagai enzim, sehingga kloning terhadap semua gen yang terlibat dalam sintesis antibiotik merupakan pekerjaan yang sulit. Salah satu strategi untuk isolasi sepasang gen biosintesis antibiotik dapat dilakukan dengan cara transformasi pustaka DNA yang dibuat dari kromosom galur alam kepada mutan- mutan yang tidak memproduksi antibiotik. Kemudian plasmid rekombinan yang komplemen terhadap mutan digunakan untuk sebagai pelacak untuk menapis pustaka klon yang membawa DNA kromosom galur alam. Dengan cara ini, fragmen DNA yang merupakan cara biasanya lebih besar dapat pelacak itu. Jika gen biosintesis itu terdapat berkelompok. Pada suatu bagian kromosom, maka bagian di sebelah gema yang komplemen biasanya merupakan gen yang juga ikut dalam biosintesis antibiotik. Akan tetapi, jika

DAFTAR PUSTAKA

- Institute, N. H. G. R. (2024). Cloning. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Cloning>
- Philosophy, S. E. of. (2021). Cloning. <https://plato.stanford.edu/entries/cloning/>
- Razgonova, M. P., Zakharenko, A. M., Golokhvast, K. S., Thanasoula, M., Sarandi, E., Nikolouzakis, K., Fragkiadaki, P., Tsoukalas, D., Spandidos, D. A., & Tsatsakis, A. (2020). Telomerase and Telomeres In Aging Theory And Chronographic Aging Theory (Review). *Molecular Medicine Reports*, 22(3), 1679-1694. <https://doi.org/10.3892/mmr.2020.11274>
- Sudjadi. (2008). Bioteknologi Kesehatan. In Cetakan pertama. Kanisius. Kanisius.
- Wangko, S., & Kristanto, E. (2013). Kloning Manfaat Versus Masalah. *Jurnal Biomedik (Jbm)*, 2(2). <https://doi.org/10.35790/jbm.2.2.2010.847>

BAB 15

MANIPULASI DNA

dr. Weny Rinawati, SpPK(K), MARS,
FISQua

A. Pendahuluan

Setiap sel hidup mempunyai informasi genetik (genom) yang diperlukan untuk membangun dan memelihara kelangsungan hidup organisme (Brown, 2002). Kode genetik terdapat di dalam sel dalam bentuk asam deoksiribonukleat (*deoxyribonucleic acid*, DNA), yang mengandung rangkaian basa yang mengandung nitrogen. Basa yang mengandung nitrogen dapat berupa adenin (*adenine*, A), timin (*thymine*, T), sitosin (*cytosine*, C), dan guanin (*guanine*, G). Urutan DNA A/T/C/G akan menentukan tipe atau jenis protein yang akan disintesis oleh sel (Hamzeh, 2023).

Manipulasi DNA merupakan suatu proses untuk memodifikasi atau mengubah susunan DNA suatu organisme. Umumnya proses ini berdasarkan teknologi laboratorium menggunakan enzim restriksi (Smith, 2024). Dengan cara yang telah ditentukan sebelumnya, enzim murni digunakan sebagai alat untuk memanipulasi molekul DNA, baik berupa membuat salinan molekul DNA, memotong molekul DNA menjadi fragmen yang lebih pendek, dan menggabungkannya kembali dalam kombinasi yang tidak ada di alam. (Gambar 4.1). Manipulasi ini membentuk dasar teknologi DNA rekombinan, dengan molekul DNA baru atau rekombinan dibuat secara *in vitro* dari potongan kromosom dan plasmid yang terbentuk secara alami (Brown, 2002). Oleh karena DNA membawa informasi genetik, maka manipulasi DNA sering disebut juga manipulasi genetik (*genetic manipulation*, *genetic engineering*).

DAFTAR PUSTAKA

- Christoph Kessler, Vicentiu Manta (1990) Specificity of Restriction Endonucleases and DNA Modification Methyltransferases - A Review (Edition 3). *Gene*, 92(1-2):1-248. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1119\(90\)90486-B](https://doi.org/10.1016/0378-1119(90)90486-B).
- Clark D. P. (2005). *Molecular Biology*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Cooper S. (2003) *Restriction Map*. University of Wisconsin: bioweb.uwlax.edu.
- David W. Russell, Joseph Sambrook (2001) *Molecular Cloning: a Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor, N.Y: Cold Spring Harbor Laboratory.
- Feng Zhang, Yan Wen, Xiong Guo (2014) CRISPR/Cas9 for Genome Editing: Progress, Implications And Challenges. *Hum Mol Genet*, 23(R1):R40-R46. doi: <https://doi.org/10.1093/hmg/ddu125>
- Frank Hille, Hagen Richter, Shi Pey Wong, Majda Bratovič, Sarah Ressel, Emmanuelle Charpentier (2018) The Biology of CRISPR-Cas: Backward and Forward. *Cell*, 172(6):1239-59. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.11.032>.
- James D. Watson (2007) *Recombinant DNA: Genes and genomes. A Short Course*. San Francisco: W.H. Freeman.
- LibreText (2024) *Boundless General Biology*. California: The LibreText.
- Melissa Petruzzello (2024) *Genetic Engineering*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc.
- Melody Redman, Andrew King, Caroline Watson, David King (2016) What is CRISPR/Cas9?. *Arch Dis Child*, 101(4):213-15. doi: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-310459>.
- Mike Smith (2024) *Genetic Engineering*. Bethesda: National Human Genome Research Institute (NHGRI).

- Pei Yun Lee, John Costumbrado, Chih-Yuan Hsu, Yong Hoon Kim YH (2012) Agarose Gel Electrophoresis For The Separation of DNA Fragments. *J Vis Exp*, (62):3923. doi: <https://doi.org/10.3791/3923>
- Peters P. (2010) Restriction Enzymes. <http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/restriction.php>.
- Richard J. Roberts, Kenneth Murray (1976) Restriction Endonucleases. *CRC Critical Reviews in Biochemistry*, 4(2):123–64. doi: <https://doi.org/10.3109/10409237609105456>.
- Richard J. Roberts (2005) How Restriction Enzymes Became The Workhorses Of Molecular Biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(17):5905–8. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0500923102>.
- Richard J. Roberts, Tamas Vincze, Janos Posfai, Dana Macelis (2007) REBASE – Enzymes and Genes for DNA Restriction and Modification. *NAR*, 35: Suppl_1; D269–70, doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkl891>.
- Rodolphe Barrangou (2015) The Roles of CRISPR-Cas Systems In Adaptive Immunity And Beyond. *Curr Opin Immunol*, 32:36–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coi.2014.12.008>
- Terence A. Brown (2002) *Genomes*. 2nd Edition. Oxford: Wiley-Liss.
- Wil A. M. Loenen, David T. F. Dryden, Elisabeth A. Raleigh, Geoffrey G. Wilson, Noreen E. Murray (2014) Highlights of the DNA Cutters: A Short History Of The Restriction Enzymes. *NAR*, 42(1):3–19. doi: <https://doi.org/10.1093/nar/gkt990>.
- Yazan Hamzeh (2023) *Genetic Manipulation. History, Definition and Uses*. California: Study.com.

TENTANG PENULIS



Anita Dwi Anggraini, SST., M.Si, lahir di Sidoarjo, pada 4 Agustus 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknologi Laboratorium di Poltekkes Kemenkes Surabaya dan Magister Sains di Universitas Jendral Soedirman. Ia menekuni bidang Biologi Molekuler dan ada beberapa artikel ilmiah yang sudah dipublikasikan.



Drs. Edy Haryanto, M.Kes, lahir di Tuban, pada 16 Maret 1964. Beliau tercatat sebagai lulusan Magister Universitas Airlangga Surabaya. Bapak yang kerap disapa Pak Edy ini adalah Dosen Senior di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Surabaya dengan jabatan fungsional Lektor Kepala. Beliau selain memiliki hobi menulis, juga sangat menggemari nonton bola.



Rita Maliza, Ph.D, Lahir di Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau, pada tanggal 19 September 1984. Menyelesaikan studi S1 di jurusan kimia, FMIPA Universitas Andalas (Unand) pada tahun 2007. Pada tahun 2011 penulis berhasil menyelesaikan studi S2 dengan predikat Summa Cum Laude pada Program Pascasarjana, Unand. Tahun 2012 penulis mendapatkan beasiswa dari DAAD (IGN-TTRC) untuk mengikuti program Student Exchange di Departement of Biochemistry, Kassel University, Germany. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi S3 dalam bidang Human Biology melalui beasiswa Hashiya Scholarship Foundation dan Murayama Foundation di *Departement of Histology and Cell Biology, Graduate School of Medicine, Jichi Medical University, Japan*. Penulis mengabdikan

sebagai staf pengajar di Departemen Biologi, Unand, sejak tahun 2022. Fokus riset pada bidang kajian Molecular Endocrinology. Penulis adalah salah satu pemenang Writhingthon Kemenristek Dikti 2018 dari Indonesia untuk Citarum Harum. Pada tahun 2022 penulis juga menulis buku referensi dengan judul Pharmacogenomic: toward precision medicine. Alamat: Laboratorium Struktur & Perkembangan Hewan, Jurusan Biologi FMIPA UNAND, Padang 25163. Email: ritamaliza@sci.unand.ac.id



Paula Mariana Kustiawan, Ph.D. lahir di Samarinda, pada 14 Maret 1989. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Kehutanan di Universitas Mulawarman 2010, Magister Ilmu Farmasi di Universitas Gadjah Mada 2012 dan Doktor bidang Bioteknologi di Chulalongkorn University, Thailand 2016. Penelitian yang dilakukan Paula dipublikasikan dan didiseminasikan dalam berbagai jurnal dan seminar dalam dan luar negeri. Paula saat ini adalah dosen di Fakultas Farmasi UMKALTIM.



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 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, Kementerian Kesehatan sejak tahun 2010, selanjutnya bertugas di BRIN mulai tahun 2022. Penelitian yang telah dilakukan di bidang Biologi Molekuler dan Penyakit Tular Vektor dan Zoonosis. Berbagai publikasi telah diterbitkan terkait demam berdarah, malaria, filariasis, fasciolopsiasis, dll.



Desi Aryani, AMAK., SE., M.A lahir di Jakarta, lulusan SMAK DITKESAD tahun 1994, S1 Ekonomi manajemen tahun 1996, Teknologi Laboratorium Poltekkes Jakarta III tahun 2003, Penulis juga menyelesaikan Pendidikan S2K3 tahun 2016. Penulis bekerja disalah satu Rumah Sakit di daerah Jakarta Timur, Aktif menjadi pengurus DPW PATELKI DKI Jakarta dan DPC

PATELKI Jakarta Timur juga aktif mengajar di beberapa tempat. Menulis beberapa buku dan bahan ajar dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif untuk penerus masa depan bangsa.



DR. dr. Raudatul Janah, Sp.PA lahir di Banyumas, pada 24 Oktober 1986. Dia tercatat sebagai lulusan Patologi Anatomi FK UNDIP tahun 2017 dan program doktoral UNSOED 2024. Wanita yang kerap disapa Uul ini adalah anak dari pasangan DRS. H. Mustofa, Mpd (ayah) dan Sri Marwati (ibu). Raudatul Janah kesehariannya sebagai PNS di PMN RS Mata Cicendo dan Dosen di Stikes Dharma Husada Bandung. Uul berhasil memperoleh

beasiswa kemenkes sewaktu menempuh pendidikan spesialis. Dia juga aktif menulis buku dan jurnal nasional maupun internasional.



Ramlah, S.Si., M.Sc lahir di Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat pada tanggal 20 Oktober 1994. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Sarjana Biologi UIN Alauddin Makassar tahun 2012-2016 dengan Judul Skripsi “Keragaman Genetik Plasma Nutfah Jagung Lokal Tana Toraja Berbasis Marka SSR (Simple Sequence Repeats)”. Penulis

kemudian melanjutkan Pendidikan S2 pada Program Studi Magister Biologi Universitas Gadjah Mada tahun 2017-2019 dengan Judul Tesis “Variasi Genetik dan Hubungan Kekerabatan Plasma Nutfah Jewawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) di Indonesia Berdasarkan Karakter Morfologis dan Molekuler”. Saat ini penulis bekerja sebagai Dosen Aktif pada Program Studi S-1 Pendidikan Biologi Universitas Sulawesi Barat. Penulis Aktif melaksanakan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi di bidang Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat, dan Penunjang baik di Tingkat Lokal, Nasional, dan Internasional. Penulis aktif mempublikasikan hasil kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di Media Massa, Jurnal Nasional, Nasional Terakreditasi, dan Internasional Bereputasi. Pada tahun 2023, penulis berhasil mendapatkan Hibah Penelitian Dosen dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.



apt. Saldi Hapiwaty, S.Farm., M.Kes, lahir di Ujung Pandang, pada 4 Juli 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Farmasi STIFA Makassar dan lulusan Pascasarjana Biomedik Kedokteran UNHAS. Lelaki yang kerap disapa Saldi ini adalah anak dari pasangan Hanaping (ayah) dan Darmawaty (ibu). Memulai karir sebagai Tenaga Pendidik, bidang Mikrobiologi.



Dr. Dessy Arisanty, M.Sc, lahir di Padang, pada 12 Januari 1979. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana FMIPA Universitas Andalas, jenjang Master (S2) di Biomedical Department of Medical Faculty and Health Sciences Universiti Putra Malaysia dibidang Medical Biochemistry. Selanjutnya studi Doktor pada Program Doktor Ilmu Biomedis dengan kajian Molecular Cancer of Epigenetic. Wanita yang kerap disapa Dessy ini adalah anak dari pasangan Anwar

Manan (ayah) dan Dasmiaty (ibu). Penulis sebagai staf pengajar di Departemen Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Andalas (UNAND). Dan saat menulis ini, penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Ilmu Biomedis Program Sarjana, Fakultas Kedokteran UNAND. Penulis bukanlah orang baru di dunia Pendidikan. Berbagai kegiatan ilmiah dan banyak artikel yang sudah dipublikasikan. Penghargaan yang pernah diraih adalah sebagai lulusan terbaik Fakultas MIPA, Medali Perak pada ITEX exhibition Malaysia. Medali emas pada Inovation Technology 2023.



Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si, lahir di Padang, pada 16 Agustus 1994. Ia tercatat sebagai lulusan Biologi di Universitas Negeri Padang dan Universitas Andalas. Pria yang kerap disapa Putra ini adalah anak dari pasangan Drs. H. Zurial Muchtar (ayah) dan Hj. Ermianis (ibu). Muhammad Rizki Saputra bukanlah orang baru di dunia pendidikan. Ia merupakan

Dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Baiturrahmah, Padang. Ia juga aktif sebagai narasumber, moderator, MC dan penyanyi, sehingga ia sering tampil di TV nasional dan lokal serta sering mendapatkan penghargaan di bidang pendidikan maupun bidang lainnya.



Prof. Dr. Eti Yerizel, MS, lahir di Batusangkar 1 Januari 1959 sebagai anak ke empat dari 8 bersaudara dari Bapak Almanar dan Ibu Hj.Nurma. Pekerjaan sebagai dosen tetap pada Departemen Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Andalas sejak tahun 1987 sampai sekarang. Dosen tidak tetap di beberapa

Universitas lainnya. Pendidikan sarjana (S-1) pada Jurusan Kimia FMIPA Unand, pendidikan Magister (S-2) pada Jurusan Kimia Institut Teknologi Bandung (ITB). Pendidikan Doktor (S-3) pada

Program Doktor Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Padang. Pada tanggal 1 Mei tahun 2017 mendapat jabatan akademik Guru Besar dalam bidang ilmu Biokimia. Berbagai penelitian dan pengabdian telah dilakukan dalam bidang Biokimia, Biomedik dan Biologi molekuler yang di publikasi pada jurnal nasional dan internasional. Aktif mengadakan pelatihan dan workshop nasional dan mengikuti workshop internasional di Jepang, Singapore, Malaysia dan Thailand. Pernah sebagai Ketua Bagian Biokimia FK Unand selama dua periode. Sebagai Ketua Perhimpunan Biokimia dan Biologi molekuler Indonesia (PBBMI) Cabang Padang, Sebagai Ketua Unit Penelitian dan Kegiatan Ilmiah (UPKI) FK UNAND, anggota Perkeni Padang dan pernah sebagai anggota Himpunan Kimia Indonesia (HKI).



dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D, merupakan dosen tetap Departemen Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat. Penulis merupakan anak dari pasangan Asrizal Jarat (ayah) dan Yurnita, Amd.Keb (Ibu). Setelah tamat Dokter Umum di Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, (2009), penulis melanjutkan S3 bidang Medicine di Jichi Medical University, Jepang (2011 sampai 2015). Penulis aktif menulis buku dan artikel di berbagai jurnal nasional dan internasional.



Erpi Nurdin, S.Si., M.Kes, di lahirkan di Enrekang, Sulawesi Selatan, pada tanggal 28 Oktober 1988, setelah menyelesaikan Pendidikan Strata Satu di Universitas Hasanuddin Fakultas Farmasi Konsentrasi Teknologi Laboratorium Kesehatan hingga memperoleh gelar Sarjana Sains (2011), dan gelar Magister Kesehatan (2014) pada Prodi Ilmu Biomedik Konsentrasi Mikrobiologi di

Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin, Makassar. Pada Tahun 2015 diterima sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) Kementerian Kesehatan dan mengabdikan diri sebagai Dosen di Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan. Selama mengabdikan diri sebagai Dosen, telah melakukan Riset dan menuangkannya dalam publikasi jurnal Ilmiah, mengajar, serta menulis buku dalam lingkup Mikrobiologi.

Mengikuti Pelatihan *Tropical Disease* (Singapore, 2011), Pelatihan Bakteriologi Kultur Darah (Lombok, 2018), Workshop Bacteriology of Clinical (2020), serta Pelatihan PCR (Medan, 2022).



dr. Weny Rinawati, SpPK(K), MARS, FISQua, Lahir di Nganjuk, pada 30 November 1976. Lulus pendidikan dokter umum dari Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya (2001), Program Pendidikan Dokter Spesialis Patologi Klinik (2012) dan Konsultan Infeksi (2020) di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Minat terkait manajemen rumah sakit, ditunjang dengan pendidikan yang ditempuh dengan gelar Magister Administrasi Rumah Sakit di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia (2016) dan fellowship di *The International Society for Quality in Health Care*, Irlandia (2022). Mulai aktif bekerja di Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta pada tahun 2013. Saat ini, ia sedang melanjutkan pendidikan Doktorat Bidang Ilmu Kedokteran di Universitas Airlangga, Surabaya.