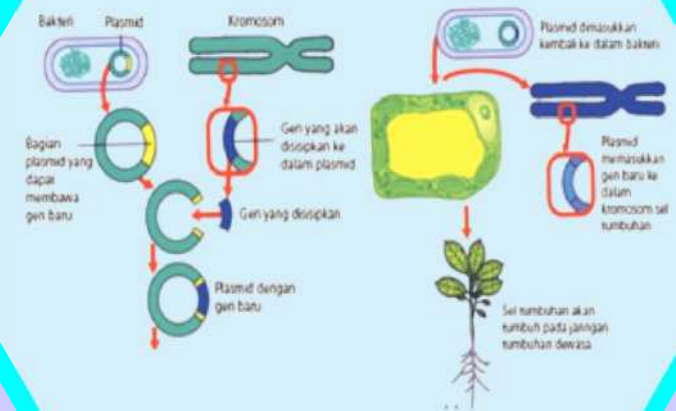




Buku Teks/Referensi

REKAYASA GEN DAN BIOINFORMATIKA



<http://slideplayer.info/slide/4880171/>

Anggota APPTI No. 036/KTA/APPT/2015

Anggota IKAPI No. 127/JTI/2011

Jember University Press
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Telp. 0331-330224, psw. 0319
E-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

ISBN 978-623-7226-93-2



9 786237 226932

Penulis

Sholeh Avivi

Nur Elia Nadhira bt Mohd Asmadi

Lailly Nur Uswatul Hasanah

Fefpi Nur Afnifitri Wias Arianti

Fariza Oktaviani

Siti Nabilah Binti Mohammad Sabri

Syafira Fatihatul Husna



Membangun Generasi
Menuju Insan Berprestasi

Buku Teks/Referensi

Rekayasa Gen dan Bioinformatika

Penulis:

Sholeh Avivi

Nur Elia Nadhira bt Mohd Asmadi

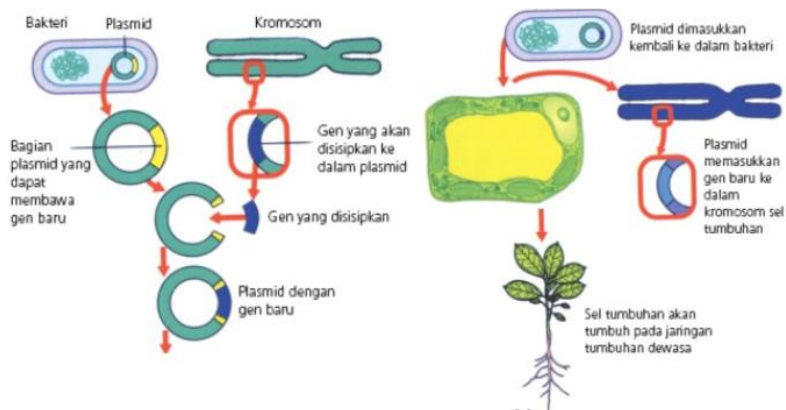
Lailly Nur Uswatul Hasanah

Fefpi Nur Afnifitri Wias Arianti

Fariza Oktaviani

Siti Nabilah Binti Mohammad Sabri

Syafira Fatihatul Husna



Sumber: <https://slideplayer.info/slide/4880171/>

**UPT PERCETAKAN & PENERBITAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

Rekayasa Gen dan Bioinformatika

Penulis:

Sholeh Avivi

Nur Elia Nadhira bt Mohd Asmadi

Lailly Nur Uswatul Hasanah

Fefpi Nur Afnifitri Wias Arianti

Fariza Oktaviani

Siti Nabilah Binti Mohammad Sabri

Syafira Fatihatul Husna

Desain Sampul dan Tata Letak

Risky Fahriza, M. Arifin , M.Hosim

ISBN: 978-623-7226-93-2

Penerbit:

UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember

Redaksi:

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip. 00319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Distributor Tunggal:

UNEJ Press

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip. 0319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. Dilarang memperbanyak tanpa ijin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak, *photoprint*, maupun *microfilm*.

KATA PENGANTAR

Buku referensi berjudul “Rekayasa Gen dan Bioinformatika” melengkapi pustaka buku tentang bioteknologi berbahasa Indonesia yang masih langka di Universitas Jember bahkan di Indonesia. Buku ini menyajikan beberapa topik rekayasa genetika yang materinya dibutuhkan oleh mahasiswa Magister Bioteknologi dan peneliti yang tertarik dengan bioteknologi dan bioinformatika.

Beberapa istilah dalam bioteknologi dan bioinformatika memang lebih dikenal istilah aslinya yang berbahasa Inggris di banding arti terjemahnya, dalam buku ini istilah-istilah dalam bioteknologi tetap ditulis dalam bahasa aslinya sehingga untuk yang menggeluti bidang bioteknologi istilah-istilah tersebut cukup di kenal dan di mengerti. Bagi yang kesulitan terhadap istilah Bahasa Inggris tersebut bisa membaca lebih dalam di materi dan di glosarium yang cukup membantu untuk mencari arti maksud sesungguhnya kata-kata tersebut.

April 2020

Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D.

PRAKATA

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Allah, Rab yang maha esa. atas rahmat dan ijin-Nya Penulis dapat menyelesaikan Buku Teks/Buku Referensi “Rekayasa Gen dan Bioinformatika”.

Tujuan dari penyusunan buku ini adalah menyediakan buku referensi rekayasa genetika dan bioinformatika berbahasa Indonesia terutama untuk mahasiswa yang berminat terhadap rekayasa genetika. Buku ini di susun bersama dengan mahasiswa magister Program Studi Bioteknologi. Ruang lingkup buku ini berisi tentang Sejarah Rekayasa Genetika dan Bioinformatika, Struktur dan Komponen Sel, Struktur Bahan Genetik, Replikasi DNA dan Ekspresi Genetik, Teknologi DNA Rekombinan, Teknik Transformasi DNA Plasmid dan Teknik Seleksinya, Teknologi Mutasi Genetik Knocking Out dan Knocking Down, Data Base Biologi Primer.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D. atas kata pengantar dan saran-saran untuk memperbaiki kekurangan Buku Referensi ini hingga siap cetak dan sampai ke tangan pembaca.
2. Semua pihak yang terlibat dalam bedah buku yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya, Penulis berharap semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi Penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Penulis

Daftar Isi

KATA PENGANTAR.....	iii
PRAKATA.....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	viii
Bab 1. Sejarah Singkat Perkembangan Rekayasa Genetika dan Bioinformatika	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah Rekayasa Genetika dan Bioinformatika.....	4
1.3 Perkembangan dan Manfaat Teknologi Rekayasa Genetika dan Bioinformatika Bagi Manusia	9
1.4 Simpulan	21
BAB 2. Struktur, Komponen Sel Eukariot dan Sel Prokariot.....	23
2.1 Pendahuluan.....	23
2.2 Karakteristik Sel Eukariot (Panawala 2017).	23
2.3 Struktur dan Fungsi Sel Eukariot	24
2.4 Karakteristik Sel Prokariot.....	30
2.5 Struktur dan Fungsi Sel Eukariot	31
2.6 Perbedaan antara Sel Prokariot dan Sel Eukariot.....	33
2.7 Virus.....	35
2.8 Kesimpulan.....	41
BAB 3. Struktur dan Organisasi Bahan Genetik	42
3.1 Pendahuluan.....	42
3.2 DNA sebagai bahan genetik.....	43
3.3 Kandungan DNA dan kapasitas genetic	45
3.4 Struktur RNA	48
3.5 Organisasi bahan genetic	48

3.6	Organisasi genom pada prokaryote	49
3.7	Pengemasan DNA pada sel prokaryot	50
3.8	Organisasi gen dalam genom prokaryot	51
3.9	Organisasi genom pada eukaryote	53
3.10	Pengemasan DNA pada sel eukaryote	54
3.11	Organisasi gen dalam genom eukaryote	54
3.12	Organisasi genom virus	57
3.13	Kesimpulan	62
Bab 4.	Replikasi DNA dan Ekspresi Gen.....	64
4.1	Pendahuluan.....	64
4.2	Replikasi DNA.....	65
4.3	Tahap Transkripsi.....	67
4.4	Tahap Translasi	69
4.5	Protein.....	73
4.6	Ekspresi Gene	75
4.7	Pengaturan Ekspresi Gen.....	77
4.8	Kesimpulan.....	79
BAB 5.	Teknologi DNA Rekombinan.....	80
5.1	Pendahuluan.....	80
5.2	Isolasi DNA dan RNA.....	81
5.3	Amplifikasi DNA menggunakan metode PCR.	84
5.4	Pembuatan cDNA	96
5.5	Pembuatan gen sintetik.....	99
5.6	Pemotongan DNA dengan enzim restriksi	101
5.7	Kesimpulan.....	102
BAB 6.	Teknik Transformasi DNA Plasmid dalam Sel Inang dan Teknik Seleksinya	104
6.1	Pendahuluan.....	104

6.2	Isolasi Plasmid.....	108
6.3	Pemotongan DNA Plasmid dengan Enzim Restriksi	123
6.4	Pembuatan Sel Kompeten dan Transformasi.....	125
6.5	Plasmid Rekombinan.....	127
6.6	Simpulan	128
BAB 7. Teknologi Mutasi Genetik Knocking Out dan Knocking Down.....		130
7.1	Pendahuluan.....	130
7.2	Gene Knocking Out	135
7.3	Mutasi T-DNA.....	139
7.4	Cre-Lox recombination	144
7.5	Gene Editing	147
7.6	Gene Knocking Down & RNA interference	150
7.7	Anti-sense.....	152
7.8	Kesimpulan.....	153
Bab 8. Data Base Biologi Primer		154
8.1	Pendahuluan.....	154
8.2	Database Asam Nukleat.....	156
8.3	Database Protein	165
8.4	Kesimpulan.....	171
Daftar Pustaka		172
DAFTAR ISTILAH/GLOSARIUM.....		190
INDEKS (HALAMAN)		196

Daftar Gambar

Gambar 1. 1 Keragaman plasma nutfah wortel	1
Gambar 1. 2 Keragaman jagung hasil survai dari Kecamatan Leti dan Kecamatan PP terselatan di kab.Maluku Barat Daya.....	2
Gambar 1. 3 Perbedaan bioteknologi konvensional dan modern	3
Gambar 1. 4 James Watson dan Francis Crick.....	4
Gambar 1. 5 Rekayasa genetika tanaman golden rice	5
Gambar 1. 6 Central dogma	7
Gambar 1. 7 Interaksi disiplin ilmu	10
Gambar 1. 8 Rekayasa genetika pada tanaman menggunakan Agrobacterium.....	11
Gambar 1. 9 Aplikasi telemedicine	12
Gambar 1. 10 Aplikasi rekayasa genetika di bidang kesehatan	14
Gambar 1. 11 Situs Basis Data Genom Berbagai Organisme.....	15
Gambar 1. 12 Ilustrasi Interkoneksi NCBI, DDBJ, dan EBI-ENA	17
Gambar 1. 13 Teknik Molecular Docking	19
Gambar 1. 14 Pendekatan SBDD klasik (SBDD, Structure-Base Drug Design).....	20
Gambar 2. 1 Sel Eukariot	25
Gambar 2. 2 Struktur Nukleus.....	26
Gambar 2. 3 Struktur Plastida.....	26
Gambar 2.4 Ribosom	27
Gambar 2.5 Bagian-Bagian Mitokondria	27
Gambar 2. 6 Bagian-Bagian Badan Golgi.....	28
Gambar 2. 7 Bagian-Bagian Retikulum Endoplasma	29
Gambar 2. 8 Vakuola.....	30
Gambar 2. 9 Peroxisom	30
Gambar 2. 10 Peroxisom	32
Gambar 2. 11 Ekspresi Gen Sel Eukariot.....	34
Gambar 2. 12 Ekspresi Gen Sel Prokariot	35
Gambar 2. 13 Bentuk Virus	35
Gambar 2. 14 Beberapa Virus yang sudah dikenal	36
Gambar 2. 15 Struktur Tubuh Virus (bakteriofage).....	36
Gambar 2. 16 Tahapan Replikasi Virus Corona	38
Gambar 2. 17 Partikel Piper yellow mottle virus	39
Gambar 2. 18 Variasi gejala pada daun lada (a) Klorotik (b) belang	

disertai penebalan daun (c) wein banding	39
Gambar 2. 19 Variasi gejala pada malai (a) ukuran malai lebih pendek (b) ukuran buah lebih kecil (c) jumlah buah dalam dompokan sedikit.....	40
Gambar 2. 20 . Gejala dominan infeksi virus pada tanaman mentimun di Kabupaten Bogor (A-C), Karawang (D-F), dan Subang (G-I). (A) kuning disertai vein banding, (B dan C) malformasi daun disertai keriting, (D) klorosis disertai penebalan daun, I klorosis, (F dan G) 41eptid, (H) klorosis dan malformasi, dan (I) 41eptid dan kerdil.....	41
Gambar 3.2 Struktur DNA dan RNA	42
Gambar 3.3 Struktur Kimia DNA	44
Gambar 3.4 Kromosom di dalam prokaryote dan eukaryote	45
Gambar 3. 5 Organisasi genom pada prokaryote	50
Gambar 3. 6 Lokasi DNA prokariotik	51
Gambar 3. 7 Organisasi gen dalam genom prokariot dan eukriot..	52
Gambar 3. 8 Organisasi genom pada eukaryote.....	53
Gambar 3. 9 Pengemasan DNA pada sel eukaryote	55
Gambar 4. 1 Proses replikasi DNA.	65
Gambar 4. 2 Gen diekspresikan melalui proses transkripsi dan translasi.....	67
Gambar 4. 3 Proses transkripsi dan translasi untuk menghasilkan asam amino dan protein..	68
Gambar 4. 4 Proses tranlasi yang berlaku di luar inti sel	70
Gambar 4. 5 Empat tingkatan struktur protein.....	75
Gambar 4. 6 Proses bagaimana gen di ekspresikan dan di interpretasikan.....	76
Gambar 4. 7 Dalam satu untaian DNA yang mengandung Enhancer, Promoer, Intron dan Exon.....	76
Gambar 4. 8 Diagram menunjukkan bagaimana reporter gene bekerja.....	77
Gambar 4. 9 Gen reporter ditambahkan ke urutan gen DNA menghasilkan protein reporter fluorescent mudah terdeteksi, menunjukkan bahwa gen promoter gene of interest telah dinyatakan.....	78

Gambar 5. 1 Isolasi DNA dari dalam sel secara kimiawi	82
Gambar 5. 2 Siklus gradien suhu yang terjadi selama PCR berlangsung	85
Gambar 5. 3 Dendogram rep-PCR isolat MRSA.	94
Gambar 5. 4 Mekanisme One step dan Two step PCR	95
Gambar 5. 5 Skema tahapan-tahapan RT-qPCR	96
Gambar 5. 6 Skema pembuatan cDNA.....	98
Gambar 5. 7 siklus tahapan pembuatan <i>synthetic biology</i>	100
Gambar 5. 8 pematangan endonuklease restriksi	102
Gambar 6. 1 Plasmid pada bakteri	105
Gambar 6. 2 Peta Plasmid.....	106
Gambar 6. 3 Rekayasa genetika dengan plasmid bakteri.....	110
Gambar 6. 4 Teknik Lisis	112
Gambar 6. 5 Ekstraksi sel	114
Gambar 6. 6 Purifikasi plasmid	115
Gambar 6. 7 Perangkat elektroforesis b) Pita DNA setelah elektroforesis	119
Gambar 6. 8 a dan b. Contoh hasil elektroforesis gel agarose.....	121
Gambar 6. 9 Letak enzim restriksi.....	122
Gambar 6. 10 Blunt end dan Sticky end	124
Gambar 6. 11 Suatu double strand dari DNA yang dipotong oleh enzim restriksi EcoRI.....	125
Gambar 6. 12 Fragmen okazaki	126
Gambar 6. 13 Proses terbentuknya plasmid rekombinan.....	127
Gambar 7. 1 Alur kerja umum teknologi pengeditan gen untuk merekayasa resistensi penyakit pada tanaman.	132
Gambar 7. 2 Ilustrasi platform pengeditan genom dan prosedur transformasi genetik pada kentang	133
Gambar 7. 3 Knocking out OsPht1; 4 gen mengurangi penyerapan arsenik oleh tanaman padi dan akumulasi arsenik anorganik dalam butir padi.....	136
Gambar 7. 4 KO gen AGAMOUS (Tsutsui and Higashiyama 2016). (A) Seluruh gambar tubuh tanaman pKIR1.0_AGAMOUS T1. (B) Gambar yang diperbesar dari area dalam persegi panjang kuning di (C) Bunga yang menunjukkan fenotip ag. Skala bar = 5 cm (A), 1 cm (B)	

dan 1 mm (C).....	138
Gambar 7. 5 isolasi mutan target Cas9-bebas.....	139
Gambar 7. 6 'Pasangan T-DNA rusak' dan 'terbaca sebagian'. Batas kiri LB, batas kanan RB	141
Gambar 7. 7 Serpihan T-DNA pada tanaman transgenik At2	142
Gambar 7. 8 Posisi sisipan dan mutasi T-DNA seperti yang terdeteksi pada genom tanaman transgenik A. thaliana At1 hingga At5. Setiap transforman diwakili oleh warna yang berbeda.	143
Gambar 7. 9 Mekanisme rekombinasi Cre-Lox.....	145
Gambar 7. 10 Arah situs racun menentukan hasil rekombinasi. ..	146
Gambar 7. 11 Generasi enzim nuklease yang berbeda digunakan untuk pengeditan genom dan jalur perbaikan DNA yang digunakan untuk memodifikasi DNA target.....	147
Gambar 7. 12 Mutasi PDS3 gen dengan TRV-mediated CRISPR/Cas9.	149
 Gambar 8. 1 Contoh website EMBL-EBI.	 158
Gambar 8. 2 Antarmuka pengiriman BioProject / BioSample / DRA baru.	163
Gambar 8. 3 Contoh website Bank Data DNA Jepang (DDBJ). Sumber daripada	163
Gambar 8. 4 Contoh website Sumber Informasi Protein (PIR)	165

Daftar Tabel

Tabel 1. 1	Sumber Bioinformatika Online	8
Tabel 2. 1	Perbedaan antara sel prokariot dan sel eukariot:	33
Tabel 3. 1	Ukuran genom dan jumlah gen beberapa organisme ..	46
Tabel 3.2	Fungsi tiga spesies RNA	47
Tabel 3. 3	Klasifikasi virus berdasarkan struktur dan inti genom	57
Tabel 3.4	Ukuran genom flavivirus.....	60
Tabel 4. 1	kode yang digunakan bagi 20 asam amino yang terhasil daripada proses replikasi DNA.	72
Tabel 5. 1	Macam-macam metode isolasi DNA.	83
Tabel 5. 2	Gradien suhu PCR menggunakan <i>Taq</i> Polimerase	86
Tabel 5. 3	Jenis-jenis Thermostable DNA polimerase	87
Tabel 5. 4	PCR standart dengan 3 tahapan	87
Tabel 5. 5	PCR dengan 2 tahapan.....	88
Tabel 5. 6	hot start PCR.....	89
Tabel 5. 7	touchdown PCR.....	89
Tabel 5. 8	slowdown PCR.....	91
Tabel 5. 9	Perbedaan mempelajari proteomik pada sel eukariotik dan prokariotik.....	99
Tabel 6. 1	Penamaan enzim restriksi.....	108
Tabel 6. 2	Perbedaan elektroforesis gel agarosa dan gel poliakrilamid	120
Tabel 6. 3	Enzim restriksi dan sekuen pengenalannya	123
Tabel 8. 1	Koleksi Database Biologi Molekuler	155
Tabel 8. 2	Pertumbuhan divisi GenBank (pasangan basa nukleotida).....	160
Tabel 8. 3	Organisme yang tertinggi dalam koleksi GenBank ...	161
Tabel 8. 4	Alamat Web dan Ukuran Database Protein Terpilih..	164
Tabel 8. 5	Halaman web PIR utama untuk penggalian data dan analisis urutan	167

Tabel 8. 6	Statistik berbagai logam hadir dalam struktur makromolekul (protein dan asam nukleat) yang tersedia dalam database MIPS	169
------------	---	-----

Bab 1.

Sejarah Singkat Perkembangan Rekayasa Genetika dan Bioinformatika

1.1 Pendahuluan

Manusia telah melakukan kegiatan pemuliaan selama ribuan tahun yang lalu, dimana disana dilakukan perubahan *genom* spesies makhluk hidup dengan pembiakan secara selektif atau dengan cara seleksi buatan, dimana kegiatan tersebut merupakan kebalikan dari proses alamiah. Pemuliaan pada tanaman meliputi tindakan pengumpulan dan seleksi pada koleksi bahan/ material (plasma nutfah atau *germplasms*) yang akan dipakai untuk pemuliaan, kombinasi persilangan yang intensif dilakukan untuk menciptakan sifat-sifat baru pada tanaman, dimana hal ini dilakukan setelah program pemuliaan memiliki tujuan yang telah ditentukan sebelumnya (Alemu 2019). Keragaman suatu spesies merupakan sumber plasma nutfah yang baik untuk di jadikan tetua menghasilkan varietas baru yang di inginkan pemulia (Gambar 1.1 & 1.2).



Gambar 1. 1 Keragaman plasma nutfah wortel

(https://i.etsystatic.com/13582424/r/il/a5c023/1313521442/il_570xN.1313521442_nmpn.jpg).

BAB 2:

Struktur, Komponen Sel Eukariot dan Sel Prokariot

2.1 Pendahuluan

Makhluk hidup pada dasarnya tersusun dari bagian terkecil yang saling berkaitan dan bekerja sama. Bagian terkecil itu disebut dengan sel. Sel adalah suatu unit struktural dan fungsional dari organisme, sehingga sel dapat dikatakan sebagai penyusun utama sekaligus unit terkecil yang saling bekerjasama dan menjalankan aktivitas kehidupan dari suatu organisme (López-García, Eme, and Moreira 2017). Setiap sel mempunyai bagian struktur yang jelas sesuai dengan fungsinya, sehingga dapat menjaga aktivitas kehidupannya.

Sel terbagi menjadi dua berdasarkan ada tidaknya selaput membrane inti nya yaitu sel eukariot dan sel prokariotik. Sel eukariot merupakan sel yang mempunyai inti sel bermembran inti, sehingga materi genetiknya tidak tersebar melainkan dibungkus selaput membran, hal tersebut berbeda dengan sel prokariot. Sel Prokariot merupakan sel yang tidak mempunyai membran inti sel, sehingga materi genetik sel tidak dibungkus oleh selaput membran.

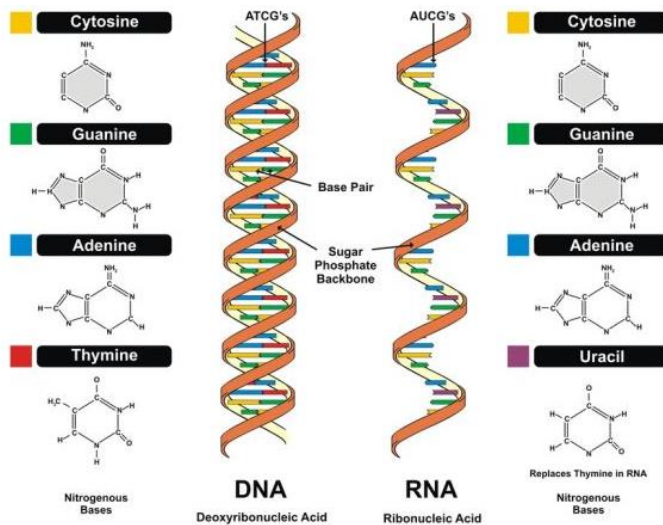
Berdasarkan evolusi perkembangan sel, sel eukariot berkembang setelah sel prokariot berkembang. Setelah keberadaan oksigen cukup banyak di atmosfer sehingga mendorong berkembangnya proses respirasi secara anaerob di dalam sel yang memungkinkan sel dapat mengoksidasi molekul-molekul organik, namun menjadi racun bagi sel-sel anaerob karena sifat oksigen yang sangat reaktif sehingga tidak sedikit sel anaerob yang punah, tetapi beberapa sel mengembangkan kemampuan respirasinya agar tetap bertahan, yakni membentuk simbiosis yang erat dengan sel-sel aerob. Bentuk-bentuk simbiosis antar sel anaerob dan sel-sel aerob dalam perkembangannya akan membuat sel eukariot tercipta (Lukman 2008). Adanya sel eukariot yang berkembang berasal dari sel prokariot, maka perlu dilihat mengenai karakteristik, struktur, serta fungsi sel dari sel eukariot dan sel prokariot, sehingga dapat diketahui perbedaan dari kedua sel.

2.2 Karakteristik Sel Eukariot (Panawala 2017).

BAB 3: Struktur dan Organisasi Bahan Genetik

3.1 Pendahuluan

DNA sekarang di ketahui menjadi materi genetik yang dominan pada organisme di dunia ini. Mengapa DNA yang dominan di miliki organisme dan bukan RNA untai ganda? Padahal RNA sangat mirip secara struktural dengan DNA? Jawaban yang paling mungkin dari pertanyaan ini adalah karena DNA lebih stabil di dibandingkan RNA. Struktur DNA yang berpilin ganda double heliks di temukan pada tahun 1953 oleh Watson dan Crick.



Gambar 3.1 Struktur DNA dan RNA
(<https://www.livescience.com/37247-dna.html>)

Terdapat satu pasang basa pada molekul DNA yang saling komplemen dan menjadi urutan dasar pada dua untai DNA yang memilin spiral heliks ganda. Basa adenine komplemen dengan thymine dan guanine komplemen dengan cytosine. Demikian pada

Bab 4.

Replikasi DNA dan Ekspresi Gen

4.1 Pendahuluan

DNA membawa semua informasi genetik seumur hidup. Molekul DNA yang sangat panjang membentuk masing-masing kromosom suatu organisme, 23 di antaranya pada manusia. Satuan makhluk hidup yang mendasar adalah sel tunggal. Sel memberi lebih banyak sel melalui pengulangan serial proses yang dikenal sebagai pembelahan sel. Sebelum setiap pembagian, salinan baru harus dibuat dari masing-masing dari banyak molekul yang membentuk sel, termasuk duplikasi semua molekul DNA. Replikasi DNA adalah nama yang diberikan untuk proses duplikasi ini, yang memungkinkan informasi genetik suatu organisme gennya untuk dilepas ke dua sel anak yang dibuat ketika sel membelah. Hanya sedikit kurang penting bagi kehidupan adalah proses yang membutuhkan DNAacrobatics dinamis, yang disebut rekombinasi DNA homolog, yang mengatur gen pada kromosom. Dalam reaksi yang terkait erat dengan replikasi DNA, mesin rekombinasi juga memperbaiki kerusakan yang tak terelakkan terjadi pada sel-sel molekul molekul DNA yang panjang dan rapuh (Seeman 2003).

Model untuk *'Double helix'* atau untai ganda DNA yang diusulkan oleh James Watson dan Francis Crick didasarkan pada dua untai DNA berpasangan yang saling melengkapi dalam urutan nukleotida mereka. Model ini memiliki implikasi yang mencolok untuk proses replikasi DNA dan rekombinasi DNA. Tetapi usulan bahwa setiap nukleotida dalam satu untai DNA berpasangan erat dengan nukleotida komplementer pada untai yang berlawanan yaitu baik **Adenin (A)** dengan **Timin (T)**, atau **Guanin (G)** dengan **Sitosin (C)** berarti bahwa setiap bagian dari urutan nukleotida dapat bertindak sebagai templat langsung untuk bagian yang

BAB 5.

Teknologi DNA Rekombinan

5.1 Pendahuluan

Rekombinasi DNA berasal dari kata *recombination* yang berarti *rearrangement* atau penataan ulang materi genetik, yang secara alamiah dapat terjadi melalui hukum Mendel atau secara buatan dengan memanfaatkan kecanggihan teknologi saat ini (M. T. Campbell et al. 2015). Percobaan yang dilakukan oleh George Mendel secara tidak langsung menjadi pijakan berpikir tentang konsep rekombinasi DNA. Persilangan tanaman kapri (*Pisum sativum*) dilakukan dengan mengikuti nisbah matematika sederhana melahirlah hukum pewarisan sifat atau yang saat ini dikenal sebagai "Hukum Mendel". Berkat hasil percobaannya tersebut, Mendel dianugerahi gelar sebagai Bapak Genetika.

Percobaan persilangan sifat-sifat pada tanaman kapri yang dilakukan oleh Mendel menjadi dasar pengetahuan tentang gen yang diwariskan dari tetuanya. Hal itulah yang kemudian menginisiasi pengembangan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan genetika. Hingga pada tahun 1941, dua ahli genetika Edward Lawrie Tatum dan George Wells Beadle menemukan konsep tentang dogma pokok genetika (*central dogma of molecular biology*) menunjukkan bahwa gen membawa informasi genetik yang menyandikan protein, walaupun pada saat itu struktur tentang materi genetik atau yang disebut DNA belum diketahui secara pasti dan baru ditemukan kemudian oleh James D. Watson bersama koleganya, Francis Crick pada tahun 1953. Setelah diketahuinya struktur materi genetik DNA tersebut berkembang banyak disiplin ilmu yang berakar dari ilmu genetika seperti genetika molekuler, ilmu pemuliaan hingga rekayasa genetika atau rekayasa gen (M. T. Campbell et al. 2015).

BAB 6.

Teknik Transformasi DNA Plasmid dalam Sel Inang dan Teknik Seleksinya

6.1 Pendahuluan

Pemuliaan pada tanaman konvensional sudah banyak dilakukan dalam upaya memperbaiki beberapa sifat tanaman yang dirasa punya nilai ekonomi yang tinggi. Tetapi metode itu tidak bisa memindahkan DNA target pada tanaman yang tidak satu berasal dari spesies yang sama. Kemajuan bioteknologi memberi tawaran metode transformasi DNA untuk menyisipkan suatu gen yang penting untuk memperbaiki sifat suatu tanaman sekalipun gen nya berasal dari tanaman yang berkerabat jauh. Harapan utama dalam suatu metode transformasi DNA adalah akan muncul karakter yang diinginkan pada *tanaman transgenik*. Selain karakter dari DNA yang ditransformasikan tidak diharapkan karakter lainnya muncul (Setyati et al. 2007). Organisme produk rekayasa genetika (PRG) merupakan suatu organisme yang dibuat dengan cara menyisipkan gen khusus dari organisme lain atau sejenis, dengan tujuan untuk mendapatkan suatu organisme yang memiliki sifat-sifat tertentu yang dikehendaki. Pembuatan organisme tersebut dilakukan dengan cara pencangkokan gen (rekayasa genetika). Penyisipan (transfer) gen menggunakan vektor, dan vektor yang biasa digunakan adalah plasmid. Plasmid adalah suatu molekul DNA ekstra kromosomal yang dapat melakukan replikasi sendiri dan dapat ditemukan dalam sel *prokariot* dan sel *eukariot* (Hardianto 2018).

Plasmid merupakan DNA ekstra kromosomal yang mampu melakukan *replikasi* secara *autonom* yang dapat ditemukan pada sel organisme yang hidup. Dalam organisme bersel satu, akan ditemukan lebih dari satu plasmid dengan berbagai varian

BAB 7:

Teknologi Mutasi Genetik Knocking Out dan Knocking Down

7.1 Pendahuluan

Mutasi adalah perubahan susunan DNA yang menyebabkan perubahan dalam ekspresi genetik dan menjadi penyebab utama keanekaragaman organisme. Perkembangan ini terjadi pada beberapa tingkatan yang berbeda dan dapat memiliki konsekuensi yang sangat berbeda. Dalam sistem biologis yang dapat direplikasi, pertama-tama kita harus fokus pada bagaimana mutasi dapat diwariskan, adakalanya mutasi terjadi hanya pada generasi pertama organisme yang membawanya dan tidak diwariskan, sementara mutasi yang lain diwariskan hingga keturunan berikutnya (Johnston 2006).

Untuk dapat terjadi mutasi organisme yang diwariskan, mutasi harus: 1) terjadi pada sel yang dapat membentuk generasi berikutnya dan 2) memengaruhi materi genetik. Akhirnya, terjadi hubungan antara mutasi yang diwariskan dan variasi akibat pengaruh tekanan lingkungan (Drake et al. 1998). Dalam bab ini kami akan memperkenalkan lebih lanjut tentang teknologi mutasi genetik, prinsip-prinsip dasar dan contoh-contoh teknologi Gen Knocking Out yang bertujuan menghilangkan ekspresi gen dan teknologi Gen Knocking Down yang bertujuan menghambat ekspresi gen.

Meskipun ada banyak bentuk modifikasi molekuler, "mutasi" biasanya merujuk pada modifikasi yang mempengaruhi asam nukleat. Asam nukleat ini membentuk blok pembangun DNA dalam organisme sel dan membangun DNA atau RNA dalam virus. DNA dan RNA adalah bahan yang menyimpan informasi yang diturunkan yang dibutuhkan untuk reproduksi dalam

Bab 8.

Data Base Biologi Primer

8.1 Pendahuluan

Koleksi Basis Data Biologi Molekuler (Tabel 8.1) adalah sumber daya online yang memuat daftar data-data yang bernilai penting bagi komunitas biologi. Koleksi ini dimaksudkan untuk memfasilitasi rekan ilmuwan ke pangkalan data berkualitas tinggi yang tersedia di seluruh dunia, tidak hanya menjadi daftar panjang semua pangkalan data yang tersedia. Dengan demikian, daftar terbaru ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai titik awal untuk menemukan basis data khusus yang mungkin berguna dalam penelitian biologi. Basis data yang termasuk dalam Koleksi ini memberikan nilai baru ke data yang mendasarinya berdasarkan akurasi, koneksi data baru atau pendekatan inovatif lainnya (Baxevanis 2001).

PrimerBank adalah sumber daya publik untuk primer PCR. Primer ini dirancang untuk deteksi atau kuantifikasi ekspresi gen (Real-Time PCR). Primer Bank mengandung lebih dari 306.800 primer yang mencakup gen manusia dan tikus yang paling dikenal. Ada beberapa cara untuk mencari primer di antaranya melalui: Akses GenBank, akses protein NCBI, ID Gen NCBI, ID PrimerBank atau dapat memasukkan urutan gen pada kolom yang tersedia di program primerbank (Baxevanis 2001).

Algoritma desain primer telah diuji secara ekstensif oleh eksperimen PCR real-time untuk spesifisitas dan efisiensi PCR. 26.855 pasangan primer telah diuji yang sesuai dengan 27.681 gen tikus oleh Real time-PCR diikuti oleh elektroforesis gel agarosa dan pengurutan produk PCR. Tingkat keberhasilan desain adalah 82,6% (22.187 pasangan primer sukses) berdasarkan elektroforesis gel agarose (Baxevanis 2001).

Daftar Pustaka

- Alemu, Itefa Degefa. 2019. "Plant Breeding Methods: In Brief for Students." *International Journal of Zambrut* 3 (2): 156–203.
- Ali, Nasir, Rita De Cássia Pontello Rampazzo, Alexandre Dias Tavares Costa, and Marco Aurelio Krieger. 2017. "Current Nucleic Acid Extraction Methods and Their Implications to Point-of-Care Diagnostics." *BioMed Research International* 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9306564>.
- Ali, Zahir, Aala Abul-Faraj, Marek Piatek, and Magdy M. Mahfouz. 2015. "Activity and Specificity of TRV-Mediated Gene Editing in Plants." *Plant Signaling and Behavior* 10 (10): 37–41. <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1044191>.
- Alif, Trisnani, Sedyo Hartono, and Sri Sulandari. 2018. "Karakterisasi Virus Penyebab Penyakit Belang Pada Tanaman Lada (*Piper Nigrum* L.)." *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 22 (1): 115. <https://doi.org/10.22146/jpti.30354>.
- Aprijani, Dwi Astuti, and M Abdushshomad Elfaizi. 2004. "BIOINFORMATIKA: Perkembangan, Disiplin Ilmu Dan Penerapannya Di Indonesia." *Bioinformatika:Perkembangan, Disiplin Ilmu Dan Penerapan Di Indonesia* 8 (penerapan ilmu bioinformatika): 25.
- Avivi, Sholeh, Sri Hartatik, and Bella Rhea Lavifa Sanjaya. 2019. *Bioteknologi Rekayasa Genetika Tanaman. BIOTEKNOLOGI : UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember*.
- Azrai, Muhammad. 2016. "Pemanfaatan Markah Molekuler Dalam Proses Seleksi Pemuliaan Tanaman." *Pemanfaatan Markah Molekuler Dalam Proses Seleksi Pemuliaan Tanaman* 1 (1): 26–37. <https://doi.org/10.21082/jbio.v1n1.2005.p26-37>.
- Babu, Prasanti, Anuj K. Chandel, and Om V. Singh. 2015. "Extremophiles and Their Applications in Medical Processes," no. October: 9–24. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12808-5>.

- Bairoch, A. 2000. "The SWISS-PROT Protein Sequence Database and Its Supplement TrEMBL in 2000." *Nucleic Acids Research* 28 (1): 45-48. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.45>.
- Baranwal, DK, P Singh, RK Singh, and SS Solankey. 2013. "Gene Knockout Technology and Its Applications: A Review." *Life* 10 (1): 01-04.
- Barker, WC., JS Garavelli, H. Huang, PB. McGarvey, BC. Orcutt, GY. Srinivasarao, C. Xiaoi, et al. 2000. "The Protein Information Resource (PIR)." *Nucleic Acids Research* 28 (1): 41-44. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.41>.
- Baxevanis, A. D. 2001. "The Molecular Biology Database Collection: An Updated Compilation of Biological Database Resources." *Nucleic Acids Research* 29 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1093/nar/29.1.1>.
- Bell, C. E., and M. Lewis. 2001. "The Lac Repressor: A Second Generation of Structural and Functional Studies." *Current Opinion in Structural Biology* 11 (1): 19-25. [https://doi.org/10.1016/S0959-440X\(00\)00180-9](https://doi.org/10.1016/S0959-440X(00)00180-9).
- Bendich, Arnold J., and Karl Drlica. 2000. "Prokaryotic and Eukaryotic Chromosomes: What's the Difference?" *BioEssays* 22 (5): 481-86. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-1878\(200005\)22:5<481::AID-BIES10>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-1878(200005)22:5<481::AID-BIES10>3.0.CO;2-T).
- Boeckmann, Brigitte, Amos Bairoch, Rolf Apweiler, Marie Claude Blatter, Anne Estreicher, Elisabeth Gasteiger, Maria J. Martin, et al. 2003. "The SWISS-PROT Protein Knowledgebase and Its Supplement TrEMBL in 2003." *Nucleic Acids Research* 31 (1): 365-70. <https://doi.org/10.1093/nar/gkg095>.
- Bradley, Meranda D., Michael B. Beach, A. P.Jason de Koning, Timothy S. Pratt, and Robert Osuna. 2007. "Effects of Fis on Escherichia Coli Gene Expression during Different Growth Stages." *Microbiology* 153 (9): 2922-40. <https://doi.org/10.1099/mic.0.2007/008565-0>.

- Buckhout-White, Susan, Chanel Person, Igor L. Medintz, and Ellen R. Goldman. 2018. "Restriction Enzymes as a Target for DNA-Based Sensing and Structural Rearrangement." *ACS Omega* 3 (1): 495-502. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b01333>.
- Budianto, Anto Ismu. 2000. "Perlindungan Hukum Terhadap Konsumen Produk Rekayasa Genetik Di Indonesia." *Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM* 7 (15): 118-32. <https://doi.org/10.20885/iustum.vol7.iss15.art9>.
- Calderón-Cortés, Nancy, Mauricio Quesada, Horacio Cano-Camacho, and Guadalupe Zavala-Páramo. 2010. "A Simple and Rapid Method for DNA Isolation from Xylophagous Insects." *International Journal of Molecular Sciences* 11 (12): 5056-64. <https://doi.org/10.3390/ijms11125056>.
- Campbell, Allan M. 1993. "Genome Organization in Prokaryotes." *Current Opinion in Genetics and Development* 3 (6): 837-44. [https://doi.org/10.1016/0959-437X\(93\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0959-437X(93)90002-7).
- Campbell, Malachy T., Christopher A. Proctor, Yongchao Dou, Aaron J. Schmitz, Piyaporn Phansak, Greg R. Kruger, Chi Zhang, and Harkamal Walia. 2015. "Genetic and Molecular Characterization of Submergence Response Identifies Subtol6 as a Major Submergence Tolerance Locus in Maize." *PLoS ONE* 10 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120385>.
- Cao, Yue, Dan Sun, Hao Ai, Hanyi Mei, Xue Liu, Shubin Sun, Guohua Xu, Yungen Liu, Yanshan Chen, and Lena Q. Ma. 2017. "Knocking Out OsPT4 Gene Decreases Arsenate Uptake by Rice Plants and Inorganic Arsenic Accumulation in Rice Grains." *Environmental Science and Technology* 51 (21): 12131-38. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03028>.
- Carsono, Nono. 2008. "Peran Pemuliaan Tanaman Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian Di Indonesia." *Seminar on Agricultural Sciences*, 1-8.

- Chambers, Thomas J, Chang S Hahn, Ricardo Galler, and Charles M Rice. 1990. "Flavivirus Genome Organization, Expression, and Replication." *Annu. Rev. Microbiol.* 44: 649-88.
- Cline, J. 1996. "PCR Fidelity of Pfu DNA Polymerase and Other Thermostable DNA Polymerases." *Nucleic Acids Research* 24 (18): 3546-51. <https://doi.org/10.1093/nar/24.18.3546>.
- Coimbatore Narayanan, Buvanewari, John Westbrook, Saheli Ghosh, Anton I. Petrov, Blake Sweeney, Craig L. Zirbel, Neocles B. Leontis, and Helen M. Berman. 2014. "The Nucleic Acid Database: New Features and Capabilities." *Nucleic Acids Research* 42 (D1): 114-22. <https://doi.org/10.1093/nar/gkt980>.
- Covino, Roberto, Stephanie Ballweg, Claudius Stordeur, Jonas B. Michaelis, Kristina Puth, Florian Wernig, Amir Bahrami, Andreas M. Ernst, Gerhard Hummer, and Robert Ernst. 2016. "A Eukaryotic Sensor for Membrane Lipid Saturation." *Molecular Cell* 63 (1): 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2016.05.015>.
- Craig Venter, J., M. D. Adams, E. W. Myers, P. W. Li, R. J. Mural, G. G. Sutton, H. O. Smith, et al. 2001. "The Sequence of the Human Genome." *Science* 291 (5507): 1304-51. <https://doi.org/10.1126/science.1058040>.
- Dahm, Ralf. 2008. "Discovering DNA: Friedrich Miescher and the Early Years of Nucleic Acid Research." *Human Genetics* 122 (6): 565-81. <https://doi.org/10.1007/s00439-007-0433-0>.
- Drake, John W., Brian Charlesworth, Deborah Charlesworth, and James F. Crow. 1998. "Rates of Spontaneous Mutation." *Genetics* 148 (4): 1667-86. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4385-1_17.

- Elliott, Tyler A., and T. Ryan Gregory. 2015. "What's in a Genome? The C-Value Enigma and the Evolution of Eukaryotic Genome Content." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370 (1678). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0331>.
- Faatih, Mukhlissul. 2009. "Isolasi Dan Digesti DNA Kromosom." *J Penelitian Sains Dan Teknologi* 20 (1): 61-67.
- Farida, Y. 2009. "Metode Sidik Jari DNA Dengan REP -PCR," no. 2: 273-79.
- Garavelli, J. S. 2001. "The RESID Database of Protein Structure Modifications and the NRL-3D Sequence-Structure Database." *Nucleic Acids Research* 29 (1): 199-201. <https://doi.org/10.1093/nar/29.1.199>.
- Giacomazzi, S., F. Leroi, and J. J. Joffraud. 2005. "Comparison of Three Methods of DNA Extraction from Cold-Smoked Salmon and Impact of Physical Treatments." *Journal of Applied Microbiology* 98 (5): 1230-38. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02574.x>.
- Goujon, Mickael, Hamish McWilliam, Weizhong Li, Franck Valentin, Silvano Squizzato, Juri Paern, and Rodrigo Lopez. 2010. "A New Bioinformatics Analysis Tools Framework at EMBL-EBI." *Nucleic Acids Research* 38 (SUPPL. 2): 695-99. <https://doi.org/10.1093/nar/gkq313>.
- Haag-Liautard, Cathy, Mark Dorris, Xulio Maside, Steven Macaskill, Daniel L. Halligan, Brian Charlesworth, and Peter D. Keightley. 2007. "Direct Estimation of per Nucleotide and Genomic Deleterious Mutation Rates in *Drosophila*." *Nature* 445 (7123): 82-85. <https://doi.org/10.1038/nature05388>.
- Hall, B., A. Limaye, and AB Kulkarni. 2009. "Overview: Generation of Gene Knockout Mice." *Curr Protoc Cell Biol*, 217-22. <https://doi.org/10.1002/0471143030.cb1912s44.Overview>.

- Harahap, Muhammad Ridwan. 2018. "Elektroforesis: Analisis Elektronika Terhadap Biokimia Genetika." *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro* 2 (1): 21-26. <https://doi.org/10.22373/crc.v2i1.3248>.
- Hardianto, Dudi. 2018. "Optimization of Alkaline Lysis Method for the Improvement Of" 2 (December 2015). <https://doi.org/10.29122/jbbi.v2i2.510>.
- Hemavathi, K., M. Kalaivani, A. Udayakumar, G. Sowmiya, J. Jeyakanthan, and K. Sekar. 2010. "MIPS: Metal Interactions in Protein Structures." *Journal of Applied Crystallography* 43 (1): 196-99. <https://doi.org/10.1107/S002188980903982X>.
- Hu, Jinguo, and Brady a. Vick. 2003. "Target Region Amplification Polymorphism: A Novel Marker Technique for Plant Genotyping." *Plant Molecular Biology Reporter* 21 (3): 289-94. <https://doi.org/10.1007/BF02772804>.
- Hu, Y., X. Xie, L. Wang, J. Yang, H. Zhang, and Y. Li. 2009. "An Effective and Low-Cost Method for DNA Extraction from Herbal Drugs of Rheum Tanguticum (Polygonaceae)." *African Journal of Biotechnology* 8 (12): 2691-94. <https://doi.org/10.5897/AJB09.034>.
- Hughes, Randall A., and Andrew D. Ellington. 2017. "Synthetic DNA Synthesis and Assembly: Putting the Synthetic in Synthetic Biology." *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 9 (1). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a023812>.
- Ishino, Sonoko, and Yoshizumi Ishino. 2014. "DNA Polymerases as Useful Reagents for Biotechnology - The History of Developmental Research in the Field." *Frontiers in Microbiology* 5 (AUG): 1-8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00465>.

- James, F, Trisha Eustaquio, and James F Leary. 2012. "Metadata of the Chapter That Will Be Visualized Online Chapter 5 Single-Cell Nanotoxicity Assays of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles." *Methods in Molecular Biology* 926: 87-97. <https://doi.org/10.1007/978-1-62703-002-1>.
- Johnston, Mark O. 2006. "Mutations and New Variation: Overview." *Encyclopedia of Life Sciences*, no. March. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0004165>.
- Joshi, Mohini, and J. D. Deshpande. 2011. "Polymerase Chain Reaction: Methods, Principles and Application." *International Journal of Biomedical Research* 2 (1). <https://doi.org/10.7439/ijbr.v2i1.83>.
- Joung, J Keith, Elizabeth I Ramm, and Carl O Pabo. 2000. "A Bacterial Two-Hybrid Selection System for Studying Protein - DNA and Protein - Protein Interactions."
- Kamaliah. 2017. "Perbandingan Metode Ekstraksi DNA Phenol-Chloroform Dan Kit Extraction Pada Sapi Aceh Dan Sapi Madura." *Jurnal Biotik* 5 (1): 60-65.
- Kaminuma, Eli, Jun Mashima, Yuichi Kodama, Takashi Gojobori, Osamu Ogasawara, Kousaku Okubo, Toshihisa Takagi, and Yasukazu Nakamura. 2009. "DDBJ Launches a New Archive Database with Analytical Tools for Next-Generation Sequence Data." *Nucleic Acids Research* 38 (SUPPL.1): 33-38. <https://doi.org/10.1093/nar/gkp847>.
- Kanz, Carola, Philippe Aldebert, Nicola Althorpe, Wendy Baker, Alastair Baldwin, Kirsty Bates, Paul Browne, et al. 2005. "The EMBL Nucleotide Sequence Database." *Nucleic Acids Research* 33 (DATABASE ISS.): 29-33. <https://doi.org/10.1093/nar/gki098>.
- Karmana, I Wayan. 2009. "Adopsi Tanaman Transgenik dan beberapa Aspek Pertimbangannya." *GaneÇ Swara*. 3 (2): 12-21.

- Katada, Hitoshi, and Makoto Komiyama. 2011. "Artificial Restriction DNA Cutters to Promote Homologous Recombination in Human Cells." *Current Gene Therapy* 11 (1): 38-45. <https://doi.org/10.2174/156652311794520094>.
- Kellokumpu, Sakari, Antti Hassinen, and Tuomo Glumoff. 2016. "Glycosyltransferase Complexes in Eukaryotes: Long-Known, Prevalent but Still Unrecognized." *Cellular and Molecular Life Sciences* 73 (2): 305-25. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2066-0>.
- Khosravinia, H., and K. P. Ramesha. 2007. "Influence of EDTA and Magnesium on DNA Extraction from Blood Samples and Specificity of Polymerase Chain Reaction." *African Journal of Biotechnology* 6 (3): 184-87. <https://doi.org/10.5897/AJB06.658>.
- Kim, Hyongbum, and Jin Soo Kim. 2014. "A Guide to Genome Engineering with Programmable Nucleases." *Nature Reviews Genetics* 15 (5): 321-34. <https://doi.org/10.1038/nrg3686>.
- Koonin, Eugene V., and Yuri I. Wolf. 2010. "Constraints and Plasticity in Genome and Molecular-Phenome Evolution." *Nature Reviews Genetics* 11 (7): 487-98. <https://doi.org/10.1038/nrg2810>.
- Koonin, Eugene V., and Feng Zhang. 2017. "Coupling Immunity and Programmed Cell Suicide in Prokaryotes: Life-or-Death Choices." *BioEssays* 39 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1002/bies.201600186>.
- Kristianto, Jasmin, Michael G. Johnson, Ryley K. Zastrow, Abigail B. Radcliff, and Robert D. Blank. 2017. "Spontaneous Recombinase Activity of Cre-ERT2 in Vivo." *Transgenic Research* 26 (3): 411-17. <https://doi.org/10.1007/s11248-017-0018-1>.

- Lade, Bipin Deochand, Anita Surendra Patil, and Hariprasad Madhukarrao Paikrao. 2014. "Efficient Genomic DNA Extraction Protocol from Medicinal Rich *Passiflora Foetida* Containing High Level of Polysaccharide and Polyphenol." *SpringerPlus* 3 (1): 1-7. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-457>.
- Laili, Nur Unsyah, and Tri Asmira Damayanti. 2019. "Deteksi Virus Pada Tanaman Mentimun Di Jawa Barat." *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi* 12 (1): 8. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v12i1.5089>.
- Lastuti, Nunuk Dyah Retno. 2011. "Pendekatan Biologi Molekuler Dan Immunologi Untuk Pengembangan Diagnosis Penyakit Parasit (Skabies)."
- Le, Y., and B. Sauer. 2001. "Conditional Gene Inactivation Using Cre Recombinase." *Molecular Biotechnology* 17 (3): 269-75. <https://doi.org/10.1007/s00223-002-1004-y>.
- Li, Weizhong, Andrew Cowley, Mahmut Uludag, Tamer Gur, Hamish McWilliam, Silvano Squizzato, Young Mi Park, Nicola Buso, and Rodrigo Lopez. 2015. "The EMBL-EBI Bioinformatics Web and Programmatic Tools Framework." *Nucleic Acids Research* 43 (W1): W580-84. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv279>.
- López-García, Purificación, Laura Eme, and David Moreira. 2017. "Symbiosis in Eukaryotic Evolution." *Journal of Theoretical Biology* 434: 20-33. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.02.031>.
- Lorenz, Todd C. 2012. "Polymerase Chain Reaction: Basic Protocol plus Troubleshooting and Optimization Strategies." *Journal of Visualized Experiments*, no. 63: 1-14. <https://doi.org/10.3791/3998>.
- Lukman, A. 2008. "Evolusi Sel Sebagai Dasar Perkembangan Makhhluk Hidup Saat Ini." *Biospecies* 1 (2): 67-72.

- Lynch, J. R., and J. M. Brown. 1990. "The Polymerase Chain Reaction: Current and Future Clinical Applications." *Journal of Medical Genetics* 27 (1): 2-7. <https://doi.org/10.1136/jmg.27.1.2>.
- Marietje Pesireron, Marthen P. Sirappa, dan La Dahamarudin. 2013. "Keragaman Genetik Jagung Lokal Di Kabupaten Maluku Barat Daya Provinsi Maluku." *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku. Seminar Nasional Serealia, 2013*, 978-79.
- Mashima, Jun, Yuichi Kodama, Takehide Kosuge, Takatomo Fujisawa, Toshiaki Katayama, Hideki Nagasaki, Yoshihiro Okuda, et al. 2016. "DNA Data Bank of Japan (DDBJ) Progress Report." *Nucleic Acids Research* 44 (D1): D51-57. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1105>.
- Matsunaga, Fujihiko, Cédric Norais, Patrick Forterre, and Hannu Myllykallio. 2003. "Identification of Short 'eukaryotic' Okazaki Fragments Synthesized from a Prokaryotic Replication Origin." *EMBO Reports* 4 (2): 154-58. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.embor732>.
- Mehrotra, Parikha. 2016. "Biosensors and Their Applications - A Review." *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* 6 (2): 153-59. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2015.12.002>.
- Mocellin, Simone, Maurizio Provenzano, Carlo Riccardo Rossi, Pierluigi Pilati, Donato Nitti, and Mario Lise. 2005. "DNA Array-Based Gene Profiling: From Surgical Specimen to the Molecular Portrait of Cancer." *Annals of Surgery* 241 (1): 16-26. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000150157.83537.53>.
- Moraes, S. R., R. B. Gonçalves, C. Mouton, L. Seldin, M. C.S. Ferreira, and R. M.C.P. Domingues. 2000. "Use of Rep-PCR to Define Genetic Relatedness among Bacteroides Fragilis Strains." *Journal of Medical Microbiology* 49 (3): 279-84. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-49-3-279>.

- Mushtaq, Muntazir, Aafreen Sakina, Shabir Hussain Wani, Asif B. Shikari, Prateek Tripathi, Abbu Zaid, Aravind Galla, et al. 2019. "Harnessing Genome Editing Techniques to Engineer Disease Resistance in Plants." *Frontiers in Plant Science* 10 (May). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00550>.
- Nadakuduti, Satya Swathi, C. Robin Buell, Daniel F. Voytas, Colby G. Starker, and David S. Douches. 2018. "Genome Editing for Crop Improvement - Applications in Clonally Propagated Polyploids with a Focus on Potato (*Solanum Tuberosum* L.)." *Frontiers in Plant Science* 871 (November): 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01607>.
- Oikonomou, Catherine M., and Grant J. Jensen. 2016. "A New View into Prokaryotic Cell Biology from Electron Cryotomography." *Nature Reviews Microbiology* 14 (4): 205-20. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2016.7>.
- Orr, H. Allen. 2005. "The Genetic Theory of Adaptation: A Brief History." *Nature Reviews Genetics* 6 (2): 119-27. <https://doi.org/10.1038/nrg1523>.
- Panawala, Lakna. 2017. "Difference Between Prokaryotic and Eukaryotic Cells." *Pediaa*, no. March: 1-12. https://www.researchgate.net/publication/314051827_Difference_Between_Prokaryotic_and_Eukaryotic_Cells.
- Parikesit, Arli Aditya, Dito Anurogo, and Riza A Putranto. 2017. "Pemanfaatan Bioinformatika Dalam Bidang Pertanian Dan Kesehatan (The Utilization of Bioinformatics in the Field of Agriculture and Health)." *E-Journal Menara Perkebunan* 85 (2): 105-15. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v85i2.237>.
- Putranto, Riza A. n.d. "Pemanfaatan Basis Data Sekuen Dalam Riset Bioinformatika Pada Tanaman Perkebunan" 5 (April 2017): 21-25.

- Ramalho, Anabela S., Sebastian Beck, Carlos M. Farinha, Luka A. Clarke, Ghanshyam D. Heda, Bernhard Steiner, Javier Sanz, et al. 2004. "Methods for RNA Extraction, CDNA Preparation and Analysis of CFTR Transcripts." *Journal of Cystic Fibrosis* 3 (SUPPL. 2): 11-15. <https://doi.org/10.1016/j.jcf.2004.05.004>.
- Ray, M. K., S. P. Fagan, and F. C. Brunnicardi. 2000. "The Cre-LoxP System: A Versatile Tool for Targeting Genes in a Cell- and Stage-Specific Manner." *Cell Transplantation* 9 (6): 805-15. <https://doi.org/10.1177/096368970000900607>.
- Ross, T. L., W. G. Merz, M. Farkosh, and K. C. Carroll. 2005. "Comparison of an Automated Repetitive Sequence-Based PCR Microbial Typing System to Pulsed-Field Gel Electrophoresis for Analysis of Outbreaks of Methicillin-Resistant Staphylococcus Aureus." *Journal of Clinical Microbiology* 43 (11): 5642-47. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.11.5642-5647.2005>.
- Rubio, Manuel, Luis Rodríguez-Moreno, Ana Rosa Ballester, Manuel Castro de Moura, Claudio Bonghi, Thierry Candresse, and Pedro Martínez-Gómez. 2015. "Analysis of Gene Expression Changes in Peach Leaves in Response to Plum Pox Virus Infection Using RNA-Seq." *Molecular Plant Pathology* 16 (2): 164-76. <https://doi.org/10.1111/mpp.12169>.
- Ruiz-Villalba, Adrián, Elizabeth van Pelt-Verkuil, Quinn D. Gunst, Jan M. Ruijter, and Maurice JB van den Hoff. 2017. "Amplification of Nonspecific Products in Quantitative Polymerase Chain Reactions (QPCR)." *Biomolecular Detection and Quantification* 14 (November): 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.bdq.2017.10.001>.
- Ruyck, Jerome de, Guillaume Brysbaert, Ralf Blossey, and Marc F. Lensink. 2016. "Molecular Docking as a Popular Tool in Drug Design, an in Silico Travel." *Advances and Applications in Bioinformatics and Chemistry* 9 (1): 1-11. <https://doi.org/10.2147/AABC.S105289>.

- Saeys, Yvan, Iñaki Inza, and Pedro Larrañaga. 2007. "A Review of Feature Selection Techniques in Bioinformatics." *Bioinformatics* 23 (19): 2507-17. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btm344>.
- Saiful Akbar. 2017. "Genetika." *UIN Alauddin Makassar*, 1-2.
- Santos, Ana L., and Giulio Preta. 2018. "Lipids in the Cell: Organisation Regulates Function." *Cellular and Molecular Life Sciences* 75 (11): 1909-27. <https://doi.org/10.1007/s00018-018-2765-4>.
- Sauer, B., and N. Henderson. 1988. "Site-Specific DNA Recombination in Mammalian Cells by the Cre Recombinase of Bacteriophage P1." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 85 (14): 5166-70. <https://doi.org/10.1073/pnas.85.14.5166>.
- Sayers, Eric W., Mark Cavanaugh, Karen Clark, James Ostell, Kim D. Pruitt, and Ilene Karsch-Mizrachi. 2019. "GenBank." *Nucleic Acids Research* 47 (D1): D94-99. <https://doi.org/10.1093/nar/gky989>.
- Schouten, Henk J., Henri vande Geest, Sofia Papadimitriou, Marian Bemer, Jan G. Schaart, Marinus J.M. Smulders, Gabino Sanchez Perez, and Elio Schijlen. 2017. "Re-Sequencing Transgenic Plants Revealed Rearrangements at T-DNA Inserts, and Integration of a Short T-DNA Fragment, but No Increase of Small Mutations Elsewhere." *Plant Cell Reports* 36 (3): 493-504. <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2098-z>.
- Secco, David, Chuang Wang, Huixia Shou, Matthew D Schultz, Serge Chiarenza, Laurent Nussauame, Joseph R Ecker, James Whelan, and Ryan Lister. 2015. "Stress Induced Gene Expression Drives Transient DNA Methylation Changes at Adjacent Repetitive Elements." *ELife* 4: 1-26. <https://doi.org/10.7554/elife.09343>.

- Seeman, Nadrian C. 2003. "DNA in a Material World." *Nature* 421 (6921): 427–31. <https://doi.org/10.1038/nature01406>.
- Setiawan, Hartanto, and Mohammad Isa Irawan. 2017. "Kajian Pendekatan Penempatan Ligan Pada Protein Menggunakan Algoritma Genetika." *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 6 (2): 2–6. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25468>.
- Setyati, Sri, Purnama Oktaviandari, Muhammad Hazmi, and Bambang Sugiharto. 2007. "Studi Perbandingan Metode Transformasi DNA Menggunakan Vektor *Agrobacterium Tumefaciens* Pada Tanaman Tebu (*Sacharum Hybrid*)." *Journal of Biological Researches* 13 (1): 39–44. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.13.1.20076>.
- Shafee, Thomas, and Rohan Lowe. 2017. "Eukaryotic and Prokaryotic Gene Structure." *WikiJournal of Medicine* 4 (1): 0–3. <https://doi.org/10.15347/wjm/2017.002>.
- Shimomura, Yutaka, Muhammad Wajid, Abraham Zlotogorski, Young Jin Lee, Robert H. Rice, and Angela M. Christiano. 2009. "Founder Mutations in the Lipase h Gene in Families with Autosomal Recessive Woolly Hair/Hypotrichosis." *Journal of Investigative Dermatology* 129 (8): 1927–34. <https://doi.org/10.1038/jid.2009.19>.
- Simion, Tariku. 2018. "Curr Trends Biomedical Eng & Biosci DNA Replication." *Curr Trends Biomedical Eng & Biosci* 16 (4): 93–99. <https://doi.org/10.19080/CTBEB.2018.16.555942>.
- Siregar, F. Septriana A. dan Thalita D. A. 2012. "Rekayasa Genetik : Manfaat Dan Dampak Negatifnya Terhadap Kehidupan Manusia" 1 (1): 1–12.
- Snedeker, Jonathan, Matthew Wooten, and Xin Chen. 2017. "The Inherent Asymmetry of DNA Replication." *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 33 (1): 291–318. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100616-060447>.

- Stryjewska, Agnieszka, Katarzyna Kiepusa, Tadeusz Librowski, and Stanislaw Lochyński. 2013. "Biotechnology and Genetic Engineering in the New Drug Development. Part I. DNA Technology and Recombinant Proteins." *Pharmacological Reports* 65 (5): 1075–85. [https://doi.org/10.1016/S1734-1140\(13\)71466-X](https://doi.org/10.1016/S1734-1140(13)71466-X).
- Summerton, James. 2007. "Morpholino, SiRNA, and S-DNA Compared: Impact of Structure and Mechanism of Action on Off-Target Effects and Sequence Specificity." *Current Topics in Medicinal Chemistry* 7 (7): 651–60. <https://doi.org/10.2174/156802607780487740>.
- Surzycki, Stefan. 2000. "General Aspects of DNA Isolation and Purification." *Basic Techniques in Molecular Biology*, 1–32. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56968-5_1.
- Sutarno, Prof Drs, M Sc, and D Ph. 2016. "Genetic Engineering (Rekayasa Genetik)." *Biology Education Conference* 13 (1): 23–27.
- Tabler, Martin. 1993. "Antisense RNA in Plants: A Tool for Analysis and Suppression of Gene Function." *Morphogenesis in Plants*, 237–58. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1265-7_13.
- Taft, Ryan J., Michael Pheasant, and John S. Mattick. 2007. "The Relationship between Non-Protein-Coding DNA and Eukaryotic Complexity." *BioEssays* 29 (3): 288–99. <https://doi.org/10.1002/bies.20544>.
- Tan, Siun Chee, and Beow Chin Yiap. 2009. "DNA, RNA, and Protein Extraction: The Past and the Present." *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/574398>.
- Taylor, Michael D., Todd G. Mainprize, James T. Rutka, Henry Brem, and Joseph M. Piepmeyer. 2003. "Bioinformatics in Neurosurgery." *Neurosurgery* 52 (4): 723–31. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000055042.61434.14>.

- Temin HM, Mizutani S. 1970. "RNA Dependent DNA Polymerase in Virions of Rous Sarcoma Virus." <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4316301>.
- Tjajhtjoleksono, Aris. 2018. "Teknologi DNA Rekombinan," 1-16.
- Tjandrawinata, Raymond. 2016. "Industri 4.0: Revolusi Industri Abad Ini Dan Pengaruhnya Pada Bidang Kesehatan Dan Bioteknologi," no. February. <https://doi.org/10.5281/zenodo.49404>.
- Tracanna, Vittorio, Anne de Jong, Marnix H. Medema, and Oscar P. Kuipers. 2017. "Mining Prokaryotes for Antimicrobial Compounds: From Diversity to Function." *FEMS Microbiology Reviews* 41 (3): 417-29. <https://doi.org/10.1093/femsre/fux014>.
- Travers, Andrew, and Georgi Muskhelishvili. 2015. "DNA Structure and Function." *FEBS Journal* 282 (12): 2279-95. <https://doi.org/10.1111/febs.13307>.
- Tronche, François, Emilio Casanova, Marc Turiault, Iman Sahly, and Christoph Kellendonk. 2002. "When Reverse Genetics Meets Physiology: The Use of Site-Specific Recombinases in Mice." *FEBS Letters* 529 (1): 116-21. [https://doi.org/10.1016/S0014-5793\(02\)03266-0](https://doi.org/10.1016/S0014-5793(02)03266-0).
- Tsen, Suh-Der; Jun-YiChien; Suh-Sen Fang; Mei-JyeChen; Chih-Chun Lee; Darwin Han-Lin Tsen. 2002. "Natural Plasmid Transformation in Escherichia Coli," 246-52.
- Tsien, Joe Z. 2016. "Cre-Lox Neurogenetics: 20 Years of Versatile Applications in Brain Research and Counting..." *Frontiers in Genetics* 7 (FEB): 1-7. <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00019>.

- Tsutsui, Hiroki, and Tetsuya Higashiyama. 2016. "Plant and Cell Physiology Advance Access Published November 17, 2016 Title: PKAMA-ITACHI Vectors for Highly Efficient CRISPR/Cas9-Mediated Gene Knockout In."
- Utama, Andi. 2003 "Peranan Bioinformatika Dalam Dunia Kedokteran," 1-9.
- Vannini, Alessandro, and Patrick Cramer. 2012. "Conservation between the RNA Polymerase I, II, and III Transcription Initiation Machineries." *Molecular Cell* 45 (4): 439-46. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2012.01.023>.
- Wagstaff, James, and Jan Löwe. 2018. "Prokaryotic Cytoskeletons: Protein Filaments Organizing Small Cells." *Nature Reviews Microbiology* 16 (4): 187-201. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.153>.
- Wang, Fangzhong, and Weiwen Zhang. 2019. "Synthetic Biology: Recent Progress, Biosafety and Biosecurity Concerns, and Possible Solutions." *Journal of Biosafety and Biosecurity* 1 (1): 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.jobbb.2018.12.003>.
- Widyaningtyas, Silvia Tri, and Budiman Bela. 2019. "Pengklonaan Plasmid Rekombinan Gp125-Gp36 Human Immunodeficiency Virus Tipe 2 (HIV-2) Untuk Pengembangan Sistem Diagnostik HIV-2" 2: 59-66.
- Wu, Cathy H., Lai Su Yeh, Hongzhan Huang, Leslie Arminski, Jorge Castro-Alvear, Yongxing Chen, Zhangzhi Hu, et al. 2003. "The Protein Information Resource." *Nucleic Acids Research* 31 (1): 345-47. <https://doi.org/10.1093/nar/gkg040>.
- Xu, Dong. 2004. "Protein Databases on the Internet." *Curr Protoc Mol Biol.* 70 (1): 2-6. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>.

- Yang, Hongchun, Scott Berry, Tjelvar S.G. Olsson, Matthew Hartley, Martin Howard, and Caroline Dean. 2017. "Distinct Phases of Polycomb Silencing to Hold Epigenetic Memory of Cold in *Arabidopsis*." *Science* 357 (6356): 1142-45. <https://doi.org/10.1126/science.aan1121>.
- Yoshikawa, Kenichi, and Yukiko Matsuzawa. 1995. "Discrete Phase Transition of Giant DNA Dynamics of Globule Formation from a Single Molecular Chain." *Physica D: Nonlinear Phenomena* 84 (1-2): 220-27. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(95\)00020-5](https://doi.org/10.1016/0167-2789(95)00020-5).

DAFTAR ISTILAH/GLOSARIUM

Amplikon	: copi DNA hasil amplifikasi melalui teknik PCR
Artificial	: Sintetis, buatan, tidal natural
Asam amino	: Hasil daripada translasi DNA yang terkandung 3 sekuens di dalamnya.
Autonom	: Berdiri sendiri
Badan Golgi	: Satu organ di sitoplasma sel yang berfungsi untuk mengubah enzim dari bentuk yang tidak aktif menjadi bentuk yang aktif
Bahan genetik	: Material pembawa informasi genetik untuk diwariskan.
Basa nukleotida	: Komponen penyusun DNA terdiri dari nuklotida adenine, timin, citosin dan guanine, terbagi menjadi dua macam basa: purin (adenin dan guanin) dan pirimidin (cytosin dan thymin). basa adenine berikatan dengan timin serta citosin berikatan dengan guanine yang di ikat dengan ikatan hydrogen.
Blunt end	: Ujung rata, hasil pemotongan untai ganda dengan enzim restriksi ujung tumpul.
Central dogma	: Dogma sentral biologi. Menjelaskan tentang alur perubahan materi genetik, dari proses DNA bertranskripsi menjadi RNA, kemudian RNA bertranslasi menjadi protein.
Denaturasi	: Proses hilangnya struktur tersier dan sekunder pada protein atau asam nukleat setelah diberi beberapa treatment eksternal atau berupa senyawa (asam kuat atau basa, garam anorganik terkonsentrasi, sebuah contohnya pelarut organik (alkohol, kloroform).
Destabilisasi	: Menjadikan tidak stabil
Difusi	: Perpindahan molekul larutan yang berkonsentrasi tinggi menuju larutan yang berkonsentrasi rendah tanpa melalui selaput membrane sel
Disrupsi sel	Pemecahan sel.

DNA	: deoxyribonucleic acid (asam deoksiribonukleat), merupakan molekul pembawa sifat genetic pada organisme eukaryote. DNA terdiri dari urutan acak dari basa nukleotida penyusunnya yang itu adenine, timin, citosin dan guanine.
DNA rekombinan	: DNA yang urutannya telah dimodifikasi dengan sifat yang kita mau sehingga organisme penerimanya mengekspresikan sifat yang kita inginkan.
DNase	: jenis enzim yang dapat mendegradasi DNA
Eksresi genetik	: Informasi genetik yang dimunculkan.
Enzim	: Protein yang memiliki fungsi untuk mengkatalis, mampu mempercepat proses reaksi dalam suatu reaksi kimia organik
Enzim Restriksi	: enzim yang memotong DNA pada daerah dan urutan nukleotida tertentu
Eukariot	: Mahluk hidup yang memiliki sel dengan membran inti sel
Exon	: daerah dalam DNA yang mengandung kodon dan menyandikan asam amino (coding region)
Gen	: Bagian dari DNA yang dapat berekspresi; Gen umumnya mempunyai urutan promotor, open reading frame (ORF) dan terminator.
Genom	: Semua informasi gen dari suatu organisme atau sel.
Insolubel	: Tidak larut.
Intrograsi	: Pergerakan gen dari satu spesies ke dalam kumpulan gen spesies lain dengan melakukan persilangan silang berulang hibrida interspesifik dengan salah satu spesies induknya.
Intron	: daerah dalam DNA yang tidak mengandung kodon dan menyandikan asam amino (noncoding region)

Karbohidrat	: Zat pati. Golongan besar dari senyawa organik yang keadaannya sangat melimpah di bumi berfungsi sebagai bahan bakar (glukosa), cadangan makanan, dan materi pembangun seperti selulosa
Klorosis	: Keadaan pada daun, yang mengalami kerusakan pembentukan klorofil, sehingga daun tidak berwarna hijau, melainkan kuning atau pucat hampir putih
Konjugasi	: peristiwa berpindahnya DNA dari sel donor ke dalam sel resipien melalui kontak fisik diantara kedua sel.
Ligan	: Molekul kecil yang terlibat dalam proses anorganik dan biokimia
Lipid	: Molekul kecil hidrofobik atau amfifilik berfungsi sebagai menyimpan energy, [ersinylan, dan komponen pembangun membrane sel
Lisin	: Asam amino penyusun protein bersifat basa dan larut dalam air
Lisis dinding sel	: Pemecahan dinding sel.
Lisosom	: Organel sel yang berisi enzim hidrolitik berbentuk kantong terikat membran yang memiliki fungsi untuk mengontrol pencernaan intraseluler pada berbagai keadaan
Malformasi	: Perubahan bentuk tanaman atau alat organnya, bisa karena bakteri, virus, atau jamur
Marker DNA	: Penanda DNA
Metode freeze-thaw	: Metode yang umumnya di gunakan dalam proses lisis sel bakteri dan sel mamalia. Metode ini meliputi tahap pembekuan suspensi sel pada suhu - 4 ⁰ C atau di dry ice dan tahap berikutnya menggunakan suhu lebih tinggi 37 ⁰ C.
Molecular docking	: Pengikatan molekul

Mosaik	: Hasil bentuk dari penyakit yang disebabkan oleh virus pada tanaman tembakau serta anggota suku terung-terungan (Solanaceae) lain dengan gejala yang ditimbulkan meliputi bercak-bercak kuning pada daun yang menyebar
mRNA	: Messenger Ribonucleic acid. Yang membawa informasi messenger daripada RNA.
Multicloning site	: suatu wilayah sekuen DNA yang memiliki urutan basa situs pengenalan enzim restriksi.
Nukleotida	: suatu senyawa yang terdiri dari nukleosida yang terkait dengan gugus fosfat. Nukleotida membentuk unit struktural dasar asam nukleat seperti DNA.
Palindrome	: Urutan asam nukleat dalam molekul DNA atau RNA untai ganda dimana pembacaan dalam arah tertentu (misalnya 5' hingga 3') pada satu untai cocok dengan urutan pembacaan dalam arah yang sama (misalnya 5' hingga 3') pada untai komplementer.
Pelet	: Endapan yang terpisah dari supernatant.
Pewarisan genetik	: Informasi genetik yang diwariskan/ diturunkan dari satu organisme ke organisme yang lain dalam.
Pigment	: Zat Warna
Plasmid	: Untaian DNA yang membawa gen-gen berbentuk lingkaran/sirkular, bersifat ekstra kromosom.
Plasmolisis	: Dampak dari peristiwa osmosis
Potensial Air	: Energi yang dimiliki oleh air yang memiliki fungsi untuk bergerak atau mengadakan reaksi
Presipitasi	: Pemisahan
Prokariot	: organisme yang tidak punya membran inti sel.
Promotor	: daerah DNA atau RNA yang dapat dikenali oleh enzim RNA polimerase dalam usaha memulai proses transkripsi.

Protein	: Senyawa organik kompleks merupakan hasil transkripsi dari mRNA, merupakan gabungan untaian asam amino-asam amino membentuk poli asam amino atau poli peptida.
Purifikasi	: Pemurnian
Replication origin	: Urutan tertentu dalam genom di mana replikasi dimulai.
Replikasi DNA	: Proses penggandaan DNA.
Resisten	: Tahan
Riset in silico	: Riset laboratorium kering (IT)
RNA	: Ribonucleic acid. Hasil pisahan daripada RNA yang terdiri daripada single strand.
RNase	: jenis enzim yang dapat mendegradasi RNA
RNase H	: nonsequence-specific endonuclease enzymes yang mengkatalis pembelahan RNA melalui reaksi hidrolitic
RT-PCR	: teknik PCR yang khusus untuk menamplifikasi RNA menggunakan enzim reverse transcription sebagai katalisatornya
Sekuen DNA	Rantainan huruf-huruf sebagai kode yang mewakili struktur primer dari suatu molekul DNA.
Sentriol	: Struktur yang berbentuk tabung dan terdapat dalam kebanyakan sel-sel eukariota
Sequence alignment	: Metode dasar dalam analisis sekuens
Simbiosis	: Semua interaksi biologis
Sticky end	: Ujung kohesif, hasil pemotongan DNA ujung lancip.
Supernatan	: Cairan yang terpisah dari pellet (endapan)
Synthon	: sekuen-sekuen pendek (oligonucleotide) yang akan disintesis menjadi synthetic gene
T-DNA	: transfer DNA adalah bagian DNA yang terletak antararight border dan left border pada plasmid (biner). DNA tersebut yang akan ditransfer oleh Agrobacterium ke dalam genom tanaman.

Telemedicine	: Penggunaan alat telekomunikasi yang memanfaatkan jaringan internet untuk memberikan informasi dan pelayanan medis secara jarak jauh.
Transkripsi	: proses penterjemahan DNA menjadi RNA
Translasi	: proses penterjemahan RNA menjadi protein
Transpor Aktif	: Transpor partikel melalui membran semipermeable yang bergerak melawan gradient konsentrasi yang memerlukan energi berupa ATP
Triptofan	: Salah satu dari dua puluh asam amino, menyusun protein yang memiliki sifat essensial
Unfolded protein response	: Respon stress yang berhubungan dengan stress retikulum endoplasm dengan tujuan mengembalikan fungsi normal sel dengan menghentikan translasi protein, menurunkan pelipatan protein yang salah, dan mengaktifkan jalur persinyalan yang mengarah pada peningkatan produksi molekul pendamping yang terlibat dalam pelipatan protein
Vein banding	: Hasil bentuk penyakit yang terjadi perubahan bentuk pada tulang daun, sehingga hanya tulang daunnya saja yang berwarna hijau, lainnya tidak
Vektor plasmid	: DNA melingkar yang dapat digunakan sebagai pembawa DNA (gen) target
Virtual reality	: Teknologi informasi yang penggunaanya dapat melakukan komunikasi dengan komunitas-komunitas tertentu menggunakan aplikasi di komputer melalui jaringan nirkabel.

INDEKS (HALAMAN)

- A**
amplikon, 84, 87, 89
artificial, 9
asam amino, ix, xii, 6, 7, 43, 47,
59, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 78,
99, 167, 171, 191, 194, 195
autonom, 104, 108
- B**
Badan Golgi, viii, 28, 34, 190
Bahan Genetik, iv, v, 42
basa nukleotida, xii, 160, 191
- C**
Central dogma, viii, 7, 190
- D**
denaturasi, 82, 89, 113, 115
Destabilisasi, 190
Difusi, 190
Disrupsi sel, 190
DNA, iv, v, vi, vii, ix, x, xi, xii, 4,
5, 6, 7, 9, 18, 21, 30, 31, 32, 35,
36, 37, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49,
50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62,
63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 76,
78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86,
87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96,
97, 98, 99, 101, 102, 104, 105,
106, 107, 108, 109, 110, 111,
112, 113, 114, 115, 116, 118,
119, 120, 121, 122, 123, 124,
125, 126, 127, 128, 130, 131,
132, 134, 135, 137, 139, 140,
141, 142, 143, 144, 145, 146,
147, 149, 150, 153, 156, 157,
159, 160, 161, 162, 163, 164,
171, 174, 175, 176, 177, 178,
179, 180, 181, 184, 185, 186,
187, 189, 190, 191, 192, 193,
194, 195, 202
DNA rekombinan, 5, 101, 125,
126, 191
DNase, 82, 191
- E**
Ekspresi Genetik, iv
Enzim, vii, xii, 70, 97, 102, 108,
123, 124, 128, 144, 191
enzim restriksi, x, xii, 102, 106,
108, 121, 122, 123, 124, 125,
190, 193
Eukariot, v, viii, 23, 24, 25, 31, 33,
34, 99, 191
Exon, ix, 76, 191
- G**
Gen, i, ii, iii, iv, vi, viii, ix, 15, 34,
35, 53, 64, 67, 77, 78, 99, 106,
130, 135, 154, 191, 200, 201
Genom, viii, 15, 46, 48, 49, 55, 57,
58, 59, 62, 63, 191, 198
- I**
Insolubel, 191
Introgresi, 191
Intron, ix, 52, 76, 78, 191
- K**
Karbohidrat, 192
Klorosis, 192
Konjugasi, 74, 192
- L**
Ligan, 20, 185, 192
Lipid, 175, 192
Lisin, 192
Lisis dinding sel, 192
Lisosom, 192

- M**
- Malformasi, 192
- Metode freeze-thaw, 192
- Molecular docking, 19, 192
- Mosaik, 193
- mRNA, 6, 33, 43, 47, 48, 51, 53, 59, 61, 62, 67, 68, 69, 70, 71, 76, 78, 79, 84, 94, 98, 99, 103, 150, 193, 194
- Multicloning site, 193
- N**
- Nukleotida, 157, 159, 160, 162, 193
- P**
- Palindrome, 193
- Pelet, 117, 193
- Pewarisan genetik, 193
- Pigment, 193
- Plasmid, iv, vi, vii, x, 63, 104, 105, 106, 107, 108, 123, 127, 187, 188, 193
- Plasmolisis, 193
- Potensial Air, 193
- Presipitasi, 114, 193
- Prokariot, v, viii, 23, 30, 33, 35, 99, 193
- Promotor, 106, 193
- Protein, vi, vii, xi, xii, 7, 11, 52, 60, 73, 74, 78, 99, 116, 156, 164, 165, 166, 168, 171, 173, 176, 177, 178, 185, 186, 188, 191, 194
- Purifikasi, x, 115, 194
- R**
- Replication origin, 194
- Replikasi DNA, 64
- Resisten, 194
- Riset in silico, 194
- RNA, v, vi, vii, ix, xii, 6, 9, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 42, 43, 47, 48, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 95, 96, 97, 98, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 128, 130, 134, 150, 152, 156, 159, 183, 186, 187, 188, 190, 193, 194, 195
- RNase, 82, 84, 194
- Rnase H⁸, 97
- RT-PCR, 84, 92, 94, 95, 96, 97, 99, 194
- S**
- Sentriol, 34, 194
- Sequence alignment, 194
- Simbiosis, 194
- Sticky end, x, 124, 194
- Supernatan, 194
- Synthon, 100, 194
- T**
- T-DNA, 139, 140, 144, 184
- telemedicine, viii, 12, 13
- transkripsi, ix, 33, 43, 44, 47, 49, 51, 52, 61, 62, 67, 68, 69, 71, 76, 79, 96, 99, 106, 132, 134, 193, 194
- Translasi, vi, 69, 195
- Transpor Aktif, 195
- Triptofan, 195
- U**
- unfolded protein response, 29
- V**
- vein banding, ix, 40, 41
- Vektor plasmid, 195
- Virtual reality, 195

BIOGRAFI PENULIS 1



Dr. Ir. Sholeh Avivi, MSi. merupakan putra pertama pengasuh Pondok Pesantren Putri El-Aniesah Kaliwates Jember dari pasangan KH. A. Fauzan Shofwan dan Ibu Nyai Hj. Lilik Maslihah. Lahir di Lamongan pada tanggal 21 Juli 1969. Pendidikan Madrasah di MIN PGAN 6Th Jember (1982), SMP A. Wahid Hasyim Tebuireng Jombang (1985) dan SMAN 1 Jember (1988). Pendidikan S1 (1993), S2 (1995) dan S3 (2000), di selesaikan dari Institut Pertanian Bogor. Menikah dengan Nurul Muanasah SAg., dan di karuniai 4 orang anak. Bidang riset yang di tekuni adalah Pemuliaan Tanaman dengan memanfaatkan Bioteknologi Rekayasa Genetika. Minat meneliti bidang Rekayasa Genetika lebih intens di lakukan saat bergabung di Center for Development of Advances Sciences and Technology (CDAST) UNEJ, meneliti tebu toleran genangan (Grant Kemenristek DIKTI 2014-2016) dan singkong toleran cekaman air (Grant Kemenristek DIKTI 2016-2018). “Training on The Development and Implementation of Genome Editing in Plant” di selesaikan penulis pada tahun 2018 di Gyeongsang National University (GNU), Korea Selatan. Mulai tahun 2019 dengan memanfaatkan teknologi Genom Editing penulis meneliti tomat tinggi sucrose (Grant Penguatan Program IDB, 2019) bekerjasama dengan Prof. Jae-Yean Kim, GNU. Saat ini penulis di percaya memegang amanah menjadi Sekretaris Lembaga Pengembangan Pembelajaran dan Penjaminan Mutu (LP3M) UNEJ sejak tahun 2017. Buku “Bioteknologi-Rekayasa Genetika Tanaman” serta buku “Pemuliaan Tanaman: Aplikasi dan Prospek” diselesaikan bersama Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MP. pada tahun 2019.

BIOGRAFI PENULIS 2



Fefpi Nur Afnifitri Wias Arianti, SP.,SPd. merupakan mahasiswa Pasca Sarjana Program Studi Bioteknologi Universitas Jember Tahun 2019/2020, putri dari Bapak H. Daeng Nurdin dan Ibu Hj. Sri Rejeki Widyantini. Lahir di Jember pada tanggal 12 Desember 1982. Pendidikan formal di SDN Jember Lor IV Jember (1995), SMPN I Jember (1998) dan SMAN 2 Jember (2001). Pendidikan S1 Pertanian (2006), S1 Paud (2017). Menikah dengan Arif Musadad Nasution dan dikaruniai 2 orang anak. Bidang riset yang di tekuni adalah Bioteknologi Engineering di Universitas Jember. Saat ini penulis bekerja di Universitas Muhammadiyah Jember sebagai Teknisi Laboratorium Kimia Dasar sejak tahun 2011, dan mengurus lembaga PAUD di Pos Paud Alamanda 79 Jember.

BIOGRAFI PENULIS 3



Nur Elia Nadhira bt Mohd Asmadi lahir di Selangor, Malaysia, 24 April 1996. Pendidikan Sarjana Muda telah selesai pada tahun November 2019 di Universiti Malaysia Terengganu dan kini masih melanjutkan pengajian Pendidikan Sarjana di Universitas Jember, Indonesia. Dulunya penulis telah magang (internship) di Fakultas Pertanian, UNEJ selama 6 bulan dan setelah itu ditawarkan beasiswa UNEJ untuk melanjutkan S2 dalam bidang Bioteknologi Pertanian di UNEJ. Di bawah bimbingan Dr. Ir. Sholeh Avivi, Msi., penulis yang sekarang masih melanjutkan master dalam bidang bioteknologi di Program Studi Magister Bioteknologi Pascasarjana UNEJ, telah

diberi kesempatan bersama beliau untuk menerbitkan buku ini disamping matakuliah yang ditempuh yaitu Rekayasa Genetika dan Bioinformatika. Buku ini juag adalah satu kebanggaan buat penulis adala karena ini merupakan buku pertama yang diterbitkan melalui matakuliah tersebut. Penulis juga sekarang memfokuskan kepada penelitiannya yaitu Ekspresi Gen Ketahanan Pada Beberapa Varietas Padi Lokal Indonesia Terhadap Penyakit Leaf Blight. Jutaan dan ribuan terima kasih diucapkan karena memberi kesempatan untuk terbitkan buku pertama bagi penulis sepanjang pengajiannya.

BIOGRAFI PENULIS 4



Fariza Oktaviani, mahasiswa Magister Bioteknologi Universitas Jember Tahun 2019/2020, pasangan dari H. Ir. Hendrianto, M.M. dan Hj. Rika Surtika, S.E. Lahir di Jember, 10 Oktober 1996. Pendidikan terakhir S1 Sarjana Pertanian Universitas Jember Tahun 2019/2020. Pendidikan SLTP Al-Furqan Tahun 2007. SMPN 2 Jember (2011), dan SMAN 2

Jember (2014).

Bidang Riset yang ditekuni adalah tentang analisa reaksi oksigen spesies dan aktivitas antioksidan dengan asam salisilat pada tanaman padi di bawah kondisi stres kekeringan. Perlakuan ini dilakukan untuk mengetahui peran asam salisilat dalam tanaman padi dan efek pada oksigen reaktif beracun selama stress kekeringan. Latar belakang penelitian selama sarjana S1 adalah Analisa Potensi Hasil dan kualitas Biji Galur Padi Introduksi PAC Nagdong/ IR36 Pada Kondisi Cekaman Salin. Penelitian lain yang telah dilakukan adalah Kapasitas Nutrisi dan antioksidan pada Beberapa Padi Pigmented di Indonesia.

BIOGRAFI PENULIS 5



Siti Nabilah, mahasiswa Magister Bioteknologi Universitas Jember Tahun 2019/2020, pasangan Mohammad Sabri dan Fatimah Lahir di Kedah, Malaysia, 7 Desember 1996. Pendidikan terakhir S1 Sarjana Agroteknologi (Sains Tamanan) di University Malaysia Terengganu, Malaysia Tahun 2015/2019. Pendidikan SKJRSA, Perlis, Malaysia Tahun 2003/2008, SMKAP Perlis, Malaysia 2009/2013 dan Matrikulasi Gopeng, Perak, Malaysia 2014. Bidang Riset yang ditekuni adalah tentang Efficient callus formation and regeneration of rice varieties in their epigenetic regulation. Perlakuan ini dilakukan untuk memastikan regulasi epigenetik ekspresi gen dalam perbedaan efisiensi respon pertumbuhan antara kalus dan regenerasi dengan menggunakan varietas padi yang berbeda. Latar belakang penelitian selama sarjana S1 adalah Effect of light quality manipulation by photo-selective Netting on growth development of green amaranth (*Amaranthus viridis* L.).

BIOGRAFI PENULIS 6



Syafira Fatihatul Husna, mahasiswa Magister Bioteknologi Universitas Jember Tahun 2019/2020, pasangan Mustajab dan Sri Suparmi di Ngawi, Jawa Timur, 14 April 1997. Pendidikan terakhir S1 Sarjana Pertanian (Prodi Agroteknologi) di Universitas Jember, Indonesia, tahun 2015/2019. Bidang Riset yang ditekuni adalah Analisa Ekspresi Gen-Gen terkait Somatik Embriogenesis, Respon Sitokinin, dan Biosintesis Etilen pada Kalus Padi Sub Species Indica, Javanica, dan Japonica.

Latar belakang penelitian S1 adalah Analisa Genotipa Penentu Sifat Aromatik pada Padi Lokal Varietas Merah Wangi, Pendok, Genjah Arum, dan Mentik Wangi Susu.

BIOGRAFI PENULIS 7



Lailly Nur Uswatul Hassanah, mahasiswa Magister Bioteknologi Universitas Jember Tahun 2019/2020, anak sulung dari pasangan Mafakir dan Susanti, Lahir di Jember, 12 Maret 1996. Pendidikan terakhir S1 Sarjana Biologi (Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam) di Universitas Jember, Indonesia, tahun 2014/2018. Bidang Riset yang ditekuni adalah analisis protein imunogenik protein kelenjar saliva Anopheles, DNA barkoding untuk identifikasi Anopheles sebagai upaya pengendalian penyebaran penyakit Malaria di Indonesia. Buku ini adalah buku pertama yang ditulis oleh saya, sekaligus menjadi pijakan pertama saya untuk menulis buku-buku yang lain di kemudian hari.