

BIOTEKNOLOGI DALAM PRODUKSI DAN REKAYASA BENIH UNGGUL



Bagus Herwibawa
Rina Puji Lestari
Adin Novitasari
Sakka Samudin
Rahmatun Nisful Maghfiroh
Ellok Dwi Sulichantini

Kacung Hariyono
Zahrotun Nafisah
Erlin Susilowati
Primadiyanti Arsela
Sundahri
Henny Diana Wati

Editor: Rika Miftakhul Jannah

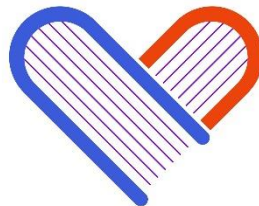
BIOTEKNOLOGI DALAM PRODUKSI DAN REKAYASA BENIH UNGGUL

Penulis:

Bagus Herwibawa, Ph.D.
Prof. Ir. Kacung Hariyono, M.S., Ph.D.
Rina Puji Lestari, S.P., M.P.
Zahrotun Nafisah, M.Si.
Adin Novitasari, S.P., M.P.
Erlin Susilowati, S.P., M.Biotek.
Prof. Dr. Ir. Sakka Samudin, MP. IPM. Asean Eng
Primadiyanti Arsela, S.Hut., M.Si.
Rahmatun Nisful Maghfiroh, S.P., M.Si.
Ir. Sundahri, PGDip.Agr.Sc., M.P.
Dr. Ir. Ellok Dwi Sulichantini, M.Si.
Henny Diana Wati, SP., MP.

Editor:

Rika Miftakhul Jannah, S.P., M.Si.



FANYA
CV. FANYA BINTANG SEJAHTERA

Fanya Bintang Sejahtera

Bioteknologi dalam Produksi dan Rekayasa Benih Unggul

Oleh : Bagus Herwibawa; Kacung Hariyono; Rina Puji Lestari; Zahrotun Nafisah; Adin Novitasari; Erlin Susilowati; Sakka Samudin; Primadiyanti Arsela; Rahmatun Nisful Maghfiroh; Sundahri; Ellok Dwi Sulichantini; Henny Diana Wati.

© Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi dan mendistribusikan, sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

Editor : Rika Miftakhul Jannah, S.P., M.Si.
Penyunting : apt. Ridha Putri Marhammah, S.Farm.
Desain Sampul dan Tata Letak : Fatimah Az Zahra, S.H.

Herwibawa, Bagus, dkk

Bioteknologi dalam Produksi dan Rekayasa Benih Unggul, -cet. 1.
Padang: Fanya Bintang Sejahtera, 2025, 284 hlm.
ISBN 978-634-04-6141-1

Diterbitkan oleh :

Fanya Bintang Sejahtera

Anggota IKAPI No. 072/SBA/2025

Jl. Pasir Sebelah No. 30, Pasir Nan Tigo, Koto Tengah, Kota Padang,
Sumatera Barat

Email: fanyapublishing@gmail.com

Website: www.fanyapublishing.com

Cetakan Pertama, 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku "Bioteknologi dalam Produksi dan Rekayasa Benih Unggul" dapat diselesaikan dengan lancar. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan arahan, bantuan, serta motivasi dalam proses penyusunan buku ini.

Buku ini membahas dasar-dasar bioteknologi dan genetika, teknik kultur jaringan, rekayasa DNA, penggunaan marka molekuler, teknologi penyuntingan gen seperti CRISPR, hingga produksi benih transgenik dan hibrida. Selain itu, buku ini menguraikan peran bioteknologi dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik, meningkatkan nilai gizi benih melalui biofortifikasi, serta standar produksi benih berbasis bioteknologi dalam industri. Di bagian akhir, dipaparkan pula dampak bioteknologi terhadap keberlanjutan pertanian, etika, dan prospek masa depan teknologi perbenihan.

Kami berharap buku ini dapat menjadi sumber referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, peneliti, praktisi pertanian, serta masyarakat umum yang tertarik pada inovasi bioteknologi dalam pengembangan benih unggul. Semoga hadirnya buku ini dapat turut mendukung kemajuan ilmu pengetahuan serta pembangunan pertanian yang modern dan berkelanjutan.

Padang, November 2025
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENDAHULUAN BIOTEKNOLOGI DAN BENIH	
UNGGUL	1
1.1 Definisi dan Ruang Lingkup Bioteknologi.....	1
1.2 Konsep Benih Unggul dan Kriteria Mutunya.....	5
1.3 Peran Bioteknologi dalam Inovasi Pertanian.....	9
1.4 Sejarah Perkembangan Bioteknologi dalam Benih	13
1.5 Tantangan dan Prospek Masa Depan	17
DAFTAR PUSTAKA	21
BAB 2 DASAR GENETIKA DAN PEMULIAAN TANAMAN.....	23
2.1 Struktur dan Fungsi Gen.....	23
2.2 Pewarisan Sifat dan Hukum Mendel.....	25
2.3 Variabilitas Genetik dan Seleksi.....	27
2.4 Teknik Pemuliaan Konvensional.....	29
2.5 Integrasi Genetika Klasik dan Molekuler	32
DAFTAR PUSTAKA	35
BAB 3 KULTUR JARINGAN DALAM PRODUKSI BENIH	37
3.1 Prinsip Dasar Kultur Jaringan	37
3.2 Teknik Regenerasi Tanaman <i>In Vitro</i>	39
3.3 Aplikasi Kultur Jaringan dalam Perbanyakan Benih.....	41
3.4 Eliminasi Patogen dan Produksi Benih Sehat.....	44
3.5 Mikropropagasi dan Kloning Genetik	47
DAFTAR PUSTAKA	53
BAB 4 TEKNOLOGI DNA REKOMBINAN	55
4.1 Pendahuluan.....	55
4.2 Dasar-Dasar Teknologi DNA Rekombinan	56
4.3 Proses Rekayasa DNA Rekombinan.....	62
4.4 Sistem Transformasi <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	67
4.6 Keamanan dan Etika Rekayasa Genetik.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
BAB 5 MARKA MOLEKULER UNTUK SELEKSI BENIH	73
5.1 Jenis-Jenis Marka Molekuler (RAPD, SSR, SNP).....	73

5.2	Teknik PCR dan Deteksi Marka	76
5.3	<i>Marker Assisted Selection (MAS)</i>	79
5.4	Pemanfaatan Marka dalam Program Pemuliaan.....	81
5.5	Keuntungan Penggunaan Marka Molekuler.....	82
	DAFTAR PUSTAKA.....	84
BAB 6	TEKNOLOGI CRISPR DAN <i>GENE EDITING</i>	85
6.1	Prinsip Dasar CRISPR-Cas 9	85
6.2	Perbandingan dengan Teknologi <i>Gene Editing</i> Lain	90
6.3	Aplikasi CRISPR dalam Pengembangan Benih Unggul.....	94
	DAFTAR PUSTAKA.....	96
BAB 7	PRODUKSI BENIH TRANSGENIK	99
7.1	Konsep Tanaman Transgenik	99
7.2	Teknik Transformasi Genetik (<i>Agrobacterium</i> & Biolistik).....	101
7.3	Karakteristik dan Seleksi Tanaman Transgenik.....	104
7.4	Keamanan Hayati dan Uji Lapangan.....	106
7.5	Contoh Aplikasi Transgenik pada Tanaman Komersial	108
	DAFTAR PUSTAKA.....	111
BAB 8	BIOTEKNOLOGI BENIH	119
8.1	Pendahuluan Umum	119
8.2	Cekaman pada Tanaman	121
8.3	Peran Bioteknologi dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman....	125
8.4	Pendekatan Bioteknologi terhadap Cekaman Abiotik.....	130
8.5	Pendekatan Bioteknologi terhadap Cekaman Biotik	133
8.6	Peran Omics dalam Ketahanan Tanaman	137
8.7	Teknologi CRISPR-Cas dalam Peningkatan Ketahanan Tanaman	141
8.8	Implementasi Bioteknologi dalam Ketahanan Tanaman di Indonesia (Studi Kasus Kalimantan Timur).....	145
8.9	Tantangan, Etika, dan Prospek Pengembangan Bioteknologi dalam Ketahanan Tanaman	149
8.10	Penutup.....	152
	DAFTAR PUSTAKA.....	154
BAB 9	PRODUKSI BENIH HIBRIDA SECARA BIOTEKNOLOGI	157
9.1	Dasar Genetik Benih Hibrida.....	158
9.2	Sistem Steril Jantan dan Restorasi Kesuburan	160
9.3	Pemanfaatan Marka untuk Identifikasi <i>Parental Line</i>	164
9.4	Bioteknologi dalam Sinkronisasi Pembungaan	166

DAFTAR PUSTAKA	168
BAB 10 BIOTEKNOLOGI UNTUK PENINGKATAN NILAI	
GIZI BENIH	171
10.1 Malnutrisi dan Peran Biofortifikasi	171
10.2 Teknik Penguatan Kandungan Gizi	176
10.3 Peningkatan Senyawa Bioaktif dan Antioksidan	181
10.4 Contoh Kasus: Golden Rice dan Biofortified Maize.....	183
10.5 Potensi dan Tantangan Biofortifikasi melalui Bioteknologi.....	185
DAFTAR PUSTAKA	187
BAB 11 MANAJEMEN PRODUKSI BENIH DI INDUSTRI	
BIOTEKNOLOGI BENIH	201
11.1 Tahapan Produksi Benih Berbasis Bioteknologi.....	201
11.2 <i>Good Manufacturing Practices</i> (GMP) dalam Produksi Benih Berbasis Bioteknologi	209
11.3 Standarisasi dan Kendali Mutu.....	216
DAFTAR PUSTAKA	230
BAB 12 DAMPAK BIOTEKNOLOGI TERHADAP	
KEBERLANJUTAN.....	235
12.1 Efisiensi Sumber Daya dalam Produksi Benih	237
12.2 Pengurangan Penggunaan Pestisida dan Input Sintetik	238
12.3 Konservasi Keanekaragaman Genetik.....	240
12.4 Aspek Sosial, Ekonomi, dan Etika	242
12.5 Strategi Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan melalui Bioteknologi	244
DAFTAR PUSTAKA	246
GLOSARIUM	255
BIODATA PENULIS.....	260

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme Kerja Gen.....	24
Gambar 2. Hukum Mendel I dan II.....	26
Gambar 3. Hubungan antara variabilitas genetik dan seleksi.....	29
Gambar 4. Proses Pemuliaan Konvensional	31
Gambar 5. Skema Integrasi genetika klasik dan molekuler	34
Gambar 6. Perlengkapan Alat untuk Kultur Jaringan Tanaman	38
Gambar 7. Skema Prosedur Kultur Jaringan Tanaman	39
Gambar 8. Skema Regenerasi dalam Kultur Jaringan Tanaman.....	41
Gambar 9. Proses Embrio Somatik secara Langsung dan Embrio Somatik Tidak Langsung Melalui Pembentukan Kalus.....	42
Gambar 10. Proses Tahapan Kultur Jaringan Menggunakan Biji	43
Gambar 11. Produksi dan Aplikasi Benih Sintetis.....	44
Gambar 12. Regenerasi Tanaman dan Deteksi Virus pada Bawang Putih. .	46
Gambar 13. CRISPR/Cas9 untuk Penyuntingan Genom Tanaman	47
Gambar 14. Tahapan dalam Transformasi Genetik Tanaman	51
Gambar 15. Struktur Nukleotida (A) dan Basa Nitrogen (B)	57
Gambar 16. Dogma Sentral Biologi.....	58
Gambar 17. Jenis Pemotongan Enzim Restriksi.....	59
Gambar 18. Proses Rekayasa DNA	62
Gambar 19. Peta Plasmid Ti (pBI121).....	68
Gambar 20. Perbandingan seleksi secara konvensional dan melalui <i>Marker Assisted Selection</i>	80
Gambar 21. Prinsip dasar CRISPR-Cas9	86
Gambar 22. Tahap rekognisi CRISPR-Cas9.....	87
Gambar 23. Bentuk perubahan gen dengan CRISPR-Cas9	88
Gambar 24. Mekanisme kerja meganuklease.....	91
Gambar 25. Mekanisme kerja ZFN	92
Gambar 26. Mekanisme kerja TALEN	94
Gambar 27. Konsep CMS	161
Gambar 28. Diagram skematik pola genetic tiga galur CMS dan hibridanya pada Brassica napus serta identifikasinya dengan marka molekuler.	162
Gambar 29. Perbandingan antara bunga fertil dan steril pada cabai.....	163
Gambar 30. Fungsi PGPR.....	178
Gambar 31. Genom editing pada tanaman hortikultura.....	179
Gambar 32. Interaksi antara jamur endofit dan PGPR	183

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Struktur Gen.....	23
Tabel 2. Sumber Variabilitas Genetik	27
Tabel 3. Jenis-jenis seleksi:.....	28
Tabel 4. Teknik-Teknik Utama Pemuliaan Konvensional	30
Tabel 5. Kelebihan dan Kekurangan	32
Tabel 6. Pengertian Dasar.....	32
Tabel 7. Contoh bentuk integrasi:	33
Tabel 8. Contoh nyata integrasi:	34
Tabel 9. Kelebihan dan Kekurangan Teknik Mikropropagasi dan Kloning Genetik.....	50
Tabel 10. Enzim Restriksi.....	59
Tabel 11. Plasmid.....	61
Tabel 12. Komponen Utama PCR.....	64
Tabel 13. Komponen Plasmid Ti	68
Tabel 14. Tanaman Bt yang Pernah Ditemui	69
Tabel 15. Perbedaan beberapa teknologi genome editing	90
Tabel 16. Teknik penyuntingan genom dan penerapannya pada tanaman hortikultura.....	180
Tabel 17. Checklist Standarisasi dan QA/QC dalam Produksi Benih Bioteknologi.....	218

