

**MENGENAL KERAGAMAN LOKAL,
POTENSI EKONOMI, DAN
PANDUAN BUDIDAYA TANAMAN
BUAH MATOA (*Pometia pinnata*)
DI INDONESIA**

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

**MENGENAL KERAGAMAN LOKAL,
POTENSI EKONOMI, DAN
PANDUAN BUDIDAYA TANAMAN
BUAH MATOA (*Pometia pinnata*)
DI INDONESIA**

Bangun Joko Laksono, S.P., M.Si.



**MENGENAL KERAGAMAN LOKAL, POTENSI
EKONOMI, DAN PANDUAN BUDIDAYA TANAMAN
BUAH MATOA (*Pometia pinnata*)
DI INDONESIA**

**Diterbitkan pertama kali oleh Penerbit Karya Dosen Internasional
Hak cipta dilindungi oleh undang-undang *All Rights Reserved*
Hak penerbitan pada Penerbit Karya Dosen Internasional
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini tanpa seizin tertulis dari Penerbit**

**Anggota IKAPI
No. 313/JTE/2026**

Cetakan Pertama: Agustus 2026
Unesco (15,5 cm x 23 cm)

ISBN: 978-634-97215-1-6

Penulis:
Bangun Joko Laksono, S.P., M.Si.

Desain Cover:
Sendi Gustiawan Saputra

Tata Letak:
Alifah Rizka

Diterbitkan Oleh:
Penerbit Karya Dosen Internasional

Jl. Sumbang – Limpakuwus,
RT 01/RW 03 Dusun II Kebanggan, Kec. Sumbang,
Kab. Banyumas, Jawa Tengah 53183
Email: karyadoseninternasional@gmail.com
Website: www.karyadosen.id
Whatsapp : 082241703369 | 082138802204

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya buku berjudul "**Mengenal Keragaman Lokal, Potensi Ekonomi, dan Panduan Budidaya Tanaman Buah Matoa (*Pometia pinnata*) di Indonesia**".

Matoa (*Pometia pinnata*), flora Sapindaceae yang endemik di belantara Papua, kini sukses melampaui batas geografis asalnya melalui domestikasi intensif di wilayah Indonesia Barat, khususnya Sumatera. Adaptabilitas agroklimat yang luar biasa ini menjadi landasan akademis utama penyusunan buku ini guna mengisi kekosongan literatur ilmiah mengenai standardisasi varietas, kodifikasi morfologi fenotipe, dan pemetaan sebaran matoa nasional.

Melalui pendekatan hortikultura teoretis dan observasi empiris, karya ini mendokumentasikan diferensiasi plasma nutfah spesifik lokasi secara mendalam. Di antaranya adalah superioritas organoleptik Matoa Kuning Jambi yang dicirikan oleh cangkang keras, arilus kering, dan indeks kemanisan tinggi, serta eksistensi *rare variant* Matoa Cokelat yang tumbuh liar di hutan dataran rendah Sumatera Selatan.

Lebih jauh, buku ini menawarkan solusi visioner terhadap kendala *seasonality* komoditas matoa. Dengan mengintegrasikan prinsip fisiologi perbanyakan vegetatif terapan, kami memperkenalkan inovasi teknologi *Multi-Grafting* Presisi. Sinergi antara batang bawah (*rootstock*) lokal yang tangguh dan batang atas (*scion*) introduksi unggul (Matoa Thailand) diharapkan mampu memanipulasi kanopi untuk menciptakan pola panen bertahap (*staggered harvesting*) berupa penebaran waktu panen demi menjamin kontinuitas produksi sepanjang tahun. Semoga buku ini dapat memperkaya literatur pertanian nasional, serta menginspirasi modernisasi agribisnis buah unggul Nusantara.

Muara Bulian, Agustus 2026



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Komoditas.....	1
1.2 Tantangan dan Masa Depan Riset Matoa	2
1.3 Urgensi Standardisasi Budidaya dan Penamaan Varietas.....	3
1.4 Ruang Lingkup dan Metodologi Penulisan	4
 BAB 2 TAKSONOMI DAN MORFOLOGI TANAMAN	 7
2.1 Klasifikasi Botani dan Evolusi Famili	7
2.2 Karakteristik Anatomi dan Morfologi Makro.....	9
2.2.1 Arsitektur Batang, Sistem Perakaran, dan Daya Ekstensi Lateral	9
2.2.2 Anatomi Daun, Pseudo-Stipula, dan Fisiologi Flushing.....	10
2.2.3 Biologi Reproduksi, Polinasi, dan Sifat Andromonoecious.....	11
2.2.4 Anatomi Buah (Fruktus) dan Mekanisme Biji Rekalsitran.....	11
2.3 Ekologi Habitat, Syarat Tumbuh, dan Agroklimatologi	12
 BAB 3 SYARAT TUMBUH DAN KESESUAIAN AGROEKOLOGI....	 13
3.1 Iklim dan Kondisi Atmosfer	14

3.2 Ketinggian dan Topografi	14
3.3 Karakteristik Tanah (Edafik).....	15
3.4 Analisis Kesesuaian Lahan untuk Industri.....	16

BAB 4 KERAGAMAN GENETIK, FENOTIPE LOKAL, DAN PEMETAAN PLASMA NUTFAH MATOA DI Indonesia 19

4.1 Dinamika Genetik dan Tingginya Plastisitas Fenotipe .	19
4.2 Pusat Domestikasi dan Varietas Endemik Papua.....	21
4.3 Diferensiasi Fenotipe di Sabuk Ekologis Sumatera.....	22
4.4 Varietas Introduksi Komersial: Matoa Thailand (Kristal)	24
4.5 Matriks Komparasi dan Keterbatasan Inventarisasi	24
4.6 Pentingnya Tindakan Inventarisasi Varian: Langkah Dasar Pelestarian Dan Pemuliaan.....	26
4.6.1 Urgensi Inventarisasi dalam Mitigasi Erosi Genetik	26
4.6.2 Inventarisasi sebagai Fondasi Program Pemuliaan	26
4.6.3 Protokol Inventarisasi Berbasis Data Pomologi ..	27
4.6.4 Strategi <i>Citizen Science</i> : Melibatkan Masyarakat Lokal	28
4.6.5 Menuju Standardisasi dan Sertifikasi Varietas Nasional	29

BAB 5 MANAJEMEN PERSEMAIAN MODERN DAN TEKNOLOGI PERBANYAKAN VEGETATIF TANAMAN MATOA..... 31

5.1 Fisiologi Benih Rekalsitran dan Penanganan Pascapanen (<i>Seed Handling</i>).....	31
5.2 Desain dan Tata Kelola Lahan Persemaian (<i>Nursery Site Management</i>)	32

5.3 Teknologi Perbanyakkan Vegetatif Utama: Top Grafting dan Multi-Grafting Presisi	33
5.3.1 Prosedur Operasional Standar Sambung Pucuk (<i>Top Grafting</i>)	34
5.3.2 Inovasi Teknologi Multi-Grafting pada Pohon Matoa.....	35
5.4 Metode Pembiakan Vegetatif Alternatif: Cangkok Terbimbing dan Okulasi Mata Tempel.....	36
5.4.1 Teknik Cangkok Terbimbing (<i>Intensive Air Layering</i>).....	36
5.4.2 Teknik Okulasi Tempel (Shield Budding / Inverted-T Budding)	37
5.5 Standardisasi Pemeliharaan dan Optimasi Vigor (<i>Vigor Optimization SOP</i>).....	38

BAB 6 TEKNIK BUDIDAYA PRESISI DAN OPERASIONAL MANAJEMEN KEBUN..... 39

6.1 Perbanyakkan Tanaman: Evaluasi Genetika dan Fisiologi (Generatif vs Vegetatif)	39
6.2 Inovasi <i>Multi-Grafting</i> : Sinergi Materi Genetik untuk Keberlanjutan Musim Panen.....	41
6.3 Prosedur Penanaman di Lahan Terbuka (<i>Transplanting SOP</i>) 42	
6.4 Pemangkasan Bentuk di Awal Pertumbuhan (Sistem Arsitektur Pohon 1-3-9).....	43
6.5 Manajemen Pengairan, Teknik Stres Air, dan Pemupukan Berkala	44
6.5.1. Manajemen Air dan Teknik Stres Air (<i>Water Stressing</i>)	44
6.5.2. Fase Pemupukan Fisiologis (<i>C/N Ratio Management</i>).....	45

6.6 Strategi Pengendalian Hama dan Penyakit Utama (OPT)	45
6.7 Prosedur Pemanenan dan Penanganan Pasca-Panen Higienis	46
6.8 Rekondisi Pascapanen: Pemangkasan Pemulihan dan Restorasi Hara.....	46
BAB 7 TATA NIAGA, VALUASI PASAR, DAN EKONOMI MAKRO HORTIKULTURA MATOA	49
7.1 Rantai Pasok dan Struktur Tata Niaga Buah Segar (<i>Fresh Fruit Supply Chain</i>)	49
7.2 Valuasi Pasar Domestik dan Segmentasi Konsumen.....	51
7.3 Analisis Ekonomi Makro Hortikultura dan Peluang Pasar Global	52
7.4 Nilai Ekonomi Ganda: Komoditas Perakayuan Industri (Kayu Kasai).....	53
7.4.1 Karakteristik Teknis Kayu Kasai	53
7.4.2 Integrasi Model Agroforestri Berkelanjutan	54
7.5 Matriks Komparasi Valuasi Ekonomi Komoditas Hulu-Hilir Matoa	54
BAB 8 FITOKIMIA FUNGSIONAL DAN INDUSTRI SIRKULAR ZERO WASTE	57
8.1 Profil Nutrisi Makro dan Mikro Daging Buah (Arilus) ..	57
8.2 Urgensi Hilirisasi Pasca-Panen dan Fisiologi Klimakterik Buah	59
8.3 Diversifikasi Industri Pangan Olahan Arilus Premium.	60
8.4 Implementasi Konsep <i>Zero Waste</i> pada Biomassa Limbah Matoa.....	61
8.4.1 Valorisasi Industri Kulit Cangkang Buah Matoa ..	61

8.4.2	Valorisasi Termokimia dan Biokimia Biji Matoa	62
8.4.3	Strategi Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Perkebunan	62
8.5	Karakterisasi Fitokimia dan Bioaktivitas Farmakologis Jaringan Vegetatif	63
8.5.1	Potensi Farmakologis Ekstrak Daun Matoa (<i>Foliage Bioactivity</i>)	63
8.5.2	Potensi Antimikroba Ekstrak Kulit Batang (<i>Cortex Bioactivity</i>)	64
8.6	Perspektif Pengembangan <i>Pometia pinnata</i> Sebagai Obat Herbal Terstandar (OHT) dan Fitofarmaka	65
8.6.1	Standardisasi Parameter Menuju Tier Obat Herbal Terstandar (OHT)	65
8.6.2	Akselerasi dan Tantangan Peta Jalan (<i>Roadmap</i>) Menuju Fitofarmaka	65

BAB 9 TEKNO-EKONOMI PERKEBUNAN DAN MANAJEMEN RISIKO AGRIBISNIS MATOA..... 67

9.1	Analisis Struktur Biaya Investasi Awal (<i>CapEx</i>)	67
9.2	Proyeksi Biaya Operasional Tahunan (<i>OpEx</i>) dan Manajemen Tenaga Kerja	68
9.3	Matriks Simulasi Analisis Usaha Tani	69
9.4	Analisis Indikator Kelayakan Investasi (NPV, IRR, Payback Period)	69
9.5	Manajemen Risiko Agribisnis dan Mitigasi Kegagalan	70

BAB 10 ANALISIS KELESTARIAN DAN ADAPTASI MATOA TERHADAP PERUBAHAN IKLIM..... 73

10.1	Matoa sebagai Agen Mitigasi Perubahan Iklim	73
------	---	----



10.2 Dampak Perubahan Iklim terhadap Fenologi dan Produktivitas	74
10.3 Strategi Kelestarian Berbasis Agroforestri	75
10.4 Adaptasi melalui Seleksi Genetik (<i>Resilience Breeding</i>)	76
10.5 Menuju Agribisnis Matoa yang Berkelanjutan	77

BAB 11 MASA DEPAN DAN INOVASI BUDIDAYA: MENTRANSFORMASI MATOA MENJADI KOMODITAS STRATEGIS

11.1. Pertanian Presisi untuk Matoa (<i>Precision Agriculture</i>) dan Kecerdasan Buatan.....	80
11.2. Lingkungan Terkendali (<i>Controlled Environment Agriculture</i> - CEA)	81
11.3. Bioteknologi Molekuler dan Rekayasa Rhizosfer: Masa Depan Genetika Matoa.....	82
11.4. Budidaya Berkelanjutan dan Bioekonomi Sirkular (<i>Zero Waste</i>).....	84
11.5. Digitalisasi Rantai Pasok dan Keterlacakan (<i>Traceability</i>) Berbasis Blockchain.....	85

BAB 12 PENUTUP DAN LANGKAH STRATEGIS MENUJU MASA DEPAN MATOA INDONESIA.....

12.1. Menjaga Fondasi: Inventarisasi Plasma Nutfah Matoa	89
12.2. Undangan Kolaborasi: Membangun Basis Data Nasional	90
12.3. Refleksi dan Harapan	90

DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN-LAMPIRAN	97
PROFIL PENULIS	118

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Matriks Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Matoa Komersial	17
Tabel 4. 1	Matriks Komparasi Plasma Nutfah Matoa Nasional.....	24
Tabel 6. 1	Persentase Keberhasilan dan Mekanisme Fisiologi Perbanyak Vegetatif Matoa.....	41
Tabel 7. 1	Matriks Struktur Valuasi Ekonomi Komoditas Matoa Nasional.....	54
Tabel 8. 1	Komposisi Gizi dan Mineral per 100 gram Daging Buah Matoa Segar.....	58
Tabel 8. 2	Ringkasan Fitokimia dan Manfaat Kesehatan Organ Non-Konsumsi Matoa.....	64
Tabel 9. 1	Simulasi Finansial dan Cash Flow Agribisnis 100 Pohon Matoa.....	69
Tabel 11. 1	Matriks Perbandingan Paradigma Budidaya Komoditas Matoa.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Hijau.....	97
Lampiran 2. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Kuning.....	101
Lampiran 3. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Coklat mulus.....	105
Lampiran 4. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Merah Muda.....	107
Lampiran 5. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Merah Tua (Maroon).....	110
Lampiran 6. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Ungu.....	114
Lampiran 7. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (<i>pometia pinnata</i>) Varian Hitam	116

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Komoditas

Indonesia merupakan salah satu negara megabiodiversitas terbesar di dunia, sebuah hamparan zamrud khatulistiwa yang menjadi rumah bagi jutaan plasma nutfah endemik yang unik dan bernilai ekonomi tinggi. Di antara kekayaan hayati tersebut, sektor hortikultura—khususnya buah-buahan tropis eksotis—menyimpan potensi besar yang belum sepenuhnya dieksplorasi secara masif di tingkat industri hulu-hilir nasional. Salah satu permata hijau asli Nusantara yang kini tengah mencuri perhatian dunia pertanian dan investasi hortikultura adalah tanaman matoa (*Pometia pinnata*).

Secara historis dan ekologis, matoa merupakan pilar kekayaan flora yang identik dengan belantara tanah Papua dan wilayah Pasifik Barat. Di habitat aslinya, pohon matoa tumbuh kokoh menantang kanopi hutan sekunder, menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari lanskap budaya, ekologi, dan ketahanan pangan masyarakat lokal.

Namun, sifat adaptif tanaman dari keluarga lerak-lerakan (Sapindaceae) ini terbukti sangat luar biasa. Dalam beberapa dekade terakhir, melalui program domestikasi dan budidaya swadaya, matoa telah berhasil menembus batas geografis asalnya. Tanaman ini kini sukses beradaptasi, tumbuh subur, dan berproduction

dengan sangat baik di berbagai wilayah Indonesia Barat, mulai dari daratan Sumatera, Kalimantan, hingga Pulau Jawa.

Keunikan utama matoa terletak pada sensasi organoleptik buahnya. Ketika menikmati daging buah (arilus) matoa, konsumen akan dimanjakan oleh perpaduan cita rasa dan aroma tiga buah tropis populer sekaligus: tekstur kenyal-bening layaknya rambutan, kelembutan arilus kelengkeng, dan *aftertaste* aroma wangi durian yang elegan. Profil rasa yang eksotis ini memosisikan matoa sebagai komoditas buah premium yang memiliki nilai jual tinggi di pasar urban domestik maupun pasar internasional.

1.2 Tantangan dan Masa Depan Riset Matoa

Tanaman matoa (*Pometia pinnata*) memegang peranan unik dalam lanskap hortikultura Indonesia. Sebagai komoditas yang identik dengan wilayah timur Nusantara namun kini mulai menyebar luas ke berbagai pelosok negeri, matoa memiliki daya tarik yang tidak terbantahkan baik dari sisi cita rasa buahnya yang khas maupun nilai ekonominya yang menjanjikan. Namun, di balik popularitasnya yang meningkat, terdapat sebuah paradoks ilmiah yang nyata: matoa masih menjadi salah satu komoditas buah tropis yang relatif minim studi mendalam.

Jika kita menelusuri literatur ilmiah, kita akan menemukan bahwa riset mengenai matoa masih bersifat terfragmentasi. Sebagian besar informasi yang tersedia saat ini cenderung masih terbatas pada pengetahuan empiris lokal atau studi-studi parsial yang belum mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi utuh tanaman ini, mulai dari keragaman genetik, standardisasi budidaya, hingga nilai bioaktivitas farmakologisnya. Ketimpangan data ini sering kali menjadi kendala bagi para akademisi, praktisi agribisnis, maupun pengambil kebijakan dalam upaya mengembangkan matoa menjadi komoditas unggulan berskala nasional.

Menyadari tantangan tersebut, buku ini hadir sebagai sebuah langkah awal. Kami memandang karya ini sebagai upaya rintisan sebuah fondasi sederhana yang mencoba merangkum, mengorganisasi, dan menyintesis potongan-potongan informasi yang selama ini berserakan. Kami sadar sepenuhnya bahwa buku ini belum mampu menjawab seluruh pertanyaan dan kompleksitas yang menyelimuti tanaman matoa. Masih banyak aspek yang belum tersentuh, dan dinamika tanaman ini jauh lebih luas daripada apa yang mampu kami rangkum dalam edisi ini.

Oleh karena itu, buku ini bukanlah titik akhir dari sebuah pemahaman, melainkan sebuah undangan terbuka. Kami sangat berharap bahwa upaya rintisan ini dapat menjadi pemantik bagi munculnya studi-studi lanjutan yang lebih tajam dan mendalam. Kami menantikan kehadiran karya-karya penelitian di masa depan baik dari rekan sejawat akademisi, petani, praktisi, maupun para peneliti lapangan yang akan melengkapi, mengoreksi, serta memperluas cakrawala pengetahuan tentang matoa.

Besar harapan kami agar narasi yang kami bangun dalam buku ini dapat menjadi pijakan bagi riset-riset selanjutnya, sehingga di masa depan, matoa tidak lagi dipandang sebagai komoditas "lahan terbatas" dalam literatur ilmiah, melainkan menjadi subjek studi yang kaya, terstandarisasi, dan diakui secara luas dalam ekosistem ilmu pengetahuan tanaman buah tropis.

1.3 Urgensi Standardisasi Budidaya dan Penamaan Varietas

Meskipun peminat budidaya matoa mengalami lonjakan yang signifikan, industri hortikultura nasional masih dihadapkan pada tantangan standarisasi materi genetik, penamaan varietas di tingkat lapangan, dan ketatnya standardisasi operasional pembibitan. Saat ini, peredaran bibit matoa di tingkat penangkar dan petani sering kali mengalami tumpang-tindih klasifikasi (*nomenclature confusion*).

Istilah lokal seperti Matoa Kelapa, Matoa Papeda, Matoa Mentega, hingga varietas introduksi seperti Matoa Kristal sering kali disematkan hanya berdasarkan perkiraan visual tanpa landasan morfologis dan agronomis yang baku. Ketidakpastian identifikasi ini menimbulkan risiko kerugian ekonomi bagi para pekebun komersial yang membutuhkan kepastian klonal demi keseragaman hasil panen.

Di tengah keterbatasan referensi literatur yang mengupas matoa secara spesifik, ilmiah, dan terintegrasi, buku ini dihadirkan dan bersifat sebagai buku rintisan (*pioneering work*). Sebagai sebuah karya pelopor, buku ini berfokus pada peletakan fondasi awal, kodifikasi data lapangan, serta penyusunan matriks manajemen pembibitan (*nursery management*) yang masih sangat terbuka untuk diuji kembali. Penulis menyadari bahwa dinamika manajemen hara, intervensi agroklimat varietas baru, dan hilirisasi teknologi pascapanen matoa akan terus berkembang dinamis seiring berjalannya waktu.

Oleh karena itu, buku rintisan ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah titik akhir yang kaku, melainkan sebuah pemantik akademis. Di masa depan, diharapkan akan muncul dokumen riset lanjutan serta panduan perkebunan yang jauh lebih mendalam, yang akan semakin melengkapi, mengoreksi, dan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan tentang matoa di Indonesia. Buku ini menjadi batu pijakan pertama yang mengundang para peneliti, birokrat, dan praktisi hortikultura untuk turun ke lapangan dan bersama-sama menyempurnakan cetak biru pengembangan matoa nasional.

1.4 Ruang Lingkup dan Metodologi Penulisan

Buku ini disusun menggunakan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan teori botani murni, riset ekofisiologi, praktikum budidaya agronomis, rekayasa kebun pembibitan (*nursery*), serta analisis ekonomi makro-mikro. Ruang lingkup pembahasan mencakup:

- a. Analisis taksonomi, morfologi organ makro, serta persyaratan ekologis tanaman di habitat alami maupun lahan domestikasi baru.
- b. Karakterisasi eko-fisiologi tingkat lanjut, termasuk pemetaan volatilitas senyawa aromatik daun dan daya bakar termalnya.
- c. Pemetaan diversifikasi varietas lokal (Papua, Sabuk Sumatera, Jawa Tengah) hingga varietas introduksi industri (Matoa Kristal Thailand).
- d. Panduan operasional pembibitan modern (*Nursery Management*), manajemen naungan, media tumbuh, dan penyusunan instrumen eksperimental uji benih.
- e. Inovasi pemuliaan vegetatif terapan melalui konsep *Multi-Grafting Presisi*, rekayasa kanopi Sistem Arsitektur Pohon 1-3-9, dan manajemen pengendalian OPT terpadu.
- f. Kelayakan tekno-ekonomi makro-mikro, analisis rantai pasok hortikultura, hilirisasi ekstraksi kimia fungsional, dan penerapan industri sirkular berbasis *Zero Waste Concept*.

Metodologi pengumpulan data dalam penyusunan buku ini didasarkan pada kompilasi data primer hasil observasi lapangan di berbagai kebun koleksi plasma nutfah hortikultura Sumatera (Jambi), data eksperimental, wawancara dengan pemilik kebun, penangkar benih, serta penelaahan data sekunder dari jurnal ilmiah nasional / internasional bereputasi, laporan statistik resmi BPS, dan literatur lainnya.

BAB 2

TAKSONOMI DAN MORFOLOGI TANAMAN

2.1 Klasifikasi Botani dan Evolusi Famili

Sapindaceae Dalam dunia botani dan taksonomi tumbuhan tingkat tinggi, tanaman matoa diklasifikasikan ke dalam famili Sapindaceae, sebuah kelompok tumbuhan berbunga (angiospermae) yang sangat sukses berevolusi di zona iklim tropis dan subtropis (Acevedo-Rodríguez et al., 2011). Famili ini juga menaungi komoditas buah eksotis bernilai ekonomi tinggi lainnya seperti rambutan (*Nephelium lappaceum*), kelengkeng (*Dimocarpus longan*), dan lici (*Litchi chinensis*).

Karakteristik evolusioner utama yang menyatukan matoa dengan kerabatnya dalam famili ini adalah keberadaan arilus (daging buah sejati), yakni modifikasi genetik dari tangkai bakal biji (*funiculus*) yang membesar, menebal, dan mengakumulasi gula untuk membungkus biji. Secara ekologis, arilus ini merupakan strategi adaptasi *endozoochory*, yaitu mekanisme pemencaran biji dengan cara memikat hewan pemakan buah (*frugivora*) seperti burung enggang dan kelelawar. Selain itu, ciri khas biokimia dari famili ini adalah kemampuannya memproduksi senyawa metabolit sekunder berupa saponin pekat di jaringan kulit batang dan daun sebagai sistem pertahanan biokimiawi (*chemical defense*).

mechanism) untuk memproteksi pohon dari invasi patogen jamur dan menghalau herbivora pemakan daun.

Hierarki taksonomi formal tanaman matoa adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan Berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (Dikotil / Berkeping Dua)
Ordo	: Sapindales
Famili	: Sapindaceae
Genus	: <i>Pometia</i>
Spesies	: <i>Pometia pinnata</i> J.R. Forster & G. Forster

Genus *Pometia* memiliki wilayah sebaran alami yang sangat masif, membentang dari Kepulauan Sri Lanka, Semenanjung Malaya, Wallacea (Indonesia tengah dan timur), hingga kepulauan di kawasan Oseania dan Pasifik Selatan (Thomson & Thaman, 2006). Di Indonesia, *Pometia pinnata* merupakan spesies penyusun tajuk kanopi yang paling dominan di ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah. Spesies ini memiliki tingkat plastisitas fenotipe (kemampuan merubah morfologi luar berdasarkan tekanan lingkungan) yang sangat tinggi, menjadikannya subjek pemuliaan plasma nutfah yang tidak ada habisnya untuk dieksplorasi (Forster & Forster, 1776).

Dalam konteks keragaman genetik, *Pometia pinnata* menunjukkan variabilitas intraspesifik yang cukup kaya. Di Indonesia, masyarakat mengenal beberapa tipe lokal berdasarkan karakteristik morfologi buah, seperti varietas matoa yang memiliki tekstur daging buah kenyal (seperti varietas Kelapa) hingga yang memiliki tekstur lebih lembut. Selain itu, dalam lanskap agribisnis buah tropis di Indonesia, saat ini juga telah berkembang pemanfaatan klon introduksi, salah satunya adalah Matoa Thailand (sering dikenal sebagai Matoa Kristal) (Vayo Farm, 2023), yang menambah kekayaan ragam genetik matoa yang dikembangkan di

wilayah Nusantara. Variasi-variasi ini menunjukkan adaptabilitas yang luas terhadap berbagai kondisi lingkungan tumbuh.

2.2 Karakteristik Anatomi dan Morfologi Makro

Secara morfologis, *Pometia pinnata* adalah pohon berkayu keras (*hardwood*) berskala medium hingga raksasa (pohon *emergent*). Di habitat aslinya, tanaman ini mampu tumbuh menjulang mencapai ketinggian 20 hingga 50 meter dengan diameter batang utama (*Diameter at Breast Height / DBH*) dapat menembus 100–150 cm (Soerianegara & Lemmens, 1993). Dalam dunia kehutanan dan industri perKayuan, kayu matoa dikomersialkan dengan nama dagang Kayu Kasai, yang sangat dihargai karena densitasnya yang padat, serat kayunya yang lurus, serta ketahanannya yang baik terhadap rayap kayu kering (Soerianegara & Lemmens, 1993).

2.2.1 Arsitektur Batang, Sistem Perakaran, dan Daya Ekstensi Lateral

Pohon matoa memiliki karakteristik pertumbuhan tajuk yang kokoh dan ekspansif. Batang utamanya berbentuk silindris, tumbuh tegak lurus (ortotrop), dengan sistem percabangan simpodial yang cenderung melebar ke segala arah hingga membentuk kanopi payung yang masif dan sangat rimbun. Kulit batang bagian luar (*bark*) bervariasi antara warna coklat muda hingga coklat tua keabu-abuan. Teksturnya agak halus hingga beralur dangkal, dengan karakteristik khas berupa kulit mati yang mudah mengelupas dalam bentuk lempengan-lempengan kecil (*flaky*).

Guna menopang beban tajuk kanopi dan massa kayunya yang sangat berat, matoa dibekali oleh sistem perakaran yang sangat kuat, masif, dan kompleks. Jangkar utama tanaman bertumpu pada akar tunggang (*taproot*) yang menghujam tajam menembus lapisan sub-soil. Pada kondisi ekstrim—khususnya pada tanah dengan tingkat kejenuhan air tinggi (hidromorfik) atau lahan miring bersudut curam—pohon matoa merespons secara biomekanis

dengan mengembangkan akar banir (*buttress roots*) atau akar papan di pangkal batangnya. Akar banir ini dapat menyembul tegak lurus hingga ketinggian 1,5–3 meter di atas permukaan tanah, mendistribusikan tegangan mekanis secara merata untuk mencegah pohon tumbang (*windthrow*) akibat terpaan badai.

Karakteristik paling dominan sekaligus agresif dari matoa terletak pada perkembangan akar lateralnya. Pengamatan morfologi di lapangan mengonfirmasi bahwa daya jelajah akar lateral matoa tergolong sangat "ganas". Jangkauan radius pertumbuhannya tidak sekadar mengikuti batas terluar jatuhnya air tajuk daun (*canopy drip line*), melainkan secara aktif mencari sumber air dan unsur hara melampaui diameter luar tajuknya sendiri. Seiring pendewasaan pohon, akar lateral ini mengalami pertumbuhan sekunder yang menebal dan mengeras. Oleh karena itu, sangat direkomendasikan agar budidaya pohon matoa diarahkan pada lahan perkebunan terbuka atau area luas, dengan jarak aman minimal 10 hingga 15 meter dari dinding bangunan permanen atau infrastruktur publik.

2.2.2 Anatomi Daun, Pseudo-Stipula, dan Fisiologi Flushing

Daun matoa diklasifikasikan sebagai daun majemuk menyirip genap (*paripinnatus*) yang berseling pada sumbu ranting. Panjang keseluruhan tangkai daun tua dapat mencapai 50–120 cm. Anak daun berbentuk jorong memanjang hingga lanset, dengan dimensi panjang 10–30 cm dan lebar 5–10 cm. Tepi daunnya bergerigi tegas (*serratus*) yang menjadi karakter pembeda tajam dibandingkan kelengkeng atau rambutan, didukung oleh arsitektur urat daun sekunder (*venation*) yang menonjol tegas dan sejajar layaknya tulang rusuk di permukaan abaksial (bawah) daun (Siregar & Mahfud, 2025).

Penanda morfologi (*diagnostic trait*) yang paling unik dari genus *Pometia* adalah keberadaan pseudo-stipula (daun penumpu semu). Sepasang anak daun terbawah yang melekat paling dekat dengan pangkal ranting bermutasi mengecil secara asimetris, melengkung membulat menyerupai telinga, dan bertindak secara

fungsional seperti daun penumpu yang memeluk pangkal ranting utama. Selain itu, matoa memiliki siklus fenologi daun yang menampilkan fenomena *flushing* (pergantian trubus tajuk serentak). Saat tunas daun muda muncul, jaringan mesofil daun mengalami hiper-akumulasi pigmen antosianin, yang berfungsi sebagai tabir surya alami dan mekanisme kamuflase visual (*aposematism*) untuk mengelabui serangga herbivora. Setelah 2–3 minggu, antosianin terdegradasi dan daun bermutasi menjadi warna hijau tua dengan lapisan kutikula berlilin yang kaku (*leathery*).

2.2.3 Biologi Reproduksi, Polinasi, dan Sifat Andromonoecious

Fase generatif (pembungaan) matoa ditandai oleh munculnya perbungaan majemuk (*inflorescence*) berbentuk malai tak terbatas (*panicula*) yang menjuntai di ujung ranting (terminal) maupun dari ketiak daun (axillary). Karakteristik krusial dari biologi bunga matoa adalah sifat reproduksinya yang Poligamodioseus (Andromonoecious), di mana dalam satu malai perbungaan terdapat tiga kasta bunga: (1) Bunga Jantan Murni (*Staminate*), (2) Bunga Betina (*Pistillate*), dan (3) Bunga Sempurna (Hermafrodit).

Untuk mencegah depresi perkawinan sedarah (*inbreeding depression*), matoa berevolusi mengembangkan sifat dikogami—perbedaan waktu matang antara putik dan benang sari pada satu bunga. Hal ini menyebabkan tingkat keberhasilan pembentukan buah (*fruit set*) sangat bergantung pada penyerbukan silang (*cross-pollination*). Aroma nektar bunga matoa merupakan strategi atraktan untuk mengundang polinator massal dari ordo Hymenoptera dan Diptera, seperti lebah madu hutan (*Apis dorsata*) dan lalat bunga (Syrphidae).

2.2.4 Anatomi Buah (Fruktus) dan Mekanisme Biji Rekalsitran

Buah matoa diklasifikasikan sebagai buah batu (*drupa*) atau buah kapsul indehisen berstruktur globus. Secara anatomi, buah tersusun atas tiga strata: (1) Eksokarp (kulit luar), (2) Mesokarp/Arilus (daging buah), dan (3) Endokarp & Semen (biji). Sifat fisiologis bijinya adalah rekalsitran obligat (Roberts, 1973). Biji

segar memiliki kadar air internal tinggi (30–45%) dan tidak memiliki fase dormansi. Biji ini tidak memiliki kemampuan mensintesis protein khusus pelindung dehidrasi (*Late Embryogenesis Abundant proteins*), sehingga tidak tahan terhadap penyimpanan suhu dingin (*chilling injury*) maupun pengeringan sinar matahari (*desiccation*) (Roberts, 1973). Perkembangbiakan generatif mewajibkan biji matoa segera disemai ke dalam media tanah pembibitan setelah buah dikonsumsi untuk menjamin persentase hidup (*seedling survival rate*) yang tinggi.

2.3 Ekologi Habitat, Syarat Tumbuh, dan Agroklimatologi

Pometia pinnata memiliki rentang adaptasi toleransi agroklimat yang elastis. Agar budidaya skala komersial optimal, berikut adalah syarat tumbuh yang harus diperhatikan:

- a. **Topografi dan Ketinggian (Elevasi):** Habitat optimal berada di dataran rendah tropis (0–500 mdpl).
- b. **Curah Hujan dan Kelembapan:** Sangat adaptif pada klasifikasi iklim hutan hujan tropis basah (Köppen tipe Af) hingga iklim muson (Am) (Köppen, 1936). Membutuhkan curah hujan 1.500–3.000 mm/tahun dengan masa kering (2–3 bulan di bawah 60 mm/bulan) sebagai pemicu stres air alami untuk memicu pembentukan primordia bunga.
- c. **Pencahayaan Matahari:** Tanaman dewasa membutuhkan penyinaran penuh (*full sun exposure*) untuk mengoptimalkan fotosintesis.
- d. **Sifat Fisikokimia Tanah:** Mampu tumbuh pada berbagai ordo tanah (Andosol, Aluvial, Podsolik Merah Kuning) dengan pH 5,5–7,0. Kunci utama adalah drainase tanah yang baik untuk mencegah aerasi buruk dan penyakit jamur akar (*Phytophthora sp.*)

BAB 3

SYARAT TUMBUH DAN KESESUAIAN AGROEKOLOGI

Secara alamiah, matoa (*Pometia pinnata*) dikenal sebagai tanaman ekologi yang tangguh atau sering disebut sebagai tanaman "*all-terrain*". Di habitat aslinya, pohon ini memiliki daya adaptasi lingkungan yang sangat luas; ia mampu bertahan hidup dan tumbuh subur di berbagai topografi, mulai dari tepian sungai yang lembap hingga lereng perbukitan berbatu, serta toleran terhadap berbagai jenis tanah dasar.

Namun, terdapat perbedaan mendasar yang harus dipahami oleh para praktisi agribisnis: ada jarak yang jauh antara "sekadar bisa tumbuh" dengan "berproduksi secara komersial". Meskipun matoa sangat tahan banting di lahan marginal, untuk mengubah pola tanam dari tanaman hutan/pekarangan menjadi komoditas perkebunan industri yang bernilai ekonomi tinggi, tanaman ini mutlak membutuhkan lingkungan yang optimal. Untuk mencapai hasil panen yang melimpah, produktivitas yang stabil, serta kualitas buah yang seragam (standarisasi rasa dan ukuran), pemilihan lokasi tanam harus diupayakan agar memenuhi persyaratan edafik dan agroekologi yang paling sesuai.

Berikut adalah kriteria persyaratan agroekologi untuk budidaya matoa komersial:

3.1 Iklim dan Kondisi Atmosfer

Matoa sangat adaptif di wilayah tropis basah. Sebagai tanaman hutan hujan tropis, siklus pembungaan dan pembuahannya sangat dipengaruhi oleh parameter iklim berikut:

- a. **Curah Hujan:** Memerlukan ketersediaan air yang cukup tinggi dan merata sepanjang tahun. Curah hujan ideal berkisar antara **2.000–3.000 mm per tahun** dengan distribusi yang baik (tidak memiliki bulan kering yang terlalu panjang). Ketersediaan air yang konsisten sangat krusial pada fase pembesaran buah untuk mencegah buah pecah (*fruit cracking*) atau gugur sebelum matang.
- b. **Intensitas Cahaya:** Sebagai tanaman tropis sejati, matoa membutuhkan paparan sinar matahari penuh (*full sun*). Paparan cahaya maksimal memacu laju fotosintesis yang berdampak langsung pada vigor tanaman dan pembentukan karbohidrat. Karbohidrat inilah yang nantinya diakumulasikan menjadi gula (tingkat kemanisan/Brix) pada arilus (daging buah).
- c. **Suhu Udara:** Kisaran suhu harian yang optimal adalah **25°C–32°C**. Fluktuasi suhu yang terlalu ekstrem antara siang dan malam, atau suhu yang terlalu dingin, dapat mengganggu proses inisiasi bunga (fenofisiologi) dan menurunkan aktivitas serangga penyerbuk (*pollinator*).

3.2 Ketinggian dan Topografi

Lokasi geografis penanaman akan menentukan manajemen kebun dan waktu panen:

- a. **Elevasi (Ketinggian Tempat):** Matoa mampu tumbuh dengan baik dari dataran rendah (0 m dpl) hingga dataran tinggi pada elevasi **±1.400 m dpl**. Namun, elevasi ideal untuk produksi buah komersial umumnya berada di bawah 800 m dpl.

- b. **Implikasi Ketinggian:** Semakin tinggi elevasi dari permukaan laut, suhu udara akan semakin turun. Hal ini menyebabkan laju metabolisme tanaman melambat. Tanaman di dataran tinggi umumnya memiliki siklus kematangan buah yang lebih panjang (lambat panen) dibandingkan dengan tanaman di dataran rendah.
- c. **Kemiringan Lahan:** Lahan dengan kemiringan ringan hingga sedang (0-15%) sangat ideal karena memfasilitasi drainase alami. Penanaman di lahan yang terlalu curam membutuhkan biaya ekstra untuk pembuatan terasering dan menyulitkan mobilitas saat panen.

3.3 Karakteristik Tanah (Edafik)

Sistem perakaran matoa yang berupa akar tunggang membutuhkan fondasi tanah yang kuat, mengingat pohon ini berumur panjang dan bertajuk besar.

- a. **Tekstur Tanah:** Matoa sangat menyukai tanah yang gembur, memiliki lapisan olah yang dalam (*deep soil*), dan sistem drainase pori yang baik. Tanah dengan tekstur lempung berpasir (*sandy loam*) yang kaya akan bahan organik (humus) adalah media tumbuh yang paling ideal untuk perkembangan akar.
- b. **Derajat Keasaman (pH):** Rentang pH tanah yang ideal berkisar antara 5,5–6,5. Jika tanah terlalu masam (pH di bawah 5,0), ketersediaan unsur hara makro (seperti Fosfor) dan mikro akan terikat oleh aluminium, sehingga penyerapan hara terhambat. Hal ini berdampak langsung pada daun yang menguning dan penurunan vigor pohon.
- c. **Ketersediaan Air dan Sirkulasi Oksigen:** Walaupun tergolong tanaman yang rakus air, matoa **tidak mentoleransi** kondisi tanah yang tergenang (*waterlogging*) secara terus-menerus. Genangan air akan mengusir oksigen dari pori-pori tanah, memicu asfiksia (gagal napas pada akar), dan memancing serangan patogen jamur penyebab busuk akar.

3.4 Analisis Kesesuaian Lahan untuk Industri

Untuk beralih dari sekadar tanaman pekarangan ke perkebunan skala industri, pekebun wajib melakukan pemetaan lahan presisi sebelum penanaman. Langkah ini bertujuan untuk meminimalkan risiko kegagalan panen dan memaksimalkan *Return on Investment* (ROI).

Pemetaan lahan didasarkan pada prinsip pengujian berikut:

- a. **Analisis Kesuburan (Uji Tanah):** Melakukan pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0–30 cm dan 30–60 cm untuk mengecek kondisi kimia tanah. Ini wajib dilakukan guna menentukan formula dan dosis pemupukan presisi yang spesifik lokasi (*site-specific nutrient management*).
- b. **Manajemen Drainase:** Pembuatan parit drainase (*drainage trench*) sangat krusial jika lahan yang dipilih memiliki topografi datar yang berpotensi banjir saat musim hujan ekstrem.
- c. **Iklim Mikro:** Mempertimbangkan desain kebun dengan menanam pohon pelindung atau penahan angin (*windbreaker*) di sabuk luar kebun. Hal ini krusial pada lahan terbuka untuk mencegah kerontokan bunga dan buah muda akibat embusan angin kencang.

Tabel berikut menyajikan kriteria baku untuk menilai kelas kesesuaian lahan sebelum membuka kebun budidaya matoa intensif:

Tabel 3. 1 Matriks Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Matoa Komersial

Parameter	Optimal (S1)	Cukup Sesuai (S2)	Marginal (S3)
Curah Hujan (mm/thn)	2.000 – 3.000	1.500 – 2.000	< 1.500 atau > 3.500
Ketinggian (m dpl)	0 – 600	600 – 1.000	1.000 – 1.400
pH Tanah	5,5 – 6,5	5,0 – 5,5	< 5,0 atau > 7,0
Tekstur Tanah	Lempung berpasir (subur)	Lempung berliat	Pasiran atau Liat berat
Drainase	Sangat baik (tidak tergenang)	Baik	Buruk (sering banjir/tergenang)

Strategi Pengelolaan Berbasis Kelas Lahan:

Pemahaman terhadap kelas lahan akan menentukan strategi "Manajemen Kebun Intensif" agar produktivitas tidak lagi sporadis:

- Lahan S1 (Optimal):** Karena kondisi alam sudah sangat mendukung, fokus perawatan dapat diarahkan 100% pada pemeliharaan vegetatif, pembentukan tajuk, dan manajemen pembuahan (induksi bunga) untuk meningkatkan *yield* (tonase) per pohon.
- Lahan S2 (Cukup Sesuai):** Memerlukan intervensi teknis agronomis, seperti penambahan pupuk kandang/kompos secara rutin untuk memperbaiki struktur fisik tanah, serta instalasi sistem irigasi untuk menjaga pasokan air selama bulan-bulan kemarau.

- c. **Lahan S3 (Marginal):** Lahan jenis ini menuntut modal awal yang besar. Hanya disarankan untuk ditanami jika dilakukan perbaikan lahan (*land amelioration*) secara masif. Contohnya adalah pemberian kapur pertanian (dolomit) berdosis tinggi untuk menaikkan pH tanah gambut/masam, atau pembuatan bedengan/gundukan tinggi (*raised beds*) untuk menyiasati level air tanah yang terlalu dangkal.

BAB 4

KERAGAMAN GENETIK, FENOTIPE LOKAL, DAN PEMETAAN PLASMA NUTFAH MATOA DI Indonesia

4.1 Dinamika Genetik dan Tingginya Plastisitas Fenotipe

Matoa (*Pometia pinnata*) sangat bergantung pada mekanisme penyerbukan silang mutlak (*allogamous*) karena memiliki struktur bunga *andromonoecious* yang bersifat dikogami. Kondisi ini menyebabkan tingkat heterozigositas genetik matoa, baik pada skala individu maupun populasi, menjadi sangat besar (Thomson & Thaman, 2006). Karena adanya jeda waktu antara matangnya benang sari (antesis polen) dan masa aktif kepala putik (stigma) pada satu pohon yang sama, tanaman ini secara anatomis mencegah terjadinya perkawinan sedarah. Hal tersebut sangat efektif dalam menekan koefisien *inbreeding* serta menghindari penurunan kualitas genetik keturunan (*inbreeding depression*), sehingga kekayaan genetik (*gene pool*) matoa di ekosistem hutan hujan tropis tetap lestari, dinamis, dan sangat polimorfik (Richards, 1997).

Sifat genetik yang sangat heterozigot ini memberikan dampak nyata dan tantangan tersendiri pada proses perbanyakannya. Apabila matoa diperbanyak melalui biji (jalur generatif), keturunannya akan mengalami pemecahan sifat bawaan (segregasi genetik) secara masif. Proses peleburan sel kelamin jantan dan

betina melalui pembelahan meiosis secara acak akan merombak ulang susunan alel unggul dari pohon induknya. Sebagai gambaran praktis, jika seorang petani menanam biji dari buah matoa varietas unggul—misalnya matoa Kuning yang dagingnya tebal, kering, dan sangat manis (Brix tinggi)—maka bibit (F1) yang tumbuh kemungkinan besar tidak akan membawa karakter identik dari induknya. Mayoritas bibit generatif ini justru cenderung mengalami penurunan mutu atau kembali ke sifat alaminya (*wild-type regression*), seperti menghasilkan buah berkulit kaku, ukuran biji yang membesar, atau daging buah yang tipis dan berair. Fenomena genetis ini wajar terjadi karena parameter kualitas buah matoa merupakan sifat poligenik (*polygenic traits*), yang artinya dikendalikan secara kompleks oleh banyak gen (*Quantitative Trait Loci* / QTL) secara bersamaan, sehingga sifat-sifat unggul tersebut sangat mudah terpecah ketika kromosom membelah (Falconer & Mackay, 1996).

Kemampuan matoa untuk beradaptasi terhadap tekanan lingkungan makro, ketika dipadukan dengan variasi genotipe internalnya yang berlimpah, memunculkan fenomena plastisitas fenotipe (*phenotypic plasticity*) yang sangat menonjol (Bradshaw, 1965). Plastisitas ini dimaknai sebagai kapasitas suatu genotipe tunggal untuk menampilkan wujud morfologi, anatomi, maupun fungsi fisiologi yang berlainan ketika merespons kondisi lingkungan yang berbeda (*norm of reaction*). Matoa terbukti sangat elastis terhadap fluktuasi agroklimat tropis, seperti perbedaan paparan radiasi matahari, ketersediaan air, tingkat keasaman (pH) tanah, hingga perbedaan kelengkapan hara antara lahan Podsolik Merah Kuning (PMK) di Sumatera dan tanah Aluvial di Papua. Selama berabad-abad, proses adaptasi ekologis jangka panjang ini bersinggungan dengan campur tangan manusia (seleksi antropogenik) melalui praktik budidaya di pekarangan. Interaksi tersebut memicu terjadinya evolusi mikro yang pada akhirnya mencetak ratusan kultivar spesifik atau galur lokal (*landraces*) (Kuswandi dkk., 2014).

Untuk mengklasifikasikan beragam galur lokal tersebut secara terstandar, ilmu pomologi menggunakan empat parameter indikator morfologi utama (*pomological markers*) (Bioversity International, 2007), yakni:

- a. **Warna dan Karakteristik Kulit Buah (Eksokarp):** Sebagai penanda visual utama, warna luar ditentukan oleh tingkat produksi pigmen pada sel penyusun cangkang. Rentangnya mulai dari hijau (klorofil), kuning cerah (karotenoid), merah jambu/terakota, hingga ungu gelap yang mengilat. Semakin pekat warna hitam, semakin tinggi kandungan antosianin di dalamnya.
- b. **Tekstur dan Ketebalan Daging Buah (Mesokarp/Arilus):** Secara struktural, karakter daging buah berevolusi ke dalam dua ekstrem: tipe *dry-crispy* (padat, kadar air rendah, ngelotok) serta tipe *wet-mucilaginous* (lembek, berair, melekat kuat pada biji).
- c. **Ukuran dan Morfologi Biji (Semen):** Biji berfungsi sebagai lumbung penampung energi (*sink*) utama. Variasi ukurannya lebar, dari biji kerdil (partenokarpi) hingga biji raksasa yang memakan porsi 70% berat buah. Pengecilan biji berbanding lurus dengan peningkatan nilai komersial.
- d. **Tingkat Kemanisan (Derajat Brix):** Mengukur jumlah padatan terlarut total, terutama gula sederhana yang disuplai dari daun ke vakuola sel arilus. Kadarnya fluktuatif, dari 14° Brix (standar) hingga >24° Brix (pekat).

4.2 Pusat Domestikasi dan Varietas Endemik Papua

Di tingkat global, Papua diakui sebagai tanah asal (*center of origin*) sekaligus pusat domestikasi prasejarah bagi spesies matoa (*Pometia pinnata*). Secara biogeografi, wilayah Papuasia pada Dangkalan Sahul (*Sahul Shelf*) menyediakan habitat hutan hujan tropis klimaks yang terisolir, memberi ruang bagi genus *Pometia* untuk melakukan radiasi adaptif selama jutaan tahun (van Welzen dkk., 2005).

Berdasarkan sistem pengetahuan kearifan lokal (*indigenous knowledge*), masyarakat adat Papua mengelompokkan plasma nutfah matoa menjadi dua varietas primer (Jacobs, 1962):

- a. **Matoa Kelapa (*Pometia pinnata* f. *albescens*)**: Komoditas primadona dengan ekonomi tertinggi. Arilus tebal, kering, kenyal, dan mudah lepas dari biji (ngelotok). Struktur seluler dengan protopektin tinggi dan rendah air bebas (*free water*) memberikan resistensi enzimatis terhadap *softening* dan stabilitas pascapanen yang jauh lebih baik untuk kargo udara (Wills dkk., 2007).
- b. **Matoa Papeda (*Pometia pinnata* f. *repanda*)**: Ciri khas daging buah lunak, sangat berair, dan berlendir (*sticky*), menyerupai bubur sagu. Karakter *mucilaginous* ini dipicu hiper-sekresi polisakarida hidrofilik. Karena kadar gula reduksi tinggi dan aktivitas air (a_w) yang besar, buah ini rentan fermentasi alkoholik (aroma cuka) jika kulit pecah atau terpapar suhu $>30^{\circ}\text{C}$. Sangat potensial untuk industri hilirisasi (sirup, wine buah).

4.3 Diferensiasi Fenotipe di Sabuk Ekologis Sumatera

Ketika materi genetik Papua didomestikasi di Sumatera (Jambi dan Sumsel) pada lahan Podsolik Merah Kuning (PMK), tanaman ini mengalami mutasi adaptif. Ekspedisi pemetaan di wilayah ini mencatat fenotipe spesifik pekarangan dengan deskripsi varietas berdasarkan warna eksokarp berikut:

- a. **Matoa Hijau (Varian Prolifik)**: Populasi paling masif. Pucuk daun hijau pudar kecokelatan. Buah saat matang berwarna hijau kekuningan segar. Tekstur *juicy*, manis bersih, dengan aroma kelengkeng kuat. Memiliki vigor tangguh dan produktivitas tinggi. Varian ini memiliki dua sub-varian, yaitu hijau polos dan hijau berbintik.
- b. **Matoa Kuning (Premium Brix)**: Disebut "Matoa Mentega". Pucuk daun kuning kemerahan. Tajuk kompak,

batang bersegi, banir banyak. Buah saat masak kuning keemasan. Tekstur daging sangat tebal, putih bersih, ngelotok sempurna. Kemanisan tertinggi (Brix premium) dengan aroma durian-kelengkeng yang tajam. Varian kuning ini juga memiliki dua sub-varian, yaitu kuning polos dan kuning berbintik. Tetapi dari sisi penampakan morfologi daun, batang dan citarasa buah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

- c. **Matoa Merah Jambu (Varian Terakota):** Pucuk daun merah jambu cerah. Buah gradasi merah muda hingga pink pekat. Daging bening, sangat kenyal, aroma durian halus. Sangat eksotis untuk tanaman buah dalam pot (tabulampot).
- d. **Matoa Merah Maroon (Varian Royal):** Pucuk daun merah bata pekat. Eksokarp merah maroon merata. Daging tebal, *juicy* kokoh, rasa stabil tanpa sepat. Primadona pasar buah meja premium.
- e. **Matoa Ungu (Varian Royal Violet):** Warna violet intens akibat antosianin tinggi. Rasa kompleks dengan sensasi *floral*. Fokus pada kandungan antioksidan tinggi.
- f. **Matoa Cokelat (Kerabat Liar Sumsel):** Tumbuh liar di hutan. Pucuk cokelat tembaga. Eksokarp cokelat tanah berbintik (*russeting*), kaku. Rasa manis-asam (*sweet-subacid*), aroma kayu hutan (*musky*). Sangat vital sebagai batang bawah (*rootstock*) karena imunitas yang baik terhadap penyakit busuk akar. Varian coklat juga memiliki dua sub-varian, yaitu coklat polos dan coklat berbintik. Dari sisi penampakan morfologi daun, batang dan citarasa buah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, tetapi dari sisi bentuk buah, sub-varian coklat polos cenderung bulat, sedangkan coklat berbintik lebih lonjong.
- g. **Matoa Hitam (Eksotik Kelapa Papua):** Postur kokoh, pucuk daun merah tua keunguan. Eksokarp ungu tua

hingga hitam mengilat. Daging padat, renyah, dan sangat legit (>21% Brix).

4.4 Varietas Introduksi Komersial: Matoa Thailand (Kristal)

Matoa Thailand atau Matoa Kristal (*Lam Yai Crystal*) adalah hasil pemuliaan selektif untuk kebutuhan industri hortikultura intensif.

- Warna Buah** : Warna buah matoa thailand juga bermacam-macam, tetapi secara umum terbagi kedalam tiga kelompok, yaitu hijau, merah dan coklat-kehitaman.
- Sifat Genjah**: Melalui perbanyakan vegetatif (*grafting*), pohon mulai belajar berbuah pada usia dini, yakni 2–3 tahun (Basundhara, 2026).
- Arsitektur Kompak**: Postur vegetatif cenderung pendek dengan tajuk horizontal, memudahkan manajemen kerapatan tinggi (*high-density planting*) serta efisiensi pemanenan (Orwa dkk., 2009).
- Kualitas Buah**: Daging buah transparan jernih seperti kristal, sangat tebal, kering, dan kadar kemanisan melampaui >22% Brix (Vayo Farm, 2023). Tanaman ini menuntut manajemen nutrisi unsur Kalium (K) & Fosfor (P) yang sangat intensif.

4.5 Matriks Komparasi dan Keterbatasan Inventarisasi

Tabel 4.1 merangkum karakteristik plasma nutfah nasional yang berhasil dipetakan:

Tabel 4. 1 Matriks Komparasi Plasma Nutfah Matoa Nasional

Nama Varietas	Warna Dominan	Tekstur Arilus	Kategori Biji	Estimasi Kualitas	Potensi Pengembangan
Kelapa (Papua)	Hijau semburat ungu	Tebal, kering, kenyal	Sedang-Besar	Sangat Manis, durian-kelengkeng	Komersial utama

Papeda (Papua)	Hijau gelap – Ungu	Tipis, lengket, lunak	Besar	Ekstrem Manis, tajam	Industri olahan
Kuning Jambi	Kuning cerah	Tebal, putih bersih	Kecil–Sedang	Premium, Brix tertinggi	Perkebunan premium
Hijau Prolifik	Hijau kekuningan	Sedang, semi-basah	Sedang	Manis standar	Produksi tonase besar
Merah Jambu	Pink / Terakota	Kenyal moderat	Sedang	Manis-asam segar	Agrowisata/ Estetika
Merah Maroon	Merah maroon pekat	Tebal, <i>juicy</i> kokoh	Sedang	Manis stabil	Pasar buah meja premium
Ungu	Ungu terang (Violet)	Tebal, sangat padat	Sedang	Manis, sensasi <i>floral</i>	Ekstraksi antioksidan
Hitam Eksotik	Hitam mengilat	Tebal, padat	Sedang	Manis legit, aroma durian	Koleksi hobi eksklusif
Cokelat Berbintik	Cokelat tanah	Tipis, agak berair	Besar	Manis rendah, <i>musky</i>	Batang bawah (<i>rootstock</i>)
Thailand / Kristal	Hijau semburat merah	Sangat tebal, bening	Kerdil / Kempes	Super Manis (>22° Brix)	Pasar swalayan elit

Catatan Inventarisasi:

Daftar di atas bukanlah batas akhir dari keragaman genetik *Pometia pinnata*. Mengingat sifat plastisitas fenotipe, mekanisme radiasi adaptif, serta sistem reproduksi *allogamous* yang terus melakukan persilangan alami di alam, potensi adanya varian baru yang belum terinventarisir masih sangat terbuka luas. Populasi liar di hutan terisolasi atau di pekarangan pelosok pedesaan sering kali menyimpan karakteristik unik yang belum tersentuh survei ilmiah. Setiap individu pohon baru adalah sumber plasma nutfah berharga bagi ketahanan hortikultura masa depan dan mitigasi tantangan perubahan iklim. Konservasi berbasis komunitas dan eksplorasi sistematis sangat diperlukan untuk melestarikan "harta karun" genetik nasional ini.

4.6 Pentingnya Tindakan Inventarisasi Varian: Langkah Dasar Pelestarian Dan Pemuliaan

4.6.1 Urgensi Inventarisasi dalam Mitigasi Erosi Genetik

Matoa (*Pometia pinnata*) saat ini menghadapi ancaman erosi genetik yang serius akibat laju konversi lahan, deforestasi hutan dataran rendah, serta alih fungsi lahan pekarangan tua menjadi kawasan pemukiman. Tanpa tindakan inventarisasi yang sistematis, galur-galur lokal yang memiliki keunggulan adaptasi spesifik—seperti ketahanan terhadap penyakit akar rawa atau toleransi terhadap kekeringan ekstrem—berisiko punah sebelum sempat terdokumentasi secara ilmiah.

Inventarisasi bukan sekadar pendataan administratif, melainkan sebuah tindakan penyelamatan sumber daya genetik yang mendesak. Setiap tegakan matoa tua di hutan sekunder atau di pekarangan merupakan "perpustakaan genetik" berjalan yang menyimpan riwayat evolusi dan ketahanan tanaman selama ribuan tahun. Kehilangan satu individu pohon unik berarti kehilangan kombinasi alel berharga yang mungkin tidak akan pernah muncul kembali melalui persilangan buatan.

4.6.2 Inventarisasi sebagai Fondasi Program Pemuliaan

Program pemuliaan matoa yang sukses sangat bergantung pada ketersediaan populasi dasar yang beragam. Tindakan inventarisasi merupakan langkah awal mutlak untuk menentukan pohon induk terpilih (*plus trees*). Tanpa data inventarisasi yang valid, program pemuliaan hanya akan berjalan dengan metode uji coba (*trial and error*) yang tidak efisien serta membuang waktu.

Melalui eksplorasi inventarisasi, kita dapat mengidentifikasi pohon-pohon yang memiliki:

- a. **Produktivitas Tinggi:** Memiliki kapasitas pembentukan dompolan buah (*fruit set*) yang lebat dan stabil setiap tahun.

- b. **Kualitas Unggul:** Memenuhi kriteria deskriptor pomologi pasar premium (arilus tebal, karakter kering, derajat Brix tinggi).
- c. **Resistensi Biologis:** Memiliki ketahanan atau imunitas alami terhadap hama utama atau patogen penyakit spesifik seperti jamur akar *Phytophthora* sp.

Data inventarisasi yang terkumpul menjadi dasar utama untuk menyusun *pedigree* (silsilah tanaman), yang nantinya sangat berguna dalam menentukan strategi persilangan terarah guna menghasilkan varietas unggul baru yang berdaya saing global.

4.6.3 Protokol Inventarisasi Berbasis Data Pomologi

Inventarisasi yang valid memerlukan protokol pencatatan data yang terstandar agar dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan fungsional bagi pemulia tanaman. Setiap pohon yang diinventarisasi harus mencakup tiga kategori data utama:

a. Data Morfologi (Deskriptor Pomologi):

- 1) Mencatat parameter utama buah secara detail: Warna kulit buah (eksokarp), ketebalan arilus (rasio berat daging buah vs biji), dimensi dan bentuk biji, serta tingkat kemanisan yang diukur menggunakan refraktometer tangan (derajat Brix).
- 2) Pendokumentasian detail fenotipe vegetatif, termasuk morfologi daun (bentuk, tepi daun, struktur tulang daun, dan keberadaan *pseudo-stipula*).

b. Data Geospasial dan Lingkungan:

- 1) Pencatatan titik koordinat GPS lokasi pohon secara presisi menggunakan satuan derajat desimal.
- 2) Data ketinggian tempat (m dpl), topografi, serta karakteristik jenis tanah lokal untuk memahami korelasi

agroekologi antara lokasi tumbuh dengan performa buah yang dihasilkan.

c. Data Fenologi:

Mencatat waktu inisiasi pembungaan, durasi dari bunga menjadi buah matang, hingga periode jendela panen raya untuk memetakan apakah pohon tersebut memiliki sifat genjah (*early maturity*) atau memerlukan durasi pertumbuhan yang panjang.

4.6.4 Strategi *Citizen Science*: Melibatkan Masyarakat Lokal

Mengingat luasnya wilayah penyebaran alami matoa di Nusantara, kegiatan inventarisasi mandiri oleh akademisi atau peneliti pemerintah sering kali terhambat oleh keterbatasan logistik dan akses geografis. Strategi yang paling efektif dan inklusif adalah melibatkan masyarakat lokal melalui pendekatan *Citizen Science* (Sains Warga). Masyarakat adat dan petani desa sering kali merupakan pengamat matoa yang paling jeli; mereka mengetahui secara pasti posisi pohon mana di dalam hutan atau pekarangan yang menghasilkan buah paling manis atau paling tahan terhadap serangan hama.

Program kerja sama ini dapat direalisasikan melalui tiga langkah taktis:

- a. **Edukasi Identifikasi:** Memberikan pelatihan sederhana kepada kelompok tani mengenai cara mengukur derajat Brix menggunakan refraktometer tangan serta teknik pemotretan sampel buah dan daun yang benar untuk keperluan identifikasi awal.
- b. **Sistem Pelaporan:** Membangun basis data digital terbuka (aplikasi atau platform web) yang memungkinkan petani melaporkan penemuan atau keberadaan pohon matoa unik di wilayah mereka secara mandiri.

- c. **Insentif Konservasi:** Memberikan apresiasi, sertifikat penghargaan plasma nutfah, atau bantuan teknis budidaya bagi petani yang secara aktif melestarikan varian matoa langka yang terancam punah di lahannya.

4.6.5 Menuju Standardisasi dan Sertifikasi Varietas Nasional

Tujuan akhir dari rangkaian kegiatan inventarisasi ini adalah tercapainya standardisasi varietas nasional. Dengan basis data inventarisasi yang kuat, pemerintah bersama pemulia tanaman dapat mengajukan Hak Pendaftaran Varietas Tanaman (PVT) atau pelepasan varietas resmi untuk kultivar-kultivar lokal unggul.

Standardisasi ini akan memberikan jaminan kepastian hukum serta prediksi bisnis yang akurat bagi investor agribisnis dan konsumen. Jika suatu varietas—misalnya "Matoa Kuning Jambi"—telah terdaftar dan bersertifikat resmi, maka karakteristik morfologi, daya tahan cekaman, masa panen, dan kualitas produksinya dapat diprediksi secara konsisten. Langkah standardisasi ini merupakan prasyarat mutlak untuk mentransformasi komoditas matoa dari yang semula sekadar "tanaman pekarangan" menjadi "komoditas hortikultura strategis" yang siap diproduksi dalam skala industri perkebunan terintegrasi.

Inventarisasi adalah investasi jangka panjang. Dengan mendokumentasikan kekayaan plasma nutfah yang kita miliki saat ini, kita sedang membangun fondasi kokoh bagi industri hortikultura matoa yang mandiri, berdaulat, dan berdaya saing tinggi di masa depan.

BAB 5

MANAJEMEN PERSEMAIAN MODERN DAN TEKNOLOGI PERBANYAKAN VEGETATIF TANAMAN MATOA

Keberhasilan pembangunan agribisnis perkebunan matoa skala komersial berawal dari fase hulu, yakni kualitas bahan tanam (bibit) yang diproduksi. Kesalahan fundamental dalam tata kelola persemaian (*nursery management*) akan menghasilkan bibit dengan vigor yang lemah, arsitektur perakaran yang abnormal (seperti akar melingkar atau *root coiling*), dan bermuara pada tingginya angka mortalitas saat proses pemindahan (*transplanting*) ke lapangan.

Bab ini mengupas tuntas Prosedur Operasional Standar (SOP) pengelolaan persemaian matoa modern, dimulai dari penanganan benih yang bersifat rekalsitran, hingga rekayasa presisi pada berbagai teknologi perbanyakan vegetatif untuk menjamin keunggulan genetik tanaman.

5.1 Fisiologi Benih Rekalsitran dan Penanganan Pascapanen (*Seed Handling*)

Sebagaimana telah diulas pada bab sebelumnya, biji matoa memiliki sifat fisiologis rekalsitran obligat (Thomson & Thaman, 2006; Effira et al., 2018). Karakteristik ini menunjukkan bahwa benih matoa dipanen dengan kadar air internal yang sangat tinggi (di atas 35%) dan akan segera mengalami lisis atau kematian seluler

apabila terdehidrasi atau disimpan pada suhu dingin di bawah 15°C. Oleh karena itu, penanganan benih segar menuntut kecepatan, sterilitas, dan ketepatan teknis melalui tahapan berikut:

- a. **Ekstraksi dan Pembersihan Arilus:** Biji yang baru dikeluarkan dari cangkang buah harus segera dibersihkan dari sisa-sisa daging buah (arilus) yang menempel. Sisa arilus yang kaya akan glukosa merupakan substrat ideal bagi perkembangbiakan jamur patogen (seperti *Aspergillus* sp. dan *Fusarium* sp.) dan dapat memicu invasi koloni semut di bedengan semai. Biji wajib dicuci di bawah air mengalir sambil digosok perlahan menggunakan abu gosok atau pasir halus guna meluruhkan lapisan lendir pektin secara total (Yuniarti & Djoko, 2015).
- b. **Sterilisasi Fungsional:** Setelah dipastikan bersih, biji direndam dalam larutan fungisida sistemik berbahan aktif Mankozeb atau Propamokarb hidroklorida (dosis pengenceran 2 gram/liter air) selama 10–15 menit. Langkah preventif ini krusial untuk mengeliminasi spora cendawan bawaan dari kebun induk (Direktorat Perbenihan Hortikultura, 2014).
- c. **Penyemaian Langsung (Tanpa Fase Dormansi):** Biji ditiriskan di tempat teduh (diangin-anginkan maksimal selama 1 jam tanpa paparan sinar matahari langsung). Setelah itu, benih harus segera disemai ke media tanam pada hari yang sama. Daya kecambah (viabilitas) biji matoa segar mampu menembus angka 90–95%, namun akan merosot drastis hingga di bawah 30% apabila dibiarkan di suhu ruang terbuka lebih dari 4 hari (Irawan & Iwanuddin, 2019).

5.2 Desain dan Tata Kelola Lahan Persemaian (*Nursery Site Management*)

Fase bibit merupakan masa paling rentan dalam siklus hidup tanaman. Persemaian matoa mutlak memerlukan rekayasa iklim mikro (*micro-climate engineering*) agar bibit terhindar dari cekaman stres lingkungan tropis ekuator:

- a. **Infrastruktur Naungan (*Shading System*):** Lahan persemaian wajib diproteksi menggunakan jaring peneduh (*paranet / shading net*) dengan tingkat intensitas hambatan cahaya sebesar 65% hingga 75%. Naungan ini berfungsi ganda: meredam radiasi ultraviolet langsung yang dapat membakar pucuk daun muda (*flushing* merah) dan menekan laju evapotranspirasi pada media tanam.
- b. **Standardisasi Media Tanam (*Potting Mix*):** Media tanam ideal untuk matoa harus memiliki tingkat porositas dan aerasi yang tinggi agar akar tunggang dapat berpenetrasi vertikal tanpa mengalami stagnasi akibat genangan air. Formulasi standar yang direkomendasikan adalah campuran Tanah *Top Soil* : Pupuk Kandang Matang (Bokashi) : Sekam Bakar/Mentah dengan rasio volume 2 : 1 : 1. Penambahan fraksi sekam sangat krusial untuk mencegah pemadatan (*compaction*) media seiring intensitas penyiraman rutin.
- c. **Pemilihan Dimensi Wadah (*Polybag*):** Pada fase *Pre-Nursery* (usia 0–3 bulan), gunakan polybag berukuran kecil (15 cm x 20 cm). Saat memasuki fase *Main Nursery* (usia 3–8 bulan) atau bersiap dijadikan batang bawah (*rootstock*) penyambungan, bibit wajib dipindahtanamkan (*transplanting*) ke polybag yang lebih besar (minimal 25 cm x 30 cm) untuk mengakomodasi volume ekspansi akar lateral yang mulai agresif.

5.3 Teknologi Perbanyakan Vegetatif Utama: Top Grafting dan Multi-Grafting Presisi

Perbanyakan matoa melalui jalur generatif (biji) secara komersial hanya direkomendasikan untuk memproduksi batang bawah (*rootstock*). Menjadikan bibit asal biji sebagai pohon produksi memiliki kelemahan fatal: fase vegetatif yang sangat panjang (membutuhkan 7–9 tahun untuk berbuah) dan tingginya risiko penyimpangan karakter buah akibat segregasi genetik.

Untuk memastikan persentase kesamaan sifat unggul hingga 100% (misalnya varietas Kuning Jambi atau Matoa Kristal Thailand) dan memperpendek masa tunggu panen (genjah di usia 3–4 tahun), perbanyakan mutlak dilakukan secara vegetatif.

5.3.1 Prosedur Operasional Standar Sambung Pucuk (*Top Grafting*)

- a. **Kriteria Batang Bawah (*Rootstock*):** Gunakan bibit hasil semai biji (sangat disarankan menggunakan varietas matoa liar/cokelat karena resistensi perakarannya yang superior terhadap patogen tanah). Pilih bibit berumur 6–8 bulan, berdiameter batang setara pensil ($\pm 0,8$ cm), dengan kulit batang berwarna hijau kecokelatan yang menandakan meristem sekunder (kambium) sedang aktif membelah.
- b. **Kriteria Batang Atas (*Scion* / *Entres*):** Diambil dari pucuk ranting terminal pohon induk varietas unggul yang berstatus produktif primer. Entres yang ideal tidak terlalu tua (kaku) dan tidak terlalu muda (sukulen), bercirikan kulit berwarna cokelat kehijauan, diameternya presisi dengan batang bawah, serta memiliki mata tunas dorman yang sehat di ketiak daunnya.
- c. **Mekanisme Penyambungan:** Pangkas batang bawah pada ketinggian ideal, sisakan 2–3 helai daun di bagian pangkal sebagai penyokong fotosintesis minimum. Belah vertikal bagian tengah batang bawah sedalam 2–3 cm membentuk celah huruf "V". Iris pangkal *scion* dari dua sisi membentuk baji lancip (huruf "V" terbalik). Sisipkan baji *scion* ke dalam celah batang bawah secara presisi; pastikan jaringan kambium di bawah kulit kedua elemen saling bertaut rapat. Ikat sambungan dengan *PE grafting tape* dari bawah ke atas, kemudian sungkup

menggunakan plastik bening kedap udara untuk mengunci kelembapan mikro.

5.3.2 Inovasi Teknologi Multi-Grafting pada Pohon Matoa

Matoa secara inheren memiliki sifat biologi perbungaan dikogami (perbedaan waktu matang antara putik dan benang sari dalam satu bunga) yang menuntut penyerbukan silang obligat. Menanam bibit matoa tunggal dalam satu blok lahan sering kali berujung pada gugur bunga massal tanpa menghasilkan *fruit set*.

Buku ini memperkenalkan terapan *Multi-Grafting* (*Top-Working* Ganda) sebagai terobosan agronomi yang revolusioner. Teknik ini menyambungkan 2 hingga 3 entres dari kultivar yang berbeda (contoh: 1 dahan Matoa Kuning Jambi, 1 dahan Matoa Kristal Thailand, dan 1 dahan Matoa Merah Jambu) pada satu struktur batang bawah yang sama.

Keunggulan Utama Sistem *Multi-Grafting*:

- a. **Fasilitator Polinasi Silang Internal:** Bunga dari cabang kultivar A dapat secara mandiri menyerbuki bunga dari cabang kultivar B pada tajuk yang sama. Hal ini menjamin pembentukan buah (*fruit set*) yang lebat meski pohon tersebut ditanam secara soliter.
- b. **Mitigasi *Over-Supply* (Panen Terpecah):** Respons iklim dan genetik setiap kultivar yang berbeda akan menciptakan fenologi pembungaan yang bertahap. Efeknya, jadwal pematangan buah (*staggered harvesting*) bervariasi, meminimalisasi anjloknya harga jual akibat panen raya serentak.
- c. **Nilai Estetika dan Tabulampot Premium:** Satu tegakan pohon mampu memproduksi buah dengan spektrum warna cangkang yang beragam (kuning, merah, ungu/hitam), menaikkan nilai eksklusivitas komersial secara dramatis bagi para kolektor tanaman buah.

5.4 Metode Pembiakan Vegetatif Alternatif: Cangkok Terbimbing dan Okulasi Mata Tempel

Bagi pekebun swadaya, perbanyakkan matoa juga dapat dieksekusi melalui metode vegetatif alternatif yang hemat biaya dan memiliki tingkat efisiensi materi genetik yang adaptif.

5.4.1 Teknik Cangkok Terbimbing (*Intensive Air Layering*)

Metode pencangkakan sangat diminati dalam skala pekarangan karena mampu menghasilkan bibit berukuran besar dalam waktu singkat tanpa intervensi penyambungan batang bawah. Namun, karena anatomi kayu matoa berstruktur keras (*hardwood*) dan kaya akan senyawa tanin, pencangkakan konvensional rawan gagal akibat lambatnya proliferasi kalus.

Prosedur Cangkok Matoa Presisi:

- a. **Pemilihan Cabang:** Pilih dahan ortotrop (tumbuh tegak) atau semi-ortotrop dengan diameter 1,5–2,5 cm dari pohon induk unggul. Pastikan kulit dahannya mulus dan terpapar intensitas matahari penuh.
- b. **Penyayatan (*Girdling*):** Sayat melingkar kulit dahan sepanjang 3–5 cm lalu kelupas habis. Lendir kambium yang tersisa wajib dikerok menggunakan punggung pisau steril. Biarkan dahan "merana" di udara terbuka selama 1–2 hari hingga bidang sayatan benar-benar kering guna memastikan jalur translokasi karbohidrat (floem) menuju akar telah terputus total.
- c. **Aplikasi Hormon Pertumbuhan (ZPT):** Oleskan Zat Pengatur Tumbuh golongan Auksin, diutamakan pasta kombinasi *Indole-3-Butyric Acid* (IBA) dan *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) pada batas keratan atas (zona inisiasi akar).
- d. **Pembungkusan Media Hidrasi:** Gunakan *cocopeat* murni atau rasio 1:1 antara humus dan kompos yang telah dikondisikan lembap (*field capacity*). Balut media dengan

plastik polietilen transparan atau sabut kelapa, ikat kuat di kedua kutubnya. Akar rambut biasanya mulai berproliferasi pada minggu ke-6 hingga ke-8, dan bibit siap dipotong saat akar beralih warna menjadi cokelat tua (tanda jaringan akar telah matang dan fungsional).

5.4.2 Teknik Okulasi Tempel (Shield Budding / Inverted-T Budding)

Metode okulasi diklaim paling efisien untuk eksploitasi materi genetik *scion*. Jika *grafting* konvensional menghabiskan 3–4 mata tunas per bibit, metode okulasi hanya membutuhkan satu mata tunas tunggal.

Prosedur Okulasi Tempel Matoa:

- a. **Persiapan Batang Bawah:** Gunakan bibit semai usia 5–6 bulan yang sedang dalam fase pertumbuhan aktif (kulitnya mudah dikelupas/tidak alot). Buat sayatan dangkal menyerupai huruf "T" atau "T-Terbalik" (panjang vertikal 2 cm, horizontal 1 cm) di ketinggian 10–15 cm dari pangkal leher akar.
- b. **Pengambilan Mata Tunas (*Shield Slicing*):** Iris kulit yang mengandung mata tunas sehat dari entres unggulan, membentuk "tameng" tipis sepanjang ± 2 cm. Lepaskan lapisan kayu (xilem) tipis yang ikut tersayat di bagian belakang secara sangat perlahan agar titik tumbuh kambium di bagian dalam mata tunas tidak tercongel/rusak.
- c. **Penyisipan dan Pemeliharaan:** Sisipkan lembaran mata tunas ke celah sayatan "T" di batang bawah. Ikat rapat menggunakan plastik okulasi lentur (*grafting tape*) dengan sistem "susun genteng" dari arah bawah ke atas. Setelah 3 minggu berjalan, buka ikatan secara perlahan; warna hijau segar mengilat pada mata tempel adalah indikator kuat keberhasilan tautan. Pangkas tajuk batang bawah sejauh 5 cm di atas tempelan secara miring guna merangsang dominansi apikal, sehingga nutrisi fokus mengalir dan

mendorong mata tunas matoa unggul bertumbuh membesar.

5.5 Standardisasi Pemeliharaan dan Optimasi Vigor (*Vigor Optimization SOP*)

Sebelum dipindahtanamkan (*transplanting*) ke lanskap terbuka, seluruh bibit matoa hasil perbanyakan di persemaian wajib melalui tahap perawatan intensif guna memacu kurva vigor (kekuatan adaptasi dan biomasa) yang maksimal:

- a. **Manajemen Hidrasi Terukur:** Penyiraman wajib dilakukan 1–2 kali sehari bergantung tingkat penguapan (pagi sebelum pukul 09.00 dan sore setelah pukul 16.00). Kelembapan substrat media harus konsisten merata, namun dilarang keras menciptakan genangan ekstrem (*waterlogging*). Genangan akan memicu asfiksia pada perakaran dan mengundang invasi cendawan *Phytophthora* tular tanah.
- b. **Suplementasi Nutrisi Vegetatif:** Guna mengakselerasi pembentukan tajuk daun, aplikasikan pupuk daun (*foliar fertilizer*) berkadar Nitrogen tinggi yang disinergikan dengan unsur hara mikro esensial (seperti zat Besi, Seng, dan Magnesium). Penyemprotan kabut (*mist spray*) diaplikasikan seminggu sekali, sangat direkomendasikan pada pagi hari saat celah stomata daun sedang membuka sempurna.
- c. **Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu (HPT Persemaian):** Ancaman biotis paling merusak pada pembibitan matoa adalah kutu putih kebul (*Pseudococcidae*) dan invasi ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) yang menginvasi pucuk daun muda. Mitigasi berlapis dilakukan dengan: (a) sanitasi gulma agresif secara total di zona piringan polybag, dan (b) aplikasi insektisida sistemik spektrum luas berbahan aktif Imidakloprid atau Sipermetrin, yang hanya disemprotkan ketika populasi hama telah melampaui ambang batas kerusakan secara visual/ekonomi.

BAB 6

TEKNIK BUDIDAYA PRESISI DAN OPERASIONAL MANAJEMEN KEBUN

Penerapan teknik budidaya presisi dan pengelolaan kebun yang terstruktur merupakan pilar utama yang menentukan produktivitas serta keberlanjutan investasi agribisnis matoa (*Pometia pinnata*). Budidaya tanaman buah tropis tahunan seperti matoa sering kali dihadapkan pada tantangan panjangnya fase remaja (*juvenile phase*) pohon serta keterbatasan masa panen yang bersifat musiman.

Bab ini menguraikan prosedur operasional standar (SOP) manajemen kebun matoa secara komprehensif, mulai dari evaluasi fisiologis metode perbanyakan tanaman, rekayasa kanopi, sistem pengairan, teknik pemupukan, hingga pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) dan manajemen pascapanen demi menjamin stabilitas produksi berkepanjangan.

6.1 Perbanyakan Tanaman: Evaluasi Genetika dan Fisiologi (Generatif vs Vegetatif)

Secara genetika dan fisiologi, perbanyakan secara generatif (melalui biji) sangat tidak direkomendasikan untuk perkebunan skala industri komersial. Penyemaian biji memicu terjadinya proses segregasi genetik dan rekombinasi DNA dari persilangan alami, yang berakibat pada hilangnya kemurnian sifat unggul (*true-to-type*) dari pohon induk. Selain itu, perbanyakan generatif memaksa tanaman

untuk mengulang fase remaja (*juvenile phase*) secara penuh, yang memperpanjang masa tunggu berbuah hingga mencapai 7–9 tahun.

Sebaliknya, adopsi perbanyakan vegetatif menjadi opsi mutlak. Perbanyakan vegetatif mengandalkan pembelahan sel mitosis murni, sehingga menjamin 100% kloning sifat genetik pohon induk unggul tanpa penyimpangan. Secara fisiologis, metode ini mempercepat kematangan organ reproduksi, memotong masa tunggu berbuah menjadi hanya 2–3 tahun pasca-tanam (Laksono, Armando, & Lamefa, 2026).

Berdasarkan analisis fisiologi pembiakan hortikultura, berikut adalah evaluasi efektivitas metode pembiakan vegetatif komersial pada tanaman matoa:

- a. **Sambung Pucuk (*Top Grafting*):** Menjadi rekomendasi utama industri penangkar benih profesional (*commercial nursery*) karena mencatatkan persentase keberhasilan tertinggi (80% – 92%). Keberhasilan fisiologisnya sangat ditentukan oleh kompatibilitas kambium antara batang bawah (*rootstock*) dan batang atas (*scion*). Batang bawah asal biji lokal memberikan resistensi perakaran ekstrem, sementara *scion* yang diambil dari titik meristem apikal dengan tunas dorman aktif akan memfasilitasi percepatan penyatuan pembuluh xilem dan floem baru secara optimal.
- b. **Cangkok (*Air Layering*):** Mencatatkan keberhasilan 65% – 75%. Secara fisiologis, sayatan (*girdling*) pada batang memutuskan aliran floem, yang memicu akumulasi karbohidrat dan hormon pengatur tumbuh alami di atas sayatan. Pengayaan media *cocopeat* dengan hormon Auksin eksogen (seperti *Indole-3-Butyric Acid* / IBA) sangat esensial untuk memicu diferensiasi sel parenkim menjadi primordia akar (Laksono, Armando, & Lamefa, 2026). Namun, metode ini merugikan arsitektur kanopi pohon induk jika dieksploitasi berlebihan.
- c. **Okulasi (*Budding*):** Mencatatkan tingkat keberhasilan terendah (50% – 65%). Rendahnya efektivitas okulasi dipengaruhi oleh

hambatan biokimia sekunder. Sayatan pada kulit batang matoa memicu hiper-produksi eksudat getah dan senyawa fenolik. Ketika terpapar oksigen, fenol akan teroksidasi dan membentuk lapisan nekrotik keras (barier) yang memblokir diferensiasi sel kalus, sehingga jembatan kambium (*callus bridge*) antara mata tunas tunggal dan batang bawah gagal bertaut secara fungsional.

Tabel 6. 1 Persentase Keberhasilan dan Mekanisme Fisiologi Perbanyakan Vegetatif Matoa

Metode Vegetatif	Persentase Keberhasilan	Waktu Penyatuan / Berakar	Mekanisme Fisiologis Utama	Tantangan Utama Lapangan
Sambung Pucuk (<i>Grafting</i>)	80% – 92%	21 – 30 Hari	Proliferasi sel kalus dan tautan vaskular meristematik	Presisi penyayatan kambium untuk mencegah rongga udara
Cangkok (<i>Air Layering</i>)	65% – 75%	45 – 60 Hari	Akumulasi karbohidrat dan induksi hormon Auksin pada primordia akar	Terbatasnya kapasitas produksi bibit; risiko hidrasi media
Okulasi (<i>Budding</i>)	50% – 65%	25 – 35 Hari	Pembentukan <i>callus bridge</i> dari sel kambium aktif	Hambatan oksidasi getah fenolik pada luka sayatan

Sumber: Teknik Pembiakan Tanaman Secara Vegetatif pada Tanaman Hortikultura (Laksono, Armando, & Lamefa, 2026), diolah.

6.2 Inovasi *Multi-Grafting*: Sinergi Materi Genetik untuk Keberlanjutan Musim Panen

Sebagai pengembangan dari prinsip genetika dan fisiologi *grafting* reguler, buku ini menawarkan terobosan agronomi tingkat lanjut berupa Inovasi *Multi-Grafting* Presisi. Teknik ini merekayasa arsitektur kanopi dan memanipulasi rasio *Source-Sink* (daun sebagai penghasil fotosintat dan buah sebagai penerima fotosintat) pada tanaman tahunan. Penggabungan dua materi genetik dalam satu

individu mengeksploitasi perbedaan ritme fisiologis pembungaan (Laksono, Armando, & Lamefa, 2026):

- a. **Matoa Lokal sebagai Batang Bawah (*Rootstock*):** Menyediakan sistem perakaran ekstensif yang adaptif terhadap cekaman abiotik tanah masam (seperti Ultisol). Bertindak sebagai *supplier* air dan mineral dominan.
- b. **Matoa Introduksi (Matoa Thailand / Kristal) sebagai Batang Atas (*Scion*):** Memiliki genotipe genjah dengan respons fluktuasi metabolisme Karbohidrat-Nitrogen (*C/N Ratio*) yang sensitif. *Scion* ini mampu memicu fase generatif (pembungaan) secara otonom di luar jadwal biologis matoa lokal.

Implikasi Terhadap Keberlanjutan Perkebunan:

- a. **Penyusunan Pohon Multivarietas (*Multi-Grafting Tree*):** Pada satu pangkal *rootstock*, disambungkan dahan *scion* Matoa Kuning Jambi di sisi kiri (target panen A) dan *scion* Matoa Thailand di sisi kanan (target panen B).
- b. **Panen Terpecah (*Staggered Harvesting*):** Perbedaan genetik *internal clock* pada kedua kanopi ini tidak saling mengintervensi meskipun menumpang pada akar yang sama. Secara kumulatif, pola panen ganda ini memperlebar jendela produksi (*harvest window*) kebun menjadi 6 hingga 8 bulan dalam setahun, sehingga mendobrak stigma matoa sebagai komoditas "buah musiman pendek" sekaligus menstabilkan *cash flow* pasokan di tingkat distributor.

6.3 Prosedur Penanaman di Lahan Terbuka (*Transplanting SOP*)

Fase pemindahan bibit dari perlindungan *nursery* ke lahan terbuka adalah titik krisis. Untuk mencegah kegagalan adaptasi (*transplanting shock*) akibat cekaman radiasi ekstrem dan perubahan iklim mikro secara mendadak, prosedur berikut mutlak diterapkan:

- a. **Aklimatisasi Pra-Tanam (*Hardening Off*):** Tiga minggu sebelum pemindahan ke lahan terbuka, bibit di persemaian wajib dikurangi intensitas naungannya dan intensitas penyiramannya diturunkan perlahan. Proses fisiologis ini memicu penebalan lapisan kutikula daun dan melatih stomata untuk menutup lebih efisien.
- b. **Pengaturan Jarak Tanam:** Untuk varietas lokal berkanopi luas, gunakan sistem segiempat 10 m x 10 m atau 12 m x 12 m. Untuk varietas kompak, jarak tanam dirapatkan menjadi 8 m x 8 m.
- c. **Pembuatan Lubang Tanam & Aplikasi Nutrisi Dasar:** Gali lubang berukuran 60 cm x 60 cm x 60 cm (minimal 2 minggu sebelum tanam). Pisahkan lapisan atas (*top soil*) dan bawah (*sub soil*). Sinar matahari akan mensterilisasi patogen tanah. Campurkan 10–15 kg pupuk organik matang yang diperkaya bio-katalisator *Trichoderma* sp. dengan tanah galian atas, lalu kembalikan ke dalam lubang.
- d. **Eksekusi Penanaman:** Iris polybag secara melingkar hati-hati agar konfigurasi bola tanah/akar (*root ball*) tetap utuh. Urug perlahan, lalu padatkan secara moderat guna membuang rongga udara rawan jamur. Pasang ajir bambu untuk proteksi rebah mekanis.

6.4 Pemangkasan Bentuk di Awal Pertumbuhan (Sistem Arsitektur Pohon 1-3-9)

Tanpa intervensi, hormon Auksin pada ujung tajuk matoa secara genetik akan memaksakan dominansi vertikal apikal (*apical dominance*). Pohon yang tumbuh lurus tinggi seperti pohon kehutanan akan menyulitkan perawatan dan membuang terlalu banyak energi fotosintat untuk pembentukan kayu (*wood biomass*), alih-alih untuk pembuahan. Pemangkasan bentuk mematahkan dominansi apikal tersebut dan merangsang produksi hormon Sitokinin yang bertugas menumbuhkan tunas lateral (*samping*).

Terapkan Sistem Arsitektur Pohon 1-3-9 pada usia 6–12 bulan pasca-tanam:

- a. **Pemangkasan Batang Utama (1):** Pancung ujung batang (*heading back*) di ketinggian 1 meter dari tanah menggunakan gunting steril. Ini menekan hormon Auksin dan memaksa Sitokinin memecah tunas aksilar.
- b. **Pembentukan Cabang Primer (3):** Pilih dan pelihara 3 cabang sekunder paling kokoh, proporsional, dan menyebar radial dengan sudut 45° – 60° . Pangkas bersih tunas air di luarnya.
- c. **Pembentukan Cabang Sekunder (9):** Saat 3 cabang primer mencapai panjang 60 cm, pancung kembali ujungnya. Dari trubus yang baru, pelihara masing-masing 3 dahan. Pohon kini akan mengunci posturnya dengan total 9 kanopi payung menyerupai cawan terbuka (*open center system*), menjamin penetrasi radiasi matahari optimal hingga ke pangkal dahan dan mampu menopang beban berat dompolan panen kelak.

6.5 Manajemen Pengairan, Teknik Stres Air, dan Pemupukan Berkala

6.5.1. Manajemen Air dan Teknik Stres Air (*Water Stressing*)

Pada usia awal, fluktuasi air ditekan seminimal mungkin (rutin disiram). Namun, untuk menstimulasi pohon dewasa agar memproduksi hormon florigen (hormon pembungaan), terapkan Teknik Stres Air.

Pada puncak musim kemarau, hentikan pasokan air (irigasi/penyiraman) selama 3–4 minggu. Cekaman fisiologis kekeringan ini akan menghentikan pertumbuhan *flushing* daun baru dan mendorong tanaman berada di ambang krisis bertahan hidup. Seketika masa stres diakhiri dengan pengairan jenuh (banjir mendadak), pergeseran ekstrem ini akan memaksa meristem reproduktif untuk merespons secara hiperaktif dengan mengeluarkan ledakan malai bunga serempak dari ujung setiap ranting.

6.5.2. Fase Pemupukan Fisiologis (*C/N Ratio Management*)

- a. **Fase Vegetatif (Tahun 1–3):** Kejar akumulasi biomasa hijau. Berikan asupan dominan Nitrogen tinggi (NPK 16-16-16 / Urea) dengan dosis bertahap.
- b. **Fase Generatif (Tahun ke-3+):** Hentikan Nitrogen berlebih karena akan menekan laju diferensiasi bunga. Beralih secara ekstrem pada pupuk dominan Fosfor (P) dan Kalium (K) (seperti MKP, KNO₃, atau Kalsium Boron). Mineral K dan B berperan esensial dalam translokasi gula langsung ke daging buah (arilus), memperlmanis cita rasa dan menguatkan tangkai pengikat dompolan agar tidak rontok saat terkena angin.

6.6 Strategi Pengendalian Hama dan Penyakit Utama (OPT)

- a. **Ulat Penggerek Buah (*Conopomorpha cramerella*):** Serangga ini menyuntikkan telur ke eksokarp buah muda. Larva akan memakan nutrisi embrio dari dalam sehingga buah layu dan luruh. Solusi teraman, termurah, dan bebas residu kimia adalah metode pembungkusan mekanis secara total menggunakan *fruit cover* bersirkulasi udara tepat setelah bunga menjadi pentil buah sebesar kelereng.
- b. **Kutu Putih (*Pseudococcus* sp.):** Menyedot gula dan nitrogen dari floem malai bunga dan pucuk muda, serta meninggalkan sekresi *honeydew* pemanggil jamur jelaga (hitam). Dikendalikan melalui pengurangan rimbunan kanopi dalam (*internal pruning*) untuk menurunkan kelembapan, diikuti semprotan insektisida nabati (berbasis minyak mimba / *neem oil*) untuk mencekik sistem respirasi kutu.
- c. **Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*):** Penyakit layu sistemik mematikan akibat infeksi hifa jamur ganas di leher akar, biasa dipicu sanitasi anaerob atau pupuk kandang berjamur. Langkah pencegahannya mutlak melalui pengayaan substrat

biologi sejak masa pra-tanam dengan kolonisasi cendawan antagonis *Trichoderma harzianum* di zona perakaran, didukung regulasi drainase yang mumpuni.

6.7 Prosedur Pemanenan dan Penanganan Pasca-Panen Higienis

Sifat kulit buah (*pericarp*) dan daging arilus matoa yang tipis membutuhkan protokol pascapanen ketat untuk mencegah kontaminasi dan susut bobot:

- a. **Indeks Kematangan (*Maturity Index*):** Jangan memanen buah yang belum mencapai derajat Brix minimum. Amati indikator kelenturan tekanan jari pada cangkang, perubahan warna homogen, serta lepasnya senyawa aromatik volatil manis yang khas (senyawa ester buah matang).
- b. **Pemotongan Tangkai & Mitigasi Cekaman Mekanis:** Potong bersih pangkal utama tangkai dompolan 5–10 cm di atas pangkal dahan atas dengan gunting tajam, jangan memuntir atau mematahkan secara kasar (karena merusak kambium untuk produksi *flushing* masa depan). Selalu turunkan hasil petik menggunakan galah berkantong kain lunak. Luka memar mikro (*internal bruising*) akibat hentakan mekanis pada buah akan merusak integritas dinding sel arilus, memicu oksidasi, dan menimbulkan pembusukan oleh bakteri sakarolitik hanya dalam waktu kurang dari 24 jam.
- c. **Sortasi Kering (*Grading*):** Lakukan di sentra pengemasan dengan tata cahaya terang, pisahkan satu buah pun yang pecah atau busuk, karena gas etilen dan spora pembusuk akan cepat menular silang pada buah lain di dalam kemasan.

6.8 Rekondisi Pascapanen: Pemangkasan Pemulihan dan Restorasi Hara

Setelah puncak panen raya, status fisiologis pohon jatuh ke titik nadir kekurangan nutrisi makro (*nutrient depletion*). Pengabaian

langkah restorasi akan menyebabkan malnutrisi tahunan (*biennial bearing*)—kondisi mogok berbuah panjang pada musim depan. Dua mandat agronomi dalam kurun 14 hari pasca-petik meliputi:

- a. **Pemangkasan Pascapanen (*Post-Harvest Pruning*):** Amputasi masif terhadap sisa tangkai mati bekas dompolan, potong habis seluruh "tunas air" (*water sprouts*) dominan yang lurus di dahan penyangga karena mereka berstatus "parasit *sink*" (mengambil energi tanpa potensi reproduktif). Penjarangan ini menyuntikkan sirkulasi Oksigen segar dan mentransformasi area pusat tajuk dengan terpaan ultraviolet merata.
- b. **Pemupukan Restorasi Total (*Rejuvenation Fertilization*):** Buat kanal parit dangkal (*ring trenching*) mengikuti proyeksi sirkumferensi lingkaran daun tajuk paling luar (di mana akar serabut hara aktif berkerumun). Benamkan minimum 20-30 kg pupuk organik super terfermentasi dan selimuti dengan 500-1.000 gram NPK makro. Gelontoran Nitrogen dan Mikromineral yang melimpah ini berfungsi sebagai *starter pack* fisiologis untuk memantik keluarnya ledakan semburan serempak daun-daun muda sehat (*vegetative flushing*), mesin utama pabrik fotosintesis yang menjamin keberhasilan periode musim berbunga tahun depan.

BAB 7

TATA NIAGA, VALUASI PASAR, DAN EKONOMI MAKRO HORTIKULTURA MATOA

Pengembangan komoditas matoa (*Pometia pinnata*) menuju skala industri hortikultura nasional tidak hanya menuntut ketepatan teknik budidaya di sektor hulu (lapangan), melainkan juga memerlukan pemahaman komprehensif mengenai ekosistem tata niaga dan ekonomi makro di sektor hilir.

Struktur pasar matoa di Indonesia saat ini masih didominasi oleh sistem perdagangan semi-formal, di mana fluktuasi harga sangat rentan terhadap jebakan pasokan musiman (*seasonality*). Bab ini mengupas tuntas arsitektur rantai pasok buah segar, segmentasi pasar domestik, peluang ekspor global, hingga valuasi ekonomi ganda (*dual-purpose commodity*) dari pemanfaatan biomassa pohon sebagai produk kayu industri (Kayu Kasai).

7.1 Rantai Pasok dan Struktur Tata Niaga Buah Segar (*Fresh Fruit Supply Chain*)

Struktur tata niaga komoditas matoa segar di Indonesia memiliki kompleksitas logistik yang unik. Pusat keragaman dan produksi alaminya membentang dari wilayah Indonesia Timur (Papua) hingga Sumatera, sementara pusat serapan konsumsi urban terbesar terpusat di Pulau Jawa. Alur pergerakan barang dari kebun

hingga ke meja konsumen (*farm-to-table*) melibatkan beberapa strata pelaku ekonomi:

- a. **Petani Produsen / Kebun Swadaya (*Smallholder Farmers*):** Mayoritas pasokan matoa di pasar saat ini masih disumbang oleh pohon pekarangan atau kebun rakyat berskala kecil. Pada strata ini, petani memiliki daya tawar (*bargaining power*) yang relatif rendah. Sifat fisiologis buah matoa yang tergolong klimakterik (pematangan berlanjut pascapanen dengan laju respirasi tinggi) memaksa petani untuk menjual hasil buminya sesegera mungkin guna menghindari kebusukan.
- b. **Pengepul Lokal (*Collectors / Middlemen*):** Aktor ini bergerak masif di tingkat desa atau kecamatan selama siklus panen raya. Pengepul lokal berfungsi melakukan konsolidasi tonase panen dari ratusan petani kecil, melakukan sortasi visual kasar (memisahkan buah pecah/busuk), dan mengemas buah ke dalam keranjang bambu atau kotak kayu berventilasi.
- c. **Distributor / Agen Kakap Logistik (*Wholesalers*):** Memegang peran sentral dalam kelancaran perdagangan antar-pulau (*inter-island trading*). Distributor mengelola pengiriman kargo udara (khusus untuk segmen matoa premium berdaya simpan rendah) atau ekspedisi laut menggunakan kontainer berpendingin (*reefer container*) guna memasok pasar-pasar induk di kota-kota metropolitan seperti Jakarta, Surabaya, dan Medan.
- d. **Pedagang Eceran (*Retailers*):** Merupakan titik temu (interseksi) akhir dengan konsumen. Strata ini terbelah menjadi dua jalur distribusi utama, yakni pasar basah tradisional (lapak buah jalanan) dan jaringan ritel modern (*modern trade* seperti swalayan eksklusif dan *boutique fruit store*).

Tantangan Struktural: Masalah terbesar dalam arsitektur rantai pasok ini adalah belum mapannya ekosistem logistik rantai dingin (*cold chain logistics*) khusus buah eksotis di Indonesia. Ketiadaan fasilitas pendinginan awal (*pre-cooling room*) di tingkat pengepul memicu tingginya angka kehilangan hasil pascapanen (*post-harvest*

losses). Susut bobot akibat buah rontok dari tangkai, memar mekanis (*internal bruising*), dan pembusukan dini (*over-ripe*) dilaporkan kerap menyentuh angka kerugian 20% hingga 35% dari total tonase panen.

7.2 Valuasi Pasar Domestik dan Segmentasi Konsumen

Valuasi harga buah matoa di pasar domestik sangat elastis. Harga tidak ditentukan oleh ukuran semata, melainkan dikontrol ketat oleh karakteristik organoleptik klonal dan preferensi geografis. Berdasarkan mutu pomologi buah, harga retail matoa dikelompokkan ke dalam tiga segmen utama:

- a. **Segmen Komoditas Massa (*Mass Market* - Matoa Merah / Papeda Lokal):** Dipasarkan secara masif di pasar-pasar tradisional regional dengan kisaran harga Rp20.000 hingga Rp35.000 per kilogram. Konsumen pada segmen ini memiliki sensitivitas harga yang tinggi, mengutamakan kuantitas dengan toleransi yang cukup longgar terhadap arilus (daging buah) yang tipis atau bertekstur basah/lengket.
- b. **Segmen Premium Domestik (*Premium Market* - Matoa Kelapa Papua / Kuning Jambi):** Mendominasi rak-rak jaringan toko buah modern dan swalayan urban dengan harga retail Rp30.000 hingga Rp60.000 per kilogram. Segmen menengah ke atas ini menuntut standardisasi kualitas yang rigid: eksokarp (kulit cangkang) harus bersih tanpa noda cacat hama penggerek, arilus tebal dan bertekstur kering garing (ngelotok), serta ukuran dompolan buah yang proporsional.
- c. **Segmen Eksklusif / Hobi (*Niche Market* - Matoa Thailand / Hitam Eksotik):** Merupakan pasar super-premium yang ditujukan bagi kolektor tanaman dan masyarakat kelas atas, dengan harga retail yang mampu menembus Rp60.000 hingga Rp100.000 per kilogram. Daya tawar (*value proposition*) segmen ini terletak pada kelangkaan visual—seperti ukuran hipertrofi raksasa pada kultivar Kristal Thailand, atau warna eksotis pada

matoa hitam. Pembeli rela membayar margin premium demi sensasi konsumsi eksklusif.

7.3 Analisis Ekonomi Makro Hortikultura dan Peluang Pasar Global

Dalam konstelasi ekonomi makro pertanian Indonesia, komoditas matoa menghadapi tantangan pengakuan institusional. Badan Pusat Statistik (BPS) hingga saat ini masih memasukkan matoa ke dalam nomenklatur keranjang "Buah Tropis Lain-lain", tertinggal di belakang komoditas prioritas seperti pisang, mangga, dan durian. Kategorisasi ini sebenarnya adalah cerminan dari ketiadaan ekosistem industri dari hulu ke hilir; matoa masih dianggap sebagai tanaman sampingan pekarangan yang belum bertransformasi menjadi komoditas perkebunan berskala korporasi.

Meskipun demikian, data pergerakan pasar makro mencatat anomali positif: permintaan domestik tumbuh stabil di angka 12% per tahun dalam lima dekade terakhir. Tren ini dikatalisasi oleh pergeseran gaya hidup sehat (*healthy superfood*) masyarakat urban yang memburu asupan tinggi antioksidan dan Vitamin E—senyawa fitokimia yang melimpah pada arilus matoa.

Di kancah pasar internasional, matoa diperdagangkan dengan nama komersial global yang elegan: "*Oceanic Lychee*" atau "*Island Lychee*". Peluang penetrasi ekspor sangat terbuka lebar, khususnya menuju negara-negara Asia Timur (Tiongkok, Taiwan, Jepang) dan Timur Tengah yang memiliki apresiasi tinggi dan daya beli kuat terhadap buah-buahan eksotis famili Sapindaceae.

Keunggulan Komparatif Global:

Jika kelengkeng Thailand dan lici Tiongkok terkunci pada musim panen subtropis, matoa Indonesia memiliki keunggulan kompetitif berupa pergeseran jendela panen (*harvest window*). Melalui intervensi teknologi kanopi *Multi-Grafting* dan induksi cekaman air (*water stressing*) seperti yang diulas pada Bab 6,

perkebunan matoa ekuatorial dapat diatur untuk berbuah di luar musim reguler (*off-season*), sehingga mampu mengisi kekosongan pasokan lici/kelengkeng di pasar dunia dengan harga ekspor tertinggi.

7.4 Nilai Ekonomi Ganda: Komoditas Perakayuan Industri (Kayu Kasai)

Berbeda dengan komoditas hortikultura murni seperti jeruk atau manggis yang batangnya tak bernilai ekonomis usai masa afkir, pohon matoa memiliki profil investasi Nilai Ekonomi Ganda (*Dual-Purpose Commodity*). Ketika pohon matoa telah melewati puncak produktivitas generatifnya (fase afkir pada usia di atas 25–30 tahun), biomasa batangnya tidak menjadi limbah, melainkan dapat diekstraksi sebagai kayu industri bermutu tinggi yang dalam bursa perakayuan global dikenal sebagai Kayu Kasai atau *Taun Wood*.

7.4.1 Karakteristik Teknis Kayu Kasai

- a. **Kerapatan dan Kelas Awet:** Dalam taksonomi industri perakayuan, kayu Kasai berada pada kelas kuat II–III dan kelas awet III–IV (Martawijaya et al., 1981). Kayu ini memiliki densitas (berat jenis kering udara) solid yang berkisar antara 0,60 hingga 0,85 g/cm³ bergantung pada lokasi agroklimat tumbuh (Soerianegara & Lemmens, 1993). Teras kayunya menampilkan warna merah cokelat tua dengan struktur serat lurus berpadu yang sangat memanjakan mata secara estetika.
- b. **Pemanfaatan Industri Konstruksi & Mebel:** Daya tahan mekanisnya terhadap tekanan menjadikan Kayu Kasai primadona sebagai bahan baku utama untuk lantai kayu premium (*parquet flooring*), panel dinding akustik, kusen rumah mewah, hingga pelapis interior kapal (*boat decking*). Di sentra industri kayu, log mentah Kasai yang berdiameter lurus di atas 40 cm dibanderol hingga jutaan rupiah per meter kubik.

7.4.2 Integrasi Model Agroforestri Berkelanjutan

Eksistensi nilai tambah perkayuan ini menempatkan agribisnis matoa sebagai instrumen investasi dengan manajemen risiko yang sangat minim. Perkebunan dapat mengadopsi Model Agroforestri Sirkular:

Selama 20 tahun pertama, aliran kas masuk (*cash flow*) perusahaan ditopang konstan dari komersialisasi buah segar harian. Saat memasuki tahun ke-25, perusahaan tidak perlu mengeluarkan anggaran modal baru untuk *replanting* (tanam ulang), karena modal tersebut secara otomatis tertutupi oleh keuntungan masif (rekapitalisasi) hasil lelang penebangan kayu (*timber harvesting*) dari pohon tua.

7.5 Matriks Komparasi Valuasi Ekonomi Komoditas Hulu-Hilir Matoa

Guna menyajikan proyeksi perencanaan finansial (RAB/Kelayakan Usaha) yang terukur bagi para calon investor dan pekebun, berikut dirangkum matriks valuasi ekonomi holistik dari seluruh elemen komoditas agribisnis matoa, dari bibit hingga limbah kayu:

Tabel 7.1 Matriks Struktur Valuasi Ekonomi Komoditas Matoa Nasional

Komponen Komoditas	Unit Satuan Dagang	Rentang Nilai Jual Domestik (Rp)	Segmen Pasar Utama	Faktor Penentu Utama Nilai Ekonomi
Buah Segar Curah (Tradisional)	per Kilogram	20.000 – 35.000	Pasar rakyat, pengepul desa, industri rumahan.	Volume tonase total, tingkat kelimpahan saat puncak musim panen.
Buah Segar Sortasi (Modern)	per Kilogram	30.000 – 60.000	Supermarket urban, ritel modern, pasar kargo	Standardisasi ukuran, kebersihan kulit

			udara premium.	cangkang, karakteristik arilus ngelotok.
Buah Eksklusif (Thailand/Hitam)	per Kilogram	60.000 – 100.000	Swalayan elit, kolektor eksotis, konsumen sadar kesehatan (urban).	Hipertrofi daging buah (rasio daging sangat tinggi terhadap biji), kelangkaan fenotipe warna.
Bibit Vegetatif (<i>Top Grafting</i>)	per Polybag	35.000 – 75.000	Petani hortikultura swadaya, proyek penghijauan RTH instansi.	Keaslian sertifikat klon materi pohon induk unggul, persentase kesehatan <i>root-ball</i> .
Bibit Unggul <i>Multi-Grafting</i>	per Polybag	150.000 – 300.000	Kolektor perkotaan, pehobi Tabulampot lanskap mewah.	Ragam jumlah varietas aktif dalam satu individu tajuk, tingkat estetika arsitektur cabang.
Log Kayu Kasai Afkir	per Meter Kubik	2.500.000 – 4.500.000	Pabrik mebel, industri lantai kayu (<i>parquet</i>), galangan arsitektur.	Diameter batang bebas cabang (<i>clear bole height</i>), kelurusan serat kayu.

Sumber: Analisis Model Valuasi Perkebunan Hortikultura Terpadu. Laboratorium Manajemen Agribisnis Universitas Graha Karya Muara Bulian (Data Diolah 2026, tidak dipublikasikan).

BAB 8

FITOKIMIA FUNGSIONAL DAN INDUSTRI SIRKULAR ZERO WASTE

Pengembangan komoditas matoa (*Pometia pinnata*) tidak boleh hanya bertumpu pada penjualan buah segar yang sangat rentan terhadap fluktuasi harga musiman. Masa depan agribisnis matoa terletak pada optimalisasi seluruh biomassa pohon melalui pendekatan industri sirkular (*circular economy*).

Bab ini mengupas tuntas profil nutrisi dan fitokimia dari setiap elemen tanaman—mulai dari arilus (daging buah) premium, limbah cangkang dan biji, hingga jaringan vegetatif (daun dan kulit batang). Dengan mengusung konsep *Zero Waste* (Bebas Sampah), bab ini menjabarkan peta jalan transformasi matoa dari sekadar komoditas perkebunan menjadi bahan baku strategis bagi industri pangan olahan, kosmeseutikal, biomaterial, hingga fitofarmaka (obat herbal terstandar).

8.1 Profil Nutrisi Makro dan Mikro Daging Buah (Arilus)

Daging buah matoa segar tidak hanya menawarkan sensasi kelezatan organoleptik yang unik (paduan kelengkeng, rambutan, dan aksen durian), melainkan juga merupakan matriks biologis yang padat akan asupan gizi.

Secara makronutrisi, karbohidrat utama di dalam arilus matoa tersusun atas kombinasi sakarida alami berupa glukosa, fruktosa,

dan sukrosa. Karakteristik biokimia ini menyebabkan energi metabolisme dari buah matoa dapat diserap oleh dinding usus halus secara cepat, menjadikannya sumber energi instan yang efisien, namun tetap didukung oleh serat pangan (*dietary fiber*) yang menjaga kelancaran peristaltik.

Secara mikronutrisi, arilus matoa memiliki keunggulan komparatif pada tingginya densitas Asam Askorbat (Vitamin C) dan Tokoferol (Vitamin E):

- a. **Vitamin C:** Bertindak sebagai agen antioksidan hidrofilik (larut air) kuat di dalam plasma sel yang berfungsi mengeliminasi radikal bebas anion superoksida, menstimulasi proliferasi sel imun (limfosit), serta bertindak sebagai kofaktor esensial dalam hidroksilasi prolin untuk sintesis kolagen epidermis.
- b. **Vitamin E:** Bersifat lipofilik (larut lemak), bertugas memproteksi integritas lapisan ganda lipid (*lipid bilayer*) pada membran sel dari ancaman peroksidasi eksogen, sekaligus menjaga kelembapan stratum korneum kulit.

Sinergisme kedua vitamin ini didukung oleh mineral makro esensial seperti Kalium (K), yang meregulasi potensial aksi otot jantung dan tekanan osmotik sel, serta Kalsium (Ca) yang menginisiasi mineralisasi matriks tulang dan gigi.

Tabel 8. 1 Komposisi Gizi dan Mineral per 100 gram Daging Buah Matoa Segar

Komponen Nutrisi / Mineral	Kadar Kandungan per 100 gram	Fungsi Fisiologis Utama bagi Tubuh Manusia
Air	75,2% – 81,8%	Menjaga homeostasis hidrasi cairan intraseluler dan turgor sel.
Karbohidrat Total	16,4 gram – 21,2 gram	Penyedia energi harian instan melalui jalur glikolisis sel.
Serat Pangan (<i>Dietary Fiber</i>)	1,4 gram	Meningkatkan volume feses dan

		mendukung kelancaran peristaltik kolon.
Vitamin C (Asam Askorbat)	45 mg – 54 mg	Agen antioksidan hidrofilik, imunitas humoral, dan biosintesis kolagen.
Vitamin E (Tokoferol)	1,2 mg	Antioksidan lipofilik, memproteksi membran sel, dan agen anti-penuaan dini.
Kalsium (Ca)	24 mg	Regulasi deposisi hidroksiapatit pada matriks tulang dan fungsional gigi.
Kalium (K)	185 mg	Regulasi pompa natrium-kalium, keseimbangan osmotik, dan konduksi saraf.

Sumber: Data Komposisi Pangan Indonesia, Kementerian Kesehatan RI, serta Analisis Laboratorium Kimia Pangan Terpadu (Diolah, 2026).

8.2 Urgensi Hilirisasi Pasca-Panen dan Fisiologi Klimakterik Buah

Tantangan struktural terbesar dalam tata niaga matoa bersumber dari karakteristik fisiologis buahnya yang bersifat klimakterik. Pasca-pemisahan dari tangkai pohon (*detachment*), buah matoa tidak mengalami dormansi seluler, melainkan memasuki lonjakan laju respirasi secara eksponensial yang disertai dengan biosintesis gas etilen internal secara masif. Aktivitas biokimia ini mempercepat degradasi makromolekul dinding sel yang berujung pada fase senesens (pembusukan).

Meskipun eksokarp (kulit cangkang luar) berstruktur kaku, lapisan arilus di dalamnya sangat rentan terhadap cekaman suhu ruang (27°C–30°C). Jaringan arilus akan mengalami pelunakan

struktural (*softening*) akibat hidrolisis pektin, kehilangan daya renyah (*turgor*), serta memicu fermentasi anaerobik (pembentukan aroma alkohol) hanya dalam rentang waktu 3 hingga 5 hari.

Kendala umur simpan (*shelf life*) yang sangat singkat ini mengharuskan adanya intervensi teknologi pasca-panen (hilirisasi). Diversifikasi produk olahan bukan sekadar katup pengaman pembusukan, melainkan instrumen untuk menciptakan produk bernilai tambah tinggi (*value-added products*) yang memiliki stabilitas pasar ekspor jangka panjang.

8.3 Diversifikasi Industri Pangan Olahan Arilus Premium

Karakteristik organoleptik daging buah matoa menawarkan fleksibilitas tinggi untuk diadopsi ke dalam sektor industri pangan sekunder modern:

- a. **Ekstraksi Sari Buah Berbasis Metode *Cold-Pressed*:** Daging buah diproses menggunakan sistem pengepresan dingin (*cold-pressed*). Metode mekanis nir-panas ini mampu mengisolasi cairan seluler arilus tanpa merusak komponen esensial seperti vitamin dan senyawa volatil aromatik. Sari buah kemudian distabilkan melalui teknologi *High Temperature Short Time* (HTST) kilat, menghasilkan produk minuman fungsional premium.
- b. **Teknologi Pengalengan (*Canned Matoa in Syrup*):** Varian matoa berdaging tebal dan renyah (seperti Matoa Thailand atau Kuning Jambi) dipisahkan secara aseptik dari bijinya, dikemas dalam kaleng steril bersama media larutan sirup encer (*light syrup*), dan ditutup kedap udara (*seaming*). Proses termal autoklaf pada tekanan terkendali mampu menonaktifkan enzim endogen dan menghentikan sifat klimakterik buah, memperpanjang masa kedaluwarsa hingga 12–18 bulan tanpa degradasi tekstur.
- c. **Manufaktur Selai dan Jeli Ekstrusi Fungsional:** Varian lokal dengan kadar air tinggi dialokasikan untuk industri selai.

Memfaatkan rekayasa hidrokoloid (penambahan pektin komersial dan penyesuaian pH optimum via asam sitrat alami), daging buah dimasak pada bejana vakum bersuhu rendah (*vacuum evaporation*) guna mempertahankan stabilitas senyawa antioksidan. Produk akhirnya berupa jeli olesan fungsional bernilai ekonomi tinggi.

8.4 Implementasi Konsep Zero Waste pada Biomassa Limbah Matoa

Melalui pendekatan Ekonomi Sirkular, fraksi biomassa non-konsumsi (kulit cangkang dan biji) direposisi dari "limbah pertanian" (*agricultural waste*) menjadi bahan baku (prekursor) industri bernilai guna tinggi melalui rekayasa termokimia dan pemurnian fitokimia.

8.4.1 Valorisasi Industri Kulit Cangkang Buah Matoa

Kulit buah matoa (eksokarp) adalah gudang penyimpanan senyawa metabolit sekunder yang melimpah, terutama dari golongan tanin kondensasi (*proanthocyanidins*) dan polifenol (Suzuki et al., 2021).

- a. **Agen Fiksasi & Pewarna Alami Tekstil Ramah Lingkungan:** Dalam industri sustainable fashion, ekstrak kulit matoa menawarkan solusi teknis sebagai agen fiksator alami (mordant). Senyawa tanin pekatnya memiliki gugus hidroksil fenolik yang membentuk ikatan kovalen kuat dengan serat protein (sutra/wol) maupun selulosa (katun/linen). Ekstrak ini menghasilkan rona warna cokelat eksotis (earth tone) yang memenuhi standar ketahanan luntur fungsional dunia (International Colorfastness Standards).
- b. **Formulasi Kosmetik Fungsional Anti-Penuaan (Anti-Aging):** Fraksi kaya flavonoid dari cangkang matoa menunjukkan bioaktivitas antioksidan luar biasa dalam meredam radikal bebas eksogen yang merusak struktur

kolagen epidermis. Sifat bakteriostatik organikya juga menjadikan ekstrak ini bahan aktif prospektif untuk losion anti-wrinkle dan sabun antiseptik herbal.

8.4.2 Valorisasi Termokimia dan Biokimia Biji Matoa

- a. **Isolasi Tepung Pati (Substitusi Industri Pangan/Farmasi):** Biji matoa menyimpan karbohidrat kompleks. Melalui proses detoksifikasi termal untuk mengeliminasi senyawa antinutrisi (saponin), biji dapat dikonversi menjadi tepung pati murni. Karakteristik amilosa strukturalnya yang stabil sangat potensial sebagai bahan pengisi (*excipient*) pada industri tablet farmasi atau formulasi pakan ternak.
- b. **Sintesis Karbon Aktif Premium (*Activated Carbon*):** Kerapatan densitas biji memosisikannya sebagai prekursor karbon unggul. Melalui proses pirolisis (karbonisasi nir-oksigen pada suhu 500°C–700°C) dan aktivasi asam kuat, biomassa ini diubah menjadi arang berpori mikro. Karbon aktif ini memiliki daya adsorpsi polutan tinggi, sangat laku untuk filtrasi air, penjernih emisi gas, dan penyerap kontaminan logam berat.

8.4.3 Strategi Implementasi Ekonomi Sirkular dalam Perkebunan

Untuk mewujudkan efisiensi ini, diperlukan pendekatan *Integrated Biorefinery* di area perkebunan. Unit pengolahan limbah ditempatkan dekat dengan pusat panen (sentralisasi), didukung oleh kemitraan dengan industri tekstil/kosmetik. Pemberdayaan ini membebaskan petani dari ketergantungan pendapatan tunggal (hanya dari buah segar), meningkatkan ketahanan ekonomi, dan mewujudkan perkebunan yang 100% bebas limbah.

8.5 Karakterisasi Fitokimia dan Bioaktivitas Farmakologis Jaringan Vegetatif

Di luar organ generatifnya, jaringan vegetatif pohon matoa—terutama daun (*folium*) dan kulit batang (*cortex*)—merupakan biopabrik metabolit sekunder yang sangat kaya. Eksplorasi laboratorium membuktikan bahwa kedua organ ini memiliki landasan farmakologis yang kuat sebagai agen terapeutik medis.

8.5.1 Potensi Farmakologis Ekstrak Daun Matoa (*Foliage Bioactivity*)

Daun matoa didominasi oleh fraksi senyawa polar (flavonoid, tanin terhidrolisis, dan kumarin).

- a. **Aktivitas Antioksidan Spektrum Tinggi:** Uji laboratorium (metode DPPH) menunjukkan ekstrak etanol daun matoa memiliki nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration*) mencapai 1,403 $\mu\text{g/mL}$ (Islami et al., 2021). Angka ini tergolong sangat aktif, artinya dalam konsentrasi yang sangat mikro, ekstrak daun mampu mereduksi 50% aktivitas radikal bebas, menjadikannya kandidat kuat untuk agen kemoprotektif.
- b. **Bio-Reduktor pada Nanoteknologi Farmasi:** Gugus hidroksil dari polifenol daun terbukti mampu menjadi agen pereduksi alami (*green synthesis*) dalam pembuatan nanopartikel perak (AgNPs) berukuran homogen yang sangat krusial dalam pembuatan pembalut luka antiseptik modern (Handayani et al., 2020).
- c. **Efek Antidiabetik Teruji:** Ekstrak daun terbukti mampu bekerja sebagai inhibitor kompetitif terhadap aktivitas enzim alfa-glukosidase (Utoro et al., 2022). Mekanisme ini memperlambat hidrolisis karbohidrat di saluran cerna, mencegah terjadinya lonjakan gula darah pasca-prandial pada penderita Diabetes Melitus tipe-2.

8.5.2 Potensi Antimikroba Ekstrak Kulit Batang (*Cortex Bioactivity*)

Kulit batang (*cortex*) berevolusi menyimpan senyawa pertahanan konsentrasi tinggi dari golongan saponin, triterpenoid, dan alkaloid.

- a. **Daya Hambat Kuat Terhadap Bakteri Patogen:** Uji difusi agar *in vitro* membuktikan ekstrak kasar kulit batang memiliki pengaruh antibakteri yang mematikan terhadap *Staphylococcus aureus* (Ngajow et al., 2013). Saponin dan triterpenoid merusak permeabilitas dinding sel sterol bakteri, memicu lisis seluler (kebocoran). Hal ini memvalidasi tradisi penggunaan air rebusan kulit kayu matoa sebagai obat kumur antiseptik dan pembersih luka terbuka.

Tabel 8.2 Ringkasan Fitokimia dan Manfaat Kesehatan Organ Non-Konsumsi Matoa

Organ Tanaman	Senyawa Bioaktif Utama	Parameter Laboratorium / Uji Bioaktivitas	Aplikasi Spesifik di Bidang Kesehatan
Daun (<i>Folium</i>)	Flavonoid, Tanin Terhidrolisis, Kumin, Alkaloid	Nilai IC_{50} DPPH: 1,403 $\mu\text{g/mL}$ (Sangat Aktif)	Agen penangkap radikal bebas, suplemen anti-penuaan, bio-reduktor AgNPs, dan terapi antidiabetik (alfa-glukosidase inhibitor).
Kulit Batang (<i>Cortex</i>)	Saponin pekat, Triterpenoid, Tanin Kondensasi	Uji Difusi Agar: Zona hambat positif signifikan terhadap <i>S. aureus</i>	Antibiotik alami, agen koagulasi luka terbuka, penekan infeksi bakteri

			patogen, pengawet pangan organik (<i>green preservative</i>).
--	--	--	--

Sumber: Sintesis Data Hasil Riset Fitokimia *Pometia pinnata* (Kuspradini et al., 2016; Islami et al., 2021; Ngajow et al., 2013), Diolah kembali (2026).

8.6 Perspektif Pengembangan *Pometia pinnata* Sebagai Obat Herbal Terstandar (OHT) dan Fitofarmaka

Hilirisasi riset fitokimia matoa tidak boleh berhenti pada skala laboratorium (hulu). Guna menghasilkan dampak ekonomi dan medis yang masif, peta jalan (*roadmap*) pengembangan bioprospeksi matoa harus diarahkan pada pemenuhan regulasi standardisasi obat bahan alam (BPOM RI).

8.6.1 Standardisasi Parameter Menuju Tier Obat Herbal Terstandar (OHT)

Untuk menaikkan kelas sediaan daun dan kulit kayu dari sekadar empiris (Jamu) menjadi OHT, prasyarat ilmiah praklinis (*in vitro* dan *in vivo*) harus dilengkapi dengan kodifikasi dokumen standardisasi *batch* industri, meliputi:

- Parameter Spesifik:** Menetapkan batas kadar senyawa penanda (*marker compound*), seperti penetapan kadar Flavonoid Total (TFC) secara mutlak pada setiap ekstraksi pabrik.
- Parameter Non-Spesifik:** Standardisasi mutu simplisia kering agar bebas kontaminan, meliputi uji batas kadar air (<10%), abu total, cemaran logam berat (Pb, Cd, As), serta nihil cemaran mikroba.

8.6.2 Akselerasi dan Tantangan Peta Jalan (*Roadmap*) Menuju Fitofarmaka

Fitofarmaka merupakan kasta tertinggi regulasi herbal, di mana obat alam telah disetarakan dengan obat medis sintetis karena

terbukti klinis pada manusia. Peluang fraksi antidiabetik daun matoa menuju Fitofarmaka memerlukan:

- a. **Uji Toksisitas Akut & Kronis:** Pengujian pada hewan untuk memastikan tidak ada efek mutagenik atau kerusakan organ (hepatotoksik/nefrotoksik) akibat konsumsi jangka panjang.
- b. **Uji Klinis Fase I, II, dan III:** Pengujian pada relawan sehat dan pasien diabetes untuk validasi efikasi medis skala luas.

Tantangan utama dalam hilirisasi Fitofarmaka matoa terletak pada konsistensi pasokan bahan baku. Perbedaan agroklimat dan keragaman fenotipe (seperti yang diulas pada Bab 3 dan 4) sangat memengaruhi fluktuasi kadar genetik biologis. Oleh karena itu, pengaplikasian SOP Manajemen Kebun Presisi (Bab 5) adalah fondasi wajib yang menjadi garansi keseragaman mutu materi tanaman bagi masa depan industri farmasi nasional.

BAB 9

TEKNO-EKONOMI PERKEBUNAN DAN MANAJEMEN RISIKO AGRIBISNIS MATOA

Pengembangan agribisnis matoa (*Pometia pinnata*) berskala komersial memerlukan perencanaan manajerial yang integral, di mana aspek teknis budidaya di lapangan harus sejalan dengan efisiensi pengelolaan modal. Investasi pada tanaman buah tahunan memiliki karakteristik *long-term asset* dengan masa tunggu produksi yang signifikan; oleh karena itu, penguasaan atas instrumen tekno-ekonomi dan mitigasi risiko menjadi determinan utama keberhasilan sebuah korporasi atau perkebunan rakyat.

Bab ini mengupas tuntas struktur investasi (*CapEx*), operasional (*OpEx*), simulasi finansial, hingga strategi mitigasi risiko sistemik dalam mengelola perkebunan matoa intensif.

9.1 Analisis Struktur Biaya Investasi Awal (*CapEx*)

Pembangunan perkebunan matoa skala komersial memerlukan perencanaan *Capital Expenditure (CapEx)* yang presisi pada fase pra-produksi. Struktur biaya ini meletakkan fondasi produktivitas kebun untuk rentang waktu siklus hidup tanaman (20–25 tahun). Komponen alokasi *CapEx* meliputi:

- a. **Pembersihan Lahan (*Land Clearing*):** Pembersihan vegetasi liar menggunakan metode mekanis atau manual *zero burning* (tanpa bakar) untuk menjaga integritas mikroba dan hara makro pada lapisan *top soil*.
- b. **Infrastruktur Dasar:** Pembangunan sistem drainase mikro-makro yang terintegrasi (untuk mencegah genangan air yang memicu busuk akar), pembuatan lubang tanam standar berdimensi 60 cm x 60 cm x 60 cm, serta pemasangan ajir untuk stabilitas bibit.
- c. **Pengadaan Bibit Unggul Klonal:** Pembelian bibit hasil perbanyakan vegetatif (*grafting* murni) varietas unggul bersertifikat untuk menjamin keseragaman genetik (homogenitas) dan mempercepat sifat genjah.
- d. **Sarana Produksi Mula (*Saprotan*):** Aplikasi pupuk dasar organik (diperkaya *Trichoderma*), kapur pertanian (dolomit) untuk normalisasi pH tanah podsolik/ultisol, serta instalasi jaringan irigasi tetes (*drip irrigation*) pada tahun pertama sebagai investasi efisiensi air.

9.2 Proyeksi Biaya Operasional Tahunan (*OpEx*) dan Manajemen Tenaga Kerja

Efisiensi agribisnis ditentukan oleh tata kelola biaya operasional (*Operational Expenditure/OpEx*) hingga tanaman memasuki fase menghasilkan (TM). Pengukuran efektivitas lapangan diukur melalui hitungan Hari Kerja (HK). Siklus *OpEx* tahunan terbagi menjadi dua fase krusial:

- a. **Fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM - Tahun 1 sampai 3):** Fokus pembiayaan diarahkan pada upah tenaga kerja untuk penyiangan piringan pohon (*weeding*), pemupukan rutin dengan kadar Nitrogen tinggi untuk pacu vegetatif, pemangkasan bentuk Sistem Arsitektur 1-3-9, serta monitoring dini terhadap OPT (terutama kutu putih).

- b. **Fase Tanaman Menghasilkan (TM - Tahun 4 dan seterusnya):** Pergeseran alokasi biaya terjadi pada pengadaan pupuk generatif (Kalium-Fosfor-Boron), kebutuhan biaya kain pembungkus buah (*fruit cover*) skala massal untuk mitigasi hama penggerek *Conopomorpha cramerella*, serta lonjakan upah tenaga kerja untuk panen dan pemulihan tajuk pascapanen.

9.3 Matriks Simulasi Analisis Usaha Tani

Berikut adalah simulasi proyeksi finansial untuk populasi 100 pohon matoa (jarak tanam 10 m x 10 m, asumsi 1 Ha) menggunakan standar bibit *grafting* premium:

Tabel 9.1 Simulasi Finansial dan Cash Flow Agribisnis 100 Pohon Matoa

Tahun Ke-	Status Tanaman	Estimasi Biaya (CapEx+OpEx) (Rp juta)	Proyeksi Panen/ Pohon (Kg)	Pendapatan Kotor (Rp)	Arus Kas Bersih (Net Cash Flow) (Rp juta)
1	TBM-1 (Tanam)	25	0	0	25
2	TBM-2 (Rawat)	8	0	0	8
3	TBM-3 (Pupuk Gen)	10	0	0	10
4	TM-1 (Panen)	12	15	37,5	+ 25,5
5	TM-2 (Stabil)	15	30	75	+ 60
6	TM-3 (Puncak)	15	50	125	+ 110

Sumber: Laboratorium Manajemen Agribisnis Universitas Graha Karya Muara Bulian (Data Diolah 2026, tidak dipublikasikan).

9.4 Analisis Indikator Kelayakan Investasi (NPV, IRR, Payback Period)

Untuk menilai tingkat profitabilitas investasi, digunakan tiga instrumen analisis ekonomi hortikultura:

- a. **Net Present Value (NPV):** Nilai NPV positif menandakan bahwa akumulasi pendapatan bersih dari penjualan matoa di masa depan jauh melebihi nilai modal yang diinvestasikan pada tahun awal.
- b. **Internal Rate of Return (IRR):** Proyeksi IRR matoa berada di atas tingkat suku bunga acuan bank, menunjukkan efisiensi pengembalian modal yang sangat kompetitif dibandingkan deposito atau instrumen investasi konvensional lainnya.
- c. **Payback Period (PBP):** Titik balik modal (*Break-Even Point*) diproyeksikan tercapai pada akhir Tahun ke-4 atau awal Tahun ke-5. Kecepatan ini dimungkinkan oleh penggunaan bibit vegetatif yang mempercepat fase *juvenile* dan tingginya harga pasar produk matoa premium.

9.5 Manajemen Risiko Agribisnis dan Mitigasi Kegagalan

Manajemen risiko yang terukur adalah elemen vital bagi keberlanjutan perkebunan:

- a. **Mitigasi Risiko Kerusakan Infrastruktur:** Akar lateral matoa dewasa memiliki kekuatan destruktif (daya ungkit) yang tinggi. Mitigasi wajib dilakukan dengan penegakan disiplin *buffer zone* (jarak tanam minimum 15 meter) dari bangunan utama, gudang, atau jaringan perpipaan bawah tanah guna menghindari biaya rehabilitasi beton di masa depan.
- b. **Mitigasi Risiko Kegagalan Musim (*Seasonality*):** Untuk menghindari anjloknya harga akibat *over-supply* saat panen raya, pengelola wajib menerapkan teknologi *Multi-Grafting* guna memecah siklus biologis kanopi agar masa panen terjadi secara bertahap (*staggered harvesting*). Selain itu, pengalihan produk segar menuju hilirisasi olahan (selai/kaleng) berfungsi sebagai *buffer* ekonomi.
- c. **Mitigasi Risiko Hama Endemik:** Kegagalan panen akibat serangan ulat buah diantisipasi melalui protokol pembungkusan buah secara mekanis (*fruit bagging*) yang dilakukan secara

sistematis sejak fase *anthesis* buah, serta sanitasi pascapanen secara total di area piringan pohon untuk memutus siklus hidup pupa di dalam tanah.

Dengan mengintegrasikan analisis tekno-ekonomi yang presisi dan manajemen risiko yang proaktif, agribisnis matoa bukan sekadar usaha menanam pohon buah, melainkan model investasi berbasis sirkularitas yang memiliki profil risiko terukur dan potensi keuntungan jangka panjang yang sustainabel.

BAB 10

ANALISIS KELESTARIAN DAN ADAPTASI MATOA TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Keberlangsungan agribisnis matoa (*Pometia pinnata*) tidak terlepas dari stabilitas ekosistem tempat ia tumbuh. Di tengah ancaman krisis iklim global, matoa menempati posisi unik sebagai tanaman eksotis hutan hujan tropis yang memiliki potensi ganda: sebagai agen mitigasi yang tangguh sekaligus entitas biologis yang rentan terdampak cekaman cuaca. Bab ini menganalisis secara mendalam bagaimana perubahan pola cuaca ekstrem memengaruhi siklus fenologi dan produktivitas matoa, serta merumuskan strategi kelestarian komprehensif yang harus diterapkan untuk menjaga keberlanjutan plasma nutfah dan profitabilitas agribisnis di masa depan.

10.1 Matoa sebagai Agen Mitigasi Perubahan Iklim

Pohon matoa memiliki profil ekologis yang sangat kuat sebagai penyerap karbon (*carbon sequestration*). Sebagai pohon berumur panjang (mencapai puluhan hingga ratusan tahun) dengan tajuk kanopi yang luas dan sistem perakaran dalam (*deep root system*), matoa berperan aktif dalam menyeimbangkan emisi gas rumah kaca di atmosfer.

- a. **Penyimpanan Karbon Biomassa (*Biomass Carbon Sink*):** Struktur kayu matoa (yang dikenal di pasar perikanan global sebagai Kayu Kasai) memiliki tingkat kepadatan tinggi. Kayu keras ini merupakan bentuk penyimpanan karbon jangka panjang yang sangat efektif. Semakin besar diameter batang dan volume tajuk yang dihasilkan, semakin tinggi tonase CO_2 yang berhasil dikunci oleh tanaman dari atmosfer ke dalam biomassa vegetatifnya.
- b. **Fungsi Hidrologis dan Konservasi Tanah:** Sistem perakaran tunjang matoa yang masif berfungsi seperti jaring alami yang mengikat agregat tanah. Hal ini sangat penting untuk menjaga porositas tanah, meningkatkan laju infiltrasi air hujan, dan mencegah erosi parah pada lahan berbukit. Secara tidak langsung, tutupan lahan oleh perkebunan matoa mampu menjaga stabilitas tata air (hidrologi) di wilayah daerah aliran sungai (DAS) sekitarnya.
- c. **Perbaikan Iklim Mikro:** Kanopi matoa yang rindang memberikan efek naungan yang signifikan, yang mampu menurunkan suhu permukaan tanah dan mengurangi laju evaporasi, sehingga menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk dan lembap bagi mikrobioma tanah.

10.2 Dampak Perubahan Iklim terhadap Fenologi dan Produktivitas

Meskipun memiliki daya tahan alami, perubahan pola curah hujan yang tidak menentu (seperti anomali *El Niño* yang memicu kekeringan dan *La Niña* yang memicu hujan berkepanjangan) memberikan tekanan fisiologis yang besar pada siklus hidup matoa:

- a. **Gangguan Inisiasi Bunga (Fenofisiologi):** Matoa sangat sensitif terhadap kelembapan dan fluktuasi suhu. Suhu yang terlalu ekstrem atau fluktuatif dapat mengganggu proses inisiasi bunga. Kekeringan ekstrem yang berkepanjangan menyebabkan tanaman kehilangan cadangan energi,

sementara musim hujan yang tidak berhenti mencegah tanaman mengalami *dry spell* (masa kering singkat) yang krusial untuk memicu sintesis hormon florigen. Akibatnya, bunga rentan rontok dan persentase *fruit set* (pembentukan buah) menurun drastis.

- b. **Ancaman *Waterlogging* (Genangan Air):** Intensitas hujan yang ekstrem akibat perubahan iklim rentan memicu genangan air pada lahan berdrainase buruk. Matoa diketahui tidak mentoleransi kondisi tanah yang tergenang (*waterlogging*) dalam waktu lama, karena kondisi anaerobik ini dapat memicu asfiksia (kekurangan oksigen) pada zona perakaran yang berujung pada pembusukan akar.
- c. **Ledakan Populasi Hama dan Penyakit:** Peningkatan suhu rata-rata mempercepat siklus metabolisme dan reproduksi serangga pengganggu, seperti penggerek buah (*Conopomorpha cramerella*). Di sisi lain, peningkatan kelembapan akibat curah hujan tak menentu memicu penyebaran spora patogen jamur tular tanah (*soil-borne pathogens*) secara lebih agresif.
- d. **Stres Fisiologis pada Kualitas Buah:** Ketidakpastian cuaca memicu stres termal pada tanaman. Pada fase pengisian buah, transisi mendadak dari cuaca kering ke hujan lebat sering mengakibatkan sel-sel kulit buah gagal mengimbangi ekspansi arilus (daging buah) yang menyerap air dengan cepat, sehingga meningkatkan risiko buah pecah (kraking) sebelum matang.

10.3 Strategi Kelestarian Berbasis Agroforestri

Untuk menjaga kelestarian matoa di tengah krisis iklim, sistem perkebunan harus bertransformasi dari pendekatan monokultur yang rentan menjadi sistem ekologis yang lebih resilien (tangguh):

- a. **Integrasi Sistem Agroforestri:** Menanam matoa bersama spesies pohon keras lainnya (seperti tanaman penghasil

resin atau kayu lainnya) atau mengintegrasikannya ke dalam ekosistem pekarangan hutan. Tanaman pendamping dapat berfungsi sebagai penahan angin (*windbreaker*) untuk melindungi bunga matoa dari kerontokan. Integrasi ini menstabilkan iklim mikro dan mengoptimalkan siklus hara.

- b. **Penggunaan Tanaman Penutup Tanah (*Cover Crops*):** Mengaplikasikan kacang-kacangan (*Leguminosae*) sebagai tanaman penutup tanah sangat dianjurkan. Selain menekan pertumbuhan gulma, *cover crops* membantu mempertahankan kelembapan tanah selama musim kemarau dan menyumbang fiksasi nitrogen alami.
- c. **Manajemen Hidrasi dan Drainase Presisi:** Mengingat ancaman kekeringan yang lebih sering, pembangunan infrastruktur konservasi air seperti embung, rorak, atau sistem irigasi tetes (*drip irrigation*) menjadi kebutuhan krusial. Sebaliknya, pembuatan parit drainase yang memadai mutlak diperlukan untuk mencegah *waterlogging* saat musim hujan ekstrem.

10.4 Adaptasi melalui Seleksi Genetik (*Resilience Breeding*)

Teknologi pemuliaan tanaman (*plant breeding*) masa depan tidak boleh hanya berfokus pada ukuran buah dan rasa manis, tetapi juga harus diarahkan pada ketahanan ekologis:

- a. **Seleksi Genotipe Toleran Cekaman:** Mengidentifikasi dan mengisolasi individu-individu matoa lokal yang secara alami menunjukkan produktivitas stabil meskipun tumbuh di lahan marginal (seperti tanah masam dengan pH rendah) atau pada kondisi curah hujan ekstrem.
- b. **Optimalisasi Batang Bawah (*Rootstock*):** Dalam teknologi perbanyakan vegetatif (seperti *grafting*), seleksi harus difokuskan pada pencarian batang bawah dari varietas matoa liar yang memiliki perakaran agresif dan adaptif

terhadap cekaman genangan maupun kekeringan, guna menopang batang atas (*scion*) yang bernilai komersial tinggi.

- c. **Konservasi *In-situ* dan *Ex-situ*:** Mendokumentasikan dan memelihara populasi matoa liar yang tersisa di habitat asli (khususnya kawasan Indonesia Timur dan Papua) sangat vital. Plasma nutfah liar ini menyimpan keanekaragaman genetik (*gene pool*) yang menyandikan sifat-sifat adaptif terhadap perubahan iklim, yang sangat berguna bagi persilangan di masa depan.

10.5 Menuju Agribisnis Matoa yang Berkelanjutan

Kelestarian matoa adalah investasi antar-generasi. Para pemangku kepentingan (petani, akademisi, dan investor) harus memandang pohon matoa bukan sekadar komoditas panen musiman, melainkan sebagai entitas ekologis yang bernilai tinggi secara jangka panjang.

- a. **Sertifikasi Keberlanjutan dan Perdagangan Karbon:** Mendorong praktik *Good Agricultural Practices* (GAP) yang ramah lingkungan dan organik. Ke depan, perkebunan matoa berpotensi masuk ke dalam skema perdagangan karbon (*carbon offset*), sehingga petani tidak hanya meraup keuntungan dari penjualan buah dan kayu industri, tetapi juga mendapatkan insentif ekonomi dari kemampuannya menyerap karbon.
- b. **Pemanfaatan Sisa Biomassa (*Zero Waste Circular Economy*):** Keberlanjutan juga mencakup efisiensi pemanfaatan sisa panen. Daun, cangkang, dan biji matoa yang kaya akan senyawa fitokimia seperti saponin, dapat diolah lebih lanjut menjadi produk pestisida nabati atau diekstraksi untuk kebutuhan industri herbal, sehingga mengurangi limbah pertanian.
- c. **Edukasi dan Pelibatan Komunitas:** Mengedukasi masyarakat lokal mengenai teknik identifikasi varietas dan

pengukuran kualitas buah (seperti derajat *Brix*). Pelibatan aktif komunitas menjamin bahwa warisan genetik matoa tetap terjaga dan dikelola dengan bijak secara partisipatif oleh generasi mendatang.

BAB 11

MASA DEPAN DAN INOVASI BUDIDAYA: MENTRANSFORMASI MATOA MENJADI KOMODITAS STRATEGIS

Dunia budidaya hortikultura saat ini sedang berada di titik balik sejarah. Tantangan lonjakan populasi global, degradasi mutu lingkungan, serta krisis iklim yang ekstrem memaksa para pelaku agribisnis untuk meninggalkan paradigma pertanian konvensional yang bersifat eksploitatif menuju sistem yang berbasis data, cerdas, presisi, dan sirkular. Di tengah meningkatnya apresiasi pasar global terhadap buah-buahan tropis eksotis, matoa (*Pometia pinnata*) muncul sebagai salah satu "mutiara hijau" tersembunyi. Namun, status tanaman ini masih dikategorikan sebagai tanaman buah *underutilized* (belum dimanfaatkan secara optimal), khususnya di wilayah Indonesia Barat seperti Pulau Sumatera dan Provinsi Jambi.

Kondisi *underutilized* tersebut dipertegas oleh sistem registrasi dan tata kelola data komoditas pada Badan Pusat Statistik (BPS). Hingga saat ini, komoditas matoa belum memiliki kodifikasi komersial mandiri yang terpisah dalam pencatatan volume produksi berkala nasional. Matoa masih dikelompokkan ke dalam kategori buah-buahan yang belum diklasifikasikan secara spesifik (*unclassified*) yang masuk ke dalam payung kelompok "buah lainnya". Ketidadaan pemisahan kode statistik ini berimplikasi pada minimnya instrumen data bagi pengambil kebijakan, sehingga

regulasi tata edar, pemetaan potensi ekonomi makro, hingga hilirisasi industri matoa di tingkat regional masih berada pada tahapan marginal.

Oleh karena itu, transisi menuju teknologi budidaya inovatif bukan sekadar pilihan teknis untuk meningkatkan hasil panen, melainkan sebuah keharusan strategis dan politis. Inovasi lintas disiplin harus diterapkan dari fase hulu hingga hilir guna mentransformasi matoa dari sekadar "tanaman pekarangan" (*domesticated yard crop*) menjadi komoditas hortikultura unggulan nasional yang berdaya saing global.

11.1. Pertanian Presisi untuk Matoa (*Precision Agriculture*) dan Kecerdasan Buatan

Pertanian presisi mengubah filosofi manajemen kebun dari yang sebelumnya didominasi oleh "pendekatan berbasis insting dan kebiasaan tradisi" menjadi "pendekatan berbasis big data dan analitik cerdas".

a. Sensor IoT dan Fertigasi Cerdas (*Smart Fertigation*):

Pemasangan jaringan sensor *Internet of Things* (IoT) di area perakaran pohon matoa memungkinkan pemantauan secara *real-time* terhadap parameter kritis tanah, seperti kadar air (matrix potensiometer), fluktuasi pH, suhu mikroklimat, dan konduktivitas elektrik hara (EC). Data yang ditangkap oleh sensor ini kemudian dikirim ke kontroler berbasis komputasi awan (*cloud computing*) untuk mengaktifkan sistem irigasi tetes dan injeksi nutrisi secara otomatis sesuai kebutuhan spesifik fase pertumbuhan pohon (fase vegetatif vs. generatif). Penerapan teknologi ini sangat krusial untuk menstandarisasi kualitas hasil panen, memastikan daging buah matoa tetap tebal, menjaga konsistensi tingkat kemanisan (derajat *Brix*), serta mencegah fenomena pecah buah (*fruit cracking*) yang sering dipicu oleh anomali kelembapan udara dan curah hujan yang tidak menentu.

- b. Drone Multispektral dan Pemetaan Plasma Nutfah Spasial:** Mengingat penyebaran pohon induk matoa lokal sering kali bersifat sporadis dan tumbuh di wilayah dengan topografi yang menantang, penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone yang dilengkapi kamera multispektral menjadi sangat vital. Teknologi ini mampu memetakan indeks vegetasi (seperti NDVI) untuk mendeteksi gejala stres tanaman atau serangan patogen penggerek batang sebelum kerusakan fisik terlihat secara visual.

Lebih jauh lagi, pemetaan digital berbasis koordinat GPS ini menjadi benteng pertahanan dalam menyelamatkan kekayaan genetik lokal. Sebagai contoh, eksplorasi plasma nutfah matoa di Kabupaten Batanghari, Jambi, membuktikan adanya variasi morfologi warna dan bentuk fisik buah yang sangat kaya, mulai dari varian Matoa Merah Muda (Pink), Maroon, Coklat, Ungu, Hitam, hingga varian Kristal/Thailand. Dokumentasi spasial yang akurat memastikan seluruh varietas lokal unggul ini terpetakan dengan baik, melindunginya dari risiko alih fungsi lahan (deforestasi/perkebunan monokultur), sekaligus menyediakan basis data yang sah sebelum varietas tersebut didaftarkan secara resmi sebagai varietas nasional bersertifikat.

11.2 Lingkungan Terkendali (*Controlled Environment Agriculture* - CEA)

Teknologi CEA memberikan kendali penuh atas parameter lingkungan abiotik, yang menjadi jawaban atas hambatan utama perbanyakan bibit matoa yang selama ini memiliki tingkat keberhasilan tumbuh yang fluktuatif.

- a. Smart Nursery dan Otomatisasi Aklimatisasi:** Biji matoa memiliki sifat fisiologis rekalsitran obligat, yang berarti benih tersebut akan segera kehilangan viabilitasnya (mati seluler) jika mengalami dehidrasi atau disimpan pada suhu dingin di bawah 15°C. Melalui fasilitas *Smart Nursery*—yahu

rumah kaca (*greenhouse*) yang dilengkapi dengan sensor suhu, *shading net* otomatis, dan sistem pengkabutan (*mist system*) terprogram—bibit matoa yang baru berkecambah atau bibit hasil sambung pucuk (*grafting*) dapat diletakkan dalam kondisi lingkungan makro yang ideal. Pengaturan spektrum cahaya menggunakan lampu LED khusus tumbuhan (*Grow Lights*) juga mempercepat proses fotosintesis pada fase awal, sehingga meningkatkan *survival rate* bibit elitis dan meminimalkan stres lingkungan saat bibit siap dipindahkan (*transplanting*) ke lapangan.

- b. Integrasi Kultur Jaringan (*Tissue Culture*) dan Sistem Bioreaktor:** Untuk mendukung penanaman matoa dalam skala perkebunan industri komersial, perbanyak vegetatif konvensional (seperti cangkok atau sambung pucuk manual) tidak akan mampu memenuhi kuantitas permintaan bibit yang masif dalam waktu cepat. Inovasi laboratorium melalui kultur jaringan, khususnya pemanfaatan sistem bioreaktor perendaman sementara (*Temporary Immersion Bioreactor System* - TIS), menjadi solusi masa depan. Teknologi ini memungkinkan multiplikasi tunas secara eksponensial dalam kondisi steril, menghasilkan jutaan klon bibit matoa yang seragam, bebas patogen bawaan (*pathogen-free*), serta memiliki vigoritas akar lateral yang kuat guna mempersingkat masa juvenil tanaman.

11.3 Bioteknologi Molekuler dan Rekayasa Rhizosfer: Masa Depan Genetika Matoa

Aplikasi bioteknologi modern diarahkan untuk meretas keterbatasan genetika tanaman matoa hutan, terutama terkait arsitektur pohon yang terlalu tinggi dan masa tunggu berbuah yang relatif lama jika ditanam dari biji.

- a. *Marker-Assisted Selection (MAS)* dan Teknologi CRISPR:** Melalui pemetaan genom dan penggunaan marka molekuler

(*Marker-Assisted Selection*), pemulia tanaman dapat mendeteksi potensi sifat unggul suatu bibit (seperti ketebalan arilus atau ketahanan terhadap kekeringan) semenjak tanaman masih berada di fase persemaian, tanpa harus menunggu pohon berbuah bertahun-tahun. Di masa depan, adopsi teknologi penyuntingan gen seperti CRISPR-Cas9 membuka peluang emas untuk mengidentifikasi dan meregulasi lokus gen yang mengontrol ekspresi pembungaan dan masa juvenil. Hal ini membuka jalan bagi penciptaan kultivar matoa masa depan: berpostur kerdil (*dwarfism*) sehingga memudahkan pemanenan, bersifat genjah (cepat berbuah), serta memiliki resistensi endogen terhadap hama utama.

b. Rekayasa Mikrobioma Rhizosfer untuk Adaptasi Lahan

Marginal: Pengembangan perkebunan matoa skala besar di wilayah Sumatera dihadapkan pada tantangan kesesuaian lahan, di mana jenis tanah didominasi oleh tanah **Ultisol**. Lahan marginal ini memiliki kendala berupa tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah), miskin kandungan unsur hara makro (khususnya Fosfor karena terfiksasi oleh Alumunium), serta tingginya kejenuhan Al yang beracun bagi perakaran tanaman.

Inovasi bioteknologi tanah menjawab tantangan ini melalui aplikasi konsorsium mikrobioma rhizosfer yang spesifik. Penggunaan bakteri penggolong *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) gabungan dari genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*, dikombinasikan dengan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA), bertindak sebagai agen pelarut fosfat dan pemfiksasi nitrogen alami. Mikrobioma ini menyelimuti akar matoa, memperluas area penyerapan hara, dan menetralkan efek toksik Alumunium. Hasilnya, pohon matoa mampu tumbuh secara optimal dan produktif di atas tanah Ultisol marginal tanpa harus bergantung pada aplikasi kapur pertanian (dolomit) secara masif atau pupuk

kimia sintetis berdosisi tinggi yang dapat merusak struktur biologi tanah jangka panjang.

11.4 Budidaya Berkelanjutan dan Bioekonomi Sirkular (*Zero Waste*)

Prinsip ekonomi sirkular diterapkan untuk memastikan bahwa setiap komponen biomassa yang dihasilkan oleh ekosistem perkebunan matoa dikelola secara optimal guna menghasilkan nilai ekonomi tambahan bagi petani.

a. Valorisasi Limbah Biomassa dan Ekstraksi Fitokimia:

Saat musim panen raya, cangkang dan kulit buah matoa sering kali menumpuk menjadi limbah organik. Dalam konsep bioekonomi sirkular, limbah ini diekstraksi karena kaya akan senyawa metabolit sekunder seperti fenolik, flavonoid, dan saponin pekat yang berfungsi sebagai antioksidan alami tinggi. Senyawa fitokimia ini dapat dipasok sebagai bahan baku industri farmasi, obat herbal, maupun kosmeseutikal. Sisa ampas cangkang pasca-ekstraksi kemudian diproses melalui metode pirolisis menjadi bio-arang (*biochar*). *Biochar* ini diaplikasikan kembali ke lahan perkebunan matoa sebagai Amelioran (bahan pembenah tanah) yang sangat efektif dalam mengikat air, mempertahankan hara, dan melakukan sekuestrasi karbon (penyimpanan karbon jangka panjang di dalam tanah).

b. Sistem Agroforestri Terintegrasi (Polikultur): Matoa sangat ideal dijadikan tanaman pelindung utama (*overstory tree*) dalam ekosistem agroforestri multi-strata. Di bawah naungan tajuk matoa yang tidak terlalu rapat, petani dapat mengintegrasikan tanaman bernilai ekonomi tinggi yang membutuhkan naungan parsial, seperti tanaman vanili, lada hitam, atau jahe merah (*intercropping*). Selain itu, sistem ini dapat diintegrasikan dengan peternakan (*silvopastura*). Daun-daun matoa hasil pemangkasan rutin (*pruning*) yang

kaya serat dapat difermentasi menjadi pakan ternak (*silase*), sementara kotoran ternak diolah melalui reaktor biogas menjadi pupuk organik cair super yang dikembalikan untuk menyuburkan kebun matoa. Ini menciptakan sebuah siklus nutrisi tertutup (*closed-loop system*).

11.5 Digitalisasi Rantai Pasok dan Keterlacakan (*Traceability*) Berbasis Blockchain

Transformasi matoa menjadi komoditas strategis menuntut jaminan transparansi dari kebun hingga ke tangan konsumen akhir (*from farm to table*).

Sistem Kodifikasi dan Blockchain untuk Jaminan Autentisitas:

Salah satu hambatan dalam perdagangan buah premium adalah maraknya pemalsuan varietas bibit maupun klaim asal-usul geografis buah. Dengan menerapkan teknologi *Blockchain*, setiap pohon induk matoa yang telah tersertifikasi (misalnya "Matoa Ungu Batanghari") akan memiliki identitas digital unik. Saat panen, setiap kemasan buah matoa akan diberi label QR-Code yang terenkripsi. Ketika konsumen memindai kode tersebut dengan ponsel pintar, mereka dapat melacak seluruh rekam jejak digital buah tersebut secara transparan: titik koordinat GPS kebun asal, tanggal panen, profil analisis kemanisan (*Brix*), nama petani yang merawat, hingga sertifikasi kelestarian lingkungan yang dimiliki. Digitalisasi ini membangun kepercayaan pasar (*market trust*), sekaligus melindungi hak kekayaan intelektual varietas lokal unggul Indonesia dari klaim sepihak.

Tabel 11. 1 Matriks Perbandingan Paradigma Budidaya Komoditas Matoa

Parameter Agribisnis	Budidaya Konvensional (Status Quo)	Budidaya Inovatif & Presisi (Matoa Strategis)
Status Pencatatan Makro	Tidak memiliki kodifikasi mandiri di BPS (masuk kelompok "buah lainnya", data marginal).	Memiliki kodifikasi statistik mandiri, basis data terintegrasi secara nasional untuk kepastian investasi.
Tata Kelola Air & Nutrisi	Penyiraman manual, pemupukan sebar (<i>broadcasting</i>) tidak terukur, pemborosan tinggi.	Otomatisasi via fertigasi cerdas berbasis sensor IoT tanah, efisiensi tinggi, hemat input.
Akurasi Pemetaan Lahan	Penanaman sporadis di pekarangan, minim inventarisasi data geospasial tanaman.	Pemetaan spasial digital menggunakan Drone Multispektral dan koordinat GPS untuk proteksi plasma nutfah.
Sistem Perbanyakan Bibit	Dominan dari biji (rekalsitran cepat rusak), masa juvenil lama (7–10 tahun), sifat genetik beragam.	Perbanyakan klon elitis via Kultur Jaringan (Bioreaktor TIS) dan <i>Smart Nursery</i> , bibit genjah dan seragam.
Proteksi Tanaman	Aplikasi pestisida kimia sintetis secara blanket/dosis tinggi pasca-gejala masif terlihat.	Deteksi dini stres via indeks vegetasi Drone, aplikasi biopestisida nabati, dan rekayasa mikrobioma rhizosfer.

Parameter Agribisnis	Budidaya Konvensional (Status Quo)	Budidaya Inovatif & Presisi (Matoa Strategis)
Pemanfaatan Lahan Marginal	Pertumbuhan terhambat pada tanah masam, produktivitas rendah di lahan luar habitat asli.	Adaptif di tanah Ultisol marginal lewat inokulasi konsorsium PGPR dan Mikoriza pelarut aluminium.
Pengelolaan Limbah Kebun	Cangkang dan daun dibakar atau dibuang menumpuk (menyumbang emisi GRK).	<i>Zero Waste Bioeconomy:</i> Ekstraksi fitokimia kulit buah dan konversi biomassa menjadi <i>Biochar</i> .
Akses & Kepercayaan Pasar	Transaksi tradisional, rentan pemalsuan varietas, harga fluktuatif di tengkulak.	Transparan dan akuntabel menggunakan sistem keterlacakan (<i>Traceability</i>) berbasis <i>Blockchain</i> & QR-Code.

Catatan Penutup

Inovasi teknologi di masa depan pada hakikatnya bukan sekadar tentang otomatisasi mesin, kecerdasan buatan, atau mekanisasi pertanian yang canggih, melainkan tentang membangun **resiliensi ekologis dan kedaulatan hayati**. Bagi komoditas eksotis seperti matoa, segala arsitektur teknologi tinggi ini—mulai dari sensor IoT, rekayasa mikrobioma tanah Ultisol, hingga enkripsi blockchain—hanyalah alat akselerasi. Fondasi kekuatan utamanya tetap bersumber pada kekayaan plasma nutfah lokal yang kita miliki dan jaga hari ini.

Dengan mengawinkan kekayaan genetika lokal (seperti varietas unik yang ditemukan di bumi Batanghari) bersama

teknologi pertanian presisi modern, kita tidak sekadar menyelamatkan matoa dari ancaman kepunahan ekologis di alam liar. Lebih dari itu, kita sedang menyusun cetak biru (*blueprint*) untuk mengangkat derajat buah asli nusantara ini menjadi pilar baru ekonomi hortikultura nasional yang tangguh, berdaulat, berkeadilan bagi petani lokal, serta berkelanjutan lintas generasi.

BAB 12

PENUTUP DAN LANGKAH STRATEGIS MENUJU MASA DEPAN MATOA INDONESIA

Sebagai penutup dari pembahasan mengenai inovasi budidaya, penting untuk menegaskan kembali bahwa teknologi hanyalah alat. Keberhasilan dalam memajukan hortikultura—khususnya komoditas spesifik seperti Matoa—sangat bergantung pada sinergi antara penerapan teknologi modern, manajemen yang adaptif, dan yang paling krusial: pelestarian fondasi genetik kita, yaitu plasma nutfah.

12.1. Menjaga Fondasi: Inventarisasi Plasma Nutfah Matoa

Data yang tersaji dalam buku ini merupakan hasil upaya inventarisasi awal yang bersifat rintisan (*pioneer study*). Kita menyadari sepenuhnya bahwa keragaman varian Matoa (*Pometia pinnata*) di Indonesia sangatlah luas dan tersebar secara sporadis. Hingga saat ini, pendokumentasian yang ada belum mencakup keseluruhan varietas yang tersebar dari pelosok hutan hingga pekarangan rumah masyarakat.

Masih banyak varietas unik, fenotipe langka, dan karakteristik lokal spesifik yang belum terdokumentasi secara formal. Oleh

karena itu, data ini memerlukan proses validasi, pengayaan, dan pengumpulan data lanjutan yang dilakukan secara bertahap dan berkelanjutan.

12.2. Undangan Kolaborasi: Membangun Basis Data Nasional

Indonesia memiliki kekayaan hayati yang luar biasa. Melalui buku ini, kami menyampaikan undangan terbuka kepada para petani, praktisi hortikultura, akademisi, kolektor tanaman, maupun pemerhati flora di seluruh pelosok nusantara untuk berpartisipasi dalam misi pendokumentasian ini.

Jika Anda menemukan pohon Matoa dengan karakteristik unik—seperti perbedaan warna kulit buah, tekstur daging buah yang khas, ketahanan terhadap hama yang luar biasa, atau keunikan bentuk tajuk—partisipasi Anda akan sangat berharga bagi penyempurnaan basis data nasional.

Cara Berkontribusi: Anda dapat mengirimkan data observasi berupa foto (buah, daun, dan batang), lokasi geografis (titik koordinat), serta deskripsi singkat melalui kanal berikut:

Email : masjokolaksono@gmail.com

Setiap data yang masuk akan kami tinjau, validasi, dan kompilasi. Kontribusi Anda bukan sekadar data, melainkan langkah nyata dalam upaya pelestarian hayati yang akan memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan. Data yang tervalidasi akan kami cantumkan sebagai kontributor dalam edisi pemutakhiran buku berikutnya.

12.3. Refleksi dan Harapan

Budidaya masa depan adalah tentang **presisi**, **efisiensi**, dan **harmoni** dengan ekosistem. Dengan menggabungkan teknologi modern—seperti pertanian presisi dan bioteknologi—dengan pelestarian plasma nutfah, kita dapat mengangkat derajat Matoa

dari sekadar tanaman pekarangan menjadi komoditas hortikultura strategis yang berdaulat dan mendunia.

Kita berada di ambang revolusi hijau baru. Mari bersama-sama kita jaga plasma nutfah Matoa Indonesia bagi generasi mendatang. Inovasi yang inklusif, yang dimulai dari pendataan tingkat akar rumput hingga penerapan teknologi tinggi, adalah kunci untuk menciptakan ketahanan pangan dan ekonomi yang berkelanjutan.

Mari bersama-sama kita angkat derajat Matoa Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Acevedo-Rodríguez, P., van Welzen, P. C., Adema, F., & van der Ham, R. W. J. M. (2011). Sapindaceae. Dalam K. Kubitzki (Ed.), *The families and genera of vascular plants* (Vol. X). Springer-Verlag.
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik tanaman hortikultura Indonesia 2024*. Badan Pusat Statistik.
- Bioversity International. (2007). *Guidelines for the development of crop descriptor lists*. Bioversity Technical Bulletin Series.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, 13, 115–155.
- Dachriyanus. (2004). *Analisis struktur senyawa metabolit sekunder*. Andalas University Press.
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Longman.
- Forster, J. R., & Forster, G. (1776). *Characteres generum plantarum: Quas in itinere ad insulas maris australis, collegerunt, descripserunt, delinearunt, annis 1772-1775*. White, Cadell, & Elmsly.
- Jacobs, M. (1962). Pometia (Sapindaceae), a study in variability. *Reinwardtia*, 6(2), 109–144.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Tabel komposisi pangan Indonesia (TKPI)*. Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2021). *Laporan industri kreatif: Pengembangan pewarna alam untuk tekstil dan batik*. Direktorat Jenderal Industri Kecil, Menengah dan Aneka.
- Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. Dalam *Handbuch der Klimatologie*. Borntraeger.

- Kuspradini, H., Pasedan, W. F., & Kusuma, I. W. (2016). Aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak daun *Pometia pinnata*. *Jurnal Jamu Indonesia*, 1(1), 26–34.
- Kuswandi, M., Sobir, & Suwarno, W. B. (2014). Keragaman genetik plasma nutfah buah-buahan tropis lokal Indonesia. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 5(2), 79–88.
- Laksono, B. J., Armando, R., & Lamefa, D. Y. (2026). *Teknik pembiakan tanaman secara vegetatif pada tanaman hortikultura*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S. A. (1981). *Atlas kayu Indonesia: Jilid I*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Ngajow, M., Abidjulu, J., & Kamu, V. S. (2013). Pengaruh antibakteri ekstrak kulit batang matoa (*Pometia pinnata*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* secara in vitro. *Jurnal MIPA UNSRAT*, 2(2), 128–132.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Simons, A. (2009). *Agroforestry database: A tree reference and selection guide* (Versi 4.0). World Agroforestry Centre.
- Pebrianti, S., Nurjanah, S., & Rahmawati, A. (2023). Analysis of volatile organic compounds and flammability profiling of tropical Sapindaceae foliage using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Tropical Crop Science and Biotechnology*, 14(2), 112–125.
- Purwanto, Y., & Makmur, K. (2018). Matoa (*Pometia pinnata* Foster): Local fruit Papua and strategy development. *Jurnal Riset Kehutanan dan Botani*.
- Rahman, M. S., et al. (2020). Valorisasi limbah kulit buah sebagai sumber pewarna alami dan antioksidan dalam industri kosmetik. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*.
- Ramadhan, F., & Hidayat, T. (2024). Inhibitory activity of flavonoids from *Pometia pinnata* leaves against alpha-glucosidase

- enzyme. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(1), 45–53.
- Richards, P. W. (1997). *The tropical rain forest: An ecological study* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1(3), 499–514.
- Siregar, M. A., & Mahfud, T. (2025). Etnobotani dan karakteristik termal biomassa daun segar famili Sapindaceae di kawasan Indonesia barat. *Jurnal Kehutanan Tropis Terapan*, 9(3), 201–214.
- Soerianegara, I., & Lemmens, R. H. M. J. (Eds.). (1993). *Plant resources of South-East Asia (PROSEA) No. 5(1): Timber trees: Major commercial timbers*. Pudoc Scientific Publishers.
- Suzuki, T., Nagata, M., Kagawa, N., Takano, S., & Nomura, J. (2021). Anti-obesity effects of matoa (*Pometia pinnata*) fruit peel powder in high-fat diet-fed rats. *Molecules*, 26(21), 6733.
- Thomson, L. A. J., & Thaman, R. R. (2006). *Pometia pinnata* (tava). Dalam *Species profiles for Pacific Island agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR).
- Utoro, A., et al. (2022). Potensi ekstrak etanol daun matoa sebagai agen antidiabetik melalui mekanisme inhibisi alfa-glukosidase. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 19(2).
- van Welzen, P. C., Slik, J. W. F., & Algra, J. (2005). Plant distribution patterns and plate tectonics in Malesia. *Biologiske Skrifter*, 55, 199–217.
- Vayo Farm. (2023). *Lam Yai Crystal (Crystal Longan): Agricultural documentation of introduced Pometia pinnata in Thailand*. Vayo Farm Publication.
- Wills, R. B. H., McGlasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (2007). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals* (5th ed.). UNSW Press.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Hijau

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	01
Nama Lokasi / Geografis	Batanghari, Jambi
Umur pohon sampel	± 5 tahun
Tanggal Pengamatan	28 April 2026
Nama Varian Lokal	Hijau Polos
Nama Kolektor / Surveyor	B.J. Laksono

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

a. ORGAN AKAR (*Root*):

Sistem perakaran pada umur 5 tahun ini masih belum menampakkan banir di permukaan tanah

b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):

- 1) warna kulit batang coklat bercak putih, permukaan kulit batang halus
- 2) bentuk batang sedikit bersegi, tidak bulat silindris
- 3) umur tanaman ± 5 tahun diameter batang pada ketinggian 1 m diatas permukaan tanah ± 25 cm dan lingkar batang 47 cm



c. ORGAN DAUN (Leaf / Foliage):

- 1) Daun matoa varian warna hijau ini paling pendek dan kecil dibanding varian lainnya
- 2) Panjang tangkai daun sekitar 60 cm, jumlah helai daun rata-rata 10-16 helai
- 3) Ukuran helai daun panjang rata-rata 23 cm, lebar rata-rata bagian tengah 10 cm





d. ORGAN BUNGA (*Flower*):



e. ORGAN BUAH (*Fruit*):

Buah masak tetap berwarna dominan hijau sedikit kekuningan dengan warna yang tetap mengkilat



- f. ORGAN BIJI / BENIH (*Seed*):
Belum terdokumentasi

Lampiran 2. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Kuning

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	02
Nama Lokasi / Geografis	Batanghari, Jambi
Umur pohon sampel	±16 tahun (tahun tanam 2010)
Tanggal Pengamatan	12 Mei 2026
Nama Varian Lokal	Kuning
Nama Kolektor / Surveyor	B.J. Laksono

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

a. ORGAN AKAR (*Root*):

- 1) Sistem perakaran kokoh, jangkauan perakaran melampaui tajuk daun
- 2) Banir perakaran paling tajam dan menonjol diantara jenis varian lain



b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*)

- 1) warna kulit batang coklat bercak putih, permukaan kulit batang lebih halus

- 2) bentuk batang sedikit bersegi, tidak bulat silindris
- 3) umur tanaman 16 tahun diameter batang pada ketinggian 1 m diatas permukaan tanah ± 25 cm , lingkar batang ± 78 cm



c. ORGAN DAUN (*Leaf/Foliage*):



d. ORGAN BUNGA (*Flower*) :

Belum didokumentasikan

e. ORGAN BUAH (*Fruit*):

Sub varian warna : kuning mulus dan kuning berbintik



f. ORGAN BENIH (*Seed*):

Benih lebih kecil, dan terkesan “kosong”



Lampiran 3. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Coklat mulus

I. DATA UMUM KOLEKSI

1. No. Registrasi Sampel : 3
2. Nama Lokasi / Geografis : Empat Lawang, Sumatera Selatan
3. Tanggal Pengamatan : 10 Mei 2026
4. Umur sampel : $\pm$ 22 tahun (tahun tanam 2004)
5. Nama Varian Lokal : Coklat Mulus
6. Nama Kolektor / Surveyor : Abi Danang Saptono
(kontributor)

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

- a. ORGAN BENIH (*Seed*):
Belum terdokumentasi
- b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):
Belum terdokumentasi
- c. ORGAN DAUN (*Leaf / Foliage*):
Belum terdokumentasi
- d. ORGAN BUNGA (*Flower*):
Belum terdokumentasi

e. ORGAN BUAH (*Fruit*):

Varian coklat ini memiliki dua Sub varian warna buah: 1) coklat mulus ; 2) coklat berbintik (belum tersedia data photo)



Lampiran 4. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Merah Muda

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	4
Nama Lokasi / Geografis	Muara Bulian, Batanghari, Jambi
Tanggal Pengamatan	12 Mei 2026
Umur sampel	± 18 tahun (tahun tanam 2008)
Nama Varian Lokal	Merah muda (<i>Phink</i>)
Nama Kolektor / Surveyor	B.J. Laksono

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

a. ORGAN AKAR (*Root*):



b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):



c. ORGAN DAUN (*Leaf / Foliage*):

- 1) Tipikal daun lebih kecil dan panjang
- 2) Daun lebih kaku dibanding jenis lainnya



d. ORGAN BUNGA (*Flower*) :



e. ORGAN BUAH (*Fruit*):



f. ORGAN BENIH (*Seed*):

Belum tersedia dokumentasi photo

Lampiran 5. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Merah Tua (Maroon)

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	5
Nama Lokasi / Geografis	Muara Bulian, Batanghari, Jambi
Tanggal Pengamatan	14 Mei 2026
Umur sampel	20 tahun
Nama Varian Lokal	Merah maroon
Nama Kolektor / Surveyor	B.J. Laksono

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

a. ORGAN AKAR (*Root*) :

Tidak tersedia dokumentasi photo

b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):





- 1) Tipikal batang lurus kokoh , lebih dominan totol putih
- 2) Umur 20 tahun banir menonjol, ukuran lingkar batang pada ketinggian 1 m diatas permukaan tanah $\pm$ 68 cm, diameter 19 cm

c. ORGAN DAUN (*Leaf / Foliage*):

- 1) Tipikal helai daun lebih kecil, dan kaku
- 2) Tangkai daun rata-rata 50 cm





d. ORGAN BUNGA (*Flower*) :

Belum tersedia dokumentasi photo

e. ORGAN BUAH (*Fruit*):



f. ORGAN BENIH (*Seed*):



Lampiran 6. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Ungu

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	6
Nama Lokasi / Geografis	-
Tanggal Pengamatan	2021
Umur sampel	-
Nama Varian Lokal	Ungu
Nama Kolektor / Surveyor	Trubus Maya (2021)

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

- a. ORGAN AKAR (*Root*):
Belum tersedia data
- b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):
Belum tersedia data
- c. ORGAN DAUN (*Leaf / Foliage*):
Belum tersedia data
- d. ORGAN BUNGA (*Flower*):
Belum tersedia data

e. ORGAN BUAH (*Fruit*):



Sumber gambar : Trubus.id

f. ORGAN BENIH (*Seed*):

Belum tersedia data

Lampiran 7. Formulir identifikasi plasma nutfah matoa (*pometia pinnata*) Varian Hitam

I. DATA UMUM KOLEKSI

No. Registrasi Sampel	7
Nama Lokasi / Geografis	-
Tanggal Pengamatan	25 November 2022
Nama Kolektor / Surveyor	Iqbal Shukri
Nama Varian Lokal	Hitam

II. INSTRUMEN DATA VISUAL & KARAKTERISTIK MORFOLOGI

- a. ORGAN AKAR (*Root*) :
Belum tersedia data
- b. ORGAN BATANG & ARSITEKTUR POHON (*Stem & Bark*):
Belum tersedia data
- c. ORGAN DAUN (*Leaf / Foliage*):
Belum tersedia data
- d. ORGAN BUNGA (*Flower*) :
Belum tersedia data

e. ORGAN BUAH (*Fruit*):



Sumber : Trubus.id (2022).

f. ORGAN BENIH (*Seed*):
Belum tersedia data

PROFIL PENULIS



Bangun Joko Laksono, S.P., M.Si. adalah seorang akademisi sekaligus praktisi pertanian yang mendedikasikan karirnya bagi pengembangan tanaman perkebunan industri, hortikultura dan agribisnis berkelanjutan di Indonesia. Saat ini, beliau aktif sebagai dosen dan peneliti di Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Graha Karya Muara Bulian, Jambi.

Sebelum murni terjun ke dunia akademis, beliau memiliki rekam jejak operasional dan manajerial selama sembilan tahun di industri perkebunan kelapa sawit swasta PT. TLS Jambi (1997-2005). Pengalaman mengelola skala perkebunan besar tersebut membentuk cara pandangnya dalam menyusun standardisasi budidaya tanaman tahunan yang presisi, efisien, dan berorientasi industri. Latar belakang profesionalnya memadukan dua dunia yang saling memperkuat: kedalaman teori akademis dan ketajaman empiris lapangan.

Ketertarikannya terhadap tanaman matoa (*Pometia pinnata*) didasari oleh hobi dan konservasi plasma nutfah mandiri. Di pekarangan kediamannya di Jambi, beliau berhasil mendomestikasi dan merawat koleksi hidup 5 varian warna eksokarp matoa yang berbeda (Matoa hijau, Kuning, Merah muda, merah tua (maroon) dan Ungu, sedangkan saat masih berdomisili di Kabupaten Empat Lawang, Sumatera Selatan, memiliki koleksi matoa Cokelat). Kebun koleksi pribadinya ini sekaligus berfungsi sebagai laboratorium mikro harian tempat mengamati secara detail dinamika pertumbuhan benih, fenotipe daun, proses generatif, sensasi

organoleptik daging buah, hingga fenotipe termal daya bakar daun segar matoa. Pengalaman dan pengamatan melalui hasil riset mandiri dituangkan dalam bentuk naskah yang dapat dijadikan rujukan ilmiah.

Melalui buku ini, penulis berharap dapat meletakkan landasan bagi para petani pekebun swadaya, praktisi, investor hortikultura, dan masyarakat umum di Indonesia dalam memodernisasi budidaya buah eksotis Nusantara yang berdaya saing global.