



TEKNOLOGI PANGAN HASIL PERTANIAN TROPIKA LEMBAB

Penulis

- Panggulu Ahmad Ramadhani Utoro
- Lisa Fitri Rahayu
- Nuzlul Musdalifah
- Adhian Dini Khoirina
- Taufikkilah Romadhon
- Nova Solina Purba
- Agustu Sholeh Pujokaroni
- Maghfirotin Marta Banin
- Yulian Andriyani
- Dikianur Alvianto

ISBN 978-623-325-733-8 (PDF)



9

786231

257338

TEKNOLOGI PANGAN HASIL PERTANIAN TROPIKA LEMBAB

Panggulu Ahmad Ramadhani Utoro

Lisa Fitri Rahayu

Nuzlul Musdalifah

Adhian Dini Khoirina

Taufikkilah Romadhon

Nova Solina Purba

Agustu Sholeh Pujokaroni

Maghfirotn Marta Banin

Yulian Andriyani

Dikianur Alvianto



GETPRESS INDONESIA

TEKNOLOGI PANGAN HASIL PERTANIAN TROPIKA LEMBAB

Penulis :

Panggulu Ahmad Ramadhani Utoro

Lisa Fitri Rahayu

Nuzlul Musdalifah

Adhian Dini Khoirina

Taufikkilah Romadhon

Nova Solina Purba

Agustu Sholeh Pujokaroni

Maghfirotn Marta Banin

Yulian Andriyani

Dikianur Alvianto

ISBN : 978-623-125-733-8

Editor : Mila Sari, M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

PENERBIT GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah

Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, April 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas tersusunnya buku “Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab” ini. Buku ini disusun sebagai referensi bagi mahasiswa, akademisi, peneliti, serta praktisi yang ingin memahami lebih dalam tentang tantangan, peluang, dan inovasi dalam bidang teknologi pangan di wilayah tropika lembab.

Buku ini terdiri dari 10 bab, yang masing-masing membahas aspek penting dalam teknologi pangan tropika lembab:

- BAB I Pentingnya Teknologi Pangan dalam Pertanian Tropika
- BAB II Tanaman Pangan Utama dalam Pertanian Tropika Lembab
- BAB III Teknologi Pascapanen Untuk Produk Pangan Tropika Lembab
- BAB IV Proses Pengolahan dan Pengemasan Produk Pangan Tropika Lembab
- BAB V Fermentasi pada Produk Pangan Tropika
- BAB VI Keamanan Pangan dan Standar Kualitas Produk Pangan Tropika Lembab
- BAB VII Teknologi Pengolahan Limbah Pertanian Tropikal Lembab
- BAB VIII Penerapan Bioteknologi dalam Pengolahan Produk Pangan Tropika Lembab
- BAB IX Tren Inovasi Produk Pangan Tropika Lembab
- BAB X Masa Depan Teknologi Pangan dalam Pertanian Tropikal Lembab

Dengan adanya pembahasan ini, diharapkan buku ini dapat memberikan wawasan yang komprehensif dalam pengelolaan dan pengolahan hasil pertanian tropika lembab, serta mendorong inovasi di sektor pangan yang berkelanjutan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini. Kami juga menyadari bahwa buku ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, sehingga kami sangat terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi dunia akademik dan industri pangan, serta berkontribusi dalam pengembangan teknologi pangan yang sesuai dengan kondisi tropika lembab.

Samarinda, Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENTINGNYA TEKNOLOGI PANGAN DALAM PERTANIAN TROPIKA	1
1.1 Pengenalan tentang Iklim Tropika Lembab	1
1.2 Tantangan dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan	3
1.3 Peluang dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan	5
1.4 Strategi Pelaksanaan untuk Pengembangan Peluang dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan	8
DAFTAR PUSTAKA.....	14
BAB II TANAMAN PANGAN UTAMA DALAM PERTANIAN TROPIKA LEMBAB	16
2.1 Peran Tanaman Pangan dalam Ketahanan Pangan ..	16
2.2 Jenis-jenis Tanaman Pangan Utama Tropika Lembab.....	17
2.2.1 Padi.....	17
2.2.2 Jelai	20
2.2.3 Jagung	22
2.2.4 Singkong/Ubi Kayu	24
2.2.5 Ubi jalar.....	26
2.2.6 Lai.....	27
2.2.7 Cempedak	30
2.3 Teknik budidaya dan pengelolaan tanaman pangan tropikal lembab.....	31

DAFTAR PUSTAKA	35
BAB III TEKNOLOGI PASCAPANEN UNTUK PRODUK	
PANGAN TROPIKA LEMBAB	40
3.1 Keanekaragaman Produk Pangan Tropis	40
3.2 Metode Penyimpanan Hasil Pertanian	41
3.2.1 Penyimpanan Suhu Rendah (<i>Cold Storage</i>)	42
3.2.2 Modified Atmosphere Storage (MAS)	45
3.2.3 Penyimpanan Gudang	46
3.3 Metode Pengawetan Hasil Pertanian	48
3.3.1 Pengawetan dengan Pengeringan	48
3.3.2 Pengawetan Secara Kimiawi.....	50
3.3.3 Pengawetan Secara Tradisional	53
3.4 Inovasi dalam Teknologi Pascapanen	56
3.4.1 Nanoteknologi	57
3.4.2 Kemasan Cerdas (<i>Smart Packaging</i>).....	57
3.4.3 Pengolahan dengan Teknologi Non-Termal	58
DAFTAR PUSTAKA	60
BAB IV PROSES PENGOLAHAN DAN PENGEMASAN	
PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB.....	64
4.1 Teknologi Pengolahan dan Pengemasan Pangan	
Tropis	64
4.2 Teknologi Pengolahan Pangan Konvensional.....	65
4.2.1 Blansing (<i>blanching</i>)	65
4.2.2 Penggorengan.....	68
4.3 Teknologi Pengolahan Pangan Modern.....	75
4.3.1 Freeze Drying	76
4.3.2 Ekstruksi.....	78
4.3.3 Pasteurisasi	80
4.3.4 Spray Drying	81
4.4 Teknologi Pengemasan Yang Aman dan Efisien	82
DAFTAR PUSTAKA	87

BAB V FERMENTASI PADA PRODUK PANGAN

TROPIKA	92
5.1 Definisi Fermentasi.....	92
5.2 Mikroorganisme fermentasi	93
5.3 Contoh Penerapan pada Produk Pangan Tropikal Lembab.....	96

DAFTAR PUSTAKA.....	108
----------------------------	------------

BAB VI KEAMANAN PANGAN DAN STANDAR

KUALITAS PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB	116
--	------------

6.1 Konsep Dasar Keamanan Pangan	116
6.2 Standar Kualitas Produk Pangan Tropika Lembab...	121
6.3 Kontaminasi dan Penanganan Risiko.....	123
6.4 Tantangan dalam Keamanan Pangan dan Standar Kualitas.....	124
6.5 Inovasi dan Teknologi dalam Keamanan Pangan.....	124

DAFTAR PUSTAKA.....	128
----------------------------	------------

BAB 7 TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH

PERTANIAN TROPICAL LEMBAB.....	131
---------------------------------------	------------

7.1 Pendahuluan	131
7.2 Limbah Pertanian di Wilayah Tropikal Lembab.....	132
7.3 Dampak Limbah Pertanian terhadap Lingkungan	134
7.4 Penanganan Limbah Pertanian di Daerah tropika lembab	135
7.5 Teknologi Pengolahan Limbah Organik.....	137
7.8 Teknologi Pengolahan Limbah Anorganik.....	138
7.9 Aplikasi Teknologi pada Berbagai Komoditas Pertanian	139
7.10 Tantangan dan Prospek Pengolahan Limbah Pertanian.....	142
7.11 Penutup	144

DAFTAR PUSTAKA.....	145
----------------------------	------------

BAB VIII PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DALAM	
PENGOLAHAN PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB ..	147
8.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Bioteknologi.....	147
8.2 Sejarah dan Perkembangan	148
8.2.1 Bioteknologi Tradisional dalam Pangan	149
8.2.2 Bioteknologi Modern dalam Pangan	150
8.3 Modifikasi Genetik Tanaman (Rekayasa	
Genetika).....	150
8.3.1 Ketahanan terhadap Hama dan Penyakit.....	151
8.3.2 Toleransi terhadap Herbisida	151
8.3.3 Peningkatan Nilai Gizi	152
8.3.4 Toleransi terhadap Stres Lingkungan.....	152
8.4 Peran Bioteknologi dalam Pengolahan Pangan.....	153
8.4.1 Produksi Pemanis Alternatif.....	153
8.4.2 Peningkatan Nilai Gizi Pangan	154
8.4.3 Pengembangan Bahan Pengawet alami.....	154
8.4.4 Produksi Enzim untuk Pengolahan Pangan.....	155
8.4.5 Pewarna Makanan	156
8.5 Contoh Implementasi Bioteknologi Pada	
Pengolahan Pangan.....	156
8.6 Penutup.....	161
DAFTAR PUSTAKA	162
BAB IX TREN INOVASI PRODUK PANGAN TROPIKA	
LEMBAB	169
9.1 Definisi Pangan Tropika Lembab.....	169
9.2 Karakteristik Pangan Tropika Lembab	170
9.3 Tren Inovasi dalam Pengolahan Pangan Tropika	
Lembab	170
9.3.1 Inovasi Produk Pangan Berbasis Buah-	
buahan Tropika Lembab	171

9.3.2 Inovasi Produk Pangan Berbasis Sayuran Tropika Lembab	175
9.3.3 Inovasi Produk Pangan Berbasis Sereal dan Umbi Tropika Lembab	177
9.3.4 Inovasi Produk Pangan Berbasis Perikanan dan Perairan Tropika Lembab	179
9.3.5 Inovasi Produk Pangan Berbasis Pangan Tropika Lembab sebagai Pangan fungsional.....	181
DAFTAR PUSTAKA	186
BAB X MASA DEPAN TEKNOLOGI PANGAN DALAM PERTANIAN TROPIKAL LEMBAB.....	191
10.1 Inovasi Teknologi Pangan untuk Pertanian Berkelanjutan.....	191
10.2 Teknologi Pascapanen untuk Peningkatan Nilai Tambah.....	196
10.3 Tantangan dalam Implementasi Teknologi Pangan di Daerah Tropikal Lembab.....	200
10.4 Peluang di Masa Depan untuk Pertanian Tropikal Lembab.....	202
DAFTAR PUSTAKA	205
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Budidaya Padi Gogo.....	19
Gambar 2. 2. Lahan pertanaman jelai (a), malai-malai jelai (b), biji jelai yang telah dirontokkan (c), jelai kering (d)	22
Gambar 2. 3. Singkong Gajah	25
Gambar 2. 4. Buah Lai	29
Gambar 3. 1. Penangan pascapanen dengan penyimpanan dingin	44
Gambar 3. 2. Bahan disebarkan di atas wadah untuk dilakukan pengeringan menggunakan matahari.....	49
Gambar 4. 1. Proses pendinginan bahan setelah proses blanching	67
Gambar 4. 2. a) Metode penggorengan <i>shallow frying</i> (Putri Aulia dan Glori Wadrianto, 2023) dan b) metode <i>deep frying</i>	71
Gambar 4. 3. a) Contoh teknik pemanggangan <i>baking</i> pada kue menggunakan oven listrik; b) Contoh teknik pemanggangan <i>roasting</i> pada biji kopi menggunakan mesin konvensional; c) Contoh teknik pemanggangan <i>grilling</i> pada daging; d) Contoh teknik pemanggangan <i>grilling</i> pada sayur	74
Gambar 4. 4. a) Hasil penggorengan <i>vacuum frying</i> buah dan sayur ; b) Mesin <i>vacuum frying</i>	76
Gambar 4. 5. a) Produk buah-buahan hasil <i>freeze drying</i> ; b) Mesin <i>freeze dryer</i>	78
Gambar 4. 6. Produk hasil ekstruksi (ekstrudat) dan Mesin Ekstruksi.....	79

Gambar 5. 1. Tempe fermentasi cukup (Kiri) dan Tempe fermentasi berlebih (Kanan).....	102
Gambar 7. 1. Kelapa sawit	140
Gambar 7. 2. Jelai	141
Gambar 7. 3. Singkong/ubi kayu.....	142
Gambar 8. 1. Pakasam.....	157
Gambar 8. 2. Dadih	159
Gambar 9. 1. Referensi pengemasan lempok durian	173

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Suhu penyimpanan untuk berbagai bahan pangan	45
Tabel 5. 1. Produk fermentasi berdasarkan bahan baku dan mikroorganisme utama.....	97

BAB I

PENTINGNYA TEKNOLOGI PANGAN DALAM PERTANIAN TROPIKA

Oleh Panggulu Ahmad Ramadhani Utoro

1.1 Pengenalan tentang Iklim Tropika Lembab

Iklim tropika lembab ditandai oleh suhu yang relatif tinggi sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi, dan kelembaban udara yang juga selalu tinggi (Sitorus *et al.*, 2023). Kondisi ini ditemukan di banyak wilayah di Asia Tenggara, Amerika Selatan, dan Afrika Sub-Sahara, termasuk Indonesia yang memiliki berbagai ekosistem hutan hujan tropis yang mendukung keanekaragaman hayati dan pertanian (Seifert *et al.*, 2022). Faktor-faktor seperti intensitas sinar matahari yang tinggi serta pola curah hujan yang tidak merata sepanjang tahun memberikan tantangan tersendiri dalam pengelolaan pangan dan sistem pertanian.

Kelembaban tinggi yang terus-menerus di wilayah tropis dapat mempengaruhi fisiologi tanaman, menghambat pertumbuhan optimal, serta meningkatkan kejadian penyakit tanaman akibat mikroorganisme patogen seperti jamur dan bakteri. Selain itu, sistem pertanian di wilayah tropika lembab harus mampu menghadapi ancaman degradasi tanah akibat curah hujan tinggi yang berpotensi menyebabkan erosi serta kehilangan unsur hara penting bagi tanaman (Vijai *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengelolaan tanah yang baik serta penerapan teknologi pertanian yang adaptif menjadi sangat penting.

Selain tantangan lingkungan, keberagaman hayati di wilayah tropis memberikan peluang besar bagi inovasi pertanian berbasis agroforestri serta sistem pertanian berkelanjutan yang menggabungkan teknologi modern dengan praktik tradisional yang telah teruji oleh waktu. Di beberapa wilayah, integrasi antara tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman industri telah terbukti meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan masyarakat lokal (Bhagat *et al.*, 2024; Singh *et al.*, 2024). Teknologi seperti pemantauan cuaca berbasis satelit dan sistem irigasi presisi juga dapat membantu petani dalam mengantisipasi perubahan iklim dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya air.

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan sebagian besar wilayahnya beriklim tropika lembab, tantangan dalam sektor pertanian cukup kompleks. Kondisi geografis yang beragam menciptakan perbedaan dalam praktik pertanian di berbagai daerah. Misalnya, di Pulau Jawa, sistem irigasi telah lebih berkembang dibandingkan dengan wilayah lain yang masih bergantung pada curah hujan musiman. Di sisi lain, wilayah seperti Sumatra dan Kalimantan menghadapi tantangan berupa konversi lahan akibat ekspansi perkebunan kelapa sawit yang berdampak pada produksi pangan lokal. Dalam mengatasi permasalahan ini, pemerintah dan institusi riset telah mengembangkan berbagai teknologi pertanian, seperti pertanian presisi berbasis data satelit dan pengelolaan air yang lebih efisien.

Kalimantan Timur, sebagai salah satu provinsi dengan potensi pertanian yang besar, juga menghadapi tantangan yang khas. Wilayah ini memiliki curah hujan tinggi yang dapat menyebabkan masalah erosi tanah serta meningkatnya risiko banjir pada lahan pertanian. Selain itu, keterbatasan infrastruktur dan aksesibilitas di beberapa daerah pedalaman membuat distribusi hasil pertanian menjadi kurang efisien. Namun, potensi Kalimantan Timur dalam

pengembangan teknologi pangan juga cukup besar. Salah satu contoh keberhasilan adalah penerapan teknologi hidroponik dan aquaponik yang memungkinkan pertanian berkelanjutan di daerah perkotaan serta perbukitan yang sulit dijangkau (Agrawal & Kaja, 2025).

Komitmen pemerintah yang mendorong pengembangan teknologi dan telah berinvestasi dalam pengembangan teknologi pengolahan hasil panen untuk mengurangi tingkat kehilangan pangan dan meningkatkan nilai tambah bagi petani lokal. Contoh teknologi pengolahan hasil panen yang mulai diterapkan adalah teknologi pengeringan tenaga surya yang digunakan untuk memperpanjang masa simpan hasil pertanian. Selain itu, pengembangan mesin fermentasi otomatis ke depan juga dapat dikembangkan untuk meningkatkan produksi pangan olahan seperti tempe dan tape. Sistem penyimpanan berpendingin berbasis energi terbarukan juga dapat dikembangkan dan diterapkan untuk menjaga kualitas hasil panen dan mengurangi pemborosan akibat pembusukan (Adesoye *et al.*, 2024; Elkaoud *et al.*, 2024).

1.2 Tantangan dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan

Wilayah tropika lembab menghadapi berbagai tantangan dalam pengelolaan dan pengolahan pangan yang kompleks dan beragam. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan pangan adalah variabilitas iklim yang tinggi, di mana pola curah hujan yang tidak menentu dan suhu yang relatif tinggi sepanjang tahun dapat mempengaruhi pola tanam serta produktivitas pertanian. Perubahan iklim juga memperburuk kondisi ini dengan meningkatkan frekuensi kejadian cuaca ekstrem seperti banjir dan kekeringan yang berdampak negatif terhadap hasil pertanian.

Tantangan dalam pengolahan pangan semakin kompleks karena kondisi geografis yang mempengaruhi distribusi dan penyimpanan hasil panen. Keterbatasan infrastruktur dan aksesibilitas menyebabkan banyak hasil pertanian mengalami pemborosan sebelum sampai ke pasar atau konsumen. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pengolahan pangan seperti rumah pengering tenaga surya, sistem penyimpanan berpendingin berbasis energi terbarukan, serta diversifikasi produk olahan berbasis komoditas lokal menjadi solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok pangan di wilayah tropika lembab.

Selain itu, kelembaban yang tinggi di wilayah tropika lembab menciptakan kondisi ideal bagi perkembangan hama dan penyakit tanaman. Patogen seperti jamur, bakteri, dan virus dapat menyebar dengan cepat, menyebabkan kehilangan hasil panen yang signifikan hingga mencapai 50% dalam beberapa kasus. Penyakit tanaman dapat menyebabkan kehilangan pangan tahunan yang substansial, mengorbankan kuantitas dan kualitas hasil pertanian (Gai & Wang, 2024). Oleh karena itu, perlunya penerapan sistem pengendalian hama terpadu serta penggunaan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap penyakit menjadi sangat penting dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan.

Tantangan lain yang tidak kalah penting adalah tingginya kehilangan pascapanen akibat sistem penyimpanan dan pengolahan yang kurang optimal. Tanaman pangan yang tidak segera diolah atau disimpan dengan teknologi yang tepat dapat mengalami pembusukan atau infestasi hama, yang pada akhirnya mengurangi jumlah hasil pertanian yang layak konsumsi.

Keterbatasan infrastruktur juga menjadi kendala utama dalam pengelolaan pangan di wilayah tropika lembab. Banyak daerah terpencil yang belum memiliki akses terhadap teknologi pertanian modern, sehingga produksi dan

distribusi pangan menjadi kurang efisien. Investasi dalam infrastruktur pertanian, seperti pembangunan jalan, sistem irigasi, serta akses terhadap teknologi mekanisasi, dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian serta mengurangi ketergantungan pada faktor cuaca.

Selain infrastruktur, kurangnya pengetahuan dan keterampilan petani terhadap teknologi pertanian modern juga menjadi tantangan yang perlu diatasi. Sebelum mengadopsi teknologi baru, petani perlu memahami manfaat dan cara penggunaannya agar dapat mengoptimalkan hasil pertanian mereka. Program pelatihan yang berkelanjutan dan berbasis komunitas sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa para petani dapat mengakses informasi terkini mengenai praktik pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.3 Peluang dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan

Wilayah tropika lembab, termasuk Kalimantan Timur, memiliki potensi besar dalam pengelolaan dan pengolahan pangan yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat. Jika berfokus pada konteks ketahanan pangan, daerah ini dapat mengembangkan berbagai sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim serta meningkatkan keberagaman sumber pangan lokal yang lebih tahan terhadap gangguan cuaca ekstrim. Beberapa peluang yang dapat dikembangkan dalam pengelolaan dan pengolahan pangan di wilayah tropika lembab adalah sebagai berikut:

1. Diversifikasi Tanaman dan Pangan Lokal

Kalimantan Timur memiliki beragam komoditas pangan lokal yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan pangan. Tanaman seperti

kelapa, singkong, jagung, dan ubi kayu dapat dikembangkan lebih lanjut melalui teknologi yang tepat untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitasnya. Diversifikasi produk olahan pangan, seperti pembuatan tepung singkong atau pengolahan kelapa menjadi minyak nabati, dapat membuka peluang pasar baru dan meningkatkan pendapatan petani.

2. Penerapan Teknologi Pasca Panen yang Efisien

Teknologi pascapanen seperti pengeringan matahari terkendali, penyimpanan berbasis energi terbarukan, dan sistem pendingin ramah lingkungan memiliki potensi besar untuk mengurangi pemborosan hasil pertanian. Di Kalimantan Timur, di mana suhu tinggi dan kelembapan relatif tinggi dapat mempercepat pembusukan bahan pangan, penggunaan teknologi pengeringan yang efisien dan penyimpanan berbasis energi terbarukan dapat memperpanjang umur simpan produk dan meningkatkan distribusi hasil pertanian.

3. Peningkatan Infrastruktur Pertanian dan Akses Teknologi

Salah satu peluang besar di Kalimantan Timur adalah pengembangan infrastruktur pertanian, seperti pembangunan jalan dan sistem irigasi modern yang dapat meningkatkan efisiensi distribusi hasil pertanian. Dengan adanya akses yang lebih baik terhadap teknologi pertanian, petani dapat mengadopsi metode yang lebih efisien, seperti irigasi otomatis dan pertanian presisi yang menggunakan data satelit untuk meningkatkan hasil panen.

4. Pertanian Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan

Wilayah tropika lembab, termasuk Kalimantan Timur, dapat memanfaatkan peluang untuk mengembangkan pertanian berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan bahan kimia dan meningkatkan

penggunaan teknologi ramah lingkungan. Penerapan pertanian presisi yang mengoptimalkan penggunaan pupuk dan pestisida berdasarkan data *real-time* dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, pengembangan pertanian organik dan agroforestri dapat menjadi alternatif yang menarik untuk meningkatkan produktivitas sembari menjaga kelestarian lingkungan.

5. Pengembangan Industri Fermentasi dan Proses Bioteknologi

Teknologi fermentasi memiliki potensi besar di Kalimantan Timur untuk mengolah komoditas lokal seperti kedelai, singkong, dan kelapa menjadi produk bernilai tambah seperti tempe, tape, dan minyak kelapa. Selain itu, pemanfaatan bioteknologi dalam pengolahan pangan dapat menghasilkan produk fungsional yang memiliki manfaat kesehatan tambahan, seperti produk probiotik atau pangan yang diperkaya nutrisi.

6. Penerapan Sistem Energi Terbarukan dalam Pengolahan Pangan

Penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya untuk pengolahan pangan dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil, sekaligus meningkatkan efisiensi pengolahan pangan di daerah-daerah terpencil. Di Kalimantan Timur, di mana potensi energi surya sangat tinggi, teknologi ini dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan akses ke teknologi pengolahan pangan yang ramah lingkungan.

7. Pembangunan Ekonomi Berbasis Komoditas Lokal

Kalimantan Timur memiliki berbagai komoditas lokal yang dapat dijadikan bahan baku untuk industri pengolahan pangan. Pengembangan industri pengolahan pangan berbasis komoditas lokal seperti kelapa sawit, jagung, dan ikan, dapat meningkatkan daya saing produk lokal di pasar domestik dan internasional. Ini dapat

mendorong terciptanya lapangan pekerjaan dan meningkatkan perekonomian daerah.

1.4 Strategi Pelaksanaan untuk Pengembangan Peluang dalam Pengelolaan dan Pengolahan Pangan

Pengelolaan dan pengolahan pangan yang efisien di wilayah tropika lembab, seperti Kalimantan Timur, membutuhkan pendekatan yang holistik dan terintegrasi. Sebagai wilayah yang kaya akan komoditas pangan lokal, Kalimantan Timur memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan pangan dengan memanfaatkan teknologi pertanian modern dan memperkuat infrastruktur yang mendukung distribusi dan pengolahan hasil pertanian. Namun, tantangan yang dihadapi tidak hanya sebatas pengembangan teknologi, tetapi juga terkait dengan permasalahan infrastruktur, kapasitas petani, serta keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan strategi pelaksanaan yang dapat mengoptimalkan potensi daerah ini secara maksimal dan berkelanjutan.

Untuk memastikan bahwa peluang dalam pengelolaan dan pengolahan pangan dapat diwujudkan, penting bagi para pemangku kepentingan baik pemerintah, sektor swasta, lembaga riset, serta masyarakat petani untuk bekerja sama. Pendekatan berbasis kolaborasi lintas sektor akan mempercepat adopsi teknologi baru, meningkatkan kapasitas petani dalam mengelola sumber daya alam, dan mendorong keberlanjutan ekosistem pertanian. Penguatan infrastruktur pertanian dan peningkatan pemahaman serta keterampilan petani menjadi langkah awal yang sangat penting. Jika implementasi strategi tepat, wilayah tropika lembab seperti Kalimantan Timur tidak hanya dapat mengatasi tantangan yang ada, tetapi juga menciptakan peluang besar dalam meningkatkan produksi pangan,

memperpanjang umur simpan produk, serta membuka pasar baru baik domestik maupun internasional.

Sebagai bagian dari implementasi peluang yang ada, strategi pelaksanaan yang efektif sangat diperlukan untuk mencapai hasil yang optimal dalam pengelolaan dan pengolahan pangan di wilayah tropika lembab. Upaya ini tidak hanya bergantung pada teknologi dan infrastruktur, tetapi juga pada kolaborasi antara berbagai pihak terkait serta peningkatan kapasitas petani. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan potensi yang ada, perlu ada langkah-langkah terencana dan terstruktur yang dapat memastikan keberhasilan dalam jangka panjang.

Berikut ini adalah beberapa strategi pelaksanaan yang dapat diambil untuk mendukung pengembangan pengelolaan dan pengolahan pangan di wilayah ini:

1. Pembangunan Infrastruktur Pertanian yang Terintegrasi

Salah satu langkah awal yang penting dalam pengembangan pengelolaan pangan adalah memperkuat infrastruktur pertanian. Di wilayah tropika lembab seperti Kalimantan Timur, pembangunan jaringan jalan yang menghubungkan daerah-daerah terpencil dengan pasar utama harus menjadi prioritas. Aksesibilitas yang lebih baik akan mengurangi pemborosan hasil pertanian yang disebabkan oleh keterlambatan distribusi. Selain itu, pengembangan sistem irigasi modern berbasis teknologi presisi dapat mengatasi ketergantungan pada curah hujan musiman dan memastikan efisiensi pemanfaatan air, terutama pada musim kemarau atau saat terjadi perubahan pola cuaca yang tidak terduga.

2. Peningkatan Kapasitas Petani melalui Pelatihan dan Penyuluhan

Penerapan teknologi baru dalam pertanian tidak akan optimal tanpa peningkatan kapasitas petani. Oleh karena itu, pelatihan berbasis komunitas perlu diperkenalkan untuk memberikan pengetahuan praktis mengenai teknologi pertanian modern, seperti sensor tanah untuk memantau kelembaban dan nutrisi tanah secara *real-time*, serta sistem irigasi otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air. Penyuluhan tentang pertanian berkelanjutan, pengendalian hama terpadu, dan agroforestri juga penting agar petani dapat mengelola lahan mereka dengan cara yang ramah lingkungan dan produktif. Pelatihan ini dapat dilakukan secara berkelanjutan dan praktis agar petani dapat langsung mengaplikasikan ilmu yang didapatkan di lapangan.

3. Kolaborasi Lintas Sektor untuk Pengembangan Teknologi dan Infrastruktur

Pengelolaan pangan yang efisien memerlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga riset. Pemerintah perlu membuat kebijakan yang mendukung penggunaan teknologi ramah lingkungan, seperti energi terbarukan dalam proses pengolahan pangan. Di sisi lain, sektor swasta bisa berperan dalam menyediakan teknologi mekanisasi pertanian, serta membantu petani mengakses modal untuk membeli teknologi terbaru. Lembaga riset juga memiliki peran penting dalam mengembangkan varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim serta teknologi pascapanen yang lebih efisien. Kemitraan antara berbagai pihak ini akan mempercepat adopsi teknologi baru dan meningkatkan kualitas produksi pangan.

4. Pengembangan Industri Pengolahan Berbasis Komoditas Lokal

Kalimantan Timur memiliki berbagai komoditas pangan lokal yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi produk bernilai tambah. Oleh karena itu, pendampingan teknis dan pelatihan kepada para petani dan pelaku usaha lokal perlu dilakukan untuk mengembangkan produk olahan pangan seperti minyak kelapa, tepung singkong, atau produk fermentasi seperti tempe dan tape. Selain itu, strategi pemasaran yang lebih terorganisir harus dilakukan agar produk pangan lokal ini bisa dipasarkan baik di pasar domestik maupun internasional. Dengan meningkatkan nilai tambah dari komoditas lokal, pengembangan industri pangan di Kalimantan Timur dapat membuka lapangan pekerjaan dan memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar bagi masyarakat.

5. Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Pangan

Kalimantan Timur memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya, yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengolahan pangan yang ramah lingkungan. Penerapan teknologi energi terbarukan, seperti pembangunan sistem pengolahan pangan berbasis tenaga surya, dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menurunkan biaya operasional. Penggunaan teknologi penyimpanan berbasis energi terbarukan juga dapat mengatasi masalah pembusukan dan pemborosan hasil pertanian akibat suhu dan kelembaban tinggi, yang sering terjadi di wilayah tropika lembab.

Pengelolaan dan pengolahan pangan yang efisien di wilayah tropika lembab seperti Kalimantan Timur sejalan dengan tujuan-tujuan yang ada dalam Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Salah satu tujuan utama yang dapat dicapai adalah **Tujuan 2: Mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan peningkatan gizi, serta mendukung pertanian yang berkelanjutan**. Pengoptimalan potensi pertanian lokal, memperkenalkan teknologi pertanian yang ramah lingkungan, dan meningkatkan kapasitas petani, Kalimantan Timur dapat berkontribusi pada pencapaian ketahanan pangan yang lebih baik, yang tidak hanya mengatasi masalah kelaparan tetapi juga meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan.

Selain itu, **Tujuan 12: Konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab** juga dapat tercapai melalui pengembangan industri pengolahan pangan berbasis komoditas lokal yang lebih efisien dan berkelanjutan. Pemanfaatan teknologi energi terbarukan dalam proses pengolahan pangan di Kalimantan Timur akan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan memperkenalkan praktik pertanian serta pengolahan pangan yang ramah lingkungan. Strategi ini juga dapat mengurangi pemborosan hasil pertanian, sesuai dengan prinsip efisiensi dan keberlanjutan yang ditekankan dalam SDGs.

Kalimantan Timur, yang berlokasi dekat dengan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara, berpotensi memainkan peran penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di kawasan tersebut. IKN Nusantara yang berfokus pada keberlanjutan, inovasi, dan teknologi sebagai dasar pembangunan, dapat memanfaatkan pendekatan berbasis pertanian berkelanjutan yang ada di Kalimantan Timur untuk menyediakan pangan yang lebih lokal, berkualitas, dan ramah lingkungan. Selain itu, pengembangan sektor pangan yang kuat di Kalimantan Timur dapat mendukung **Tujuan 9:**

Membangun infrastruktur yang tangguh, mempromosikan industrialisasi yang inklusif dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi, dengan menciptakan industri pengolahan pangan yang berbasis pada teknologi dan sistem yang inovatif serta berkelanjutan.

Dengan demikian, pengelolaan pangan di Kalimantan Timur tidak hanya mendukung pencapaian SDGs, tetapi juga memperkuat peran wilayah ini dalam mendukung pembangunan IKN Nusantara yang berfokus pada keberlanjutan, efisiensi, dan inovasi dalam sektor pangan. Kolaborasi yang terintegrasi antara sektor pertanian, infrastruktur, dan kebijakan pemerintah akan memastikan bahwa Kalimantan Timur dapat berkontribusi pada ketahanan pangan nasional, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesoye, A.T., Elijah, A., Abiodun, O., 2024. Performance assessment of a solar-powered evaporative cooling device for small-scale growers, in: *2024 International Conference on Science, Engineering and Business for Driving Sustainable Development Goals (SEB4SDG)*. IEEE, pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SEB4SDG60871.2024.10629978>
- Agrawal, S., Kaja, N., 2025. Integration of Aquaponics with Green Walls. pp. 685–704.
https://doi.org/10.1007/978-981-97-4988-1_38
- Bhagat, R., Walia, S.S., Sharma, K., Singh, R., Singh, G., Hossain, A., 2024. The integrated farming system is an environmentally friendly and cost-effective approach to the sustainability of agri-food systems in the modern era of the changing climate: A comprehensive review. *Food Energy Secur*, 13.
<https://doi.org/10.1002/fes3.534>
- Elkaoud, N.S.M.A., Mahmoud, R.K., Taraby, H.H., Adam, M.S., 2024. Promoting food security and sustainability with a transportable indirect evaporative solar pre-cooler. *Rev Fac Nac Agron Medellin*, 77, 10865–10876.
<https://doi.org/10.15446/rfnam.v77n3.110667>
- Gai, Y., Wang, H., 2024. Plant Disease: A Growing Threat to Global Food Security. *Agronomy*, 14, 1615.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14081615>

- Seifert, T., Teucher, M., Ulrich, W., Mwanja, F., Gona, F., Habel, J.C., 2022. Biodiversity and Ecosystem Functions Across an Afro-Tropical Forest Biodiversity Hotspot. *Front Ecol Evol*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.816163>
- Singh, J., Singh, B., Singh, A.K., Rani, P., 2024. Integrated Farming System: A Sustainable Approach towards Modern Agriculture. *Int J Plant Soil Sci*, 36, 641–649. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i95012>
- Sitorus, A.J., Sembiring, D.A., Abdillah, W., Harisdani, D. D., 2023. Thermal Comfort in Humid Tropical Climate Areas (Case Study on Open Spaces and Shaded Spaces in Medan City). *International Journal of Architecture and Urbanism*, 7, 294–318. <https://doi.org/10.32734/ijau.v7i2.13512>
- Vijai, C., Wisetsri, W., Elayaraja, M., 2023. Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 11, 1–8. <https://doi.org/10.25303/1104ijasvm0108>

BAB II

TANAMAN PANGAN UTAMA DALAM PERTANIAN TROPIKA LEMBAB

Oleh Lisa Fitri Rahayu

2.1 Peran Tanaman Pangan dalam Ketahanan Pangan

Tanaman pangan memiliki peran utama dalam ketahanan pangan global, terutama di wilayah tropika lembab seperti Indonesia yang memiliki karakteristik udara lembab, suhu relatif stabil, serta curah hujan tinggi. Iklim tropika lembab memberikan peluang dan tantangan dalam bidang pertanian. Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah yang memiliki iklim tropika lembab yang menyebabkan musim tidak menentu. Kondisi tersebut berpengaruh besar terhadap keragaman genetik pada tanaman pangan sehingga memberikan berbagai pilihan komoditas, kultivar, dan spesies tanaman yang dapat dikembangkan dalam sektor pertanian (Nurhasanah *et al.*, 2018). Tanaman pangan dominan Kalimantan Timur mencerminkan perpaduan praktik tradisional dan strategi pertanian modern yang terdiri dari berbagai jenis sereal, umbi-umbian, legum, serta hortikultura. Beberapa contoh tanaman utama yang berkontribusi dalam ketahanan pangan daerah adalah padi sawah dan jagung. Padi merupakan tanaman pokok dengan budidaya yang luas di berbagai kabupaten, sedangkan jagung memiliki daya tarik sebagai tanaman yang kompetitif di pasar lokal. Tanaman hortikultura seperti bawang merah dan cabai besar adalah

bahan yang penting untuk masakan lokal sehingga memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena permintaan pasar yang terus meningkat. Walaupun pertanian di Kalimantan Timur masih didominasi oleh pertanian tradisional, tetapi ada tren menuju modernisasi dengan penerapan teknologi (Fahriza *et al.*, 2024).

Selain tanaman pangan konvensional, potensi diversifikasi produk pertanian di wilayah tropika lembab semakin berkembang. Salah satu contohnya adalah adanya pabrik pengolahan aren (*Arenga pinnata*) yang banyak ditemukan di daerah kabupaten Kutai Timur dan Kutai Barat. Tanaman ini berperan dalam produksi gula merah dan memiliki potensi sebagai bahan baku bioetanol yang dapat mendukung sektor industri dan energi terbarukan (Mariati, 2013). Modernisasi pertanian melalui penerapan teknologi dan pengelolaan berkelanjutan menjadi langkah strategis dalam meningkatkan produktivitas dan akses pasar bagi petani lokal. Oleh sebab itu, tanaman pangan tidak hanya berfungsi sebagai penyedia bahan pangan, tetapi juga sebagai penggerak utama perekonomian di wilayah Kalimantan Timur (Fahriza *et al.*, 2024).

2.2 Jenis-jenis Tanaman Pangan Utama Tropika Lembab

2.2.1 Padi

Padi merupakan bagian tak terpisahkan dari kawasan tropika lembab. Tanaman ini menunjukkan adaptasi yang luar biasa terhadap kondisi hidrologis yang beragam. Terdapat tiga sistem budidaya padi utama yang berkembang di kawasan tropika lembab yaitu sawah irigasi, sawah tadah hujan, dan padi gogo. Kalimantan Timur dan Utara memiliki lebih dari 300 varietas padi lokal dan banyak diantaranya belum dikenal luas. Berdasarkan eksplorasi yang dilakukan

oleh (Nurhasanah *et al.*, 2018), ditemukan 345 kultivar padi lokal yang terdiri dari 276 kultivar padi beras sebagai konsumsi utama dan 69 kultivar padi ketan/pulut yang banyak digunakan dalam tradisi lokal. Sebagian besar (80%) merupakan padi ladang atau padi gogo (**Gambar 2.1.**), sementara sisanya adalah padi sawah. Karakteristik padi lokal di Kalimantan yang membedakannya dari varietas nasional diantaranya adalah rasa dan aroma yang unggul. Beberapa varietas padi lokal memiliki rasa yang sangat enak dan aroma yang khas, seperti padi Adan dari Krayan yang terkenal karena butirannya yang halus, panjang, berwarna putih seperti kristal, beraroma wangi, serta memiliki rasa pulen yang tinggi, sehingga padi Adan memiliki harga jual tinggi mencapai Rp 50.000/kg di pasar ekspor. Selain kualitas rasa yang unggul, padi lokal juga memiliki ketahanan terhadap lingkungan tropika lembab, toleransi terhadap tanah asam, serta ketahanan terhadap keracunan aluminium dan besi yang umum ditemukan di tanah Kalimantan. Kemampuannya untuk beradaptasi terhadap lahan marginal memungkinkan padi ini dapat tumbuh di daerah yang kurang subur, bahkan beberapa varietas mampu bertahan terhadap kekeringan dan salinitas, serta memiliki ketahanan alami terhadap serangan hama dan penyakit seperti hama wereng dan penyakit *blast*. Dengan keunggulan tersebut, padi lokal Kalimantan memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam program pemuliaan varietas unggul. Karakteristiknya yang adaptif terhadap lingkungan tropika lembab bisa menjadi dasar untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional (Nurhasanah *et al.*, 2018).

Keragaman genetik yang tinggi pada padi lokal menjadikannya sebagai sumber gen untuk sifat unggul seperti ketahanan terhadap penyakit dan toleransi cekaman lingkungan. Kalimantan Timur sendiri kaya akan kultivar padi lokal, terutama padi ladang yang telah dibudidayakan secara turun temurun, sebagaimana telah diidentifikasi

dalam penelitian mengenai morfologi 20 kultivar padi lokal atau padi gogo (**Gambar 2.1.**) yang berasal dari beberapa wilayah di Kalimantan Timur (Handayani *et al.*, 2017). Namun, ancaman terhadap keberlanjutan padi lokal semakin nyata dengan adanya erosi genetik, dimana dalam penelitian terlihat penurunan jumlah kultivar dari 103 kultivar menjadi 44 kultivar. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyebab erosi genetik adalah alih fungsi lahan pertanian menjadi perkebunan sawit dan tambang, pergeseran petani ke varietas unggul nasional, menurunnya minat generasi muda dalam mengenal dan membudidayakan padi lokal, serta kurangnya konservasi genetik dan dokumentasi plasma nutfah (Nurhasanah & Sunaryo, 2015).



Gambar 2. 1. Budidaya Padi Gogo
(benuakaltim.benuanta.co.id, 2024)

Selain keunggulannya dalam beradaptasi dan rasanya yang enak, beberapa jenis padi lokal Kalimantan juga memiliki manfaat kesehatan. Misalnya, padi merah dan padi hitam diketahui memiliki kandungan antosianin dan antioksidan yang tinggi. Beras merah dikenal baik untuk penderita diabetes karena mengandung vitamin B kompleks dan indeks glikemik rendah, sedangkan beras hitam kaya akan fitokimia yaitu senyawa biokatif yang bermanfaat untuk kesehatan (Nurhasanah & Sunaryo, 2015). Dengan nilai

ekonomi dan manfaat kesehatan yang tinggi, serta perannya dalam ketahanan pangan, padi lokal Kalimantan perlu mendapatkan perhatian lebih dalam upaya konservasi dan pengembangan berkelanjutan.

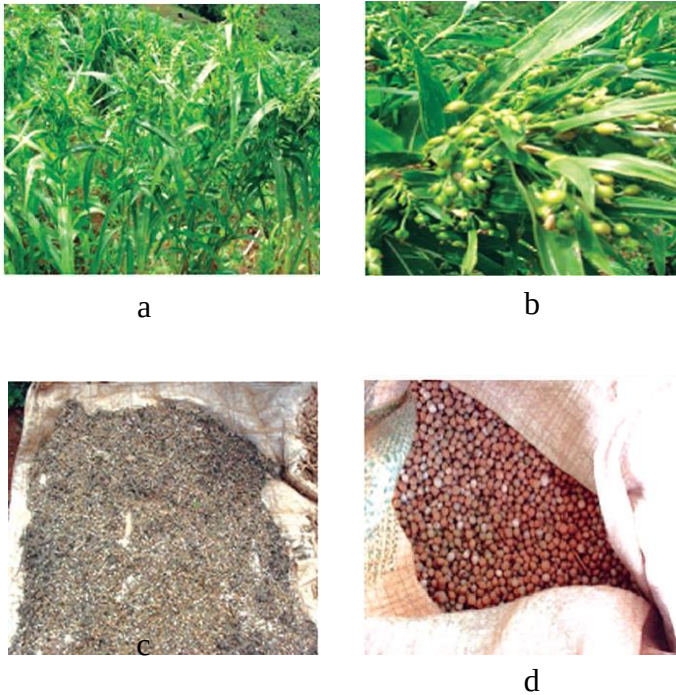
2.2.2 Jelai

Jelai (*Coix lacryma-jobi L.*) atau juga dikenal dengan nama Jali adalah tanaman sereal dari famili *Poaceae* dan merupakan tanaman pangan yang memiliki peran signifikan di daerah tropika lembab seperti Kalimantan, Indonesia. Dalam aspek agronomi, jelai memiliki keunggulan berupa daya adaptasi tinggi terhadap lahan marginal, tahan kekeringan, dan memiliki pertumbuhan yang bersifat indeterminan sehingga dapat dipanen beberapa kali. Produktivitasnya berkisar antara 4-6 ton per hektar untuk biji berkulit atau sekitar 3-4 ton per hektar untuk beras hanjeli (Nurmala, 2011).

Secara historis, jelai adalah tanaman asli Kalimantan Timur yang dahulu banyak dibudidayakan bersama padi dalam sistem perladangan berpindah. Jelai memiliki nilai budaya yang kuat bagi masyarakat Dayak karena biasanya digunakan sebagai tanaman pagar untuk mengelilingi area persawahan padi ladang (Handayani *et al.*, 2019). Namun, sejak program intensifikasi padi, keberadaan jelai mulai berkurang dan semakin jarang ditemukan di lahan pertanian. Padahal, jelai memiliki produktivitas yang cukup menjanjikan dengan hasil panen berkisar antara 3 hingga lebih dari 8 ton per hektar, dengan rata-rata sekitar 5 ton per hektar dalam sistem budidaya tradisional. Keunggulan lain dari jelai adalah kemampuannya bersaing dengan gulma serta ketahanannya terhadap kondisi lahan yang kering, serta lebih produktif dibanding padi ladang atau padi gogo. Selain itu, tanaman ini memiliki nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan beras, khususnya dalam kandungan protein, serta memiliki manfaat kesehatan seperti membantu mencegah kanker dan diabetes.

Dengan berbagai kelebihan tersebut, jelai berpotensi menjadi sumber pangan alternatif yang mendukung diversifikasi pangan di Kalimantan Timur. Produktivitas jelai dapat lebih ditingkatkan melalui pengelolaan kesuburan tanah dan penggunaan pupuk yang tepat. Sebagai tanaman C4, jelai lebih adaptif terhadap perubahan iklim dibandingkan dengan padi yang merupakan tanaman C3 (Suyadi *et al.*, 2019). Hal ini menjadikannya sebagai pilihan strategis dalam menghadapi tantangan perubahan iklim serta meningkatkan ketahanan pangan di daerah tropika lembab.

Dari segi kandungan gizi, biji jelai memiliki nilai nutrisi yang setara dengan beras, dengan kandungan karbohidrat sebesar 76,4%, protein 14,1%, serta lemak nabati yang cukup tinggi (7,9%). Kandungan lemaknya bahkan lebih tinggi dibandingkan jagung, yang hanya sekitar 3,5-4,7%. Selain itu, jelai kaya akan kalsium, menjadikannya sebagai bahan pangan alternatif yang bergizi tinggi. Masyarakat setempat telah lama mengonsumsi jelai dalam berbagai bentuk, seperti bubur, tape, dodol, hingga tepung untuk bahan makanan lain. Selain sebagai sumber pangan pokok, jelai juga memiliki potensi sebagai pangan fungsional dan tanaman obat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa konsumsi jelai dapat memberikan manfaat kesehatan, termasuk mencegah penyakit seperti kanker, diabetes, dan gangguan persendian. Tanaman ini juga telah digunakan dalam pengobatan tradisional di berbagai negara. Secara keseluruhan, jelai memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber pangan alternatif guna mendukung diversifikasi pangan di Indonesia, terutama di daerah tropis lembab seperti Kalimantan (Nurmala, 2011). Bagian-bagian tanaman Jelai dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2. Lahan pertanaman jelai (a), malai-malai jelai (b), biji jelai yang telah dirontokkan (c), jelai kering (d)
(Nurmala, 2011)

2.2.3 Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan utama di wilayah tropika lembab, bersama dengan padi dan ubi kayu. Sebagai tanaman yang berasal dari Amerika, jagung telah menyebar luas dan menjadi komoditas strategis di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia, Kemampuan adaptasinya memungkinkan budidaya dari dataran rendah hingga ketinggian 2000 meter di atas permukaan laut. Tanaman ini memiliki siklus hidup relatif singkat, berkisar 3-4 bulan, memungkinkan petani untuk memanfaatkan lahan secara intensif melalui pola rotasi

tanam. Dari segi morfologi, jagung tropis telah mengalami adaptasi khusus terhadap kondisi lingkungan setempat. Varietas lokal umumnya memiliki batang yang lebih tinggi dan daun yang lebih lebar untuk memaksimalkan fotosintesis dalam kondisi naungan parsial. Sistem perakaran yang dalam membantu tanaman bertahan dalam kondisi kekeringan temporer yang sering terjadi di musim kemarau.

Budidaya jagung di kawasan tropika lembab mengenal beberapa sistem, termasuk monokultur, tumpangsari, dan rotasi tanaman. Sistem tumpangsari jagung dengan kacang-kacangan telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan memperbaiki kesuburan tanah. Rotasi dengan padi gogo atau tanaman lain membantu memutus siklus hama dan penyakit serta menjaga keseimbangan nutrisi tanah. Namun, produksi jagung di beberapa wilayah tropika lembab masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan benih unggul, persaingan dengan tanaman pangan lain, serta alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan pemukiman atau industri. Studi terbaru mengenai pengembangan jagung di Kalimantan Timur, khususnya di Kutai Kartanegara dan Kota Samarinda, memberikan wawasan mengenai peluang dan tantangan dalam budidaya jagung di daerah tropika lembab.

Studi di Kutai Kartanegara menunjukkan bahwa penggunaan varietas unggul seperti jagung Lamuru serta penerapan teknologi pertanian modern seperti sistem tanam Jajar Legowo mampu meningkatkan produksi hingga 10,32 ton per hektar. Keunggulan utama jagung Lamuru adalah sifatnya sebagai varietas bersari bebas, yang memungkinkan petani menggunakan kembali benih dari hasil panen tanpa mengalami penurunan hasil yang signifikan (Banu Prasetyo & Amin, 2019). Sebaliknya, di Kota Samarinda, produksi jagung mengalami tren penurunan akibat alih fungsi lahan dan kurangnya penerapan inovasi budidaya, dengan rata-rata penyusutan luas lahan sebesar 8,716 hektar per tahun (Salelua & Maryam, 2018). Oleh karena itu, diperlukan

strategi intensifikasi pertanian yang mencakup penggunaan varietas unggul, optimalisasi pemupukan, serta pengendalian hama dan penyakit berbasis ekologi. Dengan kebijakan yang mendukung pertanian jagung serta insentif bagi petani, daerah tropika lembab dapat menjadi sentra produksi jagung yang lebih produktif dan berdaya saing tinggi di masa depan. Pemanfaatan jagung sangat beragam, mulai dari konsumsi langsung sebagai jagung muda, bahan baku industri pangan, hingga pakan ternak. Pengembangan varietas hibrida dan komposit telah meningkatkan produktivitas secara signifikan, meskipun tantangan berupa serangan hama penggerek batang, penyakit bulai, dan cekaman kekeringan masih perlu diatasi.

2.2.4 Singkong/Ubi Kayu

Ubi kayu memegang peran penting dalam ketahanan pangan kawasan tropis lembab, terutama di lahan-lahan marginal dimana tanaman pangan lain sulit berkembang. Kemampuannya untuk menghasilkan karbohidrat yang tinggi dalam kondisi tanah kurang subur, curah hujan tidak menentu, dan input rendah menjadikannya pilihan yang tepat bagi petani kecil. Tanaman ini memiliki mekanisme fisiologis yang unik dalam menghadapi cekaman lingkungan. Sistem perakaran yang dalam dan ekstensif memungkinkan ekstraksi air dan nutrisi dari lapisan tanah yang lebih dalam. Kemampuan untuk menggugurkan daun saat kekeringan dan membentuk daun baru saat kondisi membaik merupakan strategi adaptasi yang efektif. Pengembangan teknologi pengolahan ubi kayu telah membuka peluang diversifikasi produk yang luas. Mulai dari pengolahan tradisional seperti gaplek dan tapioka, hingga produk modern seperti modified starch, bioetanol, dan berbagai makanan olahan. Tantangan utama dalam pengolahan ubi kayu adalah kandungan sianida yang perlu dihilangkan melalui proses yang tepat. Aspek sosial-ekonomi ubi kayu menunjukkan peran ganda sebagai

tanaman subsisten dan komoditas komersial. Di beberapa daerah, ubi kayu masih menjadi pangan pokok, sementara di tempat lain berkembang menjadi bahan baku industri dengan nilai ekonomi tinggi. Pengembangan varietas unggul terus dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Salah satu varietas unggul yang telah dikembangkan adalah singkong gajah.

Singkong Gajah (*Manihot esculenta* var. Gajah) merupakan varietas unggul yang dikembangkan melalui persilangan alami antara *Ceara rubber* (*Manihot glaziovii* Müll Arg) dan *Manihot esculenta* Crantz pada tahun 1992 oleh Ristono, seorang petani di Kalimantan Timur. Keunggulan utama varietas ini terletak pada produktivitasnya yang tinggi, dengan hasil panen mencapai 30-40 kg per pohon, jauh lebih besar dibandingkan singkong biasa. Daya adaptasinya yang baik terhadap lingkungan tropika lembab menjadikannya tanaman yang ideal untuk sistem pertanian berkelanjutan di Indonesia. Singkong Gajah secara resmi mendapatkan sertifikasi dari Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian Kementerian Pertanian Indonesia pada 18 November 2013, dengan nomor 182/PVHP/2013, yang menandai pengakuan resmi atas potensi dan keunggulannya. Contoh singkong gajah dari Kalimantan Timur dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3. Singkong Gajah
(jurnalasia.com, 2014)

Selain berperan sebagai bahan pangan pokok, Singkong Gajah juga memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai bahan baku industri, khususnya dalam produksi bioetanol yang semakin berkembang sebagai energi alternatif terbarukan. Proses hidrolisis dan fermentasi singkong ini telah menunjukkan hasil optimal dalam produksi bioetanol dengan kadar mencapai 14,17%, menjadikannya sebagai komoditas strategis dalam diversifikasi sumber energi berbasis hayati (Candra *et al.*, 2019). Dengan sejarah perkembangannya yang unik serta manfaatnya yang luas, Singkong Gajah kini menjadi salah satu varietas singkong unggulan yang berkontribusi dalam ketahanan pangan dan energi di wilayah tropika lembab.

2.2.5 Ubi jalar

Ubi jalar (*Ipomoea batatas*) merupakan salah satu tanaman pangan penting yang beradaptasi baik di wilayah pertanian tropika lembab. Keunggulannya terletak pada toleransi terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi, termasuk tanah dengan kesuburan rendah dan curah hujan tinggi. Tanaman ini tahan terhadap kekeringan dan dapat tumbuh dengan baik di kondisi pertanian tadah hujan yang umum di daerah tropika lembab (Amagloh *et al.*, 2021). Ubi jalar memiliki sistem perakaran yang dalam dan luas, memungkinkan tanaman ini menyerap air dengan lebih efisien dibandingkan tanaman pangan lainnya seperti jagung. Kerugian hasil panen akibat kekeringan pada ubi jalar juga lebih rendah jika dibandingkan tanaman lain seperti jagung dan padi, yang lebih rentan terhadap stres air. Dengan perubahan iklim yang meningkatkan frekuensi kekeringan, ubi jalar menjadi tanaman strategis dalam sistem pertanian berkelanjutan (Motsa *et al.*, 2015). Keragaman genetik ubi jalar tercermin dari variasi warna umbi (putih, kuning, oranye, ungu), bentuk daun, dan karakteristik pertumbuhan. Setiap varietas memiliki keunggulan spesifik, baik dari segi

produktivitas, ketahanan terhadap cekaman lingkungan, maupun kandungan nutrisi.

Ubi jalar diakui sebagai pangan fungsional karena mengandung senyawa bioaktif seperti karotenoid, polifenol, serat pangan, dan pati resisten. Senyawa ini memiliki manfaat kesehatan, termasuk efek antioksidan, anti-diabetes, anti-kanker, serta mendukung kesehatan jantung dan usus. Konsumsi ubi jalar, khususnya varietas berwarna oranye dan ungu, dapat membantu menurunkan risiko PTM seperti diabetes tipe 2, penyakit jantung, dan kanker. Kandungan β -karoten dalam ubi jalar oranye sangat bermanfaat untuk mencegah defisiensi vitamin A (Motsa *et al.*, 2015). Dengan demikian, ubi jalar memberikan solusi pangan untuk masyarakat di daerah tropika lembab yang rentan terhadap kekurangan gizi dan kerawanan pangan.

Tantangan utama dalam pengembangan ubi jalar meliputi Produksi ubi jalar di tingkat petani kecil masih rendah dibandingkan dengan produksi komersial akibat keterbatasan akses terhadap bibit unggul dan teknologi pertanian, Masih kurangnya perhatian terhadap penelitian dan pengembangan ubi jalar dibandingkan dengan tanaman pangan lain seperti padi dan jagung, serta Potensi ubi jalar sebagai sumber pangan fungsional dan bahan baku industri (misalnya bioetanol dan pakan ternak) masih perlu dikembangkan lebih lanjut.

2.2.6 Lai

Kalimantan memiliki keanekaragaman hayati tinggi, termasuk 18 dari 27 spesies durian dunia. *Durio zibethinus* (durian biasa) dan *Durio kutejensis* (Lai) merupakan durian khas Kalimantan Timur (Kurniadinata *et al.*, 2019). *Durio kutejensis* atau yang dikenal dengan nama buah Lai merupakan salah satu spesies durian yang memiliki potensi besar sebagai komoditas unggulan di Kalimantan Timur. Berbeda dengan durian biasa (*Durio zibethinus*), buah Lai

memiliki bentuk yang lebih kecil, aroma yang lebih lembut, serta tekstur daging yang lebih kering. Pohon Lai dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian 24 meter dan memiliki duri yang lebih tumpul dibandingkan durian pada umumnya. Habitat aslinya berada di hutan tropis dataran rendah Kalimantan dengan curah hujan tinggi. Keunggulan utama dari buah Lai adalah kemampuannya untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik di lingkungan khas Kalimantan, sehingga memiliki sedikit kompetitor dalam pasaran buah tropis. Sejak tahun 2008, upaya budidaya buah Lai mulai dilakukan secara serius melalui perbanyakan vegetatif dengan metode okulasi dan grafting untuk mempertahankan sifat unggulnya. Hingga saat ini, telah dirilis tiga varietas unggul nasional, yakni Lai Batuah (2006), Lai Kutai (2007), dan Lai Mahakam (2009), yang masing-masing memiliki karakteristik unik dan daya tarik tersendiri bagi konsumen lokal maupun internasional (Rizal, 2015). Setiap varietas buah Lai memiliki ciri khas tersendiri. Lai Batuah dikenal dengan produksi buah yang tinggi, yaitu mencapai 300-400 buah per pohon per tahun, dengan daging buah berwarna kuning kemerahan yang manis dan tidak beraroma menyengat. Lai Kutai memiliki daging buah yang lebih tebal dan bertekstur halus, dengan warna kuning cerah hingga oranye, serta kadar gula yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. Sementara itu, Lai Mahakam menjadi varietas yang paling disukai di pasar Asia karena daging buahnya berwarna kuning kemerahan yang dipercaya membawa keberuntungan menurut budaya Tionghoa. Selain itu, sebagian besar biji Lai Mahakam bersifat mengempis, sehingga memberikan lebih banyak bagian buah yang dapat dikonsumsi.

Selain pengembangan varietas murni *Durio kutejensis*, penelitian pemuliaan tanaman juga telah menghasilkan enam varietas durian unggul hasil persilangan antara *Durio zibethinus* dan *Durio kutejensis*. Studi yang dilakukan di Kutai

Kartanegara, Kalimantan Timur, mengidentifikasi enam tanaman hasil persilangan alami yang memiliki karakteristik morfologi unggul. Varietas ini memiliki variasi bentuk dan warna buah, mulai dari hijau kekuningan hingga oranye, dengan aroma yang lebih lembut serta daging buah yang lebih tebal. Beberapa varietas memiliki ketahanan yang lebih baik pascapanen, dengan daya simpan hingga 7-10 hari setelah panen, yang menjadi nilai tambah dalam distribusi ke pasar ekspor. Varietas hasil persilangan ini menunjukkan potensi besar untuk dikembangkan sebagai komoditas agribisnis dengan nilai ekonomi tinggi (Kurniadinata *et al.*, 2019). Buah Lai ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Buah Lai
(Subahan & Khotimah, 2024)

Semakin meningkatnya permintaan pasar terhadap buah Lai, baik di dalam negeri maupun di luar negeri seperti Singapura, upaya budidaya dan pengelolaan pasca panen harus terus ditingkatkan. Salah satu tantangan utama dalam

pengembangan buah Lai adalah perlunya diversifikasi produk agar tidak hanya dijual dalam bentuk segar, tetapi juga diolah menjadi berbagai produk turunan seperti selai, es krim, dan makanan olahan lainnya. Selain itu, penelitian lebih lanjut tentang teknik budidaya yang optimal serta pemuliaan varietas baru dengan ketahanan lebih baik terhadap perubahan iklim perlu terus dilakukan. Dengan strategi yang tepat, buah Lai dapat menjadi salah satu komoditas hortikultura unggulan yang berkontribusi terhadap ketahanan pangan serta meningkatkan kesejahteraan petani lokal di Kalimantan.

2.2.7 Cempedak

Cempedak (*Artocarpus integer*) adalah tanaman buah tropis yang banyak ditemukan di Asia Tenggara, terutama di Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Tanaman ini memiliki karakteristik yang menjadikannya salah satu tanaman pangan dominan di wilayah pertanian tropika lembab. Cempedak tumbuh optimal di daerah dengan curah hujan tinggi, suhu hangat (20–35°C), serta kelembaban udara yang tinggi. Tanaman ini mampu tumbuh baik di dataran rendah hingga ketinggian sekitar 1000 meter di atas permukaan laut. Sistem perakarannya yang kuat membuatnya tahan terhadap kondisi tanah yang lembap dan mampu bertahan di musim kemarau pendek. Cempedak merupakan tanaman berumur panjang dengan produktivitas tinggi. Pohon mulai berbuah pada usia 3–5 tahun setelah tanam dan dapat berbuah sepanjang tahun di daerah dengan iklim stabil. Setiap pohon mampu menghasilkan puluhan hingga ratusan buah dalam satu musim, menjadikannya sumber pangan yang berkelanjutan. Selain itu, cempedak dapat dibudidayakan secara monokultur maupun dalam sistem agroforestri dengan tanaman lain, seperti kakao, kopi, dan durian, sehingga meningkatkan diversifikasi pertanian dan ketahanan pangan masyarakat.

Buah cempedak memiliki kemiripan dengan nangka (*Artocarpus heterophyllus*), tetapi berukuran lebih kecil dan memiliki aroma yang lebih kuat. Cempedak berbentuk bulat dengan kulit berwarna hijau, kuning, atau kecoklatan, serta memiliki duri kecil pada permukaannya. Daging buahnya lembut dengan warna kuning keemasan hingga jingga. Daging buah cempedak memiliki warna kuning atau jingga, yang menunjukkan adanya pigmen karotenoid (Pui *et al.*, 2018). Karotenoid merupakan pigmen alami yang memiliki berbagai manfaat nutrisi. Makanan yang kaya karotenoid, seperti β -karoten, dapat membantu mencegah defisiensi vitamin A dan anemia.

Sebagai tanaman yang mudah tumbuh dan memiliki hasil panen melimpah, cempedak berkontribusi pada ketahanan pangan masyarakat di wilayah tropis. Di beberapa daerah, buah ini menjadi sumber pendapatan utama bagi petani melalui penjualan di pasar lokal maupun ekspor ke negara-negara tetangga. Industri berbasis cempedak, seperti produksi makanan olahan dan bibit unggul, juga membuka peluang usaha bagi masyarakat. Dengan meningkatnya permintaan terhadap buah tropis eksotis di pasar global, cempedak memiliki potensi besar sebagai komoditas ekonomi bernilai tinggi.

2.3 Teknik budidaya dan pengelolaan tanaman pangan tropikal lembab

Daerah tropika lembab memiliki karakteristik iklim dengan curah hujan tinggi, suhu relatif konstan, dan tingkat kelembaban yang tinggi sepanjang tahun. Kondisi ini berpengaruh signifikan terhadap teknik budidaya dan pengelolaan tanaman pangan. Pengembangan teknik budidaya tanaman pangan pada daerah tropika lembab dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- **Peningkatan sistem tanam dalam pertanian tadah hujan**

Distribusi curah hujan merupakan faktor yang sangat penting pada daerah tropika lembab. Petani dapat mengoptimalkan sistem tanam mereka dengan memahami koefisien variasi dalam curah hujan. Koefisien variasi yang tinggi menunjukkan musim kering, sedangkan koefisien variasi yang rendah menandakan musim hujan. Analisis ini memungkinkan rekomendasi tiga kali tanam per tahun dengan memanfaatkan baik musim hujan yang stabil maupun yang tidak stabil. Selain itu, dapat juga melakukan diversifikasi tanaman dengan cara mengombinasikan padi sawah dengan tanaman lahan kering seperti kedelai, jagung, dan kacang hijau meningkatkan produktivitas serta mengurangi ketergantungan pada satu jenis tanaman, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap variabilitas iklim (Nishimura, 1999).

- **Praktik pertanian berkelanjutan**

Pendekatan pertanian konservasi dapat dilakukan dengan cara menekankan gangguan tanah yang minimal, penutup tanah permanen, dan diversifikasi tanaman. Metode ini dapat mengurangi erosi, meningkatkan retensi air, dan memperbaiki kesehatan tanah, sehingga sangat cocok untuk daerah tropis (Midwifery, 2022; Pretty, 2005). Pengendalian hama dan penyakit secara terpadu (PHT), yang mengkombinasikan metode biologis, mekanis, dan kimiawi secara bijak, menjadi pendekatan efektif dalam menjaga produktivitas tanaman pangan di wilayah tropis lembab (Kumari *et al.*, 2024). Penerapan sistem agroforestri juga dapat dilakukan karena integrasi pohon dalam lanskap pertanian meningkatkan keanekaragaman hayati, memperbaiki kesuburan tanah, dan menyerap karbon. Sistem agroforestri terbukti layak secara ekonomi dan bermanfaat bagi lingkungan, terutama di daerah tropis (Villa *et al.*, 2021).

- **Praktik *Climate-Smart***

Praktik ini dapat dilakukan dengan mengurangi intensifikasi perladangan berpindah. Perladangan berpindah tradisional dapat menyebabkan degradasi hutan. Namun, praktik berkelanjutan seperti agroforestri dan diversifikasi tanaman dapat mengurangi perluasan dan intensifikasi perladangan berpindah, sehingga membantu melestarikan keanekaragaman hayati dan layanan ekosistem (Villa *et al.*, 2021). Selain itu dapat juga diterapkan sistem pertanian tahan iklim, seperti olah tanah konservasi, penanaman tanaman penutup, dan rotasi tanaman meningkatkan ketahanan tanah serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Praktik-praktik ini sangat relevan dalam menghadapi perubahan iklim (Dossa & Miassi, 2024).

- **Sistem pertanian organik dan terpadu**

Sistem pertanian organik mengecualikan penggunaan pupuk dan pestisida sintetis, sehingga meningkatkan kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati. Studi menunjukkan bahwa pertanian organik meningkatkan aktivitas mikroba tanah, mengurangi residu kimia dalam makanan, dan menawarkan nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Varma *et al.*, 2024). Sistem terpadu tanaman-ternak mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan memanfaatkan tanaman dua guna, seperti yang dapat digunakan untuk pangan dan pakan, serta mengintegrasikan peternakan dalam sistem pertanian. Pendekatan ini membantu mengurangi ketergantungan pada input eksternal, seperti pakan ternak komersial dan pupuk sintetis, sehingga meningkatkan keberlanjutan produksi. Selain itu, sistem ini juga berkontribusi terhadap efisiensi sumber daya dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai pakan atau pupuk alami, yang pada

akhirnya dapat meminimalkan dampak lingkungan (Archimède *et al.*, 2014; Norman *et al.*, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Amagloh, F.C., Yada, B., Tumuhimbise, G.A., Amagloh, F.K., Kaaya, A.N., 2021. The potential of sweetpotato as a functional food in sub-saharan africa and its implications for health: A review. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules26102971>
- Archimède, H., Alexandre, G., Mahieu, M., Fleury, J., Petro, D., Garcia, G.W., Fanchone, A., Bambou, J.-C., Magdeleine, C.M., Gourdine, J.-L., Gonzalez, E., Mondonnet, N., 2014. Agroecological Resources for Sustainable Livestock Farming in the Humid Tropics. *Springer*, Cham 299–330.
- Banu Prasetyo, W., Amin, M., 2019. Kajian pengembangan jagung lamuru di Kutai Kartanegara untuk mendukung peningkatan produksi di Kalimantan Timur. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON* 5, 303–306. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050228>
- Benuakaltim.benuanta.co.id, 2024. *Kementan-Disbun Kaltim Optimalkan Potensi Lahan Padi Gogo 7.787 Ha [WWW Document]*. Antara. URL <https://benuakaltim.benuanta.co.id/2289/kementan-disbun-kaltim-optimalkan-potensi-lahan-padi-gogo-7-787-ha/> Diakses 26 Februari 2025
- Candra, K.P., Kasma, Ismail, Marwati, Murdianto, W., Yuliani, 2019. Optimization method for bioethanol production from giant Cassava (*Manihot esculenta* var. Gajah) originated from East Kalimantan. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19, 176–182. <https://doi.org/10.22146/ijc.31141>

- Dossa, K.F., Miassi, Y.E., 2024. Advancing Sustainable Agriculture: A Critical Review of Innovative Strategies to Decrease Chemical Dependency for Environmental Health. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 10, 492–497.
- Fahriza, Y., Amalia, S., Roy, J., 2024. Economic Development Planning Analysis Food Crops Subsectors and Horticulture Crops Subsectors East Kalimantan Province. *International Journal of Economics, Commerce, and Management*, 1, 3047–9746. <https://doi.org/10.61132/ijecm.v1i3.125>
- Handayani, F., Sumarmiyati, Ahmadi, N.R., 2017. Keragaman Morfologi 20 Kultivar Padi Lokal asal Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 3, 88–93. <https://doi.org/10.13057/psnmmbi/m030115>
- Handayani, F., Sumarmiyati, Rahayu, S.P., 2019. Karakterisasi morfologi jelai (*Coix lacryma-jobi*) lokal Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversiti Indonesia 5, 228–233. <https://doi.org/10.13057/psnmmbi/m050215>
- Jurnalasia, 2014. *Budidaya Singkong Gajah [WWW Document]*. URL <https://www.jurnalasia.com/bisnis/budidaya-singkong-gajah/> Diakses 1 Maret 2025
- Kumari, N., Pandey, A.K., Singh, A.K., Singh, A., 2024. Sustainable Agriculture: Balancing Productivity and Environmental Stewardship for Future Generations. *J Sci Res Rep*.
- Kurniadinata, O.F., Wenpei, S., Zaini, A., Rusdiansyah, R., 2019. Six Potential Superior Durian Plants Resulted by Cross

- Breeding of *D. zibethinus* and *D. Kutejensis* from East Kalimantan, Indonesia: Initial Identification. *Journal of Tropical Horticulture*, 2, 45–49.
<https://doi.org/10.33089/jthort.v2i2.24>
- Mariati, R., 2013. Potensi Produksi dan Prospek Pengembangan Tanaman Aren (*Arenga Pinnata* Merr) di Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*, 12.
- Midwifery, N., 2022. Sustainable Agriculture: Concepts and Approaches.
- Motsa, N.M., Modi, A.T., Mabhaudhi, T., 2015. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as a drought tolerant and food security crop. *S Afr J Sci*, 111, 1–8.
<https://doi.org/10.17159/sajs.2015/20140252>
- Nishimura, Y., 1999. Study on Improved Cropping Systems in Rainfed Agriculture in the Humid Tropics. *Japanese journal of tropical agriculture*, 43, 188–194.
- Norman, J., Honorio, S., Pangilinan, C., Orpiada, E., Zabala, R., Loria, E., Supan, F., Reyes, C., 2015. A Sustainable Agriculture Production Model of Pampanga State Agricultural University in Central Luzon, Philippines. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5, 671–677.
- Nurhasanah, Sunaryo, W., 2015. Keragaman Genetik Padi Lokal Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1.
<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010702>
- Nurhasanah, Sunaryo, W., Sadaruddin, Rusdiansyah, 2018. Biodiversitas Padi Lokal. Mulawarman University Press, Samarinda.

- Nurmala, T., 2011. Potensi dan Prospek Pengembangan Hanjeli (*Coix lacryma jobi* L.) sebagai Pangan Bergizi Kaya Lemak untuk Mendukung Diversifikasi Pangan Menuju Ketahanan Pangan Mandiri. *PANGAN*, 20, 41–48.
- Pretty, J., 2005. The Earthscan reader in sustainable agriculture. Earthscan.
- Pui, L.P., Karim, R., Yusof, Y.A., Wong, C.W., Ghazali, H.M., 2018. Physicochemical and sensory properties of selected “cempedak” (*Artocarpus integer* L.) fruit varieties. *Int Food Res J*, 25.
- Rizal, M., 2015. Prospek pengembangan buah Lai (*Durio kutejensis*) sebagai varietas unggul lokal di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Masyarakat Biodiversitas Indonesia*.
<https://doi.org/10.13057/psnmmbi/m010641>
- Salelua, S.A., Maryam, S., 2018. Potensi Dan Prospek Pengembangan Produksi Jagung (*Zea Mays* L.) Di Kota Samarinda. *Jurnal Agribisnis Dan Komunikasi Pertanian*, 1, 47–53.
<https://doi.org/10.35941/akp.1.1.2018.1703.47-53>
- Subahan, Khotimah, K., 2024. Analisis kandungan nutrisi (Protein, Lemak, Vitamin, Kadar air, Besi). *Proceeding Seminar Nasional IPA XIV*.
- Suyadi, Raden, I., Suryadi, A., 2019. The Productivity and Prospective of Coix Lacryma-Jobi L. For Staple Food Crop Alternative in East Kalimantan of Indonesia. *Russ J Agric Socioecon Sci*, 12, 69–76.
<https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-12.09>

- Varma, N.R., Wadatkhar, H., Salve, R., Kumar, T. V, 2024. Advancing Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review of Organic Farming Practices and Environmental Impact. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46, 695–703.
- Villa, P.M., Rodrigues, A.C., Martins, S. V, Oliveira Neto, S.N. de, Laverde, A.G., Riera-Seijas, A., 2021. Reducing intensification by shifting cultivation through sustainable climate-smart practices in tropical forests: A review in the context of UN Decade on Ecosystem Restoration. *Elsevier BV*, 3, 100058.

BAB III

TEKNOLOGI PASCAPANEN UNTUK PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB

Oleh Nuzlul Musdalifah

3.1 Keanekaragaman Produk Pangan Tropis

Kawasan tropika lembab merupakan lumbung bagi beragam produk pangan yang kaya akan nutrisi. Namun, karakteristik iklim ini juga menjadi tantangan tersendiri dalam menjaga kualitas dan memperpanjang umur simpan. Produk pangan tropika lembab, seperti buah-buahan, sayuran, biji-bijian dan umbi-umbian memiliki kadar air yang tinggi, sehingga sangat rentan terhadap kerusakan fisiologi, mikrobiologis, dan mekanis setelah panen. Di daerah tropika lembab, tantangan utama yang dihadapi petani dan produsen pangan adalah kerusakan cepat yang disebabkan oleh suhu tinggi, kelembaban, serta kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, metode penyimpanan dan pengawetan yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas, memperpanjang umur simpan dan mencegah kehilangan hasil pertanian. Inovasi dalam teknologi pascapanen juga memegang peranan krusial dalam meminimalkan kehilangan hasil dan memepertahankan kualitas produk pangan tropika lembab. Penerapan teknologi yang tepat dapat memperpanjang umur simpan, menjaga nilai gizi, dan meningkatkan nilai tambah

produk sehingga memberikan dampak positif bagi petani, konsumen, dan perekonomian secara keseluruhan.

Beberapa contoh produk pangan tropika lembab yang banyak ditemukan di Indonesia antara lain:

Buah-buahan: Mangga, pisang, nanas, papaya, alpukat, rambutan, durian, manggis, dan lain-lain. Buah tropis ini kaya akan vitamin, mineral, antioksidan, dan serat yang penting untuk kesehatan tubuh.

Sayuran: Bayam, kangkung, sawi, terong, tomat, cabai, mentimun, labu siam, dan lainnya. Sayuran tropis ini mengandung nutrisi penting seperti vitamin, mineral, serat, dan antioksidan yang mendukung kesehatan tubuh.

Umbi-umbian: Singkong, ubi jalar, talas, kentang, dan lainnya. Umbi-umbian tropis ini merupakan sumber karbohidrat yang penting sebagai energi, serta mengandung serat, vitamin, dan mineral yang bermanfaat bagi tubuh.

Biji-bijian: Beras, jagung, kedelai, kacang tanah, dan lainnya. Biji-bijian tropis ini merupakan sumber karbohidrat, protein, serat, vitamin, dan mineral yang sangat penting bagi tubuh.

Rempah-rempah: Jahe, kunyit, lengkuas, kencur, serai, kayu manis, pala, cengkeh, dan lainnya. Rempah-rempah ini tidak hanya digunakan dalam masakan, tetapi juga memiliki khasiat obat karena adanya senyawa aktif yang bermanfaat bagi kesehatan.

3.2 Metode Penyimpanan Hasil Pertanian

Buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan sumber nutrisi penting seperti vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif, yang memberikan banyak manfaat kesehatan. Akan

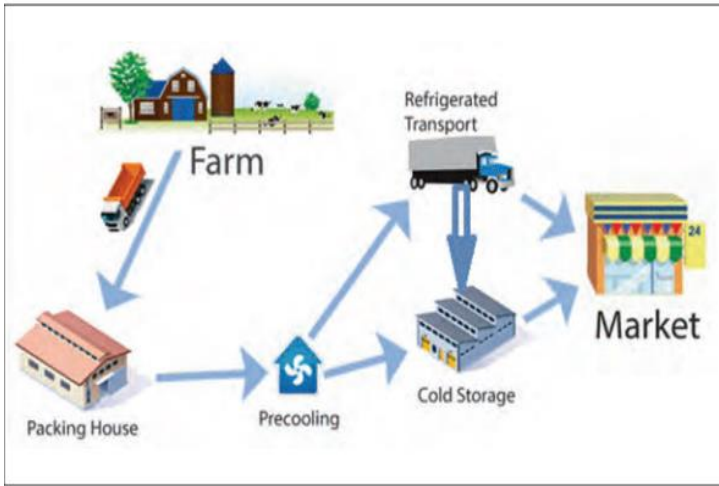
tetapi, karena pengelolaan pascapanen yang kurang optimal mengakibatkan buah dan sayur segar atau yang baru dipotong kehilangan kualitas dan nilai gizinya sebelum sampai ke tangan konsumen. Teknologi sangat diperlukan untuk mengendalikan kerusakan sehingga akan memperpanjang umur simpan.

Penyimpanan merupakan penanganan pascapanen yang memiliki peran penting pada produk pertanian untuk mempertahankan kualitas serta dapat diaplikasikan pada produk pangan tropika lembab seperti pisang, durian, mangga, dan papaya seringkali dihasilkan dalam jumlah banyak selama musim panen. Namun, salah satu tantangan terbesar adalah produksi pangan tropika lembab adalah menjaga kesegaran dan kualitas produk selama penyimpanan dan distribusi. Tingginya tingkat kelembaban yang tinggi dan suhu yang hangat mengakibatkan produk ini sangat rentan terhadap pembusukan, kerusakan mekanis, dan penurunan nilai gizi jika tidak disimpan dengan cara yang tepat. Penyimpanan yang baik tidak hanya memperpanjang umur simpan produk tetapi juga menjaga nilai gizi rasa, dan penampilan produk pangan tropika lembab. Oleh karena itu, penting untuk memahami berbagai metode penyimpanan yang dapat diterapkan untuk produk pertanian tripika lembab.

3.2.1 Penyimpanan Suhu Rendah (*Cold Storage*)

Suhu rendah adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk pangan tropika lembab. Penyimpanan dalam suhu rendah membantu memperlambat proses respirasi dan perkembangan mikroba yang dapat mempercepat pembusukan. *Cold storage* merupakan salah satu alat mesin pendingin yang menampung bahan yang akan mengalami

proses pendinginan (**Gambar 3.1.**). *Cold storage* biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendinginkan atau mengawetkan makanan seperti daging, sayuran, dan buah-buahan begitu juga dengan minuman. Adapun penggunaan *cold storage* adalah untuk memperpanjang umur penyimpanan dengan cara pendinginan (Rahmat, 2015). Komoditas pertanian umumnya diawetkan dengan penyimpanan pada suhu rendah yang berfungsi untuk menghambat aktivitas metabolisme, aktivitas enzim, dan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan agen pembusukan yang terdiri dari bakteri, ragi, dan jamur. Suhu rendah tidak akan menghancurkan mikroorganisme seperti halnya suhu tinggi, tetapi sangat mengurangi aktivitasnya. Suhu rendah yang diperlukan untuk pengawetan bergantung pada waktu penyimpanan yang diperlukan baik itu jangka pendek maupun jangka panjang serta jenis produk pangan. Dalam sistem pendinginan, zat pendingin digunakan untuk menyerap panas melalui penguapan pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi dalam kondensor (Jani, 2024). Salah satu produsen buah dan sayuran terbesar kedua di dunia yakni negara India mengalami kehilangan pascapanen yang mencapai sekitar 25% hingga 30% dari produksi. Selain itu, kualitas sejumlah produk juga mengalami penurunan saat sampai ketangan konsumen. Untuk mengurangi kehilangan pascapanen diperlukan penanganan yang tepat dengan metode penyimpanan dingin.



Gambar 3. 1. Penangan pascapanen dengan penyimpanan dingin
(Jani, 2024)

Penyimpanan dingin mengakibatkan umur simpan buah menjadi lama yakni dua kali lipat dari suhu ruangan, hal ini disebabkan oleh adanya penurunan laju respirasi dan transpirasi yang sangat mempengaruhi umur simpan buah. Persentase perubahan kandungan pada buah cabai yang disimpan pada suhu dingin lebih kecil dibandingkan pada suhu ruangan (Bahnasawy *et al.*, 2018). Metode yang paling efektif untuk menjaga kualitas dan mengendalikan pembusukan pada cabai adalah dengan pendinginan cepat setelah panen diikuti dengan penyimpanan pada suhu rendah dengan kelembaban relatif tinggi. Suhu penyimpanan yang tepat merupakan faktor terpenting untuk penyimpanan cabai dan paprika. Suhu penyimpanan optimal untuk cabai antara 7 hingga 13 °C selama 2 - 3 minggu. Daya simpan sayuran yang disimpan dengan pendinginan berkisar antara beberapa hari sampai beberapa minggu tergantung pada jenis sayuran. Tiap jenis sayuran mempunyai karakteristik penyimpanan tersendiri. Hal tersebut dipengaruhi oleh

faktor varietas, iklim, tempat tumbuh, kondisi tanah, cara budidaya tanaman, derajat kematangan dan cara penanganan yang dilakukan sebelum disimpan (Agusta & Kurniawan, 2021). Suhu maksimum yang dapat diterima untuk penyimpanan semua makanan yakni 37°C. Pada suhu ini, bakteri akan tumbuh dengan baik (Sobari, 2019) sehingga suhu yang digunakan untuk penyimpanan dingin berbagai bahan pangan adalah sebagai berikut (**Tabel 3.1**):

Tabel 3. 1. Suhu penyimpanan untuk berbagai bahan pangan

Bahan Pangan	Suhu Penyimpanan
Buah-buahan, sayuran, dan produk pangan yang mudah rusak	6,6°C sampai 10°C
Susu dan hasil olahannya	3,3°C sampai 7,6°C
Daging dan unggas	0,5°C sampai 3,3°C
Ikan dan kerang	-5°C sampai -1,1°C
Makanan beku	-17,7°C sampai -28,8°C

3.2.2 Modified Atmosphere Storage (MAS)

Modified Atmosphere Storage (MAS) adalah teknologi penyimpanan makanan yang dilakukan dengan memodifikasi gas di dalam ruangan penyimpanan. Teknologi ini bekerja dengan mengendalikan kadar oksigen untuk memperlambat laju respirasi buah (Pega *et al.*, 2021)

Biasanya, oksigen diturunkan dan karbon dioksida serta kelembapan udara ditingkatkan untuk memperlambat proses pematangan dan pembusukan. Untuk buah tropika lembab penyimpanan dengan metode ini akan mengurangi kadar oksigen, memperlambat pematangan, dan

meningkatkan karbondioksida yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

3.2.3 Penyimpanan Gudang

Petani di Indonesia umumnya melakukan penyimpanan bahan pangan di gudang penyimpanan. Tanaman pangan utama tropika lembab diantaranya adalah padi, jagung, singkong, dan ubi jalar. Kondisi gudang penyimpanan merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan selama masa penyimpanan (Purnomo *et al.*, 2014). Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan gudang

- **Kelembaban udara** : Kelembaban di dalam gudang penyimpanan merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas produk pertanian. Tanaman pangan seperti padi, jagung, singkong, dan ubi jalar memiliki kecenderungan untuk mengalami pembusukan atau serangan jamur jika terkena kelembaban yang tinggi. Kelembaban yang tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme, yang akan menyebabkan kerusakan atau pembusukan pada produk tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kelembaban udara di dalam gudang agar tetap stabil.
- **Suhu Gudang** : Suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat proses pematangan dan kerusakan produk pertanian, misalnya: biji padi dan jagung akan lebih cepat mengalami penurunan kualitas jika disimpan pada suhu tinggi. Idealnya, suhu dalam gudang penyimpanan harus dijaga agar tidak terlalu panas atau terlalu dingin. Suhu yang stabil antara 25-30°C sering dianggap ideal untuk penyimpanan padi

dan jagung, sedangkan singkong dan ubi jalar membutuhkan suhu yang sedikit lebih rendah.

- **Ventilasi dan Sirkulasi Udara** : Sirkulasi udara yang baik di dalam gudang sangat penting untuk mencegah penumpukan gas atau kelembaban berlebih yang dapat merusak produk pertanian. Dengan ventilasi yang tepat, udara segar akan masuk dan kelembaban berlebih dapat keluar, sehingga produk pertanian tetap kering dan terhindar dari pembusukan atau kerusakan lainnya. Kelembaban dan suhu yang tidak terjaga dengan baik bisa menyebabkan timbulnya serangan hama dan penyakit pada produk yang disimpan.
- **Kebersihan Gudang** : Kebersihan gudang penyimpanan juga sangat penting untuk menjaga kualitas hasil pertanian. Gudang yang kotor dapat menjadi tempat berkembang biaknya hama atau mikroorganisme yang dapat merusak bahan pangan. Rutin membersihkan gudang dan memastikan bahwa tidak ada kotoran atau sisa hasil pertanian yang terbuang dapat mengurangi potensi kerusakan pada hasil pertanian.
- **Pengendalian Hama** : Hama, baik itu serangga, tikus, atau burung, bisa menjadi ancaman serius bagi hasil pertanian yang disimpan di gudang. Oleh karena itu, pengendalian hama harus menjadi prioritas. Menggunakan alat pengendali hama atau bahan kimia yang aman, serta melakukan pemeriksaan rutin pada produk yang disimpan, dapat mencegah kerusakan yang disebabkan oleh hama.

- **Rotasi Barang** : Untuk menghindari kerusakan pada hasil pertanian yang lebih lama disimpan, penting untuk mengaplikasikan prinsip rotasi barang (*first-in, first-out*). Artinya, hasil pertanian yang pertama kali masuk ke gudang harus menjadi yang pertama digunakan atau diproses, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada produk yang lebih lama berada di gudang.

3.3 Metode Pengawetan Hasil Pertanian

Keamanan produk pangan suatu hal yang perlu diperhatikan terutama untuk dikonsumsi. Dalam teknologi pengolahan pangan, terdapat berbagai cara untuk menjaga daya simpan hasil pertanian segar (Girsang *et al.*, 2014). Pengawetan merupakan salah satu proses yang dilakukan untuk memperpanjang umur simpan produk agar tetap aman dan layak untuk dikonsumsi. Pengawetan ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan akibat mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan ragi, serta dapat mencegah perubahan fisik, kimia, dan enzimatis yang dapat merusak produk pangan. Ada beberapa jenis metode pengawetan yang umum digunakan.

3.3.1 Pengawetan dengan Pengeringan

Pengeringan merupakan proses terpenting yang bertujuan untuk menurunkan kadar air hingga Tingkat yang dapat diterima secara farmakologis dan membuatnya tahan terhadap degradasi enzimatis maupun mikroba untuk mempertahankan kualitas kimianya dalam jangka waktu yang lama. Pengeringan juga mengurangi volume bahan, memudahkan pengangkutan atau penggilingan, sehingga lebih baik untuk pengemasan dan pengangkutannya. Metode

pengeringan dan suhu pengeringan bergantung pada sifat kimia bahan tanaman, kondisi iklim, serta jumlah bahan baku yang akan dikeringkan (Straus, 2010). Salah satu jenis metode pengeringan konvensional yang banyak digunakan adalah metode pengeringan matahari. Pengeringan matahari merupakan salah satu cara pengeringan produk pertanian menggunakan paparan udara dan sinar matahari secara langsung (Citra *et al.*, 2021). Metode ini banyak digunakan di daerah tropis dengan curah hujan yang rendah untuk mengeringkan beberapa komoditi lokal seperti padi, jagung maupun produk pangan olahan yang memerlukan pengeringan seperti kerupuk dan lain sebagainya. Bahan yang akan dikeringkan disebar di atas wadah atau nampan dan disebar setipis mungkin untuk mempercepat proses pengeringan seperti pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2. Bahan disebar di atas wadah untuk dilakukan pengeringan menggunakan matahari
(Galih Prasetyo, 2022; Putu Hetty Armayuni, 2024)

Proses pengeringan menggunakan matahari pada umumnya dilakukan di tempat atau lahan yang luas, tidak terhalang apapun dan terpapar langsung oleh matahari. Beberapa daerah di Indonesia menggunakan metode ini

dengan menebar atau meletakkan produk di atas genting maupun di tepian jalan atau halaman. Hal tersebut berfungsi untuk mempermudah proses pengeringan produk sehingga matahari dan udara dapat kontak langsung dengan produk. Pada prinsipnya, proses pengeringan matahari memanfaatkan dua cara perpindahan panas yaitu melalui proses konveksi dan proses radiasi matahari secara langsung. Perpindahan panas ini meningkatkan suhu produk dan menyebabkan penguapan air dari dalam produk, sedangkan air yang berada di permukaan produk akan menguap karena adanya paparan udara yang berhembus secara alami (Joardder & Masud, 2019).

Metode pengeringan matahari umum digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan mentah yang akan diolah lebih lanjut, meskipun terdapat beberapa pihak yang menggunakan metode ini untuk mengeringkan produk pangan setengah jadi. Proses pengeringan matahari merupakan pengering yang paling ekonomis, tetapi memiliki kekurangan yaitu pengeringan ini bergantung pada faktor lingkungan, kondisi cuaca dan suhu yang tidak dapat terkontrol, sehingga dapat berdampak pada mutu produk yang dihasilkan (Ifmalinda *et al.*, 2023). Selain itu, pengeringan yang dilakukan di ruang terbuka, dapat meningkatkan risiko kontaminasi produk pangan oleh debu, serangga, kotoran dan mikroorganisme. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk tetap menjaga kebersihan area tempat penjemuran, agar produk layak untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya dan aman untuk dikonsumsi manusia.

3.3.2 Pengawetan Secara Kimiawi

Pengawetan secara kimiawi adalah proses pengawetan dengan menggunakan bahan-bahan kimia, seperti gula pasir, garam dapur, nitrat, nitrit, natrium benzoat, asam propionat,

asam sitrat, garam sulfat, dan lainnya. Proses pengasapan juga termasuk metode kimiawi karena bahan kimia dalam asap ikut terlarut dalam makanan yang diawetkan. Jika penggunaan bahan kimianya tepat, pengawetan dengan bahan kimia pada makanan sangat efektif dan praktis karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan ragi (Sobari, 2019). Ada beberapa pengawetan dengan menggunakan bahan kimia terdiri dari:

- Asam Propionat (natrium propionat atau kalsium propionat) sering digunakan untuk mencegah pertumbuhan jamur atau kapang. Untuk bahan tepung terigu, dosis maksimum yang digunakan adalah 0,32% atau 3,2 gram per kilogram bahan, sedangkan untuk bahan keju, dosis maksimumnya adalah 0,3% atau 3 gram per kilogram bahan.
- Asam Sitrat (citric acid) adalah senyawa intermedier dari asam organik yang berbentuk kristal atau serbuk putih. Asam sitrat mudah larut dalam air, spiritus, dan etanol, tidak berbau, memiliki rasa sangat asam, dan jika dipanaskan akan meleleh dan kemudian terurai hingga terbakar menjadi arang. Asam ini juga ditemukan dalam sari buah-buahan seperti nanas, jeruk, lemon, dan markisa. Asam sitrat digunakan untuk meningkatkan rasa asam (mengatur tingkat keasaman) dalam berbagai produk minuman, produk susu, selai, jeli, dan lainnya. Selain itu, asam sitrat berfungsi sebagai pengawet pada keju dan sirup, serta digunakan untuk mencegah kristalisasi dalam madu, gula-gula (termasuk fondant), dan untuk mencegah pemucatan berbagai produk makanan seperti buah-buahan kaleng dan ikan.

Penggunaan maksimum dalam minuman adalah sebesar 3 gram per liter sari buah.

- Benzoat (asidum benzoicum atau flores benzoës atau asam benzoat) biasanya diperdagangkan dalam bentuk garam natrium benzoat, yang berbentuk serbuk atau kristal putih, halus, sedikit berbau, berasa payau, dan akan meleleh serta terbakar pada pemanasan yang tinggi.
- Natrium Metabisulfit adalah senyawa yang diperdagangkan dalam bentuk kristal. Penggunaannya dalam pengolahan bahan pangan bertujuan untuk mencegah proses pencoklatan pada buah sebelum diolah, menghilangkan bau dan rasa getir, terutama pada ubi kayu, serta untuk mempertahankan warna agar tetap menarik. Natrium metabisulfit dapat dilarutkan bersama bahan atau digunakan dalam proses pengasapan. Prinsip pengasapan ini adalah mengalirkan gas SO_2 ke dalam bahan sebelum pengeringan, dengan pengasapan berlangsung selama sekitar 15 menit. Penggunaan maksimum natrium metabisulfit adalah 2 gram per kilogram bahan. Kelebihan penggunaan natrium metabisulfit akan hilang saat proses pengeringan.
- Nitrit dan Nitrat tersedia dalam bentuk garam kalium dan natrium nitrit. Natrium nitrit berbentuk butiran putih, sementara kalium nitrit berwarna putih atau kuning dan sangat larut dalam air. Nitrit dan nitrat dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada daging dan ikan dalam waktu singkat. Mereka sering digunakan pada daging yang telah dilayukan untuk mempertahankan warna merah pada daging. Jumlah nitrit yang ditambahkan biasanya sekitar 0,1% atau 1 gram per kilogram bahan yang diawetkan, sedangkan untuk nitrat sekitar 0,2% atau 2 gram per

kilogram bahan. Jika jumlahnya melebihi batas tersebut, dapat menyebabkan keracunan, sehingga penggunaan nitrit dan nitrat diatur oleh undang-undang. Untuk mencegah keracunan, nitrit biasanya dicampur dengan nitrat dalam jumlah yang setara, sehingga nitrat akan diubah menjadi nitrit secara bertahap, memastikan jumlah nitrit dalam daging tetap aman.

3.3.3 Pengawetan Secara Tradisional

● Penggulaan

Pengawetan dengan penggulaan adalah salah satu metode pengawetan makanan yang dilakukan dengan cara menambahkan gula pada makanan untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang umur simpan. Gula dapat menarik air dari makanan melalui proses osmosis dengan menurunkan kadar air dalam makanan. Mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan seperti bakteri dan jamur akan kesulitan berkembang biak karena air merupakan faktor utama dalam pertumbuhan mikroba. Proses penggulaan dapat dilakukan dalam berbagai bentuk seperti pembuatan selai, sirup, ataupun manisan buah. Kandungan gula yang tinggi dapat menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi mikroorganisme. Hal ini menyebabkan mikroba kesulitan dalam menyerap air, sehingga pertumbuhannya terhambat atau bahkan mati. Pemberian konsentrasi gula yang tinggi akan mencegah pertumbuhan mikroorganisme karena aktivitas airnya terlalu rendah untuk berkembang biak (Mansor *et al.*, 2020). Selain itu, penggulaan juga dapat menambah rasa manis dan memberi tekstur yang lebih tahan lama pada makanan. Gula tidak hanya memberi rasa manis tetapi juga membentuk lapisan yang melindungi makanan

dari kontak langsung dengan udara yang dapat memperlambat proses oksidasi.

● **Penggaraman**

Pengawetan dengan penggaraman umumnya diikuti dengan pengeringan sudah sangat sering dilakukan karena lebih murah serta tidak memerlukan peralatan yang canggih. Teknik penggaraman sederhana melibatkan kristal garam atau air garam. Ada 3 jenis penggaraman antara lain: penggaraman kering, penggaraman basah, dan kombinasi dari kedua metode tersebut. Proses pengawetan dengan penggaraman untuk menurunkan aktivitas air. Garam berfungsi untuk mengikat melokul air. Larutan garam yang jenuh memiliki aktivitas air mendekati 0,75. Selain menghambat mikroorganisme, penggaraman dapat meningkatkan rasa dan tekstur makanan. Dengan demikian penggaraman merupakan salah satu cara yang efektif untuk menghindari racun yang terkait dengan pertumbuhan bakteri (Hafez *et al.*, 2019).

● **Pengasapan**

Pengawetan dengan metode pengasapan merupakan salah satu metode pengawetan yang murah pada produk pertanian. Salah satu komoditi yang menerapkan metode pengasapan adalah jenis komoditi hortikultura yang memiliki spesifikasi umbi yang berlapis-lapis. Bentuk umbi yang demikian membuat difusi air terhambat oleh lapisan umbi bagian dalam permukaan umbi selama proses pengasapan karena lapisan umbi bagian luar yang telah mengering melindungi bagian dalam umbi tetap basah (Wadli & Bashar, 2024). Pengasapan juga meningkatkan cita rasa dan menghambat oksidasi lemak. Proses ini menggabungkan panas dan bahan kimia dari asap yang memiliki sifat bakteristatik. Metode

pengasapan juga digunakan selama berabad-abad untuk memperpanjang umur simpan makan terutama produk daging dan ikan (Hagos, 2021). Proses ini melibatkan paparan makanan terhadap asap yang dihasilkan oleh pembakaran bahan organik seperti kayu, serbuk gergaji, atau bahan lainnya. Selain mengawetkan, pengasapan juga memberikan ras yang khas serta menjadi ciri khas produk-produk yang diawetkan. Pada proses pengasapan, makanan seperti daging atau ikan dipanaskan dengan asap yang berasal dari pembakaran bahan bakar alami. Asap mengandung senyawa kimia seperti fenol, karbondioksida, dan karbon monoksida yang memiliki efek antimikroba dan antioksidan. Selain itu, asap juga membantu mengurangi kadar air dalam makanan dengan memperlambat pertumbuhan mikroorganisme (Indiarto *et al.*, 2020). Asap yang menempel pada permukaan makanan membentuk lapisan tipis yang dapat menghambat kontak langsung dengan udara dan mikroorganisme. Lapisan ini bertindak sebagai penghalang terhadap oksidasi dan kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme.

● Pengasaman

Menambahkan asam pada bahan pangan dapat memberikan efek pengawetan karena asam dapat menurunkan pH dan menyebabkan denaturasi protein mikroorganisme. Proses fermentasi menggunakan prinsip ini untuk mengubah lingkungan dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

3.4 Inovasi dalam Teknologi Pascapanen

Banyak wilayah pertanian menghadapi tantangan berat untuk menyediakan buah-buahan dan sayuran segar berkualitas tinggi ke pasar yang semakin kompetitif. Selain itu, mereka harus berkontribusi pada produksi berkelanjutan dengan meminimalkan kerugian pascapanen dan memperpanjang masa simpan produk mereka. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan fisiologi dan teknologi pascapanen untuk memperkenalkan teknologi dan solusi inovatif yang membantu menjaga kualitas produk buah dan sayuran, sekaligus meminimalkan kerusakan dan kerugian (Valenzuela, 2023). Salah satu upaya untuk menerapkan teknologi terbaru dengan memperdalam pemahaman tentang fisiologi pascapanen. Pendekatan ilmiah merupakan salah satu solusi yang diperlukan untuk memenuhi tuntutan dunia yang sangat kompetitif. Pascapanen merupakan bagian terpenting dari kegiatan pertanian yang bertujuan untuk memaksimalkan kualitas dan masa simpan produk tersebut sampai ke pasar dalam kondisi terbaik. Pengelolaan pascapanen yang tepat sangat penting untuk menjaga keberhasilan pemasaran produk, karena secara langsung memengaruhi kualitasnya. Jika produk tidak ditangani dengan benar, produk tersebut dapat kehilangan kualitas, rasa, aroma, tekstur, dan nutrisi yang mengakibatkan kerugian bagi produsen sehingga konsumen akan menerima produk dengan kualitas yang rendah. Teknologi dan inovasi terbaru memegang peranan penting dalam menjaga kualitas produk pertanian setelah dipanen. Inovasi dapat membantu memperpanjang umur simpan bahan pangan mengurangi kerusakan, menjaga kualitas, serta mempertahankan nilai gizi.

3.4.1 Nanoteknologi

Nanoteknologi merupakan teknologi yang telah dikembangkan untuk mendorong pertanian yang berkelanjutan. Perkembangan terkini tentang aplikasi nanoteknologi dalam pertanian termasuk produksi dan perlindungan tanaman dengan penekanan pada nanofertilizer, nanopestisida, nanobiosensor, dan nanomaterial. Nanofertilizer meningkatkan hasil dan kualitas tanaman dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi dengan efisien sehingga mengurangi biaya produksi. Nanopestisida efektif dalam mengendalikan hama sehingga meminimalisir penggunaan bahan kimia sintetis serta menghemat energi dan air karena diaplikasikan dalam jumlah yang lebih sedikit daripada pestisida konvensional. Nanomaterial dapat membantu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman, tetapi responnya berbeda-beda tergantung pada spesies tanaman (Usman *et al.*, 2020).

3.4.2 Kemasan Cerdas (*Smart Packaging*)

Kemasan cerdas adalah salah satu inovasi besar dalam teknologi pascapanen yang berfokus pada pengemasan serta dapat mengontrol atau memonitor kondisi produk selama penyimpanan dan transportasi. Teknologi pengemasan ini dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi kerusakan atau perubahan kualitas produk serta memberikan indikasi kapan produk harus dikonsumsi (Schaefer & Cheung, 2018). Kemasan cerdas berfungsi sebagai sarana untuk memperluas pasar secara globalisasi, membantu mengakomodasi peraturan keamanan pangan nasional dan internasional yang lebih ketat bahkan sebagai perlindungan terhadap potensi ancaman bioterrorisme pangan. Selain itu, sistem pengemasan cerdas juga mampu untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan keamanan pangan secara keseluruhan yang

terdiri dari komponen perangkat keras seperti indikator waktu, suhu, detektor gas, indikator kesegaran, indikator pematangan serta mampu mendeteksi dan menganalisis patogen, oksigen, karbondioksida, tingkat pH, maupun kesegaran.

3.4.3 Pengolahan dengan Teknologi Non-Termal

Meningkatnya permintaan konsumen terhadap makanan segar dengan umur simpan yang lebih lama dan kualitas sensori yang baik dengan menggunakan metode pengolahan makanan secara non-thermal. Teknologi non-thermal adalah inovasi yang memanfaatkan prinsip fisika dan kimia tanpa menggunakan suhu tinggi, yang dapat merusak nutrisi dan rasa. Teknologi ini mencakup berbagai metode baru dalam pengawetan dan pengolahan produk pascapanen. Pengembangan teknologi non-thermal yang ramah lingkungan dapat digunakan untuk mengolah semua jenis bahan pangan seperti buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, rempah-rempah, daging dan ikan. Perlakuan dengan metode non-thermal juga dapat menghentikan aktivitas enzim yang berpotensi dapat menyebabkan pembusukan (Jadhav *et al.*, 2021). Jenis pengolahan makan dengan metode non-thermal antara lain:

- **Hidrostatik** (High Pressure Processing - HPP): Penggunaan tekanan tinggi untuk membunuh mikroorganisme tanpa merusak nutrisi dan tekstur produk dan membantu dalam pengawetan makanan untuk durasi yang lebih lama. Pengurangan beban mikroba bergantung pada tekanan dan suhu selama pengolahan. Hal ini sebagian besar bergantung pada jenis makanan yang diolah. Makanan ketika mengalami pengolahan HHP mengalami tekanan tinggi untuk durasi

waktu yang singkat. Tekanan yang diberikan pada makanan selama pengolahan berada dalam kisaran 200–700 MPa. Kualitas dalam hal komponen nutrisi, sensori, dan tekstur makanan olahan HHP sangat baik karena makanan tersebut terkena kondisi pengolahan untuk waktu yang sangat singkat.

- **Ultrasonikasi** adalah pengolahan non-termal hemat energi yang biasanya digunakan untuk intensifikasi proses seperti sintesis, ekstraksi, dan pengawetan makanan. Ultrasonikasi juga bermanfaat untuk proses degassing dalam minuman berkarbonasi serta merupakan pengganti yang baik untuk proses pasteurisasi dan sterilisasi dalam pengurangan beban mikroba dalam produk makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, Kurniawan, E., 2021. Pengaruh Teknik Pencucian dan Suhu Ruang Terhadap Kualitas Selada (*Lactuca sativa* L) Selama Penyimpanan. *J. Ilm. Agribisnis dan Perikan*, 14, 416–424.
- Bahnasawy, A., Khater, E., Ali, S., El-Baky, H., 2018. Effect of storage conditions on the quality and shelf life of the pepper fruits, in: *Bio-Systems Engineering, Elsayed Khater*, pp. 681–690.
- Citra, F., Almira Aulia, G., Indiarso, R., Hodizah Asyifaa, A., Citra Angiputri Adiningsih, F., Rahmalia Achmad, S., 2021. Conventional And Advanced Food-Drying Technology: A Current Review Article in. *Int. J. Sci. Technol. Res*, 10, 1.
- Galih Prasetyo, 2022. Jeritan Perajin Tepung Tapioka di Bandung Barat : Singkong Langka, Usaha Terancam Gulung Tikar [WWW Document]. suarajabar.id.
- Girsang, D.Y., Ranga, A., Susilawati, S., 2014. Kasus Distribusi dan Penggunaan Formalin Dalam Pengawetan Komoditi Ikan Laut Segar (Studi Kasus di Kota Bandar Lampung). *J. Teknol. dan Ind. Has. Pertan*, 19, 218–228.
- Hafez, N., Awad, A., Ibrahim, S., Mohamed, H., 2019. Effect of Salting Process on Fish Quality. *Nutr. Food Process*, 2, 01–06. <https://doi.org/10.31579/2637-8876/011>
- Hagos, L., 2021. Smoking Methods and Microbiological Characteristics of Smoked Fishes: A Review. *J. Food Nutr. Sci*, 9, 113. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20210905.11>

- Ifmalinda, I., Harjuniati, W., Andasuryani, A., 2023. Kajian Suhu Pengeringan dan Ketebalan Irisan Terhadap Mutu Tepung Batang Tanaman Buah Naga (*Hylocereus sp.*). *Agritekno J. Teknol. Pertan*, 12, 135–142. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2023.12.2.135>
- Indiarto, R., Izzati, A., Djali, M., 2020. Post-Harvest Handling Technologies of Tropical Fruits: A Review. *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res*, 8, 3951–3957. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/165872020>
- Jadhav, H.B., Annapure, U.S., Deshmukh, R.R., 2021. Non-thermal Technologies for Food Processing. *Front. Nutr*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.657090>
- Jani, D.B., 2024. Advances in Cold Storages for the Agriculture Sector in India.
- Joardder, M.U.H., Masud, M.H., 2019. Food preservation in developing countries: Challenges and solutions, Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11530-2>
- Mansor, N., Ramli, S., Azhari, S.H., Abd Rahim, M.H., 2020. Effects of different preservation treatments on nutritional profile on juices from different sugar cane varieties. *Sains Malaysiana*, 49, 283–291. <https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4902-06>
- Pega, E.P., Bintoro, N., Saputro, A.D., 2021. Rekayasa Teknologi Penyimpanan dengan Atmosfer Termodifikasi untuk Memperpanjang Umur Simpan dalam Penanganan Pascapanen Tomat Modified Atmospheric Storage Technology Engineering to Extend Shelf Life in Tomato Postharvest Handling.

agriTECH, 41, 246–256.

- Purnomo, E., Suedy, S.W.A., Haryanti, S., 2014. Perubahan Morfologi Umbi Kentang Konsumsi (*Solanum tuberosum* L. Var Granola) Setelah Perlakuan Cara dan Waktu Penyimpanan yang Berbeda. *J. Biol*, 3, 40–48.
- Putu Hetty Armayuni, 2024. Pengeringan Gabah [WWW Document]. Dinas Pertan. Buleleng.
- Rahmat, M.R., 2015. Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen. *J. Ilm. Tek. Mesin*, 3, 16–30.
- Schaefer, D., Cheung, W.M., 2018. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. *Procedia CIRP*, 72, 1022–1027.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.240>
- Sobari, E., 2019. Dasar-Dasar Proses Pengolahan Pangan, Dasar-Dasar Proses Pengolahan Pangan.
- Straus, S.P.S.M.C., 2010. Post harvest technology of horticultural crops.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28507.98089>
- Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S.A., Rehman, H. ur, Ashraf, I., Sanaullah, M., 2020. Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Sci. Total Environ*, 721, 137778.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137778>
- Valenzuela, J.L., 2023. Advances in Postharvest Preservation and Quality of Fruits and Vegetables 10–13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12091830>

Wadli, W., Bashar, A., 2024. Penentuan Waktu Simpan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan Metode Pengasapan Tradisional. *J. Ilmu Pangan dan Has. Pertan*, 8, 122–131.
<https://doi.org/10.26877/jiphp.v8i1.19352>

BAB IV

PROSES PENGOLAHAN DAN PENGEMASAN PRODUK PANGAN TROIKA LEMBAB

Oleh Adhian Dini Khoirina

4.1 Teknologi Pengolahan dan Pengemasan Pangan Tropis

Produk pangan tropika lembab memiliki ciri khas kadar air yang tinggi, sehingga produk cenderung cepat rusak apabila tidak dilakukan proses penanganan dengan baik. Salah satu proses penanganan pangan tropika lembab adalah dengan mengaplikasikan teknologi pengolahan pangan untuk meningkatkan umur simpan dengan mempertahankan kandungan nutrisi dan karakteristik produk. Teknologi pengolahan pangan sangat beragam dan terdiri dari teknologi pengolahan secara konvensional dan secara modern. Kedua jenis teknologi pengolahan tersebut dapat diaplikasikan pada beberapa komoditi tropika lembab dengan mempertimbangkan alasan dilakukannya pengolahan dan menyesuaikan dengan karakteristik dari suatu komoditi. Selain teknologi pengolahan pangan, teknologi pengemasan juga memberikan efek terhadap umur simpan suatu produk. Teknologi pengolahan pangan berperan dalam menghambat kerusakan mikrobiologis, kimiawi dan fisik dari suatu bahan pangan, memperlambat reaksi enzimatik dan mempertahankan kualitas produk.

Teknologi pengemasan berperan untuk melindungi produk dari pengaruh lingkungan eksternal, mencegah kerusakan produk serta mempertahankan kualitas dari produk. Kombinasi kedua teknologi tersebut merupakan strategi yang efektif dalam memperpanjang umur simpan suatu komoditi.

4.2 Teknologi Pengolahan Pangan Konvensional

Pengolahan pangan secara konvensional terdiri dari beragam jenis, berikut merupakan jenis teknologi pengolahan pangan secara konvensional yang dapat diaplikasikan pada produk pangan tropika lembab :

4.2.1 Blansing (*blanching*)

Blansing merupakan proses pemanasan pendahuluan yang bertujuan untuk menginaktifkan enzim-enzim degradative seperti enzim peroksida dan polifenol oksidase yang berperan dalam perubahan warna suatu produk, melunakkan jaringan dan mengurangi kontaminasi mikroorganisme yang merugikan yang ada dalam bahan pangan (Daeli *et al.*, 2021). Proses blansing merupakan salah satu proses termal yang pada umumnya dilakukan pada suhu 75-95⁰ C selama ± 10 menit. Metode blansing sering digunakan sebagai tahap awal dalam pengolahan pascapanen, khususnya pada tahap pra-pengeringan bahan baku, pembekuan, penggorengan maupun pengalengan. Metode blansing terdiri dari tiga cara yaitu blansing air panas dengan cara direbus atau perebusan (*hot water blanching*), blansing uap dengan cara dikukus atau pengukusan (*steam blanching*) dan *microwave blanching* (Zendy Violita Rukmana & Ida Agustini Saidi, 2021). Perbedaan ketiga cara blansing tersebut terletak pada media

pemanasnya yaitu air, uap air dan gelombang elektromagnetik. Perebusan dan pengukusan merupakan salah satu metode pengolahan pangan konvensional sedangkan *microwave blanching* merupakan metode pengolahan modern.

- Perebusan dengan air panas (*hot water blanching*)

Pada proses perebusan atau blansing air panas, produk direndam pada air panas dengan suhu 70-100 °C selama beberapa menit sesuai dengan waktu yang ditentukan bergantung dengan karakteristik bahan yang akan diolah dan disesuaikan dengan waktu yang diperlukan untuk menginaktivasi enzim. Prinsip metode ini adalah menggunakan media berupa air panas dengan waktu kontak bahan yang singkat. Kontak bahan dengan media panas dalam waktu yang lama dan suhu yang terlalu tinggi dalam proses blansing dapat menyebabkan hilangnya komponen nutrisi larut air dan dapat menurunkan parameter kualitas dari suatu produk (Quaye *et al.*, 2022). Oleh karena itu, bahan yang kontak dengan media panas segera didinginkan dengan udara dingin atau dengan air dingin seperti pada **Gambar 4.1**. Kelebihan dari metode ini adalah mudah dan cepat, tetapi memiliki kekurangan yaitu larutnya komponen nutrisi yang larut air saat proses blansing karena bahan pangan kontak langsung dengan media pemanas (Fombang & Mbofung, 2017). Proses pengolahan *hot water blanching* dapat diaplikasikan pada produk pangan tropika lembab, seperti umbi-umbian, buah dan sayur yang akan dilakukan proses lanjutan seperti pengeringan dan penepungan.



Gambar 4. 1. Proses pendinginan bahan setelah proses blanching
(Nandy, 2020)

- Pengukusan dengan uap air (*steam blanching*)

Pengukusan dengan uap air dilakukan dengan memanaskan bahan di dalam panci pengukus pada suhu 90-100 °C dan lama waktu yang telah ditentukan. Metode ini berbeda dengan blansing air panas yang menggunakan air mendidih sebagai media pemanas, tetapi metode ini menggunakan uap air sebagai media pemanasnya. Pada proses pengukusan terjadi transfer energi panas ke dalam produk pangan melalui proses kondensasi. Ketika uap air menyentuh permukaan produk yang memiliki suhu lebih rendah, maka uap air akan mengembun dan melepaskan kalor latennya. Kalor ini kemudian akan diserap oleh produk pangan, sehingga suhu produk meningkat. Setelah proses blansing berakhir, produk yang sudah diblansing segera didinginkan. Berbeda dengan metode *hot water blanching*, pendinginan produk *steam blanching* disarankan menggunakan udara dingin atau spray air dingin. Hal ini dikarenakan, pendinginan menggunakan air mengalir dapat meningkatkan kehilangan nutrisi dan meningkatkan berat produk. Metode blansing uap air

dapat meminimalkan terjadinya kehilangan nutrisi yang larut dalam air dikarenakan produk tidak kontak langsung dengan air, sehingga metode ini cocok untuk digunakan pada produk yang sensitif terhadap kehilangan nutrisi dan perubahan tekstur akibat adanya pemanasan (Fombang & Mbofung, 2017). Hal ini menjadi salah satu keunggulan dari *steam blanching* dibandingkan dengan *hot water blanching*. Selain itu, metode ini juga dapat membantu mempertahankan warna, tekstur dan rasa dari suatu produk. Namun, apabila pemanasan kurang merata, dapat mengakibatkan tidak terpaparnya uap secara merata pada produk, sehingga perlu dipastikan sirkulasi uap yang baik dan pengaturan waktu yang tepat.

4.2.2 Penggorengan

Penggorengan merupakan salah satu metode pengolahan pangan konvensional yang paling banyak digunakan baik di skala rumah tangga maupun skala industri. Proses ini menghilangkan kadar air makanan dengan media pemanas berupa minyak atau lemak yang dipanaskan. Ketika bahan diletakkan pada minyak panas, suhu permukaan bahan akan naik dengan cepat sehingga terjadi penguapan air dari bahan yang akan menyebabkan permukaan bahan menjadi kering. Lapisan berpori pada bahan akan terbentuk yang disebabkan karena adanya penguapan yang berpindah ke bagian dalam produk. Pembentukan lapisan tersebut terjadi dengan cepat dan berfungsi untuk mencegah air yang ada di bagian dalam produk menguap terlalu cepat, sehingga bagian dalam makanan tetap lembab dan tidak menjadi kering. Selain itu, pembentukan lapisan berpori juga dapat membantu proses penggorengan yang merata, di mana bagian luar produk renyah tidak gosong dan bagian dalam

produk matang sempurna (Zaghi *et al.*, 2019). Suhu yang digunakan saat proses penggorengan ditentukan berdasarkan kebutuhan dan karakteristik dari produk, dengan kata lain suhu dan lama waktu yang digunakan untuk menggoreng sebuah produk bisa berbeda-beda bergantung dengan karakteristik produk, ketebalan produk dan hasil akhir produk yang diinginkan. Misalnya, suhu dan lama waktu penggorengan keripik singkong berbeda dengan penggorengan kerupuk bawang. Pada dasarnya perubahan warna dan flavor yang terjadi pada makanan yang mengalami proses penggorengan dipengaruhi oleh jenis minyak, frekuensi penggorengan, suhu dan lama waktu penggorengan, ukuran, kadar air produk, karakteristik permukaan produk dan perlakuan setelah penggorengan.

Adanya pemanasan menyebabkan air menguap dan bagian permukaan akan mengering. Hal ini disebabkan karena kondisi suhu permukaan bahan sama dengan suhu minyak panas dan suhu bagian dalam bahan lebih rendah. Permukaan yang mengering disebut dengan *crust* dan memiliki sifat porous.

Saat proses penggorengan, terjadi destruksi termal yang menyebabkan inaktivasi pada enzim dan mikroba pada suatu bahan. Hal ini dikarenakan adanya destruksi termal yang diakibatkan adanya panas yang dihasilkan saat proses penggorengan serta menurunnya aktivitas air pada permukaan bahan pangan yang merupakan sumber dari aktivitas mikroba. Proses ini merupakan salah satu proses yang dapat memperpanjang umur simpan suatu produk, dimana semakin tinggi dehidrasi produk maka umur simpan dari produk akan semakin panjang. Selain memberikan manfaat terhadap umur simpan suatu produk, proses penggorengan dapat memberikan karakteristik sensori yang

khas pada rasa, aroma dan tekstur suatu produk, sehingga proses ini menjadi salah satu metode pengolahan yang banyak digunakan.

Metode penggorengan konvensional terdiri dari dua metode utama yang ditentukan berdasarkan metode transfer panasnya, yaitu metode penggorengan dengan sedikit minyak (*shallow frying*) dan metode penggorengan dengan perendaman dalam minyak (*deep frying*) yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Selain kedua metode tersebut, terdapat dua metode lain yang juga banyak digunakan dalam skala rumah tangga untuk mengolah masakan rumahan dengan penggunaan minyak goreng dalam jumlah yang sedikit, yaitu penggorengan pada wajan datar dengan penggunaan minyak yang sangat sedikit (*pan frying*) dan penggorengan tumis atau penumis (*stir frying*) yang lebih khusus digunakan untuk memasak sayuran agar tetap renyah. Berikut merupakan perbedaan dari keempat metode penggorengan :

- **Deep frying** : Bahan pangan kontak langsung dengan minyak panas dalam jumlah banyak, sehingga bahan akan terendam dalam minyak panas. Pada metode ini transfer panas yang terjadi merupakan kombinasi dari konveksi dalam minyak panas dan konduksi dalam bahan pangan. Hal ini menyebabkan, seluruh permukaan bahan akan menerima perlakuan panas yang sama, sehingga menghasilkan warna dan kenampakan produk yang seragam setelah proses penggorengan berakhir.
- **Shallow frying** : Pada metode ini, minyak yang digunakan lebih banyak dibandingkan *pan frying* tetapi tidak sebanyak *deep frying*, sehingga bahan pangan tidak terendam sepenuhnya dalam minyak panas. Pada proses ini, panas berpindah ke bahan pangan melalui konduksi, di mana panas dari permukaan wajan dihantarkan ke

bahan pangan melalui minyak yang berada diantara bahan dan wajan, dalam hal ini minyak berperan sebagai media penghantar panas. Karena panas yang dihantarkan ke bahan tidak merata, metode ini dapat menghasilkan tidak meratanya tingkat kematangan maupun warna kecoklatan dari makanan yang dihasilkan, bergantung pada seberapa baik kontak antara bahan dan wajan, penyebaran minyak dan pembalikan bahan pangan), sehingga produk yang dihasilkan dari metode penggorengan ini tidak konsisten dan tidak seragam.



(a)



(b)

Gambar 4. 2. a) Metode penggorengan *shallow frying* (Putri Aulia dan Glori Wadrianto, 2023) dan b) metode *deep frying* (Elizabeth Okosum, 2023)

4.2.1. Pemanggangan

Selain menggunakan media pemanas seperti minyak, terdapat metode pemasakan menggunakan panas kering. Proses ini melibatkan perpindahan panas dari sumber panas kering ke bahan pangan yang menyebabkan perubahan fisik, kimiawi serta karakteristik produk seperti struktur, tekstur, flavor dan warna dari produk pangan. Proses pemanggangan menghasilkan produk pangan yang kering karena menggunakan sumber pemanas yang kering pada suhu $\pm 165\text{-}260^{\circ}\text{C}$.

Pada proses pemanggangan, perbedaan suhu antara adonan dan udara di dalam tungku pemanggangan memiliki peran penting dalam terjadinya perpindahan panas. Pada awal pemanggangan, air diuapkan dari permukaan bahan pangan, di mana suhu permukaan luar bahan meningkat. Ketika tekanan uap meningkat, akan terbentuk pori-pori, di mana air akan menguap melalui pori-pori tersebut akibat adanya perbedaan tekanan uap. Berdasarkan sumber pemanasnya, pemanggangan konvensional terdiri dari :

- a. Pemanggangan listrik dan gas : Panas yang dihasilkan oleh sumber panas cenderung mudah diatur dan menghasilkan panas yang stabil. Contoh pemanggangan listrik dan gas adalah pada proses pengovenan. Pengovenan gas cenderung lebih stabil dibandingkan dengan oven listrik, karena daya listrik yang naik turun yang mempengaruhi proses pemanasan. Proses pemanggangan ini cocok untuk digunakan pada berbagai jenis makanan seperti kue, cookies, daging, ikan, sayuran dan lain sebagainya.
- b. Pemanggangan Arang : Proses pemanggangan ini menggunakan arang sebagai sumber panas. Selain sebagai sumber panas, arang juga memberikan aroma dan rasa khas (*smoky aroma and flavor*) saat proses pembakaran. Proses ini cocok untuk digunakan pada ikan, sayur, daging dan beberapa kue tradisional juga menggunakan arang dalam proses pembuatannya.

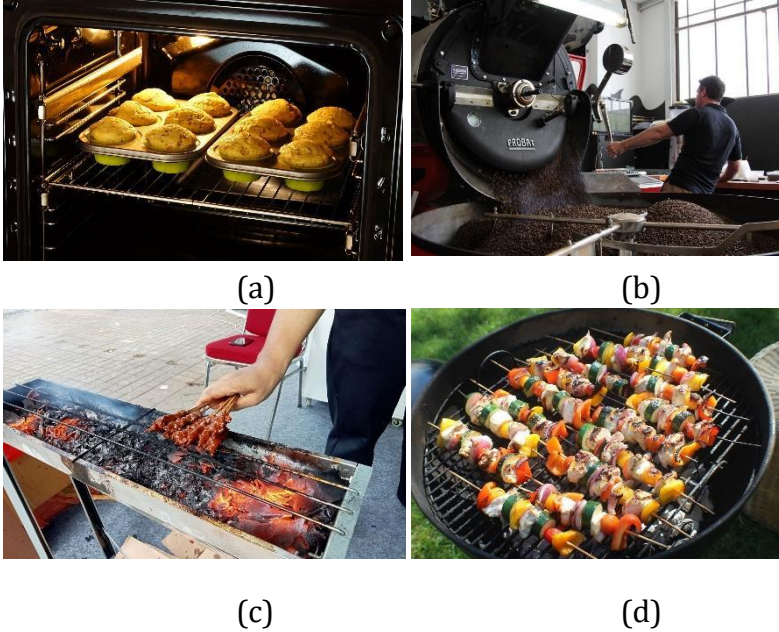
Berdasarkan tekniknya, pemanggangan terdiri dari :

- a. **Baking** : Pada proses ini, panas diberikan pada produk dari dinding oven melalui proses radiasi. Proses baking menggunakan suhu $\pm 180-220^{\circ}\text{C}$ dengan lama waktu yang sudah ditentukan berdasarkan jenis bahan pangan

(Yadav & Jain, 2023). Sumber panas dapat berasal dari gas maupun listrik. Penggunaan suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan *crust* terbentuk cepat yang mengakibatkan produk berukuran lebih kecil, warna *crust* menjadi lebih gelap dan lebih tebal dan bagian tengah tidak terpanggang sempurna. Teknik ini banyak digunakan pada pembuatan roti, kue dan makanan yang membutuhkan pematangan merata. Contoh aplikasi teknik pemanggangan baking dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.

- b. **Roasting** : Proses *roasting* menggunakan suhu yang bervariasi tergantung dengan karakteristik bahan pangan. Proses ini menggunakan suhu sekitar $\pm 175\text{-}260^{\circ}\text{C}$ yang disesuaikan dengan karakteristik produk. Sumber panas teknik ini dapat berasal dari gas, listrik maupun arang. *Roasting* banyak digunakan untuk pemanggangan biji-bijian seperti kopi, kakao, serta pada produk daging dan sayuran. Proses *roasting* pada biji-bijian dilakukan sangat spesifik dan kompleks karena mempengaruhi profil dari produk yang dihasilkan dan tingkat *roasting* yang diinginkan. Contoh aplikasi teknik pemanggangan *roasting* dapat dilihat pada gambar 3
- c. **Grilling** : Pada proses ini, bahan pangan dipanggang di atas panggangan dengan panas langsung dari bawah. Proses ini menghasilkan permukaan yang sedikit gosong dan beraroma asap. Suhu yang digunakan pada proses ini bervariasi antara suhu $\pm 175\text{-}260^{\circ}\text{C}$, tergantung pada jenis bahan pangan dan hasil yang diinginkan. Panas yang tinggi pada proses ini digunakan untuk memasak bahan pangan dengan cepat dan menghasilkan permukaan yang *smooky*. Sumber panas teknik ini dapat berasal dari gas,

listrik maupun arang. *Grilling* banyak digunakan pada daging, ikan dan sayuran. Contoh aplikasi teknik pemanggangan *grilling* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. a) Contoh teknik pemanggangan *baking* pada kue menggunakan oven listrik (Sacks, 2016); b) Contoh teknik pemanggangan *roasting* pada biji kopi menggunakan mesin konvensional (Sentryair, 2019); c) Contoh teknik pemanggangan *grilling* pada daging (Laksmi Pradipta Amaranggana and Rizal Setyo, 2024); d) Contoh teknik pemanggangan *grilling* pada sayur (Yuharrani Aisyah, 2023)

4.3 Teknologi Pengolahan Pangan Modern

4.2.2. *Vacuum Frying*

Vacuum frying merupakan salah satu metode penggorengan yang dilakukan pada tekanan jauh di bawah tekanan atmosfer atau hampa udara sekita 70 cmHg (Ana Mufarida, 2019). Proses ini dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan pada bahan yang rentan terhadap suhu tinggi seperti buah dan sayur, hal ini dikarenakan proses ini menggunakan suhu yang relatif rendah dibandingkan dengan penggorengan konvensional (Pal *et al.*, 2024). Produk hasil *vacuum frying* dan mesin dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Prinsip kerja metode ini adalah bahan dipanaskan di bawah tekanan vakum sehingga titik didih air dalam bahan menurun. Proses ini memiliki keunggulan apabila dibandingkan dengan penggorengan konvensional, diantaranya adalah :

- Rasa dan warna yang tidak berubah karena minimalnya paparan oksigen dan suhu tinggi yang dapat menyebabkan oksidasi pada produk seperti buah dan sayur
- Waktu pemrosesan yang lebih singkat
- Kandungan nutrisi seperti vitamin dan pigmen bahan pangan tidak hilang, sehingga cocok digunakan untuk produk yang rentan terhadap kerusakan
- Tekstur lebih renyah dan krispi dibandingkan dengan penggorengan konvensional
- Produk tidak berminyak (*oily*) dikarenakan adanya perbedaan tekanan antara ruang penggorengan dan tekanan di dalam bahan makanan yang menghasilkan pengurangan minyak pada permukaan, sehingga

membatasi jumlah minyak yang diserap dalam produk. Hal ini menyebabkan produk lebih tidak mudah tengik.

Pada aplikasinya, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses penggorengan dengan metode *vacuum frying* yaitu kadar air bahan baku, jenis minyak yang digunakan, suhu, tekanan dan lama waktu yang digunakan. Suhu, tekanan dan lama waktu yang digunakan merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi perubahan fisik dan kimia pada produk yang digoreng. Oleh karena itu, ketiga faktor tersebut perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristik dari bahan baku.



(a)



(b)

Gambar 4. 4. a) Hasil penggorengan *vacuum frying* buah dan sayur ; b) Mesin *vacuum frying*
(Singgah Sima Dewi, 2023)

4.3.1 Freeze Drying

Freeze drying atau pengeringan beku merupakan metode pengolahan pangan non-termal. Proses ini melibatkan proses dehidrasi bahan pangan menggunakan suhu rendah (pembekuan) yang dilanjutkan dengan proses sublimasi es menjadi uap air di bawah tekanan vakum (pengeringan primer) dan diakhiri dengan proses pengeringan sekunder (Adams *et al.*, 2023). Bahan pangan

dibekukan menggunakan suhu beku hingga -40°C , sehingga fase air di dalam bahan pangan berubah menjadi fase padat (es). Setelah proses pembekuan, dilakukan proses sublimasi atau pengeringan primer dengan meningkatkan suhu hingga 0°C dan menurunkan tekanan di bawah *triple point* ($<4,58$ mmHG), sehingga gas yang terbentuk saat peningkatan suhu, terbuang keluar. Selanjutnya, dilakukan proses pengeringan sekunder dengan meningkatkan tekanan dan suhu normal 35°C yang bertujuan untuk mengkondisikan bahan pangan tidak dalam kondisi beku dan beradaptasi dengan suhu ruang (Gaidhani *et al.*, 2021).

Metode *freeze drying* ini cocok digunakan pada buah dan sayuran utuh, buah, sayur dan daging yang sudah diiris tipis, maupun produk pangan dalam bentuk larutan seperti pada **Gambar 4.5**. (Habibi *et al.*, 2019). Produk pangan dengan kandungan air tinggi seperti buah-buahan yang berukuran besar, diperlukan pengirisan tipis untuk mempercepat proses pembekuan dan pengeringan, sedangkan buah dengan kadar air rendah dan berukuran kecil, dapat langsung diolah menggunakan metode ini tanpa dilakukan pengirisan. Apabila dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional, metode ini dapat digunakan untuk menghasilkan produk kering berkualitas tinggi karena dapat mempertahankan kualitas dari produk baik secara fisik, sensoris dan kimia produk serta menghasilkan produk yang mudah larut (pada produk bubuk).

Produk yang dihasilkan menggunakan metode ini memiliki aktivitas enzim yang inaktif sementara, karena rendahnya kadar air dalam produk. Oleh karena itu, produk dapat dengan mudah teroksidasi apabila terpapar oksigen, sehingga produk harus segera dikemas menggunakan bahan

kemasan yang melindungi dari paparan oksigen seperti alumunium atau *vacuum packaging*.



Gambar 4. 5. a) Produk buah-buahan hasil *freeze drying* (Habibi *et al.*, 2019); b) Mesin *freeze dryer* (Labfreez, 2024)

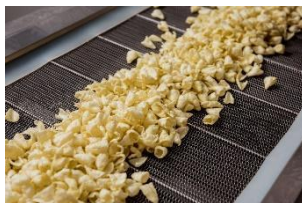
4.3.2 Ekstruksi

Ekstruksi merupakan salah satu metode pengolahan pangan termal dengan penggunaan tekanan dan suhu tinggi untuk mendorong bahan pangan keluar melalui lubang pembentuk atau cetakan tertentu. Bahan pangan yang cocok untuk proses ini adalah bahan-bahan pangan kering atau setengah basah yang mengandung pati, seperti komposit jagung, beras dan lain sebagainya. Metode ekstruksi banyak digunakan dalam pembuatan *snack* ekstrudat, beras analog, pasta, bubur dan lain sebagainya. Produk (ekstrudat) dan mesin ekstruder dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Proses ekstruksi dibagi menjadi tiga yaitu :

- **Pra-ekstruksi:** Pada proses ini terjadi proses pencampuran (*blending*) dan penambahan air (*moisturizing*). Bahan mentah ekstruksi berbentuk meniran (grit) atau tepung dari campuran berbagai bahan (komposit), sehingga pencampuran harus dilakukan secara baik agar bahan homogen. Penambahan air tidak selalu terjadi pada proses pra-ekstruksi, tergantung dari jenis dan karakteristik bahan yang

digunakan, sehingga diperlukan pengaturan kadar air bahan di dalam mesin untuk memastikan bahan dapat tergelatinisasi.

- Ekstruksi: Pada proses ini, terjadi pencampuran bahan secara intens yang mengakibatkan terjadinya gesekan antara bahan dan *barrell*, sehingga menghasilkan suhu dan tekanan tinggi. Suhu ini akan menyebabkan perubahan pada bahan dan menghasilkan produk dengan karakteristik tertentu. Ekstruder dibedakan menjadi tiga tipe yaitu tipe roller, piston dan ulir yang penggunaannya disesuaikan dengan hasil keluaran produk ekstruksi. Pada akhir sistem ekstruksi, kondisi suhu dan tekanan di dalam *barrel* tinggi, sedangkan ulir pada ekstruder terus mendorong bahan dan bahan akan didesak keluar melalui lubang pengeluaran atau lubang cetakan (*die*) yang memiliki ukuran yang beragam yang disesuaikan dengan hasil akhir produk yang diinginkan
- Pasca ekstruksi: Setelah keluar melalui *die*, adonan bahan secara tiba-tiba terpapar dengan tekanan atmosfer, yang menyebabkan air dalam adonan menguap sehingga terjadi proses pengeringan dan pengembangan (*puffing*) (Singh *et al.*, 2017).



Gambar 4. 6. Produk hasil ekstruksi (ekstrudat) dan Mesin Ekstruksi
(PMPU BPOM, 2024)

4.3.3 Pasteurisasi

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan bahan pangan pada suhu di bawah 100 °C dan lama waktu tertentu yang diikuti dengan pendinginan cepat. Tujuan dari proses pasteurisasi adalah mengurangi jumlah mikroba patogen dan pembusuk, sehingga mencegah adanya penyakit yang ditimbulkan oleh makanan dan meningkatkan kualitas penyimpanan dari produk. Proses ini banyak digunakan pembuatan minuman seperti susu, produk siap minum seperti sari buah, juice, jamu, buah kaleng dan lain sebagainya. Prinsip kerja pasteurisasi adalah dengan memanfaatkan sensitivitas mikroorganisme terhadap panas, di mana pada suhu tertentu akan menyebabkan kerusakan pada membran sel mikroba (Haq & Azis, 2024). Oleh karena itu, penggunaan suhu dan lama waktu pasteurisasi perlu diperhitungkan bergantung dengan jenis bahan yang akan dilakukan pasteurisasi dan pertimbangan tentang mikroorganisme apa yang ada di dalam bahan serta jumlahnya.

Pasteurisasi terbagi menjadi pasteurisasi termal dan non-termal. Pasteurisasi termal menggunakan panas untuk merusak mikroorganisme berbahaya pada produk. Jenis pasteurisasi termal terdiri dari:

- Suhu rendah waktu lama (*Low Temperature, Long Time/ LTLT*) yaitu pada suhu 62,8 °C selama 30 menit dan dilakukan pendinginan cepat pada suhu 10°C
- Suhu tinggi waktu singkat (*High Temperature, Short Time / HTST*) yaitu pada suhu antara 72-74 °C selama 15-20 menit dan dilakukan pendinginan cepat pada suhu 4 °C
- *Ultra High Temperature* (UHT) yaitu pada suhu antara 135-150 °C selama 1-2 detik dan dilakukan pendinginan dan pengemasan langsung

Pasteurisasi non-termal menggunakan perlakuan fisik dan kimia tanpa proses pemanasan untuk merusak mikroorganisme pada produk. Metode ini terbagi menjadi beberapa kategori yaitu (Vaghela *et al.*, 2024):

- *High Pressure Processing* (HPP) yang melibatkan pemberian tekanan tinggi hingga 600 MPa pada produk cair untuk membunuh mikroba
- *Pulsed Electric Field* (PEF) melibatkan pemaparan cairan pada denyut listrik (*electricity pulse*) berintensitas tinggi untuk membunuh mikroba
- *Ultraviolet (UV) treatment* melibatkan pemaparan bahan cair pada radiasi UV untuk membunuh mikroba
- *Chemical treatment*, seperti *ozone* dan *hydrogen peroxide*
- *Membrane filtration* melibatkan penyaringan bahan cair melalui membran untuk menghilangkan mikroba

Pemilihan metode pasteurisasi bergantung pada jenis bahan yang akan diberi perlakuan, umur simpan yang diinginkan dan peraturan yang berlaku. Pasteurisasi juga sering digabungkan dengan proses pengolahan lain seperti penggulaan, pengasinan dan lain sebagainya untuk menambah cita rasa produk dan memperpanjang umur simpan dari suatu produk. Setelah melalui proses pasteurisasi, produk harus segera dikemas menggunakan kemasan steril untuk mencegah kontaminasi ulang oleh mikroba patogen dan pembusuk.

4.3.4 Spray Drying

Spray drying merupakan proses pengeringan cepat yang mengubah cairan menjadi serbuk kering. Cairan bahan, suspensi atau pasta, disemprotkan pada media pengering panas yang akan membuat kandungan air dalam cairan

menguap. Proses ini digambarkan dengan tiga fase utama yaitu (Santos *et al.*, 2018) :

- Atomisasi, tahapan awal cairan dipecah menjadi *droplet* kecil dan dilakukan menggunakan *nozle* yang bertujuan untuk memperluas area permukaan sehingga penguapan air dapat terjadi dengan cepat.
- Konversi *droplet* menjadi partikel, *droplet* dari atomisasi bersentuhan dengan udara panas di dalam ruang pengering, sehingga kadar air *droplet* menguap dan mengubah *droplet* menjadi partikel kering.
- Pengumpulan partikel, partikel-partikel kering atau bubuk dipisahkan menggunakan aliran udara, biasanya menggunakan siklon atau filter dan dikumpulkan menjadi satu kemudian dilakukan pendinginan pada bubuk yang dihasilkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas dari metode *spray drying* adalah suhu udara panas yang mempengaruhi laju penguapan, laju aliran udara, ukuran *droplet* dan sifat dari bahan pangan yang dikeringkan (Junaidi *et al.*, 2022). Hasil akhir dari proses ini adalah bubuk. Metode ini sering digunakan untuk menghasilkan susu bubuk, kopi instan, sari buah bubuk, bumbu bubuk, santan bubuk dan protein nabati bubuk.

4.4 Teknologi Pengemasan Yang Aman dan Efisien

Pengolahan produk pangan yang dikombinasikan dengan pengemasan dapat menghasilkan umur simpan produk lebih panjang. Pengemasan produk dapat diaplikasikan pada produk segar yang mudah rusak

(*perishable food*) maupun pangan olahan. Pengemasan produk tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga berperan dalam melindungi produk dari bahaya kerusakan biologi, fisik maupun kimia, sehingga kualitas dari produk terjaga dan memberikan informasi tentang produk (Ropikoh *et al.*, 2024). Kemasan makanan harus memenuhi beberapa persyaratan seperti regulasi keamanan pangan, dan persyaratan lainnya terkait kemasan produk pangan. Standar umum kemasan pangan adalah bahan kemasan harus bersifat *food grade* terutama pada bahan kemasan yang kontak langsung dengan produk.

Penggunaan jenis kemasan bergantung pada sifat produk dan tujuan dari penggunaan, sehingga fungsi dari kemasan dapat bekerja secara efisien. Berdasarkan teknologi yang digunakan, jenis kemasan terdiri dari (BPOM, 2014):

- Kemasan dengan teknologi sederhana, bertujuan sebagai wadah dan melindungi produk dari kontaminasi fisik. Banyak digunakan pada pengemasan beras, jagung, barley dan makanan kering maupun basah lainnya.
- Kemasan dengan teknologi penambahan udara, bertujuan untuk melindungi produk agar produk tidak mudah remuk. Pada kemasan ini, ditambahkan udara, sehingga kemasan mengembang. Banyak digunakan pada produk pangan olahan seperti produk *bakery*, *frozen food*, snack ekstrudat dan lain sebagainya. Pada *frozen food*, material kemasan menggunakan material yang tahan suhu 18⁰C hingga -79⁰C agar plastik tidak mudah pecah atau sobek saat produk membeku.
- Kemasan dengan teknologi mengeluarkan kadar oksigen pada kemasan. Terdiri dari kemasan *gas flushing* (mendorong oksigen keluar menggunakan aliran gas

nitrogen), kemasan vakum (mengeluarkan seluruh udara dari kemasan) dan kemasan yang diberi zat deoksidan (menghilangkan oksigen dengan *sachet* penyerap oksigen atau silica gel). Kemasan ini dapat digunakan untuk produk olahan jadi maupun setengah jadi, produk kering, snack ekstrudat, keripik, *frozen food* dan lain sebagainya.

- Kemasan yang direbus bersama dengan isinya, di mana bahan kemasan yang digunakan merupakan bahan yang tahan air dan panas karena melalui proses perebusan pada suhu sampai 100 °C. Contoh penggunaan kemasan ini pada produk *nata de coco* dalam kemasan plastik dan jelly dalam cup plastik.
- Kemasan yang diproses bersama dengan isinya dengan suhu tinggi di atas suhu 121 °C. Contoh penggunaan teknologi ini adalah pada bahan kemas botol kaca, kemasan *retort* dan kaleng.
- Kemasan dengan teknologi *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) atau *Controlled Atmosphere Packaging* (CAP). Kedua teknologi tersebut merupakan teknologi pengemasan yang menggunakan campuran gas di dalam kemasan yang berbeda dengan udara biasa. Teknologi ini dapat digunakan pada jenis makanan yang mudah rusak seperti buah, sayur, roti, daging dan produk ikan. Pada teknologi MAP, komposisi gas dimodifikasi dengan mengganti udara dengan campuran gas tertentu pada saat pengemasan. Contoh pengaplikasian, pada pengemasan buah dan sayur yang ditambahkan dengan bahan anti embun (*antifog agent*) dan penangkap etilen (*ethylene scavenger*), tujuannya adalah untuk menghambat pembusukan dari produk. Metode MAP cocok digunakan untuk produk dengan umur simpan

yang relatif rendah dan tidak sensitif terhadap perubahan gas. Teknologi CAP pada umumnya banyak digunakan di gudang saat penyimpanan skala besar atau untuk keperluan transportasi jarak jauh. Adanya teknologi CAP dapat mengendalikan komposisi gas di dalam *container*, sehingga tumpukan produk segar yang ada di dalam *container* tidak cepat matang dan busuk karena suhu dan komposisi gas diatur untuk menjaga kesegaran produk selama berada di dalam *container* dan perjalanan jauh.

- *Smart packaging* merupakan teknologi pengemasan yang memantau, melacak kondisi dari produk dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan dan kualitas produk serta memberikan informasi kepada konsumen terkait kondisi dari produk. *Smart packaging* terdiri dari *active packaging* (kemasan berinteraksi langsung dengan produk) dan *intelligent packaging* (kemasan memantau kondisi produk dan memberi informasi kepada pengguna). Contoh penggunaan *active packaging* yaitu pada kemasan dengan penyerap oksigen (*oxygen absorber*) dan kemasan antimikroba (*antimicrobial packaging*) yang banyak digunakan pada produk daging-dagingan dan perikanan. Sedangkan, contoh penggunaan *intelligent packaging* yaitu pada indikator waktu-suhu dan indikator oksigen. Indikator waktu-suhu (*Time-temperature indicator*) memberi informasi tentang suhu, variasi dan riwayat suhu, dan pada umumnya digunakan sebagai tambahan pada label selama transportasi atau penyimpanan produk. Indikator oksigen digunakan untuk menunjukkan perubahan warna apabila produk sudah terpapar oksigen dalam jumlah yang melebihi toleransi

yang dapat diindikasikan sebagai kerusakan produk seperti pembusukan maupun kebocoran produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, G.D.J., Cook, I., Ward, K.R., 2023. Chapter 4 The Principles of Freeze-Drying. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2193-5>
- Ana Mufarida, N., 2019. Pengaruh Optimalisasi Suhu Dan Waktu Pada Mesin Vacuum Frying Terhadap Peningkatan Kualitas Keripik Mangga Situbondo. *J. Penelit. Ipteks*, 4
- BPOM, 2014. Pedoman pemilihan jenis kemasan pangan. Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya, Deputy Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, Badan Pengawas Obat dan Makanan RI, Jakarta, Indonesia
- Daeli, N.A., Indriyani, Gusriani, I., 2021. Pengaruh Lama Blanching Terhadap Karakteristik Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus Campanulatus*). *J. Teknol. Has. Pertan*, 1, 1–6
- Elizabeth Okosum, 2023. *The Oil Mistake to Avoid When Shallow Frying Food [WWW Document]*. [tastingtable.com](https://www.tastingtable.com/1405177/oil-mistake-avoid-shallow-frying/). URL <https://www.tastingtable.com/1405177/oil-mistake-avoid-shallow-frying/>. Diakses 22 Februari 2025
- Fombang, E.N., Mbofung, C.M.F.M.F., 2017. The Effect of Steam Blanching and Drying Method on Nutrients, Phytochemicals and Antioxidant Activity of Moringa (*Moringa oleifera* L.) Leaves. *Am. J. Food Sci. Technol*, 5, 53–60. <https://doi.org/10.12691/ajfst-5-2-4>

- Gaidhani, K. A., Harwalkar, M., Bhambere, D., & Nirgude, P.S., 2021. World Journal of Pharmaceutical research FORMULATION. *SJIF J*, 2, 1685–1703. <https://doi.org/10.20959/wjpr202317-29690>
- Habibi, N.A., Fathia, S., Utami, C.T., 2019. Perubahan Karakteristik Bahan Pangan pada Keripik Buah dengan Metode Freeze Drying (Review). *JST (Jurnal Sains Ter)*, 5. <https://doi.org/10.32487/jst.v5i2.634>
- Haq, A., Azis, R., 2024. Pembuatan Sari Buah Lemon dengan Metode Pasteurisasi. *J. Sains dan Teknol. Has. Pertan*, 4, 19–26.
- Junaidi, I.L., Wijaya, H., Dianingsih, A., Angkasa, D., 2022. Pengaruh Temperatur Spray Drying dan Konsentrasi Maltodekstrin terhadap Karakteristik Kimia dan Organoleptik Serbuk Minuman Instan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *War. Ind. Has. Pertan*, 39, 57. <https://doi.org/10.32765/wartaih.p.v39i2.7718>
- Labfreez, 2024. *Freeze Dryer [WWW Document]*. pusatlaboratorium.com. URL <https://pusatalatlaboratorium.com/product-category/microbiology/freeze-dryer/>. Diakses 23 Februari 2025
- Laksmi Pradipta Amaranggana and Rizal Setyo, 2024. Jangan Dikerok, Ini Cara Bersihkan Kerak Gosong di Pemanggang Sate [WWW Document]. Kompas.com. URL <https://www.kompas.com/tren/read/2024/01/01/153000865/jangan-dikerok-ini-cara-bersihkan-kerak-gosong-di-pemanggang-sate?page=all>. Diakses 22 Fberuari 2025

- Nandy, 2020. *Blanching: Pengertian, Metode, Fungsi, dan Tahap Melakukan Blanching* [WWW Document]. gramedia.com. URL <https://www.gramedia.com/literasi/blanching-adalah/>. Diakses 15 Februari 2025.
- Pal, P., Bhardwaj, R., Rudra, S.G., Sagar, V.R., Joshi, A., 2024. Vacuum Frying: A Promising Technique to Deliver Nutritive Snack Foods. *Brazilian Arch. Biol. Technol*, 67. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024230477>
- PMPU BPOM, 2024. *Metode Ekstrusi untuk Produk Pangan: Cara Kerja, Keunggulan, dan Aplikasinya* [WWW Document]. istanaumkm.pom.go.id. URL <https://istanaumkm.pom.go.id/artikel-pangan/metode-ekstrusi-untuk-produk-pangan-cara-kerja-keunggulan-dan-aplikasinya>. Diakses 23 Februari 2025
- Putri Aulia dan Glori Wadrianto, 2023. *4 Alat Masak untuk Makanan Lebih Crispy dengan Teknik Deep Frying* [WWW Document]. Kompas.com. URL <https://lifestyle.kompas.com/read/2023/08/18/180000320/4-alat-masak-untuk-makanan-lebih-crispy-dengan-teknik-deep-frying?page=all>. Diakses 22 Februari 2025
- Quaye, B., Zebede, A.A., Amoako-Andoh, F., Dadzie, R.G., Ampofo-Asiama, J., 2022. Effect of Hot Water, Steam and Microwave Blanching on Colocasia esculenta Leaves. *Agric. Food Sci. J. Ghana*, 14, 1406–1412. <https://doi.org/10.4314/afsjg.v14i1.6>

- Ropikoh, S., Widjayanti, W., Idris, M., Nuh, G.M., Fanani, M.Z., 2024. Perkembangan Teknologi Pengemasan dan Penyimpanan Produk Pangan. *J. Ilm. Pangan Halal*, 6, 30–38. <https://doi.org/10.30997/jiph.v6i1.12668>
- Sacks, K., 2016. *How Your Oven Racks Can Make You a Better Cook [WWW Document]*. epicurious.com. URL <https://www.epicurious.com/expert-advice/how-to-arrange-oven-racks-for-better-baking-article>. Diakses 22 Februari 2025
- Santos, D., Colette Mauricio, A., Sencadas, V., Domingos Santos, J., Hernandez, M.H., Gomes, P.S., 2018. Spray Drying: An Overview chapt 2. Spray Dry. An Overv. 29.
- Sentryair, 2019. *Respiratory Hazards of Diacetyl and 2,3-pentanedione Exposure in the Coffee Roasting Industry [WWW Document]*. sentryair.com. URL <https://www.sentryair.com/blog/industry-applications/chemical-solvents/diacetyl-hazards-coffee-roasting-industry/>. Diakses 22 Februari 2025
- Singgah Sima Dewi, 2023. *Mengenal Teknik Penggorengan “Vacuum Frying” yang Menghasilkan Keripik Buah dan Sayur [WWW Document]*. kompasiana.com. URL <https://www.kompasiana.com/shimakalinggayoo/65832bd7c57afb2d7c684102/mengenal-teknik-penggorengan-vacuum-frying-yang-menghasilkan-keripik-buah-dan-sayur-yang-sedang-viral-saat-ini>. Diakses 23 Februari 2025
- Singh, B., Sharma, C., Sharma, S., 2017. Fundamentals of extrusion processing. *Nov. Food Process. Technol*, 1–45.

- Vaghela, D., Parmar, P.T., Joshi, N.U., Sabhadiya, H., Patel, D., Kapupara, P., 2024. Unit Operations in Food Processing: Chapter 9. Pasteurization. *Scientific Publisher*, India.
- Yadav, R., Jain, A., 2023. Baking. In Unit Operations in Food Processing.
- Yuharrani Aisyah, 2023. *Resep Aneka Sayur Panggang, Pendamping Makan Daging Bakar [WWW Document]*. Kompas.com. URL <https://www.kompas.com/food/read/2023/12/26/124027975/resep-aneka-sayur-panggang-pendamping-makan-daging-bakar>. Diakses 22 Februari 2025
- Zaghi, A.N., Barbalho, S.M., Guiguer, E.L., Otoboni, A.M., 2019. Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology. *Food Rev. Int*, 35, 763–777. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600541>
- Zendy Violita Rukmana, Ida Agustini Saidi, 2021. Effect of Various Blansing Treatment and Drying Temperature on Organoleptic Characteristics of Mustard Leaf Stalk Flour (*Brassica juncea*). *Procedia Eng. Life Sci*, 1, 91–94. <https://doi.org/10.21070/pels.v1i1.740>

BAB V

FERMENTASI PADA PRODUK PANGAN TROPIKA

Oleh Taufikkilah Romadhon

5.1 Definisi Fermentasi

Pemanfaatan aktivitas mikroorganisme untuk menghasilkan produk pangan yang memiliki karakteristik khas telah mengalami banyak perkembangan. Hal tersebut didasarkan pada beberapa keuntungan atau manfaat yang dapat diperoleh. Beberapa keuntungan atau manfaat tersebut meliputi perbaikan aroma, rasa, tekstur, daya cerna, masa simpan dan nutrisi serta peningkatan nilai ekonomi dibandingkan bahan bakunya. Sebagai contoh, pemanfaatan Bakteri Asam Laktat (BAL) dalam pembuatan yoghurt dari susu yang dapat membentuk senyawa asam laktat dan memberikan rasa asam pada produk (Waritchon & Kunlaporn, 2022). Pemanfaatan aktivitas mikroorganisme berupa *Rhizopus oligisporus* dan *Klebsiella pneumoniae* and *Citrobacter freundii* pada pembuatan tempe yang dapat membentuk tekstur khas pada tempe serta memiliki senyawa vitamin B12 yang tidak terdapat pada kedelai (Kustyawati *et al.*, 2020). Contoh lain yaitu pemanfaatan BAL pada kulit cempedak untuk menghasilkan produk mandai yang menjadikannya memiliki nilai ekonomis (Rahmadi *et al.*, 2019). Proses pemanfaatan aktivitas mikroorganisme untuk

menghasilkan produk yang diinginkan biasa disebut dengan proses fermentasi.

Ahli biokimia mendefinisikan fermentasi adalah “suatu proses metabolisme untuk memperoleh energi berupa adenosin triphosphate (ATP) hasil dari perombakan senyawa organik yang bertindak sebagai donor dan akseptor elektron”. Dalam lingkup proses fermentasi makanan, definisi tersebut dianggap terlalu ketat dan tidak dapat menjelaskan keseluruhan proses fermentasi yang terjadi selama proses pengolahan pangan. Oleh karena itu, ahli mikrobiologi mendefinisikan proses fermentasi pada makanan dan minuman menjadi “suatu proses pengolahan yang menggunakan mikroorganisme diinginkan yang dapat mengawetkan, meningkatkan keamanan, meningkatkan nilai gizi serta kualitas organoleptik pada produk pangan” (Ray & Joshi, 2014). Dalam pengertian yang lebih sederhana, fermentasi pangan dapat dimaknai menjadi “suatu proses yang menggunakan aktivitas mikroorganisme (termasuk enzim) diinginkan untuk mengkonversi komponen yang terdapat pada bahan baku menjadi suatu produk yang diinginkan”.

5.2 Mikroorganisme fermentasi

Proses fermentasi sangat bergantung kepada peran suatu mikroorganisme. Pada proses fermentasi, mikroorganisme yang berperan dapat berasal satu atau lebih jenis mikroorganisme. Apabila hanya satu jenis mikroorganisme yang dominan maka disebut dengan kultur tunggal, dan apabila lebih dari satu jenis mikroorganisme yang terlibat maka disebut dengan kultur campuran. Penggunaan kultur tunggal atau campuran didasarkan pada kepentingan produk yang akan dihasilkan. Penggunaan

kultur campuran harus dapat memastikan bahwa setiap kultur mampu bersifat sinergi dalam pertumbuhannya (Lang *et al.*, 2022).

Bakteri Asam Laktat

Kelompok BAL terdiri dari 12 genus yang saat ini telah diketahui meliputi *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Aerococcus*, *Vagococcus*, *Tetragenococcus*, *Carnobacterium*, *Weisella* dan *Oenococcus* (Ray, 2004). BAL sering terlibat dalam proses fermentasi pangan secara alami. Kandungan karbohidrat dalam bahan pangan merupakan substrat utama BAL dalam memperoleh energi. Selain menghasilkan energi dalam bentuk ATP, proses metabolisme juga akan menghasilkan produk berupa asam laktat, etanol, asam setat dan karbon dioksida (Anumudu *et al.*, 2024). Produk tersebut dihasilkan melalui dua jalur metabolisme yaitu jalur homofermentatif dan heterofermentatif. Kelompok BAL homofermentatif hanya menghasilkan satu jenis produk berupa asam laktat, sedangkan kelompok BAL heterofermentatif dapat menghasilkan asam laktat, etanol dan karbondioksida sebagai produk dari fermentasi karbohidrat atau glukosa. BAL yang termasuk dalam kelompok homofermentatif antara lain *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* dan beberapa dalam strain lactobacilli. BAL yang termasuk dalam kelompok heterofermentatif antara lain *Leuconostoc*, *Weisella* dan beberapa dari strain lactobacilli (Ray *et al.*, 2014).

Kapang

Kapang tergolong dalam organisme eukariotik yang berarti mempunyai inti sel yang terbungkus dalam membran. Kapang juga dikenal sebagai fungi filamen karena memiliki bentuk filamen (hifa) yang membentuk jaringan miselium.

Hifa yang dibentuk dapat berfungsi sebagai proses berkembang biak (reproduksi vegetatif). Kapang juga dapat membentuk spora yang berfungsi sebagai reproduksi seksual atau aseksual. Kapang dapat tumbuh dalam berbagai jenis kondisi lingkungan, akan tetapi kapang lebih suka tumbuh pada lingkungan dengan kelembapan tinggi dan sedikit asam. Proses fermentasi kapang sering terjadi secara alami karena kapang akan memanfaatkan komponen yang terdapat dalam bahan pangan seperti karbohidrat, protein dan lemak untuk pertumbuhannya. Beberapa spesies yang sering terlibat dalam proses fermentasi antara lain *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor* dan *Penicillium* (Chávez *et al.*, 2023).

Tidak semua kapang dapat dimanfaatkan sebagai agen fermentasi. Beberapa kapang juga dapat menyebabkan kerusakan pada pangan dan beberapa strain lain juga dapat memproduksi mikotoksin yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Contohnya adalah beberapa kapang dalam genus *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *fusarium* spp yang dapat merusak bahan pangan serta memproduksi aflatoksin, ochratoksin, deoxynivalenol (DON), zearalenone, dan fumonisin (Al-Rashdi *et al.*, 2024; Yusuf, 2022).

Khamir

Khamir merupakan mikroorganisme yang tergolong dalam eukariotik karena memiliki inti sel yang terbungkus dalam membran seperti halnya kapang. Khamir memiliki bentuk bulat dan oval yang mempunyai ukuran lebih besar dari bakteri. Proses fermentasi pada khamir sering melibatkan keberadaan karbohidrat yang menjadi sumber nutrisi bagi khamir. Karbohidrat (gula) akan dimanfaatkan sebagai energi untuk poses pertumbuhannya dan akan menghasilkan produk berupa alkohol dan karbon dioksida (González-Hernández *et al.*, 2022). Beberapa spesies khamir

yang terlibat dalam proses fermentasi pangan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomices bayanus*, *Torulaspora delbrueckii*, *Torulaspora globosa*, *pichia kudriavsevii* dan *Brettanomyces* (Lindsay *et al.*, 2022).

Saccharomyces cerevisiae merupakan spesies yang sering terlibat dalam proses fermentasi makanan atau minuman seperti roti dan anggur. Pada proses fermentasi roti, khamir berperan dalam memberikan tekstur roti yang mengembang akibat dari produksi CO₂ selama proses fermentasi, dan pada proses fermentasi anggur, khamir akan memproduksi senyawa alkohol sebagai ciri khas produk anggur (Tefa *et al.*, 2023). Meskipun sebagian besar khamir aman untuk dikonsumsi, tapi beberapa jenis khamir perlu mendapatkan perhatian karena dapat menyebabkan kerusakan pada pangan dan masalah pada kesehatan manusia, salah satu contohnya yaitu khamir jenis *Candida albicans* (de Melo Pereira *et al.*, 2022).

5.3 Contoh Penerapan pada Produk Pangan Tropikal Lembab

Produk pertanian tropika lembab mempunyai karakteristik tersendiri dalam memberikan cita rasa yang unik pada produk fermentasi. Produk khas tropika berbasis komoditi umbi seperti singkong banyak dimanfaatkan untuk pembuatan produk seperti tape, tiwul, dan gaplek yang menjadi produk fermentasi khas Indonesia. Pada produk pertanian seperti beras atau beras ketan sering dijadikan produk fermentasi berupa tape ketan, brem dan tuak. Berbagai buah tropis yang banyak tumbuh di Indonesia seperti nanas, mangga, pisang, durian serta buah lain juga telah dimanfaatkan menjadi beberapa produk fermentasi

seperti tape buah dan sebagai bahan tambahan pembuatan yoghurt dan kefir. Produk fermentasi khas Indonesia dan inovasi produk fermentasi dengan kombinasi bahan lokal khas tropika dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5. 1. Produk fermentasi berdasarkan bahan baku dan mikroorganisme utama

Bahan baku	Produk	Mikroorganisme utama	Sumber
<i>Produk fermentasi lokal Indonesia</i>			
Kedelai, kacang tanah	Tempe	<i>Rhizopus oligosporus</i>	(Prativi <i>et al.</i> , 2023)
	Gembus	<i>Rhizopus oligosporus</i>	(Rohman <i>et al.</i> 2021)
	Kecap	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Rhizopus</i> sp.	(Lusihanne <i>et al.</i> , 2023)
	Tauco	<i>Rhizopus</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp. BAL, <i>Hansenula</i> sp.	(Amar <i>et al.</i> , 2021)
	Oncom	<i>Neurospora stopila</i> , <i>Rhizopus oligosporus</i>	(Firoh <i>et al.</i> , 2024)
Singkong	Tape	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Sacharomyses cerevisiae</i> , BAL.	Nurdini <i>et al.</i> 2024
Beras ketan	Growol	<i>Coryneform</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Actinobacteria</i> ,	(Putri & Marseno,

Bahan baku	Produk	Mikroorganisme utama	Sumber
		<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> .	2012)
	Gatot	BAL, <i>Saccharomyces</i> sp, <i>Rhizopus oligosporus</i> , <i>Aspergillus niger</i> ,	(Astriani <i>et al.</i> , 2018)
	Brem	<i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Sacharomyces cerevisiae</i> , <i>Acetobacter aceti</i> , <i>Monilosaurus rouxii</i>	(Bryan <i>et al.</i> , 2021)
Sayuran	Acar	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i>	(Surbakti & Hasanah, 2019)
Durian	Tempoyak	BAL, <i>Saccharomyces cereviciae</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Rhizopus</i> , <i>Monilia sitophila</i> , <i>Mucor roxii</i> .	(Swestyani & Hujjatusnaini, 2024)

Bahan baku	Produk	Mikroorganisme utama	Sumber
Kulit cempedak	Mandai	BAL	(Rahmadi, 2019)
<i>Produk fermentasi dengan kombinasi bahan lokal</i>			
Buah-buahan (durian, mangga, papaya, nangka, cempedak, buah naga)	Yoghurt	BAL	(Waritchon & Kunlaporn, 2022)
	Kefir	BAL, <i>Acetobacter</i> , <i>Gluconobacter</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Kluberomyces</i> , <i>Issatchenkia</i>	(Bengoa <i>et al.</i> , 2019)
Kelapa	Nata de coco	<i>Acetobacter xylinum</i>	(Attaqy <i>et al.</i> , 2023)

Tempe

Salah satu produk fermentasi asal Indonesia yang paling terkenal adalah produk tempe. Tempe pertama kali dibuat oleh Masyarakat Indonesia khususnya daerah jawa tengah pada tahun 1815. Tempe terbuat dari bahan baku kedelai yang difermentasi oleh mikroorganisme utama yaitu *Rhizopus spp* meliputi *Rhizopus oligosprus*, *Rhizopus archizus* dan *Rhizopus oryzae* hingga membentuk suatu tekstur padat hasil dari penempelan setiap kedelai yang digunakan (Romulo & Surya, 2021). Penggunaan bahan baku selain kedelai, biasanya diikuti oleh nama asal bahan baku tersebut, misalnya tempe kacang hijau dan tempe kacang. Berikut merupakan proses pembuatan tempe mengacu (BSN, 2012):

1. Penyortiran: kedelai perlu dilakukan penyortiran agar mendapatkan kedelai yang bagus.
2. Pencucian: kedelai yang telah disortir selanjutnya dilakukan pencucian untuk menghilangkan kotoran pada kedelai.
3. Perebusan: kedelai bersih kemudian dilakukan perebusan hingga kondisi setengah matang (± 30 menit).
4. Perendaman: setelah dilakukan perebusan, kedelai dilakukan perendaman dengan air bersih selama semalam hingga menghasilkan kondisi asam.
5. Pengupasan: pengupasan dapat dilakukan dengan cara kedelai diremas – remas dalam air, hingga kulit ari terkelupas dan kemudian dilakukan pemisahan antar kulit dan kepingan kedelai.
6. Pencucian: kedelai dilakuakn pencucian dengan air mengalir.
7. Perebusan: keping kedelai kemudian direbus atau ditanak dalam wadah.
8. Pendinginan: pendinginan dapat dilakukan dengan menghampar kedelai tipis-tipis di wadah nampah.
9. Penambahan ragi: penambahan ragi (*Rhizopus oligosporus*) dilakukan dengan cara mencampur ragi hingga homogen dengan kedelai (dalam 1 kg kedelai digunakan 1 gram ragi).
10. Pengemasan: pengemasan kedelai dapat dilakuakn dengan menggunakan daun pisang atau plastik.
11. Inkubasi: proses inkubasi dapat dilakukan dengan cara meletakkan kedelai yang telah dikemas di atas kajang – kajang bambu atau di rak. Apabila menggunakan plastik maka perlu dilakukan penusukan untuk membuat lubang kecil agar udara

dapat masuk. Proses inkubasi dapat dilakukan selama ± 48 jam.

Aktifitas mikroorganisme yang diinginkan pada tempe berlangsung pada saat proses perendaman kedua dan proses inkubasi. Pada proses perendaman terjadi penurunan pH hingga pada kisaran 4 – 5 yang diakibatkan oleh pertumbuhan BAL seperti *Lactobacillus casei* dan *Streptococcus faecium* yang mendominasi selama proses perendaman. Kandungan gula alkohol turun dan senyawa asam amino threonine, methionine dan lysine meningkat selama perendaman. Penurunan pH yang terjadi dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada kedelai. Aktivitas mikroorganisme utama berlangsung pada saat dilakukan inkubasi selama ± 24 jam. Pada proses tersebut terjadi beberapa perubahan terhadap komponen pada kedelai seperti degradasi senyawa karbohidrat, lemak dan protein yang mengalami penurunan oleh adanya enzim seperti amilase, protease dan lipase yang berperan selama fermentasi. Sebelum fermentasi, kandungan komponen kedelai didominasi oleh gula dan setelah proses fermentasi kandungan komponen didominasi oleh senyawa asam amino pemberi rasa gurih yang meningkat pada fermentasi 36 – 48 jam, apabila fermentasi dilakukan terlalu lama maka terjadi peningkatan asam amino pemberi rasa asam dan pahit serta tampilan tempe menjadi lebih hitam seperti yang terlihat pada **Gambar 5.1**. (Prativi *et al.*, 2023). Proses fermentasi tempe juga menyebabkan kedelai lebih mudah untuk diserap karena terjadi penurunan senyawa antinutrisi seperti oligosakarida, fitat, tanin dan inhibitor enzim protease yang mempunyai fungsi dapat menghambat penyerapan mineral dan pencernaan protein oleh tubuh. Peningkatan mineral seperti zat besi, kalsium, magnesium terjadi selama proses

fermentasi karena terdapat enzim fitase yang dapat memecah asam fitat pada kedelai. Fermentasi tempe juga dapat menghasilkan vitamin B12 oleh bakteri *Klebsiella pneumoniae* dan *Citrobacter freundii* serta meningkatkan vitamin lain seperti riboflavin (B2), niasin (B3), piridoksin (B6) serta senyawa bioaktif lain seperti isoflavone yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Kustyawati *et al.*, 2020; Teoh *et al.*, 2024)



Gambar 5. 1. Tempe fermentasi cukup (Kiri) dan Tempe fermentasi berlebih (Kanan) (Prativi *et al.*, 2023).

Fermentasi susu (yoghurt) dengan kombinasi buah lokal

Fermentasi susu atau yang lebih dikenal dengan istilah yoghurt merupakan produk fermentasi yang melibatkan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus delbruecki* subsp. *Bulgaricus* dalam prosesnya. Kedua bakteri yang tergabung dalam kelompok BAL tersebut akan saling bersinergi dalam prosesnya. Awalnya, *Streptococcus thermophilus* akan tumbuh terlebih dahulu hingga mengakibatkan terjadinya penurunan pH pada produk. Kondisi lingkungan yang menjadi asam selanjutnya dimanfaatkan oleh *Lactobacillus delbruecki* subsp. *Bulgaricus* untuk tumbuh. Ketika *Lactobacillus delbruecki* subsp. *Bulgaricus* tumbuh pada produk maka terbentuklah tekstur

dan flavor yang menjadi ciri khas dari produk yoghurt (Dan *et al.*, 2023). Dengan adanya kedua bakteri tersebut, maka yoghurt tergolong dalam produk yang kaya akan probiotik yang memiliki beragam manfaat kesehatan (Marco *et al.*, 2021).

Perkembangan yoghurt saat ini massif dilakukan, yaitu dengan menambahkan variasi rasa dan meningkatkan nilai gizi untuk menarik minat konsumen. Inovasi yoghurt dapat dibuat dengan memanfaatkan bahan hasil pertanian terutama dari komoditas buah-buahan. Beberapa contoh buah tropika lembab yang digunakan dalam pembuatan yoghurt tersaji dalam **Tabel 5.1**. Yoghurt yang dikombinasikan dengan buah dapat memberikan beberapa manfaat. Dari segi nutrisi, buah merupakan komoditas kaya akan sumber vitamin, serat pangan dan antioksidan yang memiliki banyak manfaat untuk kesehatan seperti memperlancar pencernaan dan memperkuat sistem imun tubuh. Beberapa buah khas tropika seperti pisang dan papaya memiliki sifat prebiotik alami karena mengandung inulin dan pektin yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri probiotik dalam yoghurt (Rahminiwati *et al.*, 2024; Yee Tan *et al.*, 2024). Dengan begitu, maka produk yoghurt dengan kombinasi buah dapat memiliki fungsi sebagai produk sinbiotik yang dapat bermanfaat secara optimal untuk kesehatan saluran pencernaan (Ahmed *et al.*, 2023). Selain manfaat kesehatan, inovasi tersebut dapat memberikan cita rasa dan penampilan (tekstur dan warna) baru bagi yoghurt. Penggunaan buah yang memiliki rasa manis seperti mangga arumanis dan pisang dapat memberikan rasa manis alami pada yoghurt, sehingga dapat mengurangi penggunaan gula tambahan (Febrianti *et al.*, 2022). Penggunaan buah naga dapat memberikan warna

merah alami pada yoghurt, sehingga tidak perlu menggunakan pewarna buatan (Nahari *et al.*, 2024).

Pembuatan yoghurt buah:

1. Persiapan buah: buah yang ingin digunakan, dipisahkan dari biji dan kulitnya.
2. Pembuatan bubur buah: daging buah dicampur dengan air (100 g:300 mL) kemudian dihaluskan dengan blander hingga didapatkan bubur buah.
3. Pencampuran dengan susu dan gula: bubur yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan pencampuran dengan susu (dalam bentuk skim atau cair) dan gula (bersifat opsional, namun kebanyakan penelitian menambahkan gula) dengan menggunakan blander agar homogen.
4. Pasteurisasi: pasteurisasi dilakukan pada suhu 80 C selama 15 menit untuk membunuh bakteri pathogen dalam bahan.
5. Inokulasi: kultur BAL (*Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus delbruecki* subsp. *Bulgaricus*) sebanyak 5% ditambahkan dalam bahan yang telah dingin.
6. Inkubasi: inkubasi dapat dilakukan pada suhu 30 – 40 C selama 24 Jam.

Nata de coco

Proses fermentasi nata de coco melibatkan bakteri *Acetobacter xylinum* yang memanfaatkan komponen senyawa dalam air kelapa. Enzim yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* akan mengkonversi karbohidrat (gula) dalam air kelapa menjadi lempengan selulosa yang berbentuk gel. Lempengan tersebut yang selanjutnya disebut dengan nata (Attaqy *et al.*, 2023).

Proses pembuatan nata dapat dimulai dengan menggunakan air kelapa yang tidak terlalu muda atau tua. Untuk memaksimalkan proses pertumbuhan bakteri selama proses fermentasi, maka juga digunakan beberapa bahan tambahan seperti gula, ammonium sulfat dan asam cuka. Gula dapat berfungsi sebagai substrat dalam bentuk karbohidrat dan ammonium sulfat berfungsi sebagai sumber nitrogen dan nutrisi untuk pertumbuhan *Acetobacter xylinum*, sedangkan penambahan asam cuka ditujukan untuk memberikan kondisi lingkungan asam dan sebagai penghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, setiap penambahan bahan tersebut berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme dan berpengaruh terhadap karakteristik nata yang dihasilkan. Setiap bahan kemudian dihomogenkan dengan cara direbus selama ± 60 menit. Proses perebusan juga dapat mengeliminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan. Proses selanjutnya dilanjutkan dengan inokulasi kultur *Acetobacter xylinum* dalam bahan yang telah didinginkan. Penggunaan kultur juga dapat berasal dari nata de coco yang telah dibuat sebelumnya dan masih mengandung bakteri *Acetobacter xylinum*.

Proses inkubasi dilakukan pada wadah bersih dan steril serta ditutup dengan kain atau penutup lain yang memungkinkan udara dapat masuk. Penggunaan jenis penutup juga harus dapat memastikan bahwa serangga dan debu tidak dapat masuk. Proses inkubasi berlangsung selama 9 – 12 hari hingga dihasilkan lapisan gel atau nata di permukaan bahan. Pemanenan yang terlalu cepat akan menghasilkan nata yang encer, kasar dan mudah rusak, sedangkan pemanenan yang terlalu lama dapat mengakibatkan pertumbuhan jamur yang dapat merusak produk nata yang dihasilkan (Alfarisy & Rahmadhia, 2022).

Oncom

Oncom merupakan salah satu produk fermentasi khas Indonesia yang populer di daerah Jawa, terutama Jawa Barat. Oncom diolah dengan memanfaatkan bahan baku pengolahan hasil pertanian seperti ampas tahu, bungkil kacang atau ampas singkong yang merupakan produk hasil pertanian khas tropika. Berdasarkan jenisnya, oncom dapat dibedakan menjadi oncom merah dan oncom hitam. Oncom merah merupakan oncom yang terbuat dari bahan baku berupa ampas tahu, ampas singkong atau campuran keduanya yang difermentasi dengan menggunakan kapang jenis *Neurospora* sp. Oncom hitam merupakan oncom yang dibuat dari bahan baku bungkil kacang tanah yang difermentasi dengan menggunakan kapang jenis *Rhizopus oligosporus* dan *Mucor* sp. (Firoh *et al.*, 2024; Rohimah *et al.*, 2021). Proses fermentasi oncom umumnya menggunakan kultur kapang yang telah tersedia di pasaran atau dapat juga menggunakan metode fermentasi condong balik. Perbedaan jenis berdasarkan warna pada oncom diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung. Warna merah diakibatkan oleh konidia yang memiliki warna merah jingga, sedangkan warna hitam diakibatkan karena miselia kapang yang terbentuk tidak dapat menutupi keseluruhan bagian produk atau bahan baku (Wijaya *et al.*, 2024).

Proses pembuatan oncom merah atau oncom hitam tergolong sederhana dan dapat dilakukan dengan mudah. Oncom merah dapat dibuat dengan mengukus bahan baku (ampas tahu, ampas singkong atau campuran antar keduanya) selama 40 – 90 menit dengan tujuan untuk membunuh mikroorganisme. Bahan kemudian dicetak dengan ketebalan 2 cm. Proses inokulasi kultur *Neurospora sitophila* dapat dilakukan pada saat bahan sudah mulai dingin

dengan konsentrasi 2 g per 1 kg bahan. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar selama 24 jam. Pada proses pembuatan oncom hitam biasanya akan memakan waktu yang lebih lama karena melibatkan proses perendaman bungkil kacang selama semalaman. Selama proses perendaman, bakteri penghasil asam seperti BAL akan tumbuh dan menyebabkan air rendaman dalam kondisi asam. Bahan kemudian dikukus selama 60 menit dan kemudian ditiriskan. Kultur *Rhizopus oligosporus* kemudian diinokulasikan dan selanjutnya dikemas dengan menggunakan plastik atapun daun. Inkubasi dapat dilakukan selama 24 jam. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa oncom hitam memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan oncom merah. Kandungan nutrisi tersebut meliputi karbohidrat, protein, lemak dan mineral seperti kalsium, zink, zat besi serta vitamin B2 (Wijaya *et al.*, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Noor, A., Tariq, M., & Zaidi, A. 2023. Functional improvement of synbiotic yogurt enriched with *Lactobacillus rhamnosus* and aloe vera gel using the response surface method. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00153-0>
- Alfarisy, M., & Rahmadhia, S. N. 2022. An Analysis of the Causes of Damage to Nata de Coco in the Fermentation Process. *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 2(1), 96–103. <https://doi.org/10.12928/jafost.v2i1.4861>
- Al-Rashdi, F. K. H., Al-Sadi, A. M., Waly, M. I., Hussain, S., & Velazhahan, R. 2024. Assessment of Fumonisin, Deoxynivalenol, and Zearalenone Levels and the Occurrence of Mycotoxigenic *Fusarium* Species in Cereal Grains from Muscat, Sultanate of Oman. *Agriculture*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture14122225>
- Amar, A., Makosim, S., Sukotjo, S., Ahadiyanti, N., & Weisman, E. 2021. Growth dynamics of mold-yeast and bacteria during the production process of saga tauco (*Adenanthera pavonina*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 741(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/741/1/012019>
- Anumudu, C. K., Miri, T., & Onyeaka, H. 2024. Multifunctional Applications of Lactic Acid Bacteria: Enhancing Safety, Quality, and Nutritional Value in Foods and Fermented Beverages. *Foods*, 13(23), 3714. <https://doi.org/10.3390/foods13233714>

- Astriani, A., Diniyah, N., Jayus, J., & Nurhayati, N. 2018. Phenotypic identification of indigenous fungi and lactic acid bacteria isolated from 'gatot' an Indonesian fermented food. *Biodiversitas*, 19(3), 947-954. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190325>
- Attaqy, F., Kurniasih, S., & Munarti. 2023. Effect of Carbon Type Variation on Nata de Coco Growth. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 10(2), 50-54.
- Badan Standarisasi Nasional, B. 2012. *Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia*. www.bsn.go.id
- Bengoa, A. A., Iraporda, C., Garrote, G. L., & Abraham, A. G. 2019. Kefir micro-organisms: their role in grain assembly and health properties of fermented milk. *Journal of Applied Microbiology* (Vol. 126, Issue 3, pp. 686-700). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/jam.14107>
- Bryan, B., Duniaji, A. S., & Wisaniyasa, N. W. 2021. Pengaruh Perbandingan Ketan Putih (*Oryza sativa glutinosa*) Dan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* L.) Terhadap Karakteristik Brem Cair. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(3), 525. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i03.p19>
- Chávez, R., Vaca, I., & García-Estrada, C. 2023. Secondary Metabolites Produced by the Blue-Cheese Ripening Mold *Penicillium roqueforti*; Biosynthesis and Regulation Mechanisms. *Journal of Fungi*, 9(4), 459. <https://doi.org/10.3390/jof9040459>

- Dan, T., Hu, H., Tian, J., He, B., Tai, J., & He, Y. 2023. Influence of Different Ratios of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on Fermentation Characteristics of Yogurt. *Molecules*, 28(5). <https://doi.org/10.3390/molecules28052123>
- de Melo Pereira, G. V., Maske, B. L., de Carvalho Neto, D. P., Karp, S. G., De Dea Lindner, J., Martin, J. G. P., de Oliveira Hosken, B., & Soccol, C. R. 2022. What Is *Candida* Doing in My Food? A Review and Safety Alert on Its Use as Starter Cultures in Fermented Foods. *Microorganisms*, 10(9), 1855. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091855>
- Febrianti, P., Mutmainah, A., Yeriska, F., & Advinda, L. 2022. Uji Organoleptik Yoghurt yang Ditambahkan Ekstrak Mangga (*Mangifera indica* L.). Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
- Firoh, A. M., Naibaho, J., Sugiyono, & Wijaya, C. H. 2024. Physico-chemical and sensory characteristics of red oncom, a traditional fermented food from Indonesia, based on the variability of ingredients and processing steps. *Applied Food Research*, 4(2), 100571. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100571>
- González-Hernández, Y., Michiels, E., & Perré, P. 2022. A Comprehensive Mechanistic Yeast Model Able to Switch Metabolism According to Growth Conditions. *Fermentation*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/fermentation8120710>
- Kustyawati, M. E., Subeki, Murhadi, Rizal, S., & Astuti, P. 2020. Vitamin B12 production in soybean fermentation for tempeh. *AIMS Agriculture and Food*, 5(2), 262–271. <https://doi.org/10.3934/AGRFOOD.2020.2.262>

- Lang, F., Wen, J., Wu, Z., Pan, D., & Wang, L. 2022. Evaluation of probiotic yoghurt by the mixed culture with *Lactobacillus plantarum* A3. *Food Science and Human Wellness*, 11(2), 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.11.006>
- Lindsay, M. A., Granucci, N., Greenwood, D. R., & Villas-Boas, S. G. 2022. Fermentative Production of Volatile Metabolites Using *Brettanomyces bruxellensis* from Fruit and Vegetable By-Products. *Fermentation*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/fermentation8090457>
- Lusihanne, C. B., Andriana, M., & Mareta Kurnia Sari, F. 2023. Perubahan Biokimiawi dan Fisik pada Fermentasi Koji oleh *Aspergillus oryzae* dalam Pembuatan Kecap. *Tropical Microbiome Journal*, 1(1), 35-46. <https://ejournal.uksw.edu/jtm>
- Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., Arrieta, M. C., Cotter, P. D., De Vuyst, L., Hill, C., Holzapfel, W., Lebeer, S., Merenstein, D., Reid, G., Wolfe, B. E., & Hutkins, R. 2021. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* (Vol. 18, Issue 3, pp. 196–208). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00390-5>
- Nahari, S., Rahmawati Zulaikhah, S., & Harnowo Sidhi, A. 2024. Karakteristik Warna dan Total Padatan Yoghurt Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan Penambahan Sukrosa dalam Jumlah yang Berbeda. *Jurnal Sains Peternakan*, 12(01), 21-28. <https://doi.org/10.21067/jsp.v12i01.9964>

- Prativi, M. B. N., Astuti, D. I., Putri, S. P., Laviña, W. A., Fukusaki, E., & Aditiawati, P. 2023. Metabolite Changes in Indonesian Tempe Production from Raw Soybeans to Over-Fermented Tempe. *Metabolites*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/metabo13020300>
- Putri, W. D. R., & Marseno, D. W. 2012. *Isolation and Characterization of Amylolytic Lactic Acid Bacteria during Growol Fermentation, an Indonesian Traditional Food*. <https://www.researchgate.net/publication/277878343>
- Rahmadi, A. (2019). *Bakteri Asam Laktat dan Mandai Cempedak*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18884.27521/1>
- Rahmadi, A., Sari, K., Handayani, F., Yuliani, Y., & Prabowo, S. 2019. Modulation of Phenolics Substances and Antioxidant Activity in Mandai Cempedak By Unsalted Spontaneous And *Lactobacillus Casei* Induced Fermentation. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(1), 75–82. <https://doi.org/10.6066/jtip.2019.30.1.75>
- Rahminiwati, M., Aprilia, E., Wiendarlina, I. Y., Affif, U., & Najwa, C. C. A. 2024. Papaya extract as a prebiotic strengthens the inhibitory activity of *Lactobacillus* against the growth of pathogenic bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1359(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1359/1/012127>
- Ray, R. C., & Joshi, V. 2014. *Fermented Foods: Past, Present and Future*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1849.8241>

- Ray, R. C., Sheikh, A. El, Kumar, S., El Sheikh, A. F., & Sasi Kumar, R. 2014. *Oriental Fermented Functional (Probiotic) Foods Oriental Fermented Functional (Probiotic) Foods 283 Oriental Fermented Functional (Probiotic) Foods*.
<https://doi.org/10.13140/2.1.2898.4006>
- Rohimah, A., Setiawan, B., Roosita, K., & Palupi, E. 2021. The Amino Acid and Mineral Content of Black Oncom Processed with Fermentation Modifications. *J. Gizi Pangan*, 16, 115–120.
- Romulo, A., & Surya, R. 2021. Tempe: A traditional fermented food of Indonesia and its health benefits. In *International Journal of Gastronomy and Food Science* (Vol. 26). AZTI-Tecnalia.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100413>
- Surbakti, F., & Hasanah, U. 2021. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Pada Acar Ketimun (*Cucumis sativus* L.) Sebagai Agensi Probiotik. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Kesehatan (The Journal of Food Technology and Health)*, 1(1), 31–37.
<https://doi.org/10.36441/jtepakes.v1i1.182>
- Swestyani, S., & Hujjatusnaini, N. 2024. Identifikasi Keragaman Mikroflora dan Pengaruhnya pada Kualitas Organoleptik Tempoyak Khas Suku Dayak di Kalimantan Tengah. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 1112.
<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11008>

- Tefa, P., Ledo, M. E. S., & Nitsae, M. 2023. Variasi Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Wine Buah Dilak (*Limonia acidissima*). *SCISCITATIO: Journal for Biological Science*, 4(1), 32-38. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2023.41.112>
- Teoh, S. Q., Chin, N. L., Chong, C. W., Ripen, A. M., How, S., & Lim, J. J. L. 2024. A review on health benefits and processing of tempeh with outlines on its functional microbes. *Future Foods*, 9, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100330>
- Wahyudi, V. A., Anjarsari, S. A., & Wachid, M. 2022. Kajian Efektivitas Temperatur dan Waktu Proofing (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap Sifat Fisikokimia, Mikrobiologi, dan Organoleptik Roti Manis. *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 7(1), 4640-4655. <http://dx.doi.org/10.33772/jstp.v7i1.18119>
- Waritchon, N., & Kunlaporn, P. 2022. Growth and survival of lactic acid bacteria during the fermentation of durian yogurt. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(1), 393-400.
- Wijaya, C. H., Nuraida, L., Nuramalia, D. R., Hardanti, S., & Świader, K. 2024. Oncom: A Nutritive Functional Fermented Food Made from Food Process Solid Residue. *Applied Sciences*, 14(22), 10702. <https://doi.org/10.3390/app142210702>
- Yee Tan, C., Nadiah Mohd Arifin, N., & Redzwan Sabran, M. 2024. Banana Peels as Potential Prebiotic and Functional Ingredient. *J. Gizi Pangan*, 19(Supp.1), 119-126. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jgizipangan>

Yusuf, H. O. (2022). Tingkat Pertumbuhan *Aspergillus Flavus* sp dan Pembentukan Aflatoksin pada berbagai Metode Penyimpanan dengan Kadar Air Biji Jagung Pakan. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 6(2), 55-62.

BAB VI

KEAMANAN PANGAN DAN STANDAR KUALITAS PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB

Oleh Nova Solina Purba

6.1 Konsep Dasar Keamanan Pangan

Definisi Keamanan Pangan

Setiap manusia membutuhkan makanan untuk hidup dan bertahan hidup. Keamanan pangan terwujud ketika semua orang memiliki akses fisik, sosial, dan ekonomi yang memadai terhadap makanan yang aman, bergizi, dan cukup untuk memenuhi kebutuhan esensial (WHO, 2020). Keamanan pangan mencakup banyak hal, seperti produksi, pengolahan, distribusi, dan konsumsi makanan. Meninjau dari segi ketersediaan pangan, akses dan keterjangkauan, serta kualitas makanan adalah strategi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dasar tersebut. Berikut beberapa komponen utama dari keamanan pangan yaitu:

1. **Ketersediaan Pangan:** mengacu pada jumlah makanan yang tersedia. Menurut FAO (2019), komponen seperti produksi pertanian, iklim, dan kebijakan pemerintah mempengaruhi ketersediaan ini.
2. **Akses Pangan:** kemampuan seseorang atau kelompok untuk mendapatkan jumlah makanan yang cukup disebut akses pangan. Faktor sosial dan

ekonomi dapat memengaruhi akses (Pinstrup-Andersen & Watson, 2017).

3. **Penggunaan Pangan:** berkaitan dengan bagaimana makanan yang dikonsumsi dan bagaimana tubuh menggunakan nutrisi yang terkandung di dalamnya. Ini mencakup hal-hal seperti pendidikan gizi dan teknik memasak (UNICEF, 2018).
4. **Stabilitas Pangan:** mengacu pada ketahanan sistem pangan terhadap guncangan yang dapat mempengaruhi ketersediaan atau akses pangan. Stabilitas ini penting untuk memastikan bahwa masyarakat tidak mengalami kekurangan pangan dalam jangka panjang.

Kualitas dan standar keamanan pangan juga memiliki pengaruh penting dalam keberhasilan program ketahanan pangan nasional melalui ketersediaan bahan pangan. Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 68 Tahun 2002, “Ketahanan pangan adalah kondisi dimana kebutuhan pangan rumah tangga terpenuhi, yang ditunjukkan oleh ketersediaan pangan yang cukup, bermutu, aman, merata, dan mudah diakses”. Selain itu, FAO menyatakan bahwa kondisi ketahanan pangan harus memenuhi empat (empat) pilar utama: (1) **Kecukupan** ketersediaan bahan pangan, (2) **Stabilitas** ketersediaan bahan pangan, (3) **Aksesibilitas** dan **keterjangkauan** bahan pangan, dan (4) **Kualitas dan keamanan** bahan pangan yang digunakan.

Pentingnya Keamanan Pangan dalam Kesehatan Masyarakat

Produk pangan tropika lembab (seperti buah dan sayur) dan hasil olahan lainnya memiliki potensi untuk memberikan banyak manfaat nutrisi bagi kesehatan. Kendati

demikian, produk pangan tersebut juga rentan terhadap berbagai jenis kontaminasi dan penurunan kualitas yang dapat membahayakan kesehatan. Keamanan pangan akan menjadi lebih penting karena keamanan pangan mempengaruhi kesehatan masyarakat, daya saing nasional, dan kualitas sumber daya manusia. Dalam situasi ini, fokus keamanan pangan adalah untuk menghindari kontaminasi makanan yang dapat menyebabkan penyakit atau masalah kesehatan lainnya. Pada dasarnya, kondisi keamanan pangan yang lebih baik akan mengurangi jumlah sakit, yang berarti masyarakat yang sehat lebih banyak. Karena jumlah sakit yang lebih sedikit, maka status kesehatan akan meningkat, yang pada akhirnya akan meningkatkan kapasitas dan produksi.

Jenis Bahaya Pangan: Biologis, Kimia, dan Fisik

Produk pangan tropis lembab seperti umbi, sereal, sayur-sayuran, dan buah-buahan juga rentan terhadap berbagai jenis bahaya yang dapat mempengaruhi keamanan dan kualitasnya. Bahaya fisik, kimia, dan mikrobiologi pada produk pangan dapat berasal dari tiga kategori utama yaitu: (1) dapat berupa bagian tumbuhan yang tertinggal dalam produk selama proses penanaman dan pasca panen, (2) dapat berasal dari cemaran mikroba pada bahan baku dan penanganannya, (3) dapat berasal dari cemaran kimia lingkungan atau dari bahan pangan secara alami.

Tiga jenis bahaya utama yang terkait dengan produk pangan tropika lembab:

1. **Bahaya Biologis:** Bahaya ini sering kali disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, dan parasit di produk pangan. Bakteri Patogen seperti *Salmonella*, *Escherichia coli* (*E. coli*), dan *Listeria monocytogenes*

sering menyebabkan penyakit bawaan yang bersumber dari produk pangan. Kontaminasi dapat terjadi pada rantai produksi, pengolahan, atau distribusi. Sebagaimana dinyatakan oleh Huss *et al.* (2000), kondisi pengolahan yang tidak higienis dan praktik sanitasi yang buruk dapat meningkatkan kemungkinan penyebaran mikroorganisme. Selain bakteri, jamur juga merupakan ancaman biologis yang signifikan. Beberapa jenis jamur menghasilkan mikotoksin, senyawa beracun yang dapat menyebabkan keracunan makanan dan masalah kesehatan jangka panjang. Aflatoksin yang diproduksi oleh *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* adalah contohnya, yang ditemukan di biji-bijian dan kacang-kacangan.

2. **Bahaya kimia:** Sektor industri yang paling banyak menghasilkan residu umumnya adalah pertanian, seperti pestisida, bahan kimia tambahan, serta kontaminan lingkungan (Dahiya *et al.* 2018). Penggunaan pestisida dalam pertanian untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman sering meninggalkan residu pada produk pangan. Jika bahan ini terakumulasi dalam jumlah besar di dalam tubuh, dapat membahayakan kesehatan. Untuk melindungi konsumen dari efek berbahaya tersebut, batas maksimum residu pestisida (MRL) sangat penting. Selain itu, bahan kimia tambahan seperti pewarna sintetis dan pengawet secara berlebihan atau tidak sesuai dengan peraturan juga dapat menyebabkan reaksi alergi atau memicu masalah kesehatan.

3. **Bahaya fisik:** mencakup benda asing yang dapat masuk ke dalam produk makanan dan mengancam kesehatan saat mereka mengkonsumsinya. Pecahan kaca, logam, atau plastik sering ditemukan dalam makanan karena pengolahan atau kemasan yang rusak. Kontaminasi ini dapat terjadi selama proses produksi atau distribusi, dan tertelan dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan. Selanjutnya, kemasan juga dapat menyebabkan bahaya fisik jika tidak memenuhi standar keamanan. Pemilihan bahan kemasan yang aman dan sesuai standar sangat penting untuk menjaga kualitas produk karena penggunaan kemasan yang tidak sesuai atau rusak dapat menyebabkan kontaminasi antara produk dan bahan kemasan.

Melalui pengawasan ketat terhadap bahaya biologis, fisik dan kimia, serta perhatian penuh selama proses produksi sampai produk akhir disajikan, kita dapat mengurangi risiko bahaya tersebut dan meningkatkan keamanan pangan secara keseluruhan. Dengan menerapkan Praktik Manufaktur yang Baik (GMP), Praktik Higiene yang Baik (GHP), *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) (Liu *et al.*, 2015; Kecskes-Nagy *et al.*, 2016; Korzenszky *et al.*, 2013), dan program yang dirancang dengan baik, bahaya yang terkait dengan kontaminasi, kontaminasi ulang, atau bertahannya bahaya biologis, fisik dan kimia selama pemrosesan dapat dikendalikan.

6.2 Standar Kualitas Produk Pangan Tropika Lembab

Kriteria Kualitas Pangan

Keamanan pangan adalah keadaan dan upaya yang diperlukan untuk memastikan bahwa makanan tidak tercemar oleh cemaran biologis, kimia, atau benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, atau membahayakan kesehatan manusia. Karena keamanan pangan masih menjadi masalah besar di industri pangan khususnya Indonesia, program pengawasan pangan harus memberikan perhatian khusus. Salah satu program pengawasan mutu pangan adalah dengan mengendalikan sistem jaminan keamanan pangan. Kegiatan ini adalah tindakan preventif yang efektif untuk menjamin keamanan pangan yang dapat mengidentifikasi berbagai bahaya yang berhubungan dengan keadaan yang terjadi selama proses pembuatan, pengolahan, atau penyajian makanan serta menilai apakah risiko adalah fungsi peluang terjadinya gangguan kesehatan dan keparahan (*severity*) gangguan kesehatan yang terjadi. Sebaliknya, bahaya adalah senyawa biologi, kimia, atau fisik di dalam makanan yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan.

Metode Pengujian Kualitas Pangan

Untuk menilai kualitas produk, berbagai parameter diuji. Parameter-parameter yang disebutkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 2891 tahun 1992 termasuk kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, laktosa, serat kasar, kekentalan, kehalusan, pH, natrium klorida, dan bobot jenis (SNI, 1992). Metode pengujian yang umum lainnya yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas produk dari segi fisik, kimia, dan mikrobiologi termasuk metode

Kjeldahl, metode thermogravimetri, evaluasi kualitas organoleptik, teknologi Near-Infrared (NIR). Uji organoleptik menggunakan indera manusia (penglihatan, pembau, dan perasa) juga dapat digunakan untuk menguji sifat bahan pangan (Kartika *et al.*, 1988).

Standar Internasional (ISO, Codex Alimentarius)

Standar kualitas produk pangan adalah standar yang dibuat untuk menilai kesesuaian produk pangan berdasarkan parameter seperti rasa, warna, tekstur, aroma, dan nilai gizi (Codex Alimentarius Commission, 2018). Tujuan standar ini adalah untuk melindungi konsumen dan memastikan bahwa produk yang beredar di pasar memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

Beberapa konsep dasar tentang standar kualitas yang berlaku untuk produk pangan tropika lembab adalah sebagai berikut:

1. **Kualitas Organoleptik:** Ini adalah sifat fisik makanan yang dapat dinilai oleh manusia, seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan, untuk menentukan penerimaan pelanggan terhadap produk tersebut.
2. **Kualitas Nutrisi:** Mengacu pada kandungan nutrisi dalam produk pangan. Standar kualitas harus mempertimbangkan apa yang terkandung dalam makanan.
3. **Keamanan Mikrobiologis:** Untuk memastikan bahwa produk pangan aman untuk dikonsumsi, produk pangan harus bebas dari patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Oleh karena itu, pengujian mikrobiologis sangat penting (Setiarto, 2020).

4. **Sertifikasi dan Regulasi:** Standar kualitas produk pangan ditetapkan oleh badan pengatur di banyak negara. Sertifikasi merupakan cara penting untuk memastikan bahwa produk telah memenuhi kriteria tertentu sebelum dipasarkan.

Peran Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM)

WHO telah menetapkan lima kunci keamanan pangan untuk mencegah berbagai penyakit: (1) menjaga kebersihan; (2) membedakan makanan matang dan mentah; (3) memasak dengan benar; (4) menggunakan bahan baku yang aman; dan (5) menjaga pangan pada suhu yang aman (BPOM, 2020).

6.3 Kontaminasi dan Penanganan Risiko

Analisis Risiko dan Manajemen Risiko

Analisis risiko adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memahami risiko yang mungkin terjadi dalam kondisi atau kegiatan tertentu. Menurut Codex Alimentarius Commission (2024), analisis risiko terdiri dari tiga bagian utama: penilaian risiko, pengelolaan risiko, dan komunikasi risiko. Identifikasi bahaya, analisis risiko, dan penilaian risiko adalah bagian dari proses penilaian risiko, yang mencakup evaluasi ilmiah dampak negatif yang diketahui atau kemungkinan akibat paparan manusia terhadap bahaya tertentu. Ini termasuk memilih kebijakan sesuai dengan hasil penilaian risiko.

6.4 Tantangan dalam Keamanan Pangan dan Standar Kualitas

Keamanan pangan dan standar kualitas produk pangan tropika lembab merupakan isu yang semakin penting seiring dengan meningkatnya permintaan konsumen terhadap makanan yang aman dan berkualitas. Namun, berbagai tantangan dalam penerapan standar tersebut dapat berdampak pada kesehatan masyarakat serta keberlanjutan industri pangan.

1. Perubahan Iklim: Menurut IPCC (2019), perubahan iklim dapat berdampak pada produksi pertanian dan ketersediaan bahan baku untuk produk makanan tropis yang lembab.
2. Pasar Globalisasi: Globalisasi telah membuat rantai pasokan pangan lebih kompleks, yang menimbulkan masalah untuk memantau keamanan pangan secara global (FAO, 2020).
3. Pendidikan Konsumen: Ketidaktahuan masyarakat tentang keamanan pangan dapat menyebabkan konsumsi yang tidak sehat (Nagyová *et al.*, 2019).

6.5 Inovasi dan Teknologi dalam Keamanan Pangan

Dalam produksi makanan, keamanan pangan merupakan komponen penting yang harus diperhatikan, terutama untuk produk makanan tropika lembab yang rentan terhadap berbagai jenis kontaminasi dan penurunan kualitas. Teknologi dan inovasi sangat penting untuk meningkatkan keamanan pangan dan kualitas produk. Berbagai inovasi dan teknologi yang telah diterapkan dalam meningkatkan keamanan pangan untuk produk pangan tropika lembab diantaranya:

1. Teknologi Pengemasan

Pengemasan adalah salah satu inovasi penting yang membantu menjaga keamanan dan kualitas produk pangan. Teknik **pengemasan modern**, seperti pengemasan vakum dan pengemasan atmosfer modifikasi, telah terbukti efektif dalam memperpanjang masa simpan makanan tropika lembab. Hal ini disebabkan oleh pengemasan vakum yang menghilangkan udara dari kemasan, sehingga mengurangi jumlah mikroorganisme dan oksidasi yang dapat mengakibatkan kerusakan pada kualitas makanan (Baldwin *et al.*, 2020).

2. Penerapan Sistem Manajemen Keamanan Pangan

Dalam industri makanan, sistem manajemen keamanan pangan seperti *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) menjadi sangat penting. Implementasi HACCP membantu produsen mengidentifikasi titik-titik kritis dalam proses produksi yang dapat menyebabkan kontaminasi. Untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi, produsen dapat mengambil tindakan pencegahan yang tepat dengan menerapkan sistem ini (FAO, 2019). Dalam konteks produk pangan tropika lembab, **sistem HACCP** dapat diterapkan sepanjang proses, mulai dari **pemilihan bahan baku** hingga **distribusi produk akhir**. Pengawasan terhadap kualitas bahan baku, **kebersihan peralatan**, dan pelatihan pekerja mengenai **praktik keamanan pangan** merupakan bagian penting dari sistem ini.

3. Inovasi Teknologi Pascapanen

Kerusakan dan kontaminasi produk seperti buah dan sayuran, dapat dihindari selama proses pasca panen dengan penerapan **teknologi pendinginan cepat** yang membantu mempertahankan kesegaran dan kualitas produk tropika lembab. Teknologi penyimpanan, seperti ruang pendingin atau penyimpanan dingin, sangat penting untuk memperlambat proses pembusukan dan menjaga kualitas nutrisi produk.

4. Pemanfaatan Teknologi Digital

Pemanfaatan teknologi digital dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan produk pertanian. Melalui aplikasi berbasis *smartphone*, petani dapat memantau kondisi tanaman secara *real-time* untuk mencegah kerugian yang dapat muncul, seperti kelembaban tanah dan serangan hama. Selain itu, petani juga dapat merencanakan penanaman dengan lebih baik dengan bantuan sistem informasi geografis (GIS), yang meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi kemungkinan gagal panen (Apriatama & Zahrotun, 2024).

5. Inovasi dalam Pengolahan Makanan

Teknologi pengolahan makanan sangat penting untuk meningkatkan keamanan pangan. Penggunaan bahan pengawet *alami*, yang lebih aman daripada bahan kimia sintetis, merupakan kemajuan lain dalam proses pengolahan. Sifat antimikroba ekstrak alami, yang digunakan sebagai pengawet, antioksidan, dan preservasi makanan, seperti bawang tiwai, dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk tanpa mengancam kesehatan konsumen (Suroto, 2012).

6. Pendidikan dan Pelatihan Petani

Sangat penting bagi petani untuk dilatih mengenai praktik terbaik dalam produksi dan pengolahan makanan. Program pelatihan dapat mencakup teknik budidaya yang baik *Good Agricultural Practices* (GAP), pengelolaan pascapanen *Good Handling Practices* (GHP), serta pemahaman tentang standar keamanan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriatama, D and Zahrotun, L. 2024. Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian Daerah Bantul Berbasis Web. *Jurnal Ilmiah Fifo*, 15, 1-12.
- Badan Standardisasi Nasional, 1992. Standar Nasional Indonesia SNI 01-2891-1992. Cara Uji Makanan dan Minuman. Badan Standardisasi Nasional.
- Baldwin, E. A., & Brecht, J. K. 2020. Advances in the use of barrier coatings and additives in the preservation of fresh horticultural produce. In C. Watkins (Ed.), *Advances in postharvest management of horticultural produce* (1st ed., p. 26). Burleigh Dodds Science Publishing.
- BPOM, 2020. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 24 Tahun 2020 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 1 Tahun 2018 Tentang Pengawasan Pangan Olahan untuk Keperluan Gizi Khusus. PerBPOM No 24 Tahun 2020.
- Codex Alimentarius Commission, 2018. Food Standards. FAO/WHO.
- Dahiya S, Kumar A.N, Sravan. J.S., Chatterjee. S, Sarkar. O, Mohan. S.V., 2018. Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy. *Bioresource Technology*, 248, 2-12.
- FAO, 2019. The State of Food Security and Nutrition in the World. Food and Agriculture Organization.
- FAO, 2020. Globalization and Food Security. Food and Agriculture Organization.

- FAO/WHO, 2019. Nutritional Guidelines for Foods. Food and Agriculture Organization/World Health Organization.
- Huss, H. H., Jorgensen, L. V., & Vogel, B. F. 2000. Control options for *Listeria monocytogenes* in seafoods. *International Journal of Food Microbiology*, 62(3), 267–274. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00347-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00347-0)
- IPCC, 2019. Climate Change and Land. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ISO, 2020. Food Safety Management Systems. International Organization for Standardization.
- Kartika B., Hastuti P dan Supartomo W., 1998. Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kecskes-Nagy, E., Korzenszky, P., Sembery, P. 2016. The role of color sorting machines in reducing food safety risks. *Potravinarstvo*, 10(1), 354-358. <https://doi.org/10.5219/511>
- Korzenszky, P., Sembery, P., Géczi, G. 2013. Microwave milk pasteurization without food safety risk. *Potravinarstvo*, 7, 45-48. <https://doi.org/10.5219/260>
- Liu, Y., Liu, F., Zhang, J. F., Gao, J. 2015. Insights into the nature of food safety issues in Beijing through content analysis of an Internet database of food safety incidents in China. *Food Control*, 51, 206-211. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.11.017>
- Nagyová, Ľ., Andocsová, A., Géci, A., Zajác, P., Palkovič, J., Košičiarová, I, and Golian, J. 2019. Consumers' awareness of food safety. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 8–17. <https://doi.org/10.5219/1003>

- Pinstrup-Andersen, P., & Watson, D.D., 2017. Food Security and Nutrition. The World Bank.
- Peraturan Pemerintah (PP) No. 68 tahun 2002 tentang Ketahanan Pangan.
- Roberts, D., 2021. Food labeling for shelf life: Practical guidelines. *Journal of Food Safety*, 34(3), 203-217. <https://doi.org/10.1111/jfs.12780>.
- Seid, M., Mazaheri, M., & Yavarmanesh, M., 2022. Shelf life estimation of processed food products: Methods and regulations. *Food Control Journal*, 45(1), 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108245>.
- Setiarto R.H.B., 2020. Teknologi Pengawetan Pangan Dalam Perspektif Mikrobiologi. Guepedia. The First on publisher in Indonesia.
- Suroto., H. S. 2012., Bawang Tiwai (*Eleutherine Americana* Merr) sebagai pengawet, antioksidan, dan pewarna untuk pangan. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 188- 196.
- UNICEF, 2018. Nutrition in the First 1000 Days. United Nations Children's Fund.
- World Health Organization., 2020. Food Safety. World Health Organization.

BAB 7

TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH PERTANIAN TROPIKAL LEMBAB

Oleh Agustu Sholeh Pujokaroni

7.1 Pendahuluan

Limbah pertanian merupakan salah satu tantangan signifikan yang dihadapi oleh sektor pertanian di wilayah tropikal lembab. Jenis limbah ini sangat bervariasi, mulai dari sisa tanaman, dedaunan, batang, kulit buah, hingga bahan kimia yang digunakan dalam proses budidaya. Pengelolaan yang tidak tepat terhadap limbah tersebut dapat menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, emisi gas rumah kaca, serta kerusakan ekosistem (Vallero & Shulman, 2019).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan, teknologi pengolahan limbah pertanian menjadi semakin relevan dan mendesak untuk diterapkan. Teknologi ini tidak hanya menawarkan solusi untuk mengurangi dampak negatif limbah, tetapi juga membuka peluang untuk pemanfaatan limbah sebagai sumber energi dan bahan baku alternatif (Takdir *et al.*, 2024). Dengan demikian, teknologi pengolahan limbah pertanian dapat berkontribusi pada pembangunan pertanian berkelanjutan dan ekonomi sirkular.

Bab ini akan membahas secara mendalam berbagai jenis limbah pertanian yang dihasilkan di wilayah tropikal lembab, dampaknya terhadap lingkungan, serta teknologi-teknologi yang dapat diterapkan untuk mengolah limbah tersebut. Selain itu, akan disoroti aplikasi teknologi pengolahan limbah pada berbagai komoditas pertanian, serta tantangan dan prospek implementasinya di lapangan. Studi kasus yang nyata juga akan disertakan untuk memberikan gambaran praktis tentang penerapan teknologi ini dalam konteks pertanian tropikal lembab.

Pengolahan limbah pertanian di wilayah tropikal lembab menjadi isu penting yang membutuhkan perhatian serius. Limbah pertanian yang beragam seperti sisa tanaman, dedaunan, batang, kulit buah, dan bahan kimia, jika tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Permasalahan seperti pencemaran tanah dan air, emisi gas rumah kaca, serta kerusakan ekosistem seringkali menjadi akibat dari pengelolaan limbah yang kurang tepat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut.

7.2 Limbah Pertanian di Wilayah Tropikal Lembab

Wilayah tropikal lembab dikenal dengan keanekaragaman hayatinya yang kaya serta intensitas kegiatan pertanian yang tinggi. Jenis limbah pertanian yang dihasilkan di wilayah ini sangat bervariasi dan dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok utama:

1. *Sisa Tanaman*

Sisa tanaman merupakan limbah pertanian yang paling umum dijumpai. Ini termasuk jerami, daun, ranting, dan batang yang tersisa setelah panen. Misalnya, pada tanaman padi, jerami sering kali dibiarkan membusuk di lahan atau dibakar, yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana dan karbon dioksida.

2. *Kulit buah dan sayuran*

Kulit buah dan sayuran yang tidak terpakai juga menjadi bagian signifikan dari limbah pertanian. Dalam skala besar, seperti pada perkebunan kelapa sawit, jumlah kulit buah yang dibuang sangat besar dan perlu penanganan khusus agar tidak mencemari lingkungan.

3. *Sisa pemangkasan tanaman*

Pada tanaman perkebunan seperti teh, kopi, dan karet, pemangkasan secara rutin menghasilkan limbah berupa ranting dan daun yang harus dibuang atau diolah lebih lanjut.

4. *Limbah pasca panen*

Limbah pasca-panen mencakup sisa-sisa produk yang tidak layak jual atau tidak terpakai, seperti kulit kacang, ampas tebu, dan sekam padi. Limbah jenis ini sering kali dihasilkan dalam jumlah besar dan membutuhkan teknologi pengolahan yang efektif.

5. *Bahan kimia pertanian*

Bahan kimia pertanian seperti pestisida, herbisida, dan pupuk sintetis yang digunakan dalam budidaya juga menghasilkan limbah jika tidak dikelola dengan baik. Residu kimia ini dapat mencemari tanah dan air,

mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

7.3 Dampak Limbah Pertanian terhadap Lingkungan

Limbah pertanian memiliki dampak yang luas terhadap lingkungan, terutama di wilayah tropikal lembab di mana intensitas kegiatan pertanian sangat tinggi. Sisa-sisa tanaman seperti jerami, daun, dan batang seringkali dibiarkan membusuk di lahan atau dibakar, yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana dan karbon dioksida, serta mencemari atmosfer (Amasuomo & Baird, 2016). Selain itu, penggunaan bahan kimia dalam budidaya yang tidak terkontrol dapat meresap ke dalam tanah dan air, mengakibatkan kontaminasi yang berbahaya bagi ekosistem dan kesehatan manusia. Penumpukan polutan ini bisa mengganggu keseimbangan alami, mengurangi kesuburan tanah, dan membahayakan kehidupan air.

Residu bahan kimia dari pestisida dan herbisida yang digunakan dalam budidaya dapat terserap oleh tanaman dan masuk ke dalam rantai makanan. Konsumsi produk pertanian yang tercemar bahan kimia berbahaya ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti keracunan, gangguan sistem saraf, dan penyakit kronis lainnya.

Selain itu, limbah organik yang membusuk di lahan dapat menjadi tempat berkembang biaknya berbagai patogen dan penyakit, seperti bakteri, virus, dan serangga penyebar penyakit. Misalnya, genangan air yang terbentuk dari limbah cair dapat menjadi sarang nyamuk, yang merupakan vektor penyakit seperti demam berdarah dan malaria. Pembakaran

limbah tanaman juga menghasilkan polusi udara yang dapat mengganggu saluran pernapasan dan menyebabkan penyakit paru-paru.

Pencemaran air akibat limbah pertanian, seperti residu pupuk dan pestisida, juga dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia. Air yang tercemar dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti diare, infeksi saluran pencernaan, serta gangguan reproduksi dan perkembangan pada jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolaan limbah pertanian yang efektif sangat penting untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan.

7.4 Penanganan Limbah Pertanian di Daerah tropika lembab

Penanganan limbah pertanian di daerah tropika lembab melibatkan berbagai metode dan teknologi untuk mengelola sisa-sisa tanaman dan bahan kimia pertanian yang dihasilkan dari kegiatan budidaya. Tujuan utama dari penanganan ini adalah untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, serta meningkatkan keberlanjutan sektor pertanian. Limbah pertanian mencakup bahan organik seperti jerami, daun, batang, kulit kacang, ampas tebu, dan sekam padi, serta bahan kimia seperti pestisida, herbisida, dan pupuk sintetis.

Metode penanganan limbah pertanian ini mencakup pendekatan yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Seperti diungkapkan oleh Czekala *et al.* (2023), beberapa metode yang dapat diterapkan antara lain:

1. Pengomposan: Pengomposan adalah proses biologis penguraian bahan organik oleh mikroorganisme

menjadi humus yang kaya nutrisi. Proses ini tidak hanya membantu mengurangi volume limbah yang mencemari lingkungan, tetapi juga mengembalikan kesuburan tanah. Sebagai contoh, petani di daerah tropika lembab sering menggunakan jerami padi dan sisa-sisa tanaman lainnya untuk membuat kompos, yang kemudian digunakan sebagai pupuk organik di lahan mereka.

2. **Produksi Biogas:** Limbah organik seperti kotoran ternak dan sisa-sisa tanaman dapat diolah menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerob. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan, menggantikan bahan bakar fosil. Contoh sukses penerapan teknologi biogas adalah di desa-desa di Indonesia, di mana limbah pertanian diolah untuk menghasilkan energi bersih sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan.
3. **Pengolahan Air Limbah:** Air limbah dari kegiatan pertanian, seperti pencucian sayuran dan buah-buahan, dapat diolah menggunakan teknologi filtrasi dan fitoremediasi untuk mengurangi kandungan polutan sebelum dibuang ke lingkungan. Sistem ini sering diterapkan di perkebunan sayur dan buah di daerah tropika lembab untuk mencegah pencemaran air tanah dan sungai.
4. **Penggunaan Tanaman Penutup Tanah:** Penanaman tanaman penutup tanah seperti kacang-kacangan dapat membantu mengurangi erosi dan meningkatkan kesuburan tanah. Tanaman ini juga dapat berfungsi sebagai mulsa organik yang menahan kelembapan tanah dan menghambat pertumbuhan gulma. Di daerah tropika lembab, penggunaan tanaman penutup tanah

telah terbukti meningkatkan produktivitas lahan dan mengurangi kebutuhan akan bahan kimia pertanian.

5. Penggunaan Pestisida Nabati: Untuk mengurangi dampak negatif residu bahan kimia, petani di daerah tropika lembab dapat menggunakan pestisida nabati yang lebih ramah lingkungan. Pestisida ini terbuat dari bahan alami seperti ekstrak daun mimba atau minyak serih yang efektif mengendalikan hama tanpa merusak lingkungan.

Dengan menerapkan metode-metode ini, pengelolaan limbah pertanian di daerah tropika lembab dapat lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Petani tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas lahan mereka, tetapi juga ikut serta dalam upaya pelestarian ekosistem dan kesehatan masyarakat.

7.5 Teknologi Pengolahan Limbah Organik

Teknologi pengolahan limbah organik sangat penting dalam mengurangi dampak negatif limbah pertanian terhadap lingkungan (Nurlaeni *et al.*, 2022). Beberapa teknologi yang umum digunakan antara lain:

- **Komposting:** Proses ini mengubah sisa-sisa tanaman dan bahan organik lainnya menjadi pupuk kompos yang kaya nutrisi. Komposting tidak hanya membantu mengurangi volume limbah yang mencemari lingkungan tetapi juga mengembalikan kesuburan tanah yang telah berkurang akibat penggunaan bahan kimia berlebihan. Dengan metode ini, petani dapat meningkatkan produktivitas lahan mereka tanpa harus bergantung pada pupuk kimia, yang sering kali mahal dan merusak lingkungan.

- **Biogas:** Teknologi ini mengubah limbah organik menjadi gas metana yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Di banyak desa di Indonesia, teknologi biogas telah berhasil diterapkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meningkatkan kesejahteraan komunitas. Dengan menghasilkan energi dari limbah, petani tidak hanya membantu menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga mendapatkan manfaat ekonomi dari pengurangan biaya energi dan penjualan produk sampingan seperti pupuk cair yang dihasilkan dari proses biogas.

7.8 Teknologi Pengolahan Limbah Anorganik

Selain teknologi pengolahan limbah organik, teknologi pengolahan limbah anorganik juga penting untuk diperhatikan. Limbah anorganik, seperti plastik dan logam, sering kali tidak dapat terurai secara alami dan memerlukan penanganan khusus untuk mencegah pencemaran lingkungan (Aprilia, 2021). Beberapa teknologi yang dapat diterapkan meliputi:

- **Daur Ulang:** Proses ini melibatkan pengumpulan dan pengolahan limbah anorganik menjadi bahan baru yang dapat digunakan kembali. Daur ulang membantu mengurangi volume limbah yang dibuang ke lingkungan dan menghemat sumber daya alam.
- **Pemanfaatan Kembali:** Limbah anorganik dapat dimanfaatkan kembali untuk tujuan lain, seperti menggunakan botol plastik bekas untuk membuat kerajinan tangan atau bahan bangunan.

- **Pengolahan Termal:** Proses ini melibatkan pembakaran limbah anorganik untuk menghasilkan energi. Meskipun teknologi ini masih menghadapi tantangan teknis dan finansial, upaya untuk meningkatkan kesadaran dan adopsi teknologi ini di kalangan petani dan masyarakat luas sangat penting untuk mencapai pertanian yang lebih bersih dan berkelanjutan.

7.9 Aplikasi Teknologi pada Berbagai Komoditas Pertanian

Penggunaan teknologi pengolahan limbah organik seperti komposting dan biogas telah terbukti memberikan dampak positif yang signifikan pada sektor pertanian. Komposting membantu mengurangi volume limbah organik yang mencemari lingkungan dan memperbaiki kesuburan tanah, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas tanaman. Di samping itu, teknologi biogas tidak hanya menyediakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kesejahteraan komunitas pedesaan dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan biaya energi. Beberapa aplikasi teknologi yang digunakan dalam usaha mengurangi dan memanfaatkan limbah untuk meningkatkan nilai ekonominya, antara lain:

1. Kelapa sawit.

Komoditas kelapa sawit merupakan salah satu sumber pendapatan negara yang merupakan komoditi unggulan pada daerah tropika lembab. Dengan asumsi produksi minyak sawit dari 1 ton tandan kelapa sawit, diperoleh 22-24% limbah serabut kelapa sawit, dimana 50% dari serabut kelapa sawit ini mengandung selulosa

(Pujokaroni *et al.*, 2020). Proses ekstraksi selulosa dengan menggunakan ozone pada tahapannya memudahkan selulosa diambil dari serabut kelapa sawit. Dalam konteks pengolahan limbah pertanian, selulosa dari serabut kelapa sawit dapat diekstraksi untuk berbagai kegunaan. Salah satu pemanfaatan selulosa serabut kelapa sawit adalah di olah menjadi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) (Pujokaroni & Ichiura, 2023). Selulosa sering digunakan dalam industri kertas dan tekstil sebagai bahan baku utama. Selain itu, selulosa juga berperan dalam pembuatan bahan bangunan ramah lingkungan dan bioplastik. Penggunaan selulosa yang meluas ini dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan.



Gambar 7. 1. Kelapa sawit (Dok. Antara)

2. Jelai

Jelai merupakan sumber pangan alternatif pengganti beras yang berasal dari jenis tanaman serealia. Namun, jelai memiliki beberapa keunggulan yaitu tinggi kandungan gizinya seperti karbohidrat, protein, lemak,

mineral dan pada bijinya tinggi akan asam amino yang berfungsi sebagai penghambat radikal bebas. Setelah proses pengolahan, yang tersisa adalah biji jelai sebagai limbahnya (Handayani *et al.*, 2019). Limbah jelai dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara untuk mendukung keberlanjutan pertanian. Misalnya, limbah jelai bisa diolah menjadi pakan ternak yang bergizi tinggi karena kandungan protein dan seratnya yang baik. Selain itu, limbah jelai juga dapat diolah menjadi bioetanol, sumber energi terbarukan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Proses fermentasi limbah jelai menghasilkan bioetanol yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan menyokong keberlanjutan energi.



Gambar 7. 2. Jelai (linisehat.com)

3. Singkong/ubi kayu

Tanaman ubi kayu merupakan tanaman yang sangat potensial karena mudahnya dalam budidaya dan ketahanannya terhadap hama penyakit tanaman. Kulit singkong merupakan limbah dari proses pengolahan daging singkong, yang sebagian besar hanya ditaruh dan

terbengkalai begitu saja. Kulit singkong sendiri kaya akan proterin dan serat kasar namun tinggi dengan sianida yang tidak baik untuk digunakan (Nurlaeni *et al.*, 2022). Dengan perlakuan fermentasi kulit singkong berpotensi digunakan untuk sumber pakan ternak. Dengan menggunakan ragi dan di simpan selama 4 hari, terjadi penurunan kadar sianida pada kulit singkong sebesar 99,89%, dan kenaikan prosentase protein serta serat kasarnya. Penggunaan kulit singkong yang telah difermentasi sebagai pakan ternak tidak hanya mendukung keberlanjutan pertanian, tetapi juga menurunkan biaya pakan bagi petani. Ini memberikan solusi dua arah: mengurangi limbah dan menyediakan pakan ternak yang murah dan berkualitas tinggi. Dengan demikian, inovasi ini berkontribusi pada kesejahteraan ekonomi dan lingkungan, serta meningkatkan efisiensi dalam sistem pertanian.



Gambar 7. 3. Singkong/ubi kayu (klikhijau.com)

7.10 Tantangan dan Prospek Pengolahan Limbah Pertanian

Teknologi pengolahan limbah organik dan anorganik menghadapi berbagai tantangan dalam implementasinya. Tantangan utama termasuk biaya awal yang tinggi untuk

instalasi dan operasional teknologi, serta kurangnya pengetahuan dan keterampilan teknis di kalangan petani dan masyarakat pedesaan. Selain itu, faktor budaya dan sosial juga mempengaruhi penerimaan dan adopsi teknologi ini (Czekala *et al.*, 2023). Misalnya, kebiasaan tradisional dalam pengelolaan limbah dan resistensi terhadap perubahan sering kali menghambat upaya inovatif dalam pengolahan limbah.

Namun, dengan pendekatan yang tepat, tantangan-tantangan ini dapat diatasi. Pendidikan dan pelatihan yang diberikan kepada komunitas lokal tentang manfaat dan cara penggunaan teknologi pengolahan limbah dapat meningkatkan penerimaan dan keterampilan teknis. Pemerintah juga dapat memberikan insentif dan subsidi untuk membantu mengurangi biaya awal bagi petani dan masyarakat pedesaan. Selain itu, kolaborasi antara sektor publik dan swasta dalam pengembangan dan penyebaran teknologi pengolahan limbah dapat mempercepat adopsi secara luas.

Prospek pengolahan limbah di sektor pertanian sangat menjanjikan. Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, teknologi pengolahan limbah diperkirakan akan menjadi semakin penting dalam upaya menciptakan pertanian yang bersih dan berkelanjutan. Selain manfaat lingkungan, teknologi ini juga memiliki potensi untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat pedesaan dengan menciptakan sumber energi terbarukan dan peluang ekonomi baru. Dalam jangka panjang, pengolahan limbah yang efektif dapat menjadi landasan bagi sistem pertanian yang tangguh, efisien, dan berkelanjutan.

7.11 Penutup

Penanganan limbah pertanian di daerah tropika lembab memerlukan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan, melibatkan teknologi pengolahan limbah organik dan anorganik. Dengan mengadopsi teknologi ini, petani dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan, meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga menyediakan sumber energi terbarukan dan menciptakan peluang ekonomi bagi masyarakat pedesaan. Dalam upayanya memaksimalkan proses penanganan limbah, dukungan pemerintah dan sektor swasta, serta pendidikan dan pelatihan yang memadai, teknologi pengolahan limbah dapat diadopsi secara luas, membantu menciptakan sistem pertanian yang lebih bersih, tangguh, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amasuomo, E., & Baird, J., 2016. The Concept of Waste and Waste Management. *Journal of Management and Sustainability*, 6(4), 88. <https://doi.org/10.5539/jms.v6n4p88>
- Aprilia, A., 2021. Waste Management in Indonesia and Jakarta: Challenges and Way Forward. *Background Paper 23rd ASEF Summer University ASEF Education Department October 2021, October*, 1–18. https://asef.org/wp-content/uploads/2022/01/ASEFSU23_Background-Paper_Waste-Management-in-Indonesia-and-Jakarta.pdf
- Czekala, W., Drozdowski, J., & Łabiak, P., 2023. Modern Technologies for Waste Management: A Review. *Applied Sciences*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/app13158847>
- Handayani, F., Sumarmiyati, & Rahayu, S. P., 2019. Karakterisasi Morfologi Jelai (*Coix lacryma-jobi*) Lokal Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), 228–233. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050215>
- Nurlaeni, L., Solehudin, Nabila, T. ., Wahyudin, Mansyur, & Setyawan, H., 2022. Review : Potensi Kulit Singkong Sebagai Pakan Ternak Ayam Broiler. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.24198/jnttip.v4i1.37649>
- Pujokaroni, A. S., & Ichiura, H., 2023. Preparation of carboxymethyl cellulose (CMC) derived from palm fiber waste: Effect of ozone pretreatment on CMC properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 140(31), 1–11. <https://doi.org/10.1002/app.54228>

- Pujokaroni, A. S., Ohtani, Y., & Ichiura, H., 2020. Ozone treatment for improving the solubility of cellulose extracted from palm fiber. *Journal of Applied Polymer Science*, January, 1–11. <https://doi.org/10.1002/app.49610>
- Takdir, N., Wulandari, S. L., Tandirerung, D., & Kogoya, T., 2024. Pemanfaatan Limbah Pertanian oleh Petani Tani Siekelek di Kampung Walesi , Distrik Walesi Kabupaten Jayawijaya. *Jurnal Holan: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 16–21.
- Vallero, D. A., & Shulman, V., 2019. Introduction to Waste Management. In *Waste: A Handbook for Management (Issue November)*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815060-3.00001-3>

BAB VIII

PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DALAM PENGOLAHAN PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAP

Oleh Maghfirotin Marta Banin

8.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Bioteknologi

Bioteknologi adalah penerapan prinsip-prinsip biologi, biokimia, dan rekayasa dalam pengolahan bahan dengan memanfaatkan organisme hidup serta komponen-komponennya untuk menghasilkan barang dan jasa. Bioteknologi pada prinsipnya memanfaatkan organisme hidup atau komponen-komponennya untuk menghasilkan atau memodifikasi produk, meningkatkan kualitas tanaman, atau mengembangkan mikroorganisme untuk tujuan spesifik (Erlidawati & Sulastri, 2017). Bioteknologi mencakup berbagai teknik yang memanfaatkan sistem biologis, organisme hidup, atau produk turunannya untuk menciptakan dan mengembangkan berbagai produk. Dalam industri pangan, teknologi ini diterapkan melalui penggunaan mikroorganisme, enzim, atau rekayasa genetika untuk meningkatkan efisiensi produksi, pemrosesan, pengawetan, serta mutu pangan secara keseluruhan (Sah *et al.*, 2014). Konsep utamanya berfokus pada pemahaman dan modifikasi proses biologis guna mencapai tujuan tertentu, seperti meningkatkan kandungan gizi, memperpanjang masa

simpan, atau memperbaiki karakteristik sensorik produk pangan (Seymour *et al.*, 2012). Aplikasi bioteknologi menjadi sangat penting dalam pengolahan pangan di daerah tropika lembab, di mana produk cenderung mudah rusak dan rentan mengalami pembusukan akibat tingginya aktivitas air serta kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Nagarajao, 2016).

8.2 Sejarah dan Perkembangan

Sejarah bioteknologi telah berlangsung sejak ribuan tahun lalu, dimulai dari pemanfaatan mikroorganisme dalam fermentasi untuk membuat roti, bir, dan anggur oleh peradaban kuno seperti Sumeria, Mesir, Yunani, dan Romawi. Bioteknologi kemudian berkembang dengan penemuan mikroskop oleh Antony van Leeuwenhoek pada abad ke-17, yang membuka wawasan tentang mikroorganisme. Era Pasteur pada abad ke-19 membawa revolusi dengan teori fermentasi dan teknik pasteurisasi oleh Louis Pasteur, diikuti oleh penemuan antibiotik oleh Alexander Fleming pada tahun 1928. Perkembangan berlanjut ke era bioteknologi modern dengan rekayasa genetika, seperti teknik DNA rekombinan yang ditemukan pada tahun 1970-an, yang memungkinkan manipulasi organisme untuk menghasilkan produk seperti insulin sintetis dan tanaman transgenik. Hingga saat ini, bioteknologi terus berkembang dalam berbagai bidang, termasuk pangan, kesehatan, dan lingkungan (Amar *et al.*, 2020).

Penerapan bioteknologi dalam industri pangan telah berlangsung selama ribuan tahun, dimulai dari pemanfaatan proses fermentasi tradisional untuk menghasilkan produk-produk seperti keju, yogurt, dan minuman fermentasi. Teknik fermentasi memanfaatkan mikroorganisme alami

untuk mengubah bahan baku menjadi produk dengan kualitas yang lebih baik, baik dari segi rasa, tekstur, maupun nilai gizinya. Proses fermentasi secara tradisional telah terbukti efektif dalam pengawetan makanan dan peningkatan nilai gizinya. Contoh klasik bioteknologi pangan adalah penggunaan ragi dalam pembuatan roti dan minuman beralkohol. Namun, perkembangan bioteknologi modern telah memungkinkan manipulasi genetik mikroorganisme dan tanaman untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk pangan secara signifikan. Teknik-teknik modern ini memungkinkan peningkatan yang lebih terarah dan terkontrol dibandingkan dengan metode tradisional (Erickson *et al.*, 2011; ArvaloVillena *et al.*, 2017).

8.2.1 Bioteknologi Tradisional dalam Pangan

Bioteknologi tradisional dalam industri pangan didominasi oleh proses fermentasi yang memanfaatkan mikroorganisme alami. Fermentasi susu, misalnya, menghasilkan produk-produk seperti yogurt dan keju melalui aktivitas bakteri asam laktat (BAL). Proses fermentasi ini tidak hanya meningkatkan cita rasa dan tekstur produk, tetapi juga meningkatkan daya simpan dan nilai gizinya. Fermentasi sayuran menghasilkan produk seperti acar dan kimchi, dimana bakteri asam laktat berperan penting dalam proses pengawetan dan pembentukan aroma khas. Fermentasi juga berperan krusial dalam pembuatan roti dan minuman beralkohol, dimana ragi mengubah karbohidrat menjadi karbon dioksida dan alkohol. Pengetahuan empiris yang terakumulasi selama berabad-abad telah membentuk dasar dari bioteknologi modern. (Erickson *et al.*, 2011; ArvaloVillena, *et al.*, 2017).

8.2.2 Bioteknologi Modern dalam Pangan

Bioteknologi modern menawarkan pendekatan yang lebih canggih dan presisi dalam meningkatkan produksi dan kualitas pangan. Rekayasa genetika, misalnya, digunakan untuk mengembangkan varietas tanaman yang tahan terhadap hama dan penyakit, sehingga mengurangi kebutuhan pestisida dan meningkatkan hasil panen. Modifikasi genetik juga dapat meningkatkan nilai gizi tanaman, seperti peningkatan kandungan vitamin atau mineral. Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara *in vitro*, yang memungkinkan produksi massal tanaman unggul secara cepat dan efisien (Izquierdo & Riva, 2000). Penggunaan enzim dalam pengolahan pangan juga semakin meluas, dimana enzim-enzim spesifik digunakan untuk mengkatalisis reaksi-reaksi biokimia tertentu, seperti hidrolisis protein atau karbohidrat. Contohnya, penggunaan enzim protease dalam pembuatan keju dan enzim β -galaktosidase dalam produksi pemanis alternatif dari limbah pengolahan keju (Tavano *et al.*, 2018; Xavier *et al.*, 2018).

8.3 Modifikasi Genetik Tanaman (Rekayasa Genetika)

Rekayasa genetika pada tanaman, juga dikenal sebagai *Genetic Modified Organism* (GMO), merupakan proses penyisipan gen tertentu ke dalam genom tanaman untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan. Proses ini melibatkan penggunaan teknologi DNA rekombinan untuk memodifikasi DNA tanaman secara langsung, menciptakan tanaman transgenik yang memiliki karakteristik unggul. Teknik ini telah menjadi alat yang ampuh dalam

meningkatkan produksi, kualitas, dan ketahanan tanaman terhadap berbagai tantangan (Piguet & Poindron, 2012)

8.3.1 Ketahanan terhadap Hama dan Penyakit

Modifikasi genetik memungkinkan pengembangan tanaman tahan hama dengan memasukkan gen *Bacillus thuringiensis* (Bt), yang menghasilkan Cry-protein dan beracun bagi serangga tertentu (Sanchis, 2011). Teknologi ini mengurangi penggunaan pestisida, menekan biaya produksi, dan meningkatkan keamanan pangan, seperti pada kubis transgenik yang efektif melawan larva *diamondback* (Bhattacharya, *et al.*, 2002). Namun, resistensi serangga dapat berkembang cepat, sehingga diperlukan strategi pengelolaan hama terpadu. Studi seperti *Farm Scale Evaluations* (FSE) menunjukkan perubahan ekosistem akibat budidaya tanaman Bt, menekankan perlunya penelitian lebih lanjut terkait dampak ekologis dan kesehatan manusia (Sanchis, 2011).

8.3.2 Toleransi terhadap Herbisida

Modifikasi genetik juga menghasilkan tanaman toleran herbisida, memungkinkan penggunaan herbisida spektrum luas, menyederhanakan pengendalian gulma, dan mengurangi kebutuhan pengolahan tanah. Manfaatnya mencakup peningkatan hasil, efisiensi biaya tenaga kerja, dan penurunan erosi tanah (Brookes, 2014). Contohnya pada tanaman yang mengandung gen CP4 EPSPS (-enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase) dari *Agrobacterium tumefaciens*, yang membuatnya resisten terhadap glifosat. Teknologi ini memungkinkan petani mengendalikan gulma dengan lebih efektif tanpa merusak tanaman utama (Green, 2018). Duke & Powles (2008) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman transgenik tahan herbisida dapat

mengurangi erosi tanah akibat praktik pengolahan lahan konvensional. Namun, hal ini turut mendorong evolusi gulma resisten herbisida, sehingga diperlukan strategi pengelolaan terpadu untuk mencegah resistensi meluas. Dampak ekologis jangka panjang dari penggunaan herbisida secara luas juga perlu perhatian lebih lanjut (Lamichhane *et al.*, 2017).

8.3.3 Peningkatan Nilai Gizi

Modifikasi genetik berpotensi meningkatkan kandungan gizi tanaman pokok untuk mengatasi kekurangan gizi mikro di negara berkembang. *Golden Rice*, yang direkayasa menghasilkan beta-karoten sebagai prekursor vitamin A, menjadi contoh utama dalam menanggulangi defisiensi vitamin A, terutama di wilayah yang bergantung pada beras sebagai makanan pokok. Namun, pengembangannya menghadapi tantangan seperti penerimaan konsumen, regulasi, dan oposisi terhadap *Genetically modified organism* (GMO) (Potrykus, 2003). Penelitian lanjutan berfokus pada tanaman kaya mikronutrien lain, seperti besi dan seng, melalui pemetaan *Quantitative Trait Locus* (QTL) pada kacang, beras, dan gandum, yang mendukung biofortifikasi melalui pembiakan konvensional dan transgenik (Dwivedi, 2012). Tantangan utama yang tersisa adalah memastikan bioavailabilitas nutrisi dan mengatasi kekhawatiran publik terkait GMO.

8.3.4 Toleransi terhadap Stres Lingkungan

Perubahan iklim meningkatkan frekuensi dan intensitas tekanan lingkungan seperti kekeringan, salinitas, dan suhu ekstrem, yang berdampak negatif pada hasil panen. Modifikasi genetik menawarkan solusi dengan merekayasa tanaman agar lebih toleran terhadap kondisi ini, didukung oleh kemajuan genomik fungsional dan pemuliaan berbasis

urutan untuk mengidentifikasi gen toleransi salinitas (Atta *et al.*, 2023). Misalnya, penelitian berbasis omics telah mengidentifikasi gen yang mengontrol toleransi salinitas dalam beras. Namun, kompleksitas respons stres dan interaksi genetik tetap menjadi tantangan dalam pengembangan tanaman yang secara konsisten toleran terhadap kondisi ekstrem, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme toleransi stres dan mengembangkan strategi yang lebih efektif (Das *et al.*, 2015).

8.4 Peran Bioteknologi dalam Pengolahan Pangan

Bioteknologi telah merevolusi industri pengolahan pangan, menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas, keamanan, dan nilai gizi produk pangan. Aplikasi bioteknologi dalam pengolahan pangan sangat luas dan terus berkembang, mencakup berbagai aspek, mulai dari produksi pemanis alternatif hingga pengembangan bahan pengawet alami. Berikut ini beberapa aplikasi bioteknologi dalam pengolahan pangan:

8.4.1 Produksi Pemanis Alternatif

Bioteknologi memungkinkan produksi pemanis alternatif seperti stevia dan eritritol melalui fermentasi mikroba. Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) menghasilkan steviol glikosida yang memiliki tingkat kemanisan tinggi tetapi rendah kalori (Geuns, 2003). Teknik bioteknologi dapat meningkatkan produksi dan kualitas steviol glikosida, misalnya dengan meningkatkan kadar rebaudioside-A yang memiliki rasa lebih enak dibandingkan steviosida (Yadav *et al.*, 2011). Sementara itu, eritritol diproduksi melalui fermentasi mikroba, terutama menggunakan ragi osmofilik, dan telah dikomersialkan dengan galur mutan *Aureobasidium*

sp. serta *Pseudozyma tsukubaensis* (Moon *et al.*, 2010). Eritritol memberikan rasa manis tanpa menyebabkan lonjakan kadar gula darah, sehingga cocok sebagai pengganti gula bagi penderita diabetes dan obesitas. Steviol glikosida dari tanaman *Stevia rebaudiana* juga menjadi pemanis alternatif yang populer (Perrier *et al.*, 2018).

8.4.2 Peningkatan Nilai Gizi Pangan

Bioteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas protein dalam pangan. Yeast biomassa (*Single Cell Protein*, SCP) merupakan sumber protein yang mudah dicerna dan memiliki komposisi asam amino yang seimbang. SCP dapat diproduksi secara efisien menggunakan substrat murah seperti limbah pertanian dan industri. Pengembangan teknologi SCP yang terus berkembang menawarkan potensi besar untuk mengatasi masalah kekurangan protein dan meningkatkan keamanan pangan (Jach, 2022). Selain itu, proses fermentasi juga dapat meningkatkan ketersediaan zat gizi tertentu dalam produk pangan, melalui peningkatan bioavailabilitas atau sintesis senyawa bioaktif (ArvaloVillena, 2017). Probiotik seperti *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* digunakan dalam produk susu fermentasi untuk meningkatkan kesehatan usus dan sistem imun.

8.4.3 Pengembangan Bahan Pengawet alami

Bioteknologi menawarkan alternatif pengawet alami yang lebih aman dan ramah lingkungan, seperti pemanfaatan Bakteri Asam Laktat (BAL) dan bakteriosinnya (Bhattacharya *et al.*, 2022). BAL, yang berstatus GRAS (*Generally Recognized As Safe*), mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan merusak pangan. Contohnya, nisin dari *Lactococcus lactis* efektif melawan *Listeria monocytogenes* (Chen & Hoover, 2003). Selain itu, natamisin dari *Streptomyces natalensis*,

meskipun bukan BAL, digunakan untuk menghambat jamur dan ragi dalam produk susu serta daging olahan (Delves-Broughton, 2005).

8.4.4 Produksi Enzim untuk Pengolahan Pangan

Enzim merupakan biokatalis yang berperan penting dalam berbagai proses pengolahan pangan. Bioteknologi telah memungkinkan produksi enzim dalam skala industri dengan efisiensi dan biaya yang lebih rendah dibandingkan metode konvensional (Bilal & Iqbal, 2020). Mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan yeast merupakan sumber utama enzim untuk pengolahan pangan. Bioteknologi memungkinkan produksi enzim yang dimodifikasi secara genetik dengan sifat yang lebih baik, seperti termostabilitas yang lebih tinggi, aktivitas yang lebih spesifik, dan stabilitas yang lebih baik pada kondisi pengolahan (Rigoldi *et al.*, 2018). Contohnya, Amilase dari *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus spp.* meningkatkan tekstur serta umur simpan roti, serta digunakan dalam produksi permen untuk mengubah pati menjadi sirup glukosa atau fruktosa. Protease dari *Aspergillus oryzae* memperbaiki tekstur dan rasa keju, mengurangi sifat alergenik pada produk susu fermentasi, serta melembutkan daging. Selulase dari *Aspergillus niger* meningkatkan hasil pure buah dan sayur, mengurangi viskositas, serta mencegah kerusakan akibat panas. Pektinase dari *Aspergillus spp.* mempercepat ekstraksi, klarifikasi, dan penyaringan jus buah dengan menguraikan pektin (Okpara, 2022). Pemanfaatan enzim dalam pengolahan pangan juga memungkinkan pengembangan proses yang lebih ramah lingkungan, mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya.

8.4.5 Pewarna Makanan

Pewarna makanan berbasis bioteknologi semakin banyak digunakan sebagai alternatif pewarna sintetis yang dapat berisiko bagi kesehatan. Salah satu contoh adalah produksi karotenoid seperti beta-karoten, astaxantin, dan likopen yang diperoleh dari mikroorganisme seperti *Phaffia rhodozyma* dan *Haematococcus pluvialis* (Bhosale & Bernstein, 2005). Antosianin yang dihasilkan dari tanaman dan mikroorganisme juga digunakan sebagai pewarna alami dalam produk pangan (Francis, 2000). Mikroorganisme seperti jamur *Monascus* dapat menghasilkan pigmen azaphilone yang memiliki warna merah, oranye, dan kuning. Bioteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan produksi dan diversifikasi pigmen *Monascus*, misalnya dengan memanipulasi jalur biosintesisnya (Liu *et al.*, 2018). Pewarna alami berbasis bioteknologi ini lebih stabil dan aman dikonsumsi dibandingkan dengan pewarna sintetis.

8.5 Contoh Implementasi Bioteknologi Pada Pengolahan Pangan

Bioteknologi berperan penting dalam pengolahan pangan, baik melalui metode konvensional maupun modern. Bioteknologi konvensional, seperti fermentasi dalam pembuatan tempe, tape, kecap, dan oncom, meningkatkan nilai gizi dan daya simpan pangan secara alami. Sementara itu, bioteknologi modern memanfaatkan rekayasa genetika dan mikroorganisme yang dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi produksi serta mutu pangan. Salah satu penerapannya adalah produksi enzim untuk pengolahan makanan, seperti enzim laktase untuk mengatasi intoleransi laktosa dan enzim amilase dalam industri sirup glukosa.

Berbagai teknologi ini membantu menciptakan produk berkualitas, lebih tahan lama, dan aman dikonsumsi.

Beberapa contoh implementasi bioteknologi antara lain sebagai berikut:

- **Pakasam:** makanan fermentasi tradisional Indonesia dari ikan air tawar yang diawetkan dengan garam serta nasi sebagai sumber karbohidrat (**Gambar 8.1.**). Pakasam dikenal sebagai bekasam di Sumatra Selatan, Riau, dan Jambi, serta pakasam di Kalimantan. Bioteknologi diterapkan melalui fermentasi spontan oleh bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactobacillus plantarum*. Selama 3–7 hari, BAL mengubah karbohidrat dari nasi menjadi asam laktat, menurunkan pH hingga 4,3–4,7. Proses ini menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Clostridium botulinum* sekaligus meningkatkan kandungan peptida bioaktif sebesar 15–20% melalui hidrolisis protein ikan. Pekasam menjadi sumber protein fungsional dengan masa simpan hingga 3 bulan (Lestari *et al.*, 2018; Ezzat *et al.*, 2021).



Gambar 8. 1. Pakasam (ntb.idntimes.com)

- **Cincalok:** produk fermentasi berbasis udang kecil (*Acetes sp.*) yang populer di Kalimantan dan Sumatra. Prosesnya melibatkan pencampuran udang segar dengan garam dan beras, lalu difermentasikan selama 7–15 hari pada suhu 25–30°C. Fermentasi ini didukung oleh bakteri asam laktat (*Lactobacillus plantarum*), ragi, dan bakteri lainnya yang menghasilkan bakteriosin antimikroba, enzim protease, dan lipase. Enzim ini menghidrolisis protein dan lemak, menghasilkan senyawa volatil yang memberi aroma khas, meningkatkan rasa umami, serta melepaskan astaxantin dan omega-3. Asam organik yang dihasilkan juga berfungsi sebagai pengawet alami, memperpanjang daya simpan tanpa bahan tambahan sintetis (Nofiani & Ardiningsih, 2018).
- **Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour):** tepung berbasis singkong yang telah mengalami proses fermentasi untuk meningkatkan kualitas fisik dan nutrisinya. Dalam proses pembuatannya, singkong dikupas, dicuci, dipotong kecil-kecil, dan kemudian melalui fermentasi BAL seperti *Lactobacillus fermentum* dan *Lactobacillus plantarum*. Fermentasi ini menyebabkan modifikasi struktur pati dalam singkong, mengurangi kadar sianida alami, serta meningkatkan daya serap air dan elastisitas tepung saat digunakan dalam pembuatan roti atau kue. Selain itu, fermentasi membantu meningkatkan aroma dan rasa tepung, menjadikannya lebih mirip dengan tepung terigu. Keunggulan mocaf dibandingkan tepung singkong biasa terletak pada sifat fungsionalnya yang lebih baik, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif tepung terigu dalam berbagai produk pangan bebas gluten (Kurniati, *et al.* 2012).
- **Dadih:** fermentasi susu kerbau khas Minangkabau, Sumatra Barat, yang diproses secara alami dalam tabung bambu tanpa penambahan starter bakteri (**Gambar 8.2.**). Fermentasi berlangsung selama 24–48 jam pada suhu

ruang dengan bantuan bakteri asam laktat yang mengonversi laktosa menjadi asam laktat. Proses ini meningkatkan kekentalan, menghasilkan tekstur lembut, rasa asam khas, memperpanjang daya simpan, serta memiliki sifat antimikroba dan kandungan probiotik yang mendukung kesehatan pencernaan (Wirawati *et al.*, 2021). Salah satu probiotik yang berhasil diisolasi dari dadih adalah *Lactobacillus plantarum* Dad-13, yang terbukti meningkatkan populasi *Lactobacillus* serta menurunkan jumlah *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, dan bakteri *coliform* lainnya dalam feses anak sekolah di Indonesia (Banin *et al.*, 2019).



Gambar 8. 2. Dadih (Arnold *et al.*, 2021)

- **Gula cair:** Gula cair merupakan produk hasil hidrolisis pati yang banyak digunakan dalam industri pangan sebagai pemanis, dan pembuatannya dapat dilakukan melalui metode enzimatis maupun hidrolisis asam. Dalam bioteknologi pangan, enzim amilolitik seperti α -amilase dan glukoamilase digunakan untuk mengubah pati menjadi gula cair, dengan tahap likuifikasi yang menghidrolisis pati menjadi maltosa dan oligosakarida, diikuti sakarifikasi yang mengonversi maltosa menjadi glukosa. Dibandingkan hidrolisis asam yang

menggunakan katalis seperti HCl atau H_2SO_4 , metode enzimatis lebih disukai karena lebih aman dikonsumsi dan menghasilkan produk berkualitas lebih tinggi. Bahan baku utama pembuatan gula cair berasal dari sumber pati seperti singkong, jagung, ubi jalar, kentang, dan sorgum, karena ketersediaannya yang melimpah dan kandungan patinya yang tinggi. Di antara bahan tersebut, singkong menjadi pilihan utama karena mudah diperoleh dan lebih ekonomis. Selain sebagai pemanis, gula cair berfungsi sebagai humektan yang menjaga kelembaban dan stabilitas produk. Salah satu variannya, *High Fructose Corn Syrup* (HFCS) dari jagung, banyak digunakan dalam industri minuman dan makanan olahan karena meningkatkan rasa manis tanpa mengubah viskositas produk (Amar, *et al.*, 2020).

- **Protein Sel Tunggal (PST):** biomassa mikroba yang dihasilkan melalui fermentasi mikroorganisme seperti bakteri, ragi, jamur, atau alga dan digunakan sebagai sumber protein alternatif. Mikroorganisme penghasil PST biasanya tumbuh pada limbah industri yang kaya nitrogen dan karbon, seperti limbah tebu, pertanian, atau limbah organik lainnya, menjadikannya solusi ramah lingkungan dalam bioteknologi pangan. Proses produksi PST melibatkan sterilisasi media, inokulasi mikroorganisme, fermentasi skala besar, pemanenan, pemisahan biomassa, serta pengeringan sebelum digunakan. Teknologi ini memungkinkan produksi protein secara efisien dengan produktivitas tinggi, karena mikroorganisme dapat berkembang biak dengan cepat tanpa memerlukan lahan luas atau pestisida. PST juga memiliki nilai gizi yang lengkap, termasuk protein, asam amino esensial, vitamin, dan lemak, sehingga cocok sebagai alternatif protein bagi manusia maupun pakan ternak (Amar, *et al.*, 2020). Contohnya, *Saccharomyces cerevisiae* dapat dikembangkan pada limbah cair tahu, sementara *Chlorella vulgaris* sering dimanfaatkan untuk

pakan ternak (Harahap *et al.*, 2024; Andriani, *et al.*, 2023). Dengan keunggulan ini, PST berpotensi menjadi solusi ketahanan pangan dan mengatasi kerawanan gizi secara global.

8.6 Penutup

Bioteknologi memiliki potensi besar dalam meningkatkan pemrosesan makanan di wilayah tropika lembab dengan meningkatkan kualitas gizi, umur simpan, ketahanan terhadap hama, serta rasa dan aroma produk. Fermentasi dan enzim berperan dalam pengolahan tradisional maupun modern, sementara rekayasa genetika memungkinkan peningkatan spesifik pada tanaman. Namun, penerapannya menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, kebutuhan tenaga kerja terampil, serta kesadaran publik. Oleh karena itu, regulasi yang mendukung sangat diperlukan untuk memastikan bioteknologi diterapkan secara aman dan etis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amar, A., Nadia, L., Sartika, D. 2020. Bioteknologi Pangan. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Andriani, Y., Shiyam, D.F., Hasan, Z., Pratiwy, F.M. 2023. Penggunaan Berbagai Pupuk Alami Dalam Budidaya *Chlorella sp.* *Jurnal Agroqua*, 21(1), 33-45. doi: 10.32663/ja.v%vi%i.3238
- Arnold, M.; Rajagukguk, Y.V.; Gramza-Michałowska, A. 2021. Characterization of Dadih: Traditional Fermented Buffalo Milk of Minangkabau. *Beverages*, 7, 60. doi: 10.3390/beverages 7030060
- ArvaloVillena, M., Prez, A. I. B., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. 2017. Biotechnological application of yeasts in food science: starter cultures, probiotics and enzyme production. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6), 1360–1372. doi: 10.1111/jam.13548
- Atta K, Mondal S, Gorai S, Singh AP, Kumari A, Ghosh T, Roy A, Hembram S, Gaikwad DJ, Mondal S, Bhattacharya S, Jha UC, Jespersen D. 2023. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. *Front Plant Sci*, 14, 1241736. doi: 10.3389/fpls.2023.1241736.
- Banin, M.M., Utami, T. Cahyanto, M.N., Widada, J., Rahayu, E.S. 2019. Effects of Consumption of Probiotic Powder Containing *Lactobacillus Plantarum* Dad-13 on Fecal Bacterial Population in School-Age Children in Indonesia. *International Journal Of Probiotics and Prebiotics*, 14(x), 1–8. doi: 10.37290/ijpp2641-7197.14:1-8

- Bhattacharya, D.; Nanda, P.K.; Pateiro, M.; Lorenzo, J.M.; Dhar, P.; Das, A.K. 2022. Lactic Acid Bacteria and Bacteriocins: Novel Biotechnological Approach for Biopreservation of Meat and Meat Products. *Microorganisms*, 10, 2058. doi: 10.3390/microorganisms10102058
- Bhosale, P., & Bernstein, P. S. 2005. Microbial xanthophylls. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68(4), 445-455.
- Bilal, M. & Iqbal, H. M. 2020. State-of-the-art strategies and applied perspectives of enzyme biocatalysis in food sector current status and future trends. *Critical reviews in food science and nutrition*. doi: 10.1080/10408398.2019.1627284
- Brookes, G. 2014. Weed control changes and genetically modified herbicide tolerant crops in the USA 1996–2012. *GM Crops & Food*, 5(4), 321–332. doi:10.4161/21645698.2014.958930
- Chen, H. & Hoover, D. G. 2003. Bacteriocins and their Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(3), 82–100. doi:10.1111/j.1541-4337.2003.tb00016.x
- Das, P., Nutan, K. K., Singla-Pareek, S. L., & Pareek, A. 2015. Understanding salinity responses and adopting “omics-based” approaches to generate salinity tolerant cultivars of rice. *Frontiers in Plant Science*, 6. doi:10.3389/fpls.2015.00712
- Delves-Broughton, J. (2005). Nisin as a food preservative. *Food Australia* 57, (12), 525–7.

- Duke, S. O., & Powles, S. B. (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, 64(4), 319–325. doi:10.1002/ps.1518
- Dwivedi, S. L., Sahrawat, K. L., Rai, K. N., Blair, M. W., Andersson, M. S., and Pfeifer, W. 2012. Nutritionally Enhanced Staple Food Crops. In *J. Janick (Ed.), Plant Breeding Reviews* (pp. 169–291). John Wiley and Sons, Inc. doi: 10.1002/9781118358566.ch3
- Erickson, B., Nelson, & Winters, P. 2011. Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals. *Biotechnology Journal*. doi: 10.1002/biot.201100069
- Erlidawati, & Sulastri, S. 2023. Pengantar bioteknologi. Darussalam, Banda Aceh: *Syiah Kuala University Press*. doi: 10.31219/osf.io/uz6bj
- Ezzat, M.A., Ghazali, M.H., Roselina, K. and Zare, D. 2021. Organic acid composition and consumer acceptability of fermented fish produced from black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and Javanese carp (*Puntius gonionotus*) using natural and acid-assisted fermentation. *Food Research*, 5(2), 262 – 271.
- Francis, F. J. 2000. Anthocyanins and betalains: Composition and applications. *Cereal Foods World*, 45(5), 208-213.
- Geuns, J. M. 2003. Stevioside. *Phytochemistry*, 64(5), 913–921. doi:10.1016/s0031-9422(03)00426-6
- Green, J. M. 2016. The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*, 74(5), 1035–1039. doi:10.1002/ps.4462

- Harahap, M., Rahayu, Y.P., Lubis, M.S., Yuniarti, R. 2024. Produksi Protein Sel Tunggal dari Kultur *Saccharomyces cerevisiae* dengan Medium Limbah Cair Tahu. *Vitalitas Medis: Jurnal Kesehatan dan Kedokteran*, 1(2), 109-128. doi: 10.62383/vimed.v1i2.151
- Izquierdo, J. S. M. & Riva, G. 2000. Plant biotechnology and food security in latin america and the caribbean. *Electronic Journal of Biotechnology*. doi: 10.2225/vol3-issue1-fulltext-1
- Jach, M.E.; Serefko, A.; Ziaja, M.; Kieliszek, M. 2022. Yeast Protein as an Easily Accessible Food Source. *Metabolites*, 12, 63. doi: 10.3390/metabo12010063
- Kurniati, L.I., Aida, N., Gunawan, S., Widjaja, T. 2012. Pembuatan Mocaf (Modified Cassava Flour) Dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Rhizopus oryzae*. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1-6.
- Lamichhane, J. R., Devos, Y., Beckie, H. J., Owen, M. D. K., Tillie, P., Messéan, A., & Kudsk, P. 2016. Integrated weed management systems with herbicide-tolerant crops in the European Union: lessons learnt from home and abroad. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(4), 459–475. doi:10.1080/07388551.2016.118058
- Lestari, S., Rinto, & Huriyah, S. B. 2018. Peningkatan sifat fungsional bekasam menggunakan starter *Lactobacillus acidophilus*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 179-187.

- Liu, L., Zhao, J., Huang, Y., Qiao, X., & Wang, Z. 2018. Diversifying of chemical structure of native monascus pigments. *Frontiers Media*. doi: 10.3389/fmicb.2018.03143
- Moon, H.-J., Jeya, M., Kim, I.-W., & Lee, J.-K. 2010. Biotechnological production of erythritol and its applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86(4), 1017–1025. doi:10.1007/s00253-010-2496-4
- Nagarajarao, R. C. 2016. Recent advances in processing and packaging of fishery products: a review. *Elsevier: Aquatic Procedia*. doi: 10.1016/j.aqpro.2016.07.028
- Nofiani, R., & Ardiningsih, P. 2018. Profil fisikokimia dan mikrobiologi cincalok komersial dari Kalimantan Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), 243-249.
- Okpara, M.O. 2022. Microbial Enzymes and Their Applications in Food Industry: A Mini-Review. *Advances in Enzyme Research*, 10, 23-47. doi: 10.4236/aer.2022.101002.
- Perrier, J. D., Mihalov, J. J., & Carlson, S. J. 2018. FDA regulatory approach to steviol glycosides. *Food and Chemical Toxicology*. doi: 10.1016/j.fct.2018.09.062
- Piguet, P.; Poindron, P. 2012. Genetically Modified Organisms and Genetic Engineering in Research and Therapy. *Karger Medical and Scientific Publishers*
- Potrykus I. (2003). Nutritionally enhanced rice to combat malnutrition disorders of the poor. *Nutr Rev, Jun*, 61(6 Pt 2), S101-4. doi: 10.1301/nr.2003.jun.S101-S104.

- Rigoldi, F., Donini, S., Redaelli, A., Parisini, E., & Gautieri, A. 2018. Review: engineering of thermostable enzymes for industrial applications. *AIP Publishing*. doi : 10.1063/1.4997367
- Sah, S. K., Kaur, A., Kaur, G., & Cheema, G. S. 2014. Genetic transformation of rice: problems, progress and prospects. *J Rice Res*, 3, 132. doi:10.4172/2375-4338.1000132
- Sanchis, V. 2010. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: history of the biopesticide *Bacillus thuringiensis*. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(1), 217–231. doi:10.1051/agro/2010027
- Seymour, G. B., Chapman, N. H., Chew, B. L., & Rose, J. K. C. 2012. Regulation of ripening and opportunities for control in tomato and other fruits. *Plant Biotechnology Journal*. doi: 10.1111/j.1467-7652.2012.00738.x
- Tavano, O. L., Berenguer-Murcia, A., Secundo, F., & Fernandez-Lafuente, R. 2018. Biotechnological Applications of Proteases in Food Technology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 412–436. doi: 10.1111/1541-4337.12326
- Wikandari, R., Manikharda, Baldermann, S., Ningrum, A., & Taherzadeh, M. 2021. Application of cell culture technology and genetic engineering for production of future foods and crop improvement to strengthen food security. *Bioengineered*, 12(2), 11305–11330. doi: 10.1080/21655979.2021.2003665

- Wirawati, C.U., Sudarwanti, M.B., Lukman, D.W, Wientarsih, I., Srihanto, E.A. 2021. Comparative lactic acid bacteria (LAB) profiles during dadih fermentation with spontaneous and back-slopping methods, as identified by terminal-restriction fragment length polymorphism (T-RFLP). *Indonesian Journal of Biotechnology* 26(2), 115-121. doi:10.22146/ijbiotech.61164
- Xavier, J. R., Ramana, K. V., & Sharma, R. K. 2018. β -galactosidase: biotechnological applications in food processing. *Journal of Food Biochemistry*, e12564. doi: 10.1111/jfbc.12564
- Yadav, A. K., Singh, S., Dhyan, D., & Ahuja, P. S. 2011. A review on the improvement of stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)]. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(1), 1–27. doi:10.4141/cjps10086

BAB IX

TREN INOVASI PRODUK PANGAN TROPIKA LEMBAB

Oleh Yulian Andriyani

9.1 Definisi Pangan Tropika Lembab

Pangan tropika lembab merujuk pada produk pangan yang dihasilkan dari tanaman yang tumbuh di daerah dengan iklim tropis yang lembab, seperti buah-buahan tropis, sayuran, dan bahan pangan lainnya (Dahlan *et al.*, 2023). Indonesia, sebagai negara tropis terbesar di dunia, memiliki potensi besar dalam sektor pangan tropika lembab yang mencakup komoditas seperti pisang, durian, kelapa, dan singkong (AgroIndonesia, 2021).

Daerah dengan iklim tropika lembab yang memiliki banyak sekali sumber daya alam yang dapat dikembangkan menjadi produk pangan seperti buah cempedak, durian, lai, buah mangrove, minyak sawit merah, singkong gajah, jelai, jagaq, ikan haruan, ikan biawan, ikan pepuyu dan lain sebagainya. Salah satu tantangan dalam pengelolaan produk pangan tropika lembab adalah umur simpan yang pendek, yang dapat menyebabkan pemborosan hasil pertanian (Sujana *et al.*, 2022). Inovasi dalam pengolahan dan pengawetan produk pangan tropika lembab menjadi sangat penting untuk meningkatkan nilai tambah serta memperpanjang masa simpan produk (Kusnadi, 2020).

9.2 Karakteristik Pangan Tropika Lembab

Pangan tropika lembab memiliki ciri khas yang membedakannya dengan produk pangan dari daerah dengan iklim kering. Komoditas ini biasanya memerlukan curah hujan yang tinggi dan kelembapan yang stabil sepanjang tahun (Prihadi *et al.*, 2019). Produk tropika lembab seperti pisang, durian, dan mangga mengandung kandungan gizi yang tinggi, terutama vitamin, mineral, dan antioksidan yang penting bagi kesehatan (Nirmala dan Tan, 2021). Namun, tantangan utama dalam pengolahan produk ini adalah keterbatasan daya simpan yang memengaruhi distribusi dan konsumsi pangan (Hadi, 2021).

9.3 Tren Inovasi dalam Pengolahan Pangan Tropika Lembab

Inovasi tidak hanya bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kualitas produk, tetapi juga untuk menciptakan produk pangan bernilai tambah yang lebih fungsional, bergizi, dan ramah lingkungan. Inovasi tersebut dapat mencakup berbagai aspek, mulai dari teknik pengolahan yang lebih efisien, pengembangan produk olahan baru, hingga penciptaan produk pangan berbasis keberlanjutan yang mampu bersaing di pasar internasional.

Dalam konteks ini, pengembangan dan adopsi teknologi baru serta pendekatan berbasis penelitian dan pengembangan (R&D) memainkan peran kunci dalam mendorong sektor pangan tropikal lembab menuju era baru yang lebih inovatif dan berkelanjutan. Dengan memperkenalkan produk-produk inovatif yang tidak hanya memenuhi standar gizi, tetapi juga mengedepankan keberagaman dan keunikan produk tropikal, sektor pangan

ini dapat membuka peluang baru bagi petani, industri pengolahan, dan konsumen di seluruh dunia.

Adapun beberapa inovasi produk pangan tropika lembab yang diharapkan menjadi tren di masa depan antara lain:

9.3.1 Inovasi Produk Pangan Berbasis Buah-buahan Tropika Lembab

Inovasi produk pangan dengan bahan baku buah-buahan eksotis dapat meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk yang menjadi ciri khas suatu daerah. Daerah tropika lembab memiliki beragam buah-buahan eksotis seperti durian, lai, cempedak, asam putar, keledang dan juga buah-buahan dari tanaman mangrove.

Di Kalimantan Timur, terdapat jenis buah durian yang cukup terkenal yang sering dinamai “durian melak” dengan karakteristik daging buahnya yang tebal, lembut, dan manis, dengan sedikit sentuhan pahit yang memberi kedalaman rasa yang berbeda. Selain itu juga terdapat jenis buah lai yang serupa dengan buah durian namun berasa legit dengan daging buah berwarna oren. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan saat ini juga terdapat tanaman buah durian lai yang merupakan hasil persilangan antara buah durian lokal (*Duiro zibethunis* Murr.) dengan buah lai (*Durio kutejensis*). Durian lai memiliki karakteristik daging buah berwarna kuning keemasan, rasa manis, memiliki aroma yang tidak menyengat, tekstur yang lembut. Durian lai memiliki tiga varietas unggulan yaitu Lai Kayan, Lai Mandong dan Holai Sentawar (Sunaryo & Pranoto, 2019). Durian lai merupakan salah satu dari 18 spesies jenis *Durio* yang hanya tumbuh di Pulau Kalimantan karena buah ini tumbuh secara alami di hutan Kalimantan. Tercatat buah durian lai telah menjadi

buah unggulan yang mulai dikembangkan sejak tahun 2008 (Kurniadinata *et al*, 2021; Rizal, 2015).

Inovasi produk pangan olahan buah durian atau lai dapat berupa pengolahan daging buah dengan pemasakan dengan dibuat menjadi lempok ataupun selai, pengalengan daging buah durian untuk memperpanjang masa simpan karena buah durian lokal merupakan buah musiman, pengeringan dengan metode freeze drying untuk mempertahankan senyawa volatil yang terdapat pada daging buah durian, pengolahan suhu rendah dengan mengolah menjadi produk es krim ataupun gelato dan juga olahan dengan teknik fermentasi. Olahan buah durian sebagai cemilan yang telah menjadi ikonik adalah lempok, lempok merupakan olahan daging buah durian yang dimasak dengan tambahan gula merah hingga mencapai tekstur seperti dodol (Suwandi, 2020). Ide inovasi pengembangan lempok durian bisa dilihat dari segi bahan baku yang digunakan dan pengemasannya. Lempok durian yang berasa manis legit bisa dipadankan dengan inovasi penambahan bahan baku seperti jahe dan juga bunga rosela yang akan menghasilkan lempok durian varian baru yang memiliki rasa unik manis, legit, pedas segar bila menggunakan penambahan ekstrak jahe dan manis, legit sedikit asam segar bila menggunakan penambahan ekstrak bunga rosela. Pengemasan lempok durian juga menjadi perhatian penting dalam inovasi pangan, pada umumnya lempok durian hanya dikemas dengan bentuk silinder memanjang dan dibungkus dengan kemasan kertas atau plastik, dengan adanya perkembangan jenis kemasan, lempok durian dapat dikemas menggunakan cup berukuran kecil per porsi sekali makan agar lebih mudah dalam penanganannya seperti yang tersaji pada **Gambar 9.1**.



Gambar 9. 1. Referensi pengemasan lempok durian

Salah satu komoditi pertanian tropika lembab yang juga cukup populer adalah buah cempedak, buah cempedak merupakan tanaman buah hutan yang memiliki rasa manis, berserat, berwarna kuning hingga oranye dengan aroma buah yang sangat khas. Masyarakat di Pulau Kalimantan memiliki tradisi mengkonsumsi cempedak pada bagian buah dan kulitnya. Kulit buah cempedak disebut dami, pada umumnya dami diolah dengan cara difermentasi spontan dengan penambahan garam dan air yang disebut mandai, namun ada juga yang diolah tanpa difermentasi terlebih dahulu. Pengolahan dami dan juga mandai pada umumnya dilakukan dengan proses penggorengan atau penumisan yang kemudian dapat dikonsumsi secara langsung bersama nasi dan lauk lainnya ataupun diolah kembali menjadi jenis pangan lain seperti oseng mandai, sambal mandai dan juga keripik mandai. Setelah dimasak, tekstur Mandai lembut, kental, kenyal, tidak mudah hancur, dan berserat seperti daging. Olahan Mandai mempunyai cita rasa dan aroma yang sangat khas (Afrillia, 2021). Puspasari *et al.* (2024), telah melakukan inovasi pada pengolahan mandai menjadi oseng mandai dengan teknik pengemasan pengalengan dengan

hasil menunjukkan oseng mandai dengan fermentasi menggunakan garam 6% memiliki skor sensorik tertinggi dari uji hedonik dan mutu hedonik. Pengalengan oseng mandai dengan metode HTC dapat mematikan patogen dan memperpanjang umur simpan. Perubahan kadar abu menjadi 10%, pH 4,40, lemak 51,70%, air 7,32%, karbohidrat 22,98%, dan protein 8%. Produk ini memiliki umur simpan 24 hari dengan karakteristik warna coklat kemerahan, aroma mandai dan bumbu bawang, tekstur lembut, serta rasa gurih sedikit asam.

Inovasi yang juga cukup populer saat untuk pengolahan buah-buahan adalah dengan metode *vaccum frying* ataupun *freeze drying* yang menghasilkan keripik buah yang diminati segala kalangan. Teknologi *vaccum frying* melibatkan penggorengan pada tekanan rendah dan suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan penggorengan konvensional, sedangkan metode *freeze drying* adalah metode pengeringan yang dilakukan tanpa pemanasan sehingga cocok diaplikasikan untuk mengolah buah-buahan. Adapun buah-buahan tropis yang dapat diolah dengan metode *vaccum frying* adalah nanas, pisang, salak, apel dan nangka. Adapun untuk metode *freeze drying* lebih ditujukan untuk buah-buahan dengan tekstur lunak dan memiliki aroma khas seperti cempedak, durian, buah elai, buah naga, tomat, mangga, kuini dan jenis berry.

Daerah tropika lembab juga memiliki ekosistem mangrove yang membentang di garis pantai, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari mangrove adalah buahnya. Buah mangrove jenis *Sonneratia* dengan sebutan masyarakat sebagai buah pidada/pedada merupakan buah mangrove yang memiliki rasa asam segar sehingga dapat dijadikan sebagai inovasi produk pangan. Andriyani *et al.*, (2023)

menjelaskan bahwa buah pidada dapat diolah menjadi sirup, es krim hingga diolah menjadi sambal kemasan yang memiliki cita rasa unik dan tentunya dapat diterima baik oleh masyarakat yang merupakan inovasi terbaru dari pengolahan buah magrove.

9.3.2 Inovasi Produk Pangan Berbasis Sayuran Tropika Lembab

Sayuran tropika lembab memiliki keanekaragaman yang tinggi, banyak di antaranya memiliki nilai gizi yang sangat baik dan menjadi bahan utama dalam masakan tradisional masyarakat tropis. Beberapa contoh sayuran khas tropika lembab seperti kangkung, daun ubi, daun singkong, daun kelor, daun katuk, pucuk pakis, pucuk labu, pucuk singkil, daun melinjo. Bentuk inovasi dari berbagai jenis sayuran tropika lembab antara lain:

a) Sayuran bubuk

Proses pengolahan sayuran bubuk melibatkan teknik pengeringan yang dapat diaplikasikan untuk mengeringkan sayuran dengan proses minimal ataupun dengan adanya diversifikasi produk. Untuk proses pengolahan minimal tahapan awal sayuran dilakukan sortasi dan pembersihan setelah itu diblanching selama lima menit, ditiriskan kemudian dikeringkan menggunakan mesin pengering pada suhu 60 °C dengan lama waktu sekitar 4-8 jam dan dapat disesuaikan dengan ketebalan dan luas permukaan bahan yang dikeringkan. Setelah sayuran tersebut kering kemudian dilakukan penghalusan untuk menjadikan sayuran tersebut berbentuk bubuk dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Selain menggunakan proses pengeringan oven, pembuatan sayur bubuk juga dapat diolah dengan metode *spray drying*. *Spray drying* adalah metode pengeringan

dengan penyemprotan dimana fase larutan bahan akan berubah menjadi fase serbuk. Keunggulan metode spray drying adalah dapat melindungi zat aktif yang terdapat pada bahan dengan bantuan bahan penyalut yang berasal dari biopolimer dengan proses yang disebut mikroenkapsulasi.

b) Nori artificial

Nori merupakan rumput laut jenis *Porphyra* yang dikeringkan dan digunakan masyarakat Jepang sebagai pembungkus sushi. Indonesia memiliki kekayaan sayuran hijau tidak menutup kemungkinan untuk membuat inovasi nori artificial yang disubstitusi dengan sayuran ataupun diolah secara penuh menggunakan bahan baku sayuran hijau. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan nori artificial adalah daun kelor, pada penelitian Pade, (2022), daun kelor digunakan sebagai bahan nutrifikasi pada pembuatan nori rumput laut *Gracilaria* spp dan *Eucheuma cottonii* dengan hasil kadar air nori berkisar antara 11,5% – 12,3%, Vitamin C 2,6 s/d 3,1 mg/100g dan kadar serat kasar 4,6% s/d 5,1 % (Pade & Bulotio, 2019). Penerimaan dengan skala penilaian terhadap rasa berkisar antara 2,93-3,23 atau dalam taraf biasa/netral, penilaian terhadap aroma berkisar antara 2,8-3,07 atau taraf biasa/netral, nilai terhadap warna berkisar antara 3,13-3,97 atau dalam taraf biasa/netral sampai suka (Pade, 2022).

c) Keripik sayur

Metode pengolahan sayur/buah lainnya bisa berupa pengolahan menjadi keripik dengan menggunakan metode *vaccum frying* ataupun *freeze drying*. Teknologi *vaccum frying* melibatkan penggorengan pada tekanan rendah dan suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan penggorengan konvensional, sedangkan metode *freeze*

drying adalah metode pengeringan yang dilakukan tanpa pemanasan. Prinsipnya adalah menghilangkan air dari bahan yang sudah beku tanpa melalui fase cair. Adapun sayuran yang dapat diolah dengan metode ini antara lain: petai, wortel, okra, kacang panjang, buncis, tomat, jamur, pare, brokoli, bunga kol dan juga umbi-umbian.

Hasil studi literatur oleh Mujahid *et al.* (2024) menunjukkan bahwa *vacuum frying* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penggorengan konvensional, antara lain: (1) menghasilkan produk dengan kandungan minyak lebih rendah, (2) mempertahankan sensoris seperti warna, aroma, dan rasa asli bahan pangan, (3) menjaga kandungan nutrisi, (4) mengurangi penyerapan minyak, dan (5) menghasilkan tekstur yang lebih renyah. Metode *freeze drying* dapat diaplikasikan pada buah dan sayur yang memiliki aroma khas, memiliki kandungan nutrisi yang tinggi ataupun sayur/buah yang lunak. Karyadi *et al.* (2021) dengan penelitian Pra-Perlakuan Blansing Pada Pengeringan Tipe Beku (*Freeze Drying*) Untuk Mempertahankan Kualitas Petai (*Parkia speciosa*) menunjukkan bahwa pengeringan beku dapat mengurangi resiko discoloration pada petai, dibandingkan dengan pengering tipe cabinet. Pra-perlakuan blansing terbukti dapat membantu meningkatkan laju pengeringan sehingga pengeringan berlangsung lebih cepat, dan kandungan klorofil didalam petai dapat terjaga lebih baik.

9.3.3 Inovasi Produk Pangan Berbasis Serealialia dan Umbi Tropika Lembab

Kalimantan timur memiliki beberapa jenis padi lokal yang tersebar di beberapa Kabupaten antara lain adalah padi Moris, Ace, Serataihum dan Pance Kuning yang berasal dari

Kabupaten Paser, sedangkan padi lokal Kabupaten Kutai Kartanegara yang sudah didaftarkan pada tahun 2009 diantaranya padi Serai, Gedagai, Hara, Mayas Pancing, Bogor Putih, Mayas Putih, dan Padi Kunyit. Selain padi juga terdapat jenis sereal lainnnya seperti jelai dan jagaq yang juga dimanfaatkan sebagai bahan pangan.

Jenis umbi yang cukup banyak dibudidayakan di Kalimantan adalah singkong dengan jenis singkong pacar, singkong mentega dan singkong gajah. Singkong gajah merupakan jenis singkong dengan varietas singkong asli Kalimantan Timur ditemukan oleh Prof. Ristono, MS. yang merupakan guru besar matematika di FMIPA Universitas Mulawarman.

Inovasi produk pangan berbasis sereal dan umbi dapat diawali dengan mengolah bahan baku dengan proses minimal ataupun menjadi produk setengah jadi berupa tepung dan pati. Produk setengah jadi dari singkong yang cukup populer saat ini adalah tepung mocaf. Tepung mocaf adalah tepung yang diolah dari singkong yang difermentasi sehingga sifatnya dapat mensubtitusi penggunaan tepung terigu. Saat ini banyak sekali inovasi produk pangan yang menggunakan tepung mocaf sebagai bahan baku untuk mengurangi jumlah penggunaan terigu bagi masyarakat yang ingin mengurangi konsumsi gluten dan bagi penderita alergi terhadap gluten. Salah satu bentuk inovasinya yaitu pembuatan mie basah yang disubtitusi dengan tepung mocaf (Herlina *et al.*, 2024). Wulandari & Muliadisa, (2023) melakukan penelitian terhadap mie yang diolah dengan bahan baku tepung beras merah dan tepung mocaf, hasil penelitian ini berupa kualitas mie berbahan campur tepung beras merah dan mocaf adalah enak dari segi rasa, beraroma yang sedap, dan tekstur yang lembut serta memiliki

penampilan yang menarik. Dari hasil uji daya tahan mie berbahan campur beras merah dan mocaf, mampu bertahan selama 60 jam dengan kualitas masih baik di dalam lemari pendingin (kulkas) dan dapat bertahan di suhu 20-25°C selama 2 minggu dengan kualitas masih baik. Selain diaplikasikan dalam pengolahan mie, penggunaan tepung serealialia dan mocaf juga dapat diaplikasikan pada pembuatan cookies, salah satunya cookies yang berbahan dasar tepung beras ketan hitam dan mocaf. Formula terbaik yang menghasilkan cookies bebas gluten dengan skor skor rasa tertinggi adalah perlakuan tepung beras ketan hitam 25% : Mocaf 75% dengan karakteristik berat fisik 10.70 g, diameter 48.40 mm, tebal 8.60 mm, spread rasio 5.63, baking loss 17.37 %, L* 53.96, a* 0.63, b* 17.65, C* 17.66, ΔE 48.78. cookies yang dibuat dengan tepung mocaf 100% menunjukkan nilai tertinggi untuk sebagian besar atribut, termasuk warna, aroma, tekstur, dan penerimaan keseluruhan.

Jenis serealialia seperti jelai dan jagal juga berpotensi untuk diolah menjadi produk seperti minuman multi grain, snack bar dan olahan berbasis tepung lainnya.

9.3.4 Inovasi Produk Pangan Berbasis Perikanan dan Perairan Tropika Lembab

Perikanan tropika lembab adalah salah satu sektor penting dalam kehidupan masyarakat di kawasan tropis, terutama di daerah yang memiliki iklim lembab dengan curah hujan tinggi, suhu hangat, dan kelembaban udara yang tinggi sepanjang tahun. Jenis ikan yang terdapat di perairan tropika lembab memiliki karakteristik sensoris yang khas dengan berbagai kandungan nutrisi yang baik bagi tubuh terdiri dari: Ikan gabus, ikan patin, ikan baung, ikan pepuyu, ikan lais, ikan biawan, ikan bandeng, nila, emas, mujair, lele,

belut, layang, tongkol, selar, teri, lemuru dan berbagai jenis ikan lainnya, berbagai jenis udang seperti udang galah, udang windu, kepiting bakau dan rumput laut. Pemanfaatan hasil perikanan dan perairan tersebut tidak terbatas hanya pada pengolahan menjadi lauk pauk dasar yang dikonsumsi rumah tangga secara langsung namun inovasinya juga dapat mendukung diversifikasi produk serta memperluas distribusi hasil perikanan tropika lembab sehingga mampu bersaing dengan produk-produk perikanan populer lainnya. Salah satu bentuk inovasi yang dapat diterapkan adalah:

- a) Proses penanganan bahan dengan teknik pengemasan dan penyimpanan untuk memperluas distribusi dan pemasaran. Teknik yang dapat diterapkan berupa *Modified Atmosphere Packaging (MAP)*, *Smart and Intelligent Packaging* dan *HDPE Composites*. MAP ini memperpanjang umur simpan produk ikan pra-kondisi dengan mengontrol atmosfer di dalam kemasan, sehingga mengurangi pembusukan secara signifikan. Penggabungan penstabil UV dan tanah diatom/seng oksida dalam polietilen densitas tinggi (HDPE) meningkatkan kinerja mekanik dan sifat antimikroba, mencapai aktivitas antibakteri hingga 99% (Charoensri *et al.*, 2023). Pengemasan cerdas untuk makanan laut mengintegrasikan sistem penginderaan dengan kemasan konvensional, memungkinkan pemantauan kualitas dan keamanan secara real-time. Teknologi ini menggunakan sensor kuantitatif dan indikator kualitatif untuk menilai pembusukan, memastikan penyimpanan yang tepat, dan mengurangi limbah makanan secara efektif (Nami *et al.*, 2024)
- b) Proses pengolahan untuk diversifikasi produk pangan dan non pangan. Jenis pengolahan produk hasil perikanan dan perairan dapat berupa pengolahan secara sederhana hingga pengolahan dengan teknik keahlian tinggi, adapun inovasi pengolahan pangan dapat mengacu pada hal-hal

yang digemari masyarakat hingga pengembangan produk baru. Contoh inovasinya adalah dengan pengolahan menjadi produk abon ikan, sambal dengan penambahan ikan dan udang, nugget, sosis, keripik kulit ikan, ikan bumbu beku, surimi, dodol rumput laut hingga pengolahan menjadi bahan baku industri seperti tepung tulang ikan, caragenan, gelatin, kitin dan kitosan hingga inovasi produk edible film.

9.3.5 Inovasi Produk Pangan Berbasis Pangan Tropika Lembab sebagai Pangan fungsional

Makanan fungsional, yang dikenal sebagai makanan yang tidak hanya memberikan nutrisi dasar tetapi juga memberikan manfaat kesehatan tambahan, telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat tentang kesehatan dan gaya hidup yang lebih sehat, makanan fungsional menjadi pilihan utama bagi konsumen yang ingin menjaga kesehatan tubuh dan mencegah penyakit. Di Indonesia, tren ini juga semakin mendapat perhatian seiring dengan meningkatnya minat terhadap pola makan yang lebih sehat dan alami. Beberapa contoh makanan fungsional yang populer di pasar meliputi:

- a. Yoghurt dengan probiotik: Membantu menjaga kesehatan pencernaan.
- b. Minuman jamu atau herbal: Memperkuat sistem imun dan meningkatkan energi.
- c. Produk yang diperkaya serat: Mendukung kesehatan pencernaan dan mengatur gula darah.
- d. Makanan berbasis nabati (plant-based): Mendukung kesehatan jantung dan menurunkan risiko penyakit degeneratif.

Preferensi konsumen terhadap makanan fungsional saat ini semakin selektif dalam memilih makanan fungsional. Beberapa preferensi utama yang muncul di kalangan konsumen termasuk:

- a. Kualitas dan Keamanan Produk
- b. Kemudahan dan Kepraktisan
- c. Ketersediaan dan Pilihan Produk
- d. Harga yang Terjangkau
- e. Rasa dan Kenikmatan

Adapun beberapa bentuk inovasi dari sumber daya alam tropis terikat pengembangan fungsional adalah sebagai berikut:

a) Mandai

Mandai merupakan hasil fermentasi kulit buah lai yang kaya akan antioksidan dan bakteri asam laktat yang sangat bermanfaat. Penelitian Rahmadi *et al.* (2018), menunjukkan kandungan total fenolik mandai sebesar 348,8 mg GAE/kg dan nilai IC_{50} sebesar 56,96 ppm untuk aktivitas antioksidan. Pada fermentasi spontan, populasi BAL meningkat dari 3,3 menjadi 8,8 log cfu/ml, sedangkan fermentasi yang diinduksi *L. casei* mencapai 9,0 log cfu/ml.

Dari hasil penelitian ini kemudian dikembangkan menjadi produk pangan berupa es krim dengan penambahan *puree* mandai, Penggunaan *puree* mandai cempedak pada konsentrasi 100g per formula merupakan pilihan konsumen yang secara hedonik mampu bersaing dengan produk komersial yang diujikan dengan daya leleh es krim mandai cempedak berkisar 16 s.d. 17 menit. Karakteristik es krim mandai cempedak adalah kadar air sebesar $62,25 \pm 0,07\%$, kadar abu sebesar $0,874 \pm 0,002\%$, kadar protein sebesar $5,78 \pm 0,09\%$, kadar lemak sebesar

10,53±0,06%, kadar karbohidrat sebesar 26,35±0,05%, total BAL sekitar 4 skala log cfu/mL, dan IC₅₀ terhadap penghambatan DPPH sebesar 66,67±0,19 ppm (Rahmadi *et al.*, 2018).

b) Tempoyak

Salah satu olahan jenis buah durian yang cukup populer bagi masyarakat Kalimantan dan melayu yang merupakan makanan fungsional adalah tempoyak. Tempoyak merupakan daging buah durian yang difermentasi dengan penambahan garam sehingga mengandung bakteri asam laktat (BAL) sebagai probiotik yang memberikan manfaat kesehatan pencernaan (Marwati *et al.*, 2024; Anggadhanian *et al.*, 2023). Pada awalnya tempoyak hanya dimanfaatkan sebagai campuran pada sambal atau masakan, saat ini dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan modernisasi memunculkan ide-ide untuk produk pangan berbahan baku tempoyak, salah satunya adalah es krim. Nagilfa, (2024) menunjukkan bahwa penambahan tempoyak durian lai secara signifikan meningkatkan kualitas sensoris dengan konsentrasi sebesar 25% memberikan hasil terbaik. Selain itu, penambahan tempoyak durian lai juga berpengaruh positif terhadap nilai *overrun* sebesar 66,09-86,12% dan daya leleh sebesar 10,80-11,66 menit serta meningkatkan total bakteri asam laktat sebesar 0 log CFU/ml-8,11 log CFU/ml.

c) Minyak sawit merah

Minyak sawit merah adalah salah satu minyak nabati yang diperoleh dari daging buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dengan proses minimal, yang menjaga kandungan alami senyawa bioaktif di dalamnya. Warna merah pada minyak ini berasal dari kandungan beta-karoten (provitamin A) yang tinggi, yang memberikan

manfaat penting bagi kesehatan tubuh, terutama kesehatan mata (Rivai *et al.*, 2021). Selain itu minyak sawit merah juga mengandung vitamin E (tocopherol dan tocotrienol), asam lemak essensial, polifenol, flavonoid dan juga Squalene yang merupakan potensi untuk pengembangan ketahanan pangan dan pangan fungsional di Kalimantan Timur (Hidayati *et al.*, 2024; Hamka *et al.*, 2024). Kandungan karotenoid total minyak sawit merah yaitu 500-700 ppm (Putri *et al.*, 2024).

Dari hasil penelitian ini kemudian dikembangkan menjadi produk pangan berupa jelly mix Oximata®, jelly mix Oximata® adalah makanan fungsional yang kaya akan karotenoid dan tokoferol dari formulasi minyak sawit merah, sari labu kuning, dan sari buah naga merah. Hasilnya menunjukkan bubuk campuran jeli Oximata® tersebut ditambah dengan 0,45% minyak sawit merah dan disimpan pada suhu 7°C selama tujuh hari merupakan perlakuan terbaik dengan kadar vitamin C $5,83 \pm 0,24$ µg/mL, aktivitas antioksidan $74,29 \pm 3,00\%$ (ABTS) dan $22,17 \pm 0,24$ µg/mL (FRAP). Total asam yang dititrasi peningkatan nilai pada penambahan Minyak Sawit Merah sebesar 0,15 dan 0,3% serta penyimpanan selama 14 hari pada suhu 28°C yaitu 1,54%. Konsentrasi minyak sawit merah, suhu, dan lama penyimpanan mempengaruhi vitamin C, total asam yang dititrasi, dan aktivitas antioksidan (Banin, 2022).

d) Bawang Tiwai/Dayak/Hutan

Bawang tiwai merupakan salah satu jenis umbi lapis yang memiliki kandungan yang baik bagi tubuh (Syamsul *et al.*, 2015) karena mengandung senyawa fitokimia berupa polivenol (455,27 (µg/mL) dan flavonoid (228,58 (µg/mL) pada ekstrak bawang tiwai, dimana kandungan

tersebut bertindak sebagai antioksidan (Saputra, 2020). Tingginya kandungan fitokimia pada bawang tiwai memungkinkan bawang tiwai diolah menjadi produk berbasis pangan fungsional. Adapun beberapa inovasi pengolahan bawang tiwai sebagai pangan fungsional antara lain: sirup bawang tiwai (Hariyati *et al.*, 2023), Koktail bawang dayak (Cahyadi Wisnu, 2018), Kerupuk (Setyawan, 2019), minuman herbal “Batik Raja” (Apriliani *et al.*, 2024), Kopi tiwai (Putri *et al.*, 2023), Permen, Jelly dan ekstrak umbinya dapat ditambahkan pada produk pangan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrillia D. Mandai. *Masakan Berbahan Kulit Cempedak Khas Banjar[inBahasa]*. <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2021/06/30/mandai-masakan-berbahan-kulit-cempedak-khas-banjar>. Diakses 15 Februari 2025
- Andriyani, Y., Palupi, N. P., Hardi, E. H., Rachmawati, M., Utoro, P. A. R. 2023. Pemberdayaan Wanita Desa Salo Palai Melalui Pelatihan Pengolahan Buah Mangrove (*Sonneratia*). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Paertanian Indonesia*
- Anggadhanian, L., Haryo, R., Setiarto, B., Yusuf, D., Anshory, L., & Royyani, M. F. 2023. Exploring tempoyak, fermented durian pastes, a traditional Indonesian indigenous fermented food: typical of Malay tribe. *Journal of Ethnic Foods*, 10, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s42779-023-00206-2>
- Apriliani, D., Rizqi, A, F, & Saragih, B. 2024. Analisis Sifat Fisik, Fitokimia, dan Sensoris Minuman Herbal Batik Raja. *Journal of Tropical Agrifood*, 6(1), 50-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.35941/jtaf.6.1.2024.15507.50-58>
- Banin, M.M., Nurdiana, S., Emmawati, A., Rohmah, M., & Rahmadi, A. 2022. Studied on The Vitamin C, Total Titrated Acid and Antioxidant Activity of Oximata® Jelly Mix. *Food Research*, 6(4), 295-303. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).431](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).431)
- Cahyadi, Wisnu., Gozali, T., & Fachrina, A. 2018. Pengaruh Konsentrasi Gula Stevia dan Penabahan Asam Askorbat Terhadap Karakteristik Koktail Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia*). *Pasundan Food Technology Journal*, 5(2), 154-163

- Charoensri, K., Shin, Y. J., & Park, H. J. 2023. Innovative HDPE Composites Enriched with UV Stabilizer and Diatomaceous Earth/Zinc Oxide for Enhanced Seafood Packaging and Antimicrobial Properties. *Polymers*, 15. <https://doi.org/10.3390/polym15234577>
- Hamka, H., Saragih, B., Sumarna, D., Candra, K. P., Agustin, S., & Marwati, M. 2024. Review: The Potential for Development of Red Palm Oil Industry in East Kalimantan. *Journal of World Science*, 3(5), 573–586. <https://doi.org/10.58344/jws.v3i5.606>
- Hariyati, Tatik., Qomariah, D. I., & Yansen, H. 2023. Sosialisasi dan Pelatihan Sirup Bawang Dayak (Tiwai) di Desa Sajau Hilir Kec. Tanjung Palas Timur. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 33–38. <https://doi.org/10.53625/jabdi.v3i1.5729>
- Herlina, H., Nashiroh, T. A., Palupi, N. W., Wibowo, Y., Supartiningrum, L., & Baladraf, T. T. 2024. Characteristics of Wet Noodles from Mixed Flour (Wheat and MOCAF) and Butterfly Pea Flower Powder. *International Journal on Advanced Science, Engineering, and Information Technology*, 14(3), 1035–1041. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.3.19635>
- Karyadi, J. N. W., Akbar, M., Ayuni, D., & Bintoro, N. 2021. Pra-Perlakuan Blansing Pada Pengeringan Tipe Beku (*Freeze Drying*) untuk Mempertahankan Kualitas Petai (*Parkia speciosa*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 9, 96-107. 10.29303/jrpb.v9i1.245
- Kurniadinata, O.F., S. Wenpei, & B. Saragih. 2021. Edible Part Nutritional Value and Calcium Content in Five Lai-Durian (*D. Zibethinus* X *D. kutejensis*) Fruit Rind from

- Loa Kulu EastKalimantan. *Journal of Tropical Horticulture*. 4(2), 46–49. <http://jthort.org>.
- Marwati, M., Funan, S. A. M., Rachmawati, M., Emmawati, A., Rohmah, M., Pujokaroni, A. S., Prayitno, Y. A., & Nurkaya, H. 2024. Sensory Response of Durian Lai Tempoyak and Its Potential as A Functional Food. *Buletin Loupe*, 20(01), 1–6. <https://doi.org/10.51967/buletinloupe.v20i01.299>
- Mujahid, A., Damat, D., & Harini, N. 2024. Review Implikasi Penggunaan Metode Pengeringan Vacuum Frying Pada Peningkatan Nilai Tambah Komoditas Buah dan Sayur. *Daun*, 11(2), 110–124. <https://doi.org/10.33084/daun.v11i2.7483>
- Pade, S. W., & Bulotio, N. F. 2019. Nutrifikasi Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) dengan Varietas Umur Daun Berbeda terhadap Karakteristik Mutu Nori Rumput Laut (*Gracilaria* spp). 3(2), 128–133. <https://doi.org/10.30869/JASC.V3I2.406>
- Pade, S. W. 2022. Analisis Tingkat Penerimaan Nori Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dengan Nutrifikasi Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *JASc (Journal of Agritech Science)*, 6(1), 11–16. <https://doi.org/10.30869/jasc.v6i1.895>
- Puspasari, A., Karhani, R., Mawarti, M., Alviannur, M., Nurwahid, A., & Utoro, P. A. R. 2024. Karakteristik dan daya simpan olahan mandai, produk inovasi asal Kalimantan, setelah proses pengalengan suhu tinggi. *Journal of Tropical AgriFood*, 6(2), 125-134. doi:<http://dx.doi.org/10.35941/jtaf.6.2.2024.16890.125-134>

- Putri, E. A., Putri, F. F., Rachmawati, M., Prabowo, S., & Saragih, B. 2023. Sifat Fisik, Organoleptik, Aktivitas Anatioksidan dan Respon Glukosa Kopi Tiwai. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 8(1), 39-46.
- Putri, P. A., Rahayu, W. P., Adawiyah, D. R., & Andarwulan, N. 2024. Aplikasi Minyak Sawit Merah sebagai Medium untuk Penumisan Sayur. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 35(2), 172-184.
<https://doi.org/10.6066/jtip.2024.35.2.172>
- Rahmadi, A., Sabarina, Y., & Agustin, S. 2018. Different drying temperatures modulate chemical and antioxidant properties of mandai cempedak (*Artocarpus integer*). *F1000Research*, 7, 1706.
<https://doi.org/10.12688/F1000RESEARCH.16617.2>
- Rahmadi, A., Sari, K., Khairiyah, N., Handayani, F., Satrio, S., Yuliani, Y., & Emmawati, A. 2018. Bacterial Population and Chemical Characteristics of Fermented Mandai Cempedak with Starter Induction. *Microbiology Indonesia*, 12(3), 83-91.
<https://doi.org/10.5454/MI.12.3.%P>
- Rahmadi, A., Firdaus, F., & Marwati, M. 2018. Karakterisasi Sifat Sensoris, Proksimat, Antioksidan, Total BAL, dan Uji Pasar Es Krim berbahan Puree dan Bubuk Mandai Cempedak. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 12, 66-76.
[10.26578/jrti.v12i2.4057](https://doi.org/10.26578/jrti.v12i2.4057)
- Saputra, S.H., Sampepana, E., & Yustini P.E. 2020. Proses Ekstraksi Bawang Tiwai Terhadap Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(1), 97-104.

- Setyawan, F., Hazliza, Dewi, S. S., & Qohar, A. Z. 2019. Uji Organoleptik Kerupuk Berbahan Dasar Bawang Dayak (*Eleutherine bullbosa*) Serta Kajiannya Dalam Peningkatan Nilai Tambah Bahan Pangan Lokal Kota Tarakan dan Sumber Belajar Biologi. *Biopedagogia*, 1 (1), 41-50
- M. Rizal, S. P. Rahayu, & A. Supriyono. 2015. Prospek pengembangan buah Lai (*Durio kutejensis*) sebagai varietas unggul lokal di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur sebagai Camilan Khas Kalimantan. Jurnal Kuliner Tropis. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*. 1497–1501. doi: 10.13057/psnmbi/m010641
- N. Nami, M., Taheri, M., Siddiqui, J., Deen, I. A., Packirisamy, M., & Deen, M. J. 2024. Recent Progress in Intelligent Packaging for Seafood and Meat Quality Monitoring. *Advanced Materials Technologies*. <https://doi.org/10.1002/admt.202301347>
- Sunaryo, W & Pranoto, H. 2019. Interspecific grafting to solve the rootstock shortage in vegetative propagation of Lai-durian (*Durio zibethinus x kutejensis*) originated from East Kalimantan. *Aust J Crop Sci*, 13(4): 642–648. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.455153293740638>
- Suwandi, A. 2020. Inovasi Produk Olahan Durian: Lempok Durian
- Wulandari, L. G. A., & Muliadisa, I. K. 2023. Kualitas Mie Berbahan Campuran Tepung Beras Merah dan Mocaf. *Jurnal Ilmiah Pariwisata dan Bisnis*. <https://doi.org/10.22334/paris.v2i12.663>

BAB X

MASA DEPAN TEKNOLOGI PANGAN DALAM PERTANIAN TROPIKAL LEMBAB

Oleh Dikianur Alvianto

10.1 Inovasi Teknologi Pangan untuk Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan khususnya untuk daerah dengan ciri khas tropikal lembab seperti di Kalimantan adalah solusi penting untuk mengatasi tantangan pangan yang semakin mendesak. Para petani dan pemangku kepentingan lainnya di Kalimantan berinovasi untuk membangun sistem pertanian yang ramah lingkungan dan efektif di tengah perubahan iklim dan peningkatan kebutuhan pangan (Alamsyah, 2024).

Dengan munculnya inovasi teknologi yang semakin canggih, tahun 2025 diprediksi akan menjadi tahun penting bagi pertanian modern. Teknologi pertanian presisi, *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan bioteknologi telah mengubah cara petani mengelola dan menghasilkan makanan mereka. Transformasi ini juga didukung oleh banyak startup kreatif. Teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara real-time (kelembapan tanah, suhu, dan kadar nutrisi). Data ini dapat digunakan untuk membantu petani mengatur sistem irigasi dan pemupukan dengan benar. Teknologi ini menghemat sumber daya seperti air dan pupuk (Analisis, 2025).

Salah satu inovasi yang dilakukan pada bidang pertanian yaitu *smart farming* yang melibatkan berbagai disiplin ilmu agar semua kegiatan dapat berjalan secara otomatis dari hulu hingga hilir agar produktivitas meningkat. Petani mendapat manfaat besar dari inovasi ketahanan pangan yang dikenal sebagai pertanian pintar. Inovasi ini merupakan metode pertanian yang melacak dan memonitor secara *real time* kondisi cuaca, suhu, keasaman, curah hujan, dan kelembapan di area pertanian. Petani dapat menggunakan gagasan pertanian pintar untuk menentukan tingkat kesuburan tanah mereka dan jenis tanaman mana yang cocok untuk ditanam sehingga mereka tidak merusak unsur hara tanah, serta mengubah bibit untuk meningkatkan produktivitas dan menakar kebutuhan pupuk secara tepat (Pulungan, 2023).

Dengan demikian, gagasan pertanian pintar meningkatkan efisiensi pengeluaran petani. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *drone* dapat digunakan untuk mengirimkan air dan pupuk serta mengidentifikasi kapan tanaman memerlukan air secara efektif dan hemat. Untuk memastikan bahwa hasilnya tepat guna dan sesuai dengan tujuan, uji coba berulang diperlukan.

Penduduk dunia yang semakin banyak setiap tahunnya juga meningkatkan permintaan produksi pangan. Kecerdasan buatan (AI) digunakan dalam upaya optimalisasi sumber daya dan peningkatan produktivitas sangat penting dalam lingkungan yang memiliki ketegangan rantai pasok dan perubahan cuaca yang tidak menentu. Penggunaan AI dalam sektor pertanian banyak digunakan pada manajemen dan prediksi tanaman termasuk hama dan penyakit sehingga sangat menjanjikan untuk digunakan di masa yang akan datang (Oliveira & Silva, 2023).

Kecerdasan buatan sudah banyak digunakan dalam sektor pertanian salah satunya yaitu studi yang dilakukan oleh Jafar *et al.* (2024) menggunakan AI dan IOT dalam mendeteksi dan menganalisa penyakit daun tanaman. Deteksi ini menggunakan model *machine learning* (ML) dan *deep understanding* (DL). Salah satu inovasi penggabungan metode cerdas untuk masa depan yaitu penggunaan pesawat nirawak pintar (*smart drone*). Metode ini digunakan untuk mendeteksi dan memantau berbagai penyakit tanaman yang ada dilapangan sehingga membantu petani maupun praktisi dalam kegiatan survey strategi deteksi penyakit tanaman.

Studi lain yang dilakukan oleh Bleasdale & Whyatt (2025) untuk deteksi dini penyakit kudis apel dengan menggabungkan model *convolutional neural networks* (CNN) dengan menggunakan *novel multispectral* (RGB-NIR). Metode ini berhasil menunjukkan klasifikasi untuk membedakan apel yang sehat dan apel yang terinfeksi penyakit dibandingkan metode manual yang cenderung mahal dan penggunaan pestisida. Penyempurnaan metode ini diharapkan mampu diterapkan pada kebun sehingga memberikan informasi yang lebih baik dalam keputusan penyemprotan sehingga mengurangi epidemi penyakit, penggunaan pestisida, dan kerugian hasil panen. Metode ini menggunakan biaya yang rendah sehingga berpotensi menghasilkan manfaat lingkungan dan ekonomi yang lebih luas.

Pengembangan varietas tanaman unggul merupakan bagian penting dari keberhasilan pertanian modern, yang menunjukkan betapa pentingnya pengembangan varietas tanaman unggul untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat di seluruh dunia. Pengembangan varietas tanaman yang lebih tahan, produktif, dan berkualitas sangat

penting untuk mengatasi masalah seperti perubahan iklim, tekanan pada sumber daya alam, dan serangan penyakit dan hama. Dalam proses ini, berbagai teknik pemuliaan tanaman digunakan, seperti persilangan selektif, seleksi genetik, dan pemuliaan molekuler, untuk menghasilkan tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti hasil panen yang tinggi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menentu.

Meskipun demikian, pengembangan varietas tanaman unggul menghadapi banyak masalah, seperti waktu dan biaya yang tinggi, serta masalah hukum dan etika terkait penggunaan bioteknologi. Keamanan pangan, hak kekayaan intelektual, dan konsekuensi lingkungan adalah beberapa masalah ini. Namun, pertanian modern dapat memenuhi kebutuhan pangan global secara berkelanjutan dengan meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan dengan terus berinovasi dan mengatasi tantangan ini dengan penuh harapan yang pasti demi kehidupan masyarakat.

Studi yang dilakukan oleh Herdiyanti *et al.* (2021) untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) pada berbagai interval irigasi. Studi ini membandingkan respons dan produksi enam varietas padi terhadap berbagai interval irigasi. Menurut hasil penelitian, interval irigasi yang lebih lama secara signifikan mengurangi pertumbuhan dan hasil padi. INPAGO 11 memiliki efisiensi penggunaan air terendah, sementara IPB 3S memiliki yang tertinggi.

Studi lain yang dilakukan oleh Koesrini *et al.* (2017) Penelitian ini mengevaluasi adaptasi dan kesesuaian varietas Inpara di lahan rawa pasang surut dengan tipe luapan air B pada musim kemarau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas Inpara 3, 4, 6, 8, dan 9 memiliki hasil gabah 3.475 -

4.299 ton per hektar dan memiliki adaptasi yang baik di rawa pasang surut. Varietas ini dapat digunakan sebagai varietas utama di rawa pasang surut.

Perlindungan varietas tanaman sebagai salah satu cara menjaga hak ekonomi pemulia tanaman untuk ketahanan pangan nasional juga wajib dilakukan agar proses dapat terus berjalan secara signifikan. Studi yang dilakukan Hadi Purwandoko & Imanullah (2013) membahas tentang manfaat perundang-undangan dalam melindungi hak ekonomi pemulia varietas tanaman yang menghasilkan bibit tanaman pangan berkualitas tinggi. Studi ini menunjukkan bahwa meskipun Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan varietas unggul, masyarakat dan lembaga terkait masih kurang pengetahuan tentang perlindungan varietas tanaman. Hak ekonomi para pemulia tanaman belum sepenuhnya dilindungi oleh perundang-undangan saat ini.

Inovasi lain yang dilakukan oleh Muchlisyyah *et al.* (2023) membahas metode yang digunakan untuk memproses beras *parboiled*, termasuk perendaman, pengukusan, dan pengeringan. Metode ini meningkatkan hasil penggilingan dan mengurangi kerusakan beras, tetapi membutuhkan banyak energi dan menyebabkan limbah. Dalam studi ini, *green technology* dibahas untuk mengurangi dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi produksi, dan menjaga kualitas beras. Beberapa manfaat nutrisi pada beras *parboiled* seperti kontrol glikemik yang lebih baik dan lebih banyak vitamin serta mineral. Artikel ini menyimpulkan dengan melihat ke depan tentang bagaimana mengimbangi intensitas proses dengan berbagai manfaat beras *parboiled*.

10.2 Teknologi Pascapanen untuk Peningkatan Nilai Tambah

Pascapanen merupakan masalah terbesar bagi petani untuk menjaga agar hasil panen tetap segar dan tahan lama. Jika hasil panen disimpan dengan cara yang salah, mereka bisa cepat rusak atau kehilangan kualitasnya. Teknik penyimpanan yang baik juga dapat meningkatkan keuntungan petani dan mengurangi pemborosan makanan. Dengan kemajuan teknologi, ada banyak cara untuk memastikan kualitas hasil panen tetap baik.

Penyimpanan dalam suhu dingin, pengeringan, pengasapan, pengalengan, penyimpanan dalam wadah hampa udara, fermentasi, penggunaan pengawet *alami*, penyimpanan dalam atmosfer terkendali, penyimpanan dalam pasir atau abu, dan pembekuan adalah beberapa teknik yang disebutkan. Masing-masing teknik memiliki kelebihan dalam hal mempertahankan kualitas hasil panen, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan keuntungan petani. Petani dapat memastikan bahwa hasil panen tetap segar dan bernilai tinggi untuk dikonsumsi dan dijual dengan menggunakan teknik-teknik yang sesuai (Jurnal, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang & Xiao (2023) mengeksplorasi berbagai teknologi baru untuk pengawetan, pemrosesan, dan deteksi makanan segar selama penyimpanan dan transportasi. Teknologi yang dibahas mencakup penggunaan minyak esensial tanaman, air kaya hidrogen, dan air elektrolisis asam ringan. Tujuan utamanya adalah mengurangi kerusakan mikroba dan memperpanjang umur simpan produk segar tanpa mengorbankan kualitas nutrisi dan sensorik. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya mengembangkan metode yang aman dan ramah lingkungan untuk mendukung keberlanjutan dalam industri

makanan. Dengan penggunaan teknologi-teknologi ini, diharapkan makanan segar dapat dipertahankan kualitasnya lebih lama selama penyimpanan dan transportasi.

Studi yang dilakukan Munandar & Sumiati (2017) dengan metode pohon keputusan untuk mengklasifikasikan pola tanam berdasarkan klasifikasi iklim regional. Studi ini menekankan bahwa, meskipun fokus utamanya adalah menentukan pola tanam yang ideal, memahami pola curah hujan bulanan di setiap wilayah sangat penting untuk mengoptimalkan produksi pertanian. Untuk memperpanjang umur penyimpanan hasil panen di iklim tropis yang lembab, pemahaman ini dapat membantu dalam merencanakan strategi penyimpanan yang tepat.

Studi lain oleh Septianingrum & Kusbiantoro (2015) yang membahas proses penyimpanan dalam mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan gabah atau beras. Faktor fisik, seperti suhu dan kelembaban, faktor kimia, seperti kadar air dan oksidasi, faktor fisiologis, seperti respirasi dan transpirasi, dan faktor biologis, seperti serangan hama dan tikus, dapat memengaruhi penyimpanan. Penggunaan kemasan kedap udara (*hermetic*), pengendalian kadar air, dan pengemasan dengan atmosfer termodifikasi (MAP) adalah teknik penyimpanan yang baik untuk menjaga kualitas. Dengan mengurangi kerusakan fisik, kimia, dan biologis selama penyimpanan, metode ini membantu menjaga kualitas gabah atau beras, sehingga tetap memiliki cita rasa dan mutu tinggi serta umur simpan yang lama.

Studi lain yang dilakukan oleh Crépon *et al.* (2023) pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT), *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS), dan *Hyperspectral Imaging* (HSI) dapat digunakan untuk meningkatkan pemantauan dan deteksi hama dalam hal penyimpanan dan penanganan biji-bijian.

Perangkat terhubung yang dapat mendeteksi dan menghitung jumlah serangga secara otomatis dimungkinkan oleh *Internet of Things*. Secara non-destruktif, NIRS dan HSI menemukan dan mengukur serangga hidup pada gandum, mengurangi kesalahan sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mendeteksi infestasi serangga lebih awal dan dengan lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Ini dapat membantu mengurangi penggunaan insektisida dan meningkatkan manajemen hama secara keseluruhan.

Inovasi lain pada studi yang dilakukan Chen *et al.* (2017) membahas solusi terpadu perangkat lunak dan perangkat keras untuk meningkatkan keuntungan petani kecil India dan mengurangi pembusukan hasil panen. Perangkat lunaknya adalah sistem peramalan harga produk pertanian yang menggunakan pembelajaran mesin, dan solusi perangkat kerasnya adalah lemari es hemat biaya bertenaga surya. Metode ini berguna di wilayah tropis yang lembab seperti Indonesia, di mana ketersediaan penyimpanan dingin yang stabil dapat memperpanjang umur penyimpanan hasil pertanian.

Teknik pengeringan yang dapat memperlambat penyebaran mikroorganisme pembusuk pada hasil pertanian, terutama komoditas hortikultura musiman terdapat berbagai macam metode. Beberapa jenis pengering yang dibahas termasuk pengering putar drum, pengering rak model Teta'17, pengering tray, dan pengering tenaga surya kabinet. Limbah kayu, listrik, gas LPG, dan panas bumi adalah beberapa sumber panas yang digunakan. Petani di Kalimantan Timur yang menghadapi masalah dalam memperpanjang masa simpan hasil panen mereka relevan dengan penelitian ini (Sirait *et al.*, 2021).

Penanganan dan penyimpanan komoditas hortikultura yang tepat untuk mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan. Penggunaan kemasan yang tepat dan pengendalian suhu selama penyimpanan adalah teknologi yang dibahas. Meskipun penelitian ini tidak dilakukan secara khusus di Kalimantan, gagasan yang diuraikan dapat diterapkan pada pertanian di Kalimantan untuk mengurangi kerugian pascapanen dan meningkatkan nilai jual produk hortikultura (Fathnur *et al.*, 2024).

Pengembangan bahan dan teknik pengemasan yang mendukung keberlanjutan lingkungan juga diperlukan dalam proses pasca panen. Salah satunya pengembangan kemasan *biodegradable* yang mudah terurai dibandingkan kemasan konvensional. Bahan alternatif digunakan untuk mengurangi emisi karbon dan limbah plastik, seperti bioplastik, kertas daur ulang, dan bahan daur ulang lainnya. Disebutkan juga bahwa inovasi dalam desain kemasan dan efisiensi proses produksi adalah komponen penting dalam meningkatkan keberlanjutan industri (Ropikoh *et al.*, 2024; Sarlin, 2024).

Teknologi pengolahan untuk produk pangan lokal seperti kelapa sawit, kakao, ikan, dll. Dengan menggunakan limbah kulit kakao yang difermentasi sebagai pakan ternak, studi yang dilakukan oleh Haetami *et al.* (2025) menunjukkan bahwa teknologi fermentasi dapat meningkatkan nilai tambah limbah pertanian.

Buku yang ditulis oleh Purnomo *et al.* (2024) membahas studi pengembangan teknologi pengolahan untuk produk lokal seperti kedelai, ikan, kelapa sawit, singkong, dan sebagainya. Dalam buku ini, menyelidiki teknologi pengolahan yang berbeda, termasuk pengolahan primer dan produk olahan siap konsumsi, serta bahan yang bernilai tambah tinggi. Pemetaan riset menunjukkan bahwa

meningkatkan nilai tambah dan ketahanan pangan nasional adalah tujuan dari pengembangan teknologi pengolahan komoditas tersebut.

Ketahanan pangan mencakup empat dimensi yaitu ketersediaan pangan, stabilitas, aksesibilitas, dan penggunaan. Jumlah dan kualitas makanan yang cukup, baik dari produksi domestik maupun impor, disebut ketersediaan makanan. Stabilitas pasokan pangan menjamin ketersediaan barang sepanjang waktu. Akses pangan berarti setiap orang memiliki kemampuan untuk mendapatkan makanan secara fisik (di mana makanan tersedia di wilayahnya) dan ekonomi. Memanfaatkan sumber daya lokal, memenuhi standar keamanan pangan, dan memenuhi kebutuhan gizi dipenuhi dengan penggunaan makanan. Keamanan pangan mencakup aspek fisik dan konsistensi dengan prinsip agama atau kepercayaan, seperti halal.

10.3 Tantangan dalam Implementasi Teknologi Pangan di Daerah Tropikal Lembab

Tantangan dalam implememntasi teknologi pangan di daerah tropikal lembab terdapat beberapa faktor :

a. Kondisi Iklim Tropikal Lembab

Kondisi iklim tropikal lembab menghadirkan tantangan besar dalam adaptasi teknologi karena kelembapan yang tinggi dan variabilitas cuaca yang sering berubah. Teknologi penyimpanan dan pengolahan modern harus mampu menahan kondisi lembap, yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan bakteri yang lebih cepat dan menurunkan kualitas hasil pertanian. Karena variabilitas cuaca yang tinggi, teknologi harus dapat beradaptasi dengan perubahan cepat dalam suhu dan

kelembapan untuk menjaga kualitas hasil pertanian selama penyimpanan.

Studi yang dilakukan Binarti & Koerniawan (2023) meneliti bagaimana desain arsitektur dapat disesuaikan untuk meningkatkan kenyamanan termal di ruang luar dalam iklim tropis yang lembab. Studi ini menyoroti betapa pentingnya perancangan yang memperhitungkan sirkulasi udara dan penggunaan material yang tepat untuk mengatasi masalah iklim panas dan lembab.

b. Keterbatasan Infrastruktur

Teknologi pangan modern menjadi tantangan besar bagi daerah tropical lembab. Hal ini disebabkan oleh hambatan dalam pengembangan infrastruktur yang memadai. Banyak tempat tidak memiliki fasilitas penyimpanan yang memadai, seperti gudang berpendingin, sistem ventilasi yang baik, dan teknologi pengemasan canggih. Selama penyimpanan, kualitas dan hasil pertanian berkurang karena keterbatasan ini. Akses transportasi yang buruk juga memperpanjang waktu penyimpanan, mempersingkat distribusi hasil pertanian, dan meningkatkan risiko kerusakan.

Studi yang dilakukan oleh Kurniawan (2020) tentang kekurangan dalam infrastruktur penunjang pertanian, seperti transportasi dan irigasi, yang menghalangi pertumbuhan pertanian di Indonesia, membuat studi ini menekankan bahwa pengembangan infrastruktur yang memadai diperlukan untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

c. Pembiayaan dan Investasi

Masalah besar dalam proses pembiayaan terutama dana untuk penelitian dan pengembangan teknologi. Sementara banyak petani dan bisnis kecil tidak memiliki

akses yang cukup ke teknologi penyimpanan dan pengolahan yang canggih, investasi dalam teknologi ini memerlukan biaya yang tinggi. Selain itu, kurangnya dukungan pemerintah dan lembaga keuangan membatasi inovasi dan adopsi teknologi baru. Jika tidak ada investasi yang memadai, akan sulit untuk meningkatkan umur simpan dan kualitas hasil pertanian di wilayah tropikal yang lembab.

Studi ini dilakukan oleh Hafidz *et al.* (2024) tentang bioteknologi finansial (*FinTech*) membantu perkembangan investasi syariah di Indonesia. Penelitian ini menekankan bahwa inovasi produk keuangan dan masalah regulasi merupakan faktor penting dalam mendorong pertumbuhan *FinTech* syariah, yang dapat menawarkan solusi untuk masalah pembiayaan untuk penelitian dan pengembangan teknologi.

10.4 Peluang di Masa Depan untuk Pertanian Tropikal Lembab

Peluang masa depan untuk pertanian tropikal lembab terbagi menjadi 3 sektor yaitu :

a. Pasar Lokal dan Ekspor

Produk makanan Kalimantan memiliki potensi besar untuk pasar lokal maupun internasional. Di pasar lokal, produk ini dapat memenuhi kebutuhan makanan masyarakat setempat serta mendukung keberlanjutan pertanian lokal. Di pasar internasional, produk makanan Kalimantan yang unik dan berkualitas tinggi dapat menarik minat pembeli dari luar negeri, meningkatkan pendapatan petani, dan mendorong perekonomian daerah. Diversifikasi produk dan peningkatan standar

kualitas produk memiliki potensi yang signifikan. Studi Sukmayana (2023) mengidentifikasi peluang ekspor dan tantangan pengusaha dalam memasarkan produk kehutanan di pasar internasional, termasuk produk kehutanan dari Kalimantan.

b. Kerjasama Internasional dan Penelitian

Pengembangan teknologi dan penelitian di bidang pangan memiliki banyak keuntungan. Kalimantan memiliki kesempatan untuk mengadopsi teknologi dan praktik terbaik dari negara lain untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian. Selain itu, kolaborasi internasional dapat membantu dalam penelitian untuk menemukan solusi kreatif untuk masalah pertanian seperti hama dan perubahan iklim. Oleh karena itu, kerjasama ini sangat penting untuk kemajuan di bidang pertanian Kalimantan. Studi Nugroho (2021) menekankan pentingnya kerja sama riset internasional yang setara dan adil. Ini juga menunjukkan bagaimana kerja sama dengan institusi global dapat mempercepat kemajuan teknologi dan penelitian di Indonesia, serta mengatasi tantangan yang perlu diatasi untuk mencapai kerja sama yang berkelanjutan.

c. Pengembangan Sumber Daya Manusia

Pendidikan dan pelatihan bagi petani dan pekerja sangat penting untuk meningkatkan keterampilan di bidang teknologi pangan. Dengan pengetahuan dan keterampilan yang lebih baik, petani dapat mengadopsi teknologi modern yang membantu mereka meningkatkan hasil panen dan kualitas produk. Pelatihan juga membantu petani dalam manajemen lahan, penggunaan pupuk dan pestisida yang tepat, serta penerapan teknik penyimpanan dan pengolahan yang efektif. Investasi dalam

pengembangan sumber daya manusia akan memberikan dampak positif jangka panjang bagi keberlanjutan pertanian di Kalimantan. Program pelatihan yang bertujuan untuk membantu petani muda memperoleh keterampilan yang diperlukan untuk mengadopsi teknologi sederhana dan tepat guna. Studi ini menunjukkan bahwa petani milenial dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian melalui pendidikan dan demonstrasi teknologi (Suherman *et al.*, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, F. 2024. *Inovasi Pertanian Berkelanjutan di Kalimantan: Menghadapi Tantangan Pangan*, *bestmedia.id*. Available at: <https://bestmedia.id/terkini/751/inovasi-pertanian-berkelanjutan-di-kalimantan-menghadapi-tantangan-pangan/>. Diakses Februari 2025
- Analisis. 2025. *Inovasi Teknologi dalam Pertanian: Menuju Ketahanan Pangan 2025*, *analisis.co*. Available at: <https://analisis.co.id/teknologi-dalam-pertanian-ketahanan-pangan-2025/>. Diakses Februari 2025
- Binarti, F. & Koerniawan, M.D. 2023. Kenyamanan termal ruang. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Bleasdale, A.J. & Whyatt, J.D. 2025. Classifying early apple scab infections in multispectral imagery using convolutional neural networks. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 15(1), 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.10.001>.
- Chen, G.H., Nowocin, K. & Marathe, N. 2017. Toward reducing crop spoilage and increasing small farmer profits in India: A simultaneous hardware and software solution. *ACM International Conference Proceeding Series*, Part F1320, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3136560.3136602>.

- Crépon, K., M., Bonduelle, F., Ammari, F., Faure, M., & Maudemain, S. 2023. Using Internet of Things (IoT), Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), and Hyperspectral Imaging (HSI) to Enhance Monitoring and Detection of Grain Pests in Storage and Handling Operators. *Agriculture*, 13(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/agriculture13071355>.
- Fathnur, Erif, L.O.M., & Larisu, M.A. 2024. Post-Harvest Quality Improvement Technology Horticulture Fresh Fruit. *Science and Education*, 3, 731–739.
- Hadi Purwandoko, P. & Imanullah, M.N. 2013. Perlindungan Variets Tanaman Sebagai Salah Satu Bentuk Perlindungan Hak Ekonomi Para Pemulia Tanaman Menuju Ketahanan Pangan Nasional. *Yustisia Jurnal Hukum*, 2(3). <https://doi.org/10.20961/yustisia.v2i3.10162>.
- Haetami, K., Abun, A., & Wawan, A. 2025. Pengolahan kulit kakau dengan kapang untuk pakan. 13(1), pp. 34–41.
- Hafidz, A., Shofar, A. N. A., Krisdinar, S. I., Choirunnisa, T., & Sarpini. 2024. Dampak Teknologi Finansial Terhadap Perkembangan Ekonomi Syariah Di Era Digital. *Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi dan Keuangan Syariah (JUPIEKES)*, 2(4), 156–169. <https://mandycmm.org/index.php/eabmij/article/view/672>.
- Herdiyanti, H., Sulistyono, E., & Purwono. 2021. Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Padi (*Oryza sativa* L.) pada Berbagai Interval Irigasi', *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 49(2), 129–135. <https://doi.org/10.24831/jai.v49i2.36558>.

- Jafar, A., Bibi, N., Naqvi, R. A., Sadeghi-Niaraki, A., & Jeong, D. 2024. Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers in Plant Science*, 15(March), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260>.
- Jurnal, R. 2020. *10 Teknik Penyimpanan Hasil Panen Tahan Lama*, *ruangjurnal.com*. <https://ruangjurnal.com/10-teknik-penyimpanan-hasil-panen-tahan-lama/>. Diakses Februari 2025
- Koesrini, Saleh, M., & Nurzakiah, D.S. 2017. Adaptabilitas Varietas Inpara di Lahan Rawa Pasang Surut Tipe Luapan Air B pada Musim Kemarau. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 45(2), 117. <https://doi.org/10.24831/jai.v45i2.13559>.
- Kurniawan, Y. 2020. Adaptation of the Era of Disruption in the Agricultural Sector to Realize the Welfare of Farmer Families. *Journal of Creativity Student*, 5(2), 187–208. <https://doi.org/10.15294/jcs.v7i2.38493>.
- Muchlisyyah, J., Shamsudin, R., Kadir Basha, R., Shukri, R., How, S., Niranjan, K., & Onwude, D. 2023. Parboiled Rice Processing Method, Rice Quality, Health Benefits, Environment, and Future Perspectives: A Review', *Agriculture*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture13071390>.
- Munandar, T.A. & Sumiati. 2017. The classification of cropping patterns based on regional climate classification using decision tree approach. *Journal of Computer Science*, 13(9), 408–415. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2017.408.415>.

- Nugroho, A.H. 2021. Menginisiasi Kerja Sama Riset Internasional yang Setara, Adil, dan Bermanfaat bagi Indonesia. *Journal of Politics and Democracy*, 1(1), 55–70. <https://doi.org/10.61183/polikrasi.v1i1.5>.
- Oliveira, R.C. de & Silva, R.D. de S. e. 2023. Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/app13137405>.
- Pulungan, E. 2023. Inovasi Ketahanan Pangan Berkelanjutan melalui Smart Farming, Energi Terbarukan dan Ekonomi Hijau', *TheJournalish: Social and Government*, 4(5), 364–370. <http://thejournalish.com/ojs/index.php/thejournalish/article/view/622>.
- Purnomo, E.H., Kusnandar, F., Syamsu, K., Darmawan, N., Pranata, A. W., & Suhaima, N. R. 2024. *Pengembangan Teknologi untuk Ketahanan Pangan Halal Indonesia, Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah (KNEKS)*. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.
- Ropikoh, S., Widjayanti, W., Idris, M., Nuh, G. M., & Fanani, M. Z. 2024. Perkembangan Teknologi Pengemasan dan Penyimpanan Produk Pangan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 6(1), 30–38. <https://doi.org/10.30997/jiph.v6i1.12668>.

- Sarlin. 2024. Sistematik Review : Kemasan Ramah Lingkungan dalam Mendukung Keberlanjutan Industri dan mengurangi dampak lingkungan Kemasan Ramah Lingkungan Kemasan Ramah Lingkungan. *Jurnal Sains dan Pendidikan Biologi*, 3(1), pp. 122–130.
- Septianingrum, E. & Kusbiantoro, B. 2015. Upaya Memperpanjang Umur Simpan (Shelf Life) Gabah atau Beras Melalui Pengendalian Terhadap Faktor-Faktor Penyimpanan dan Metode Penyimpanannya. in *Prosiding Temu Teknologi Padi 2015. Buku 1*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi)/BBSIP Padi, 335–346.
- Sirait, J., Prabowo, S., Rohmah, M., & Rahmadi, A. 2021. Teknologi Pengering Pertanian Untuk Memperpanjang Masa Simpan Farm Dryer Technology To Extend Shelf Life. *Jurnal Riset Industri*, 15(2), 428–437.
- Suherman, Zamzam, S., Taufiq, M., Nurbaya, N., Sarina, S., Sukmawati, S., Rahim, I., & Suwardoyo, U. 2023. Pelatihan Teknis Paket Teknologi Budidaya Pertanian untuk Meningkatkan Keterampilan Rekayasa Teknologi Sederhana Bagi Petani Milenial. *Jurnal SOLMA*, 12(3), 1003–1011. <https://doi.org/10.22236/solma.v12i3.12589>.
- Sukmayana, D. 2023. Analisis Potensi Pasar Global Bagi Produk Kehutanan: Peluang Dan Tantangan Bagi Pengusaha Bisnis Kayu Dan Hasil Hutan Lainnya. *Komitmen: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 4(2), 274–285. <https://doi.org/10.15575/jim.v4i2.30422>.

Zhang, M., & Xiao, H. 2023. Storage, and Preservation of Fresh Food. *Foods*, 12, 1–3. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/24/4402>.

BIODATA PENULIS



Panggulu Ahmad Ramadhani Utoro

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Surabaya tanggal 20 Mei 1992. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan Strata 1 dan Strata 2 pada Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya, serta pendidikan Profesi Insinyur pada Program Studi Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Ketertarikan terhadap rekayasa hasil pertanian, pengolahan pasca panen, dan biosistem sangat besar. Sehingga penulis sangat membuka lebar peluang untuk berkolaborasi di bidang tersebut, baik dalam bentuk penelitian atau karya tulis ilmiah. Saya berharap buku *Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab* ini dapat menjadi referensi utama bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam memahami serta mengembangkan teknologi pengolahan pangan berbasis hasil pertanian di wilayah tropis lembab. Semoga buku ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

BIODATA PENULIS



Lisa Fitri Rahayu

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Blitar tanggal 25 Oktober 1993. Penulis merupakan dosen pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Brawijaya (2012-2016) dan Strata 2 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya (2017-2020). Penulis tertarik pada bidang teknologi pengolahan pangan dan hasil pertanian, sehingga penulis membuka peluang untuk berkolaborasi di bidang tersebut. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas mengenai teknologi pangan berbasis hasil pertanian di wilayah tropika lembab. Dengan pemahaman yang lebih mendalam, diharapkan para pembaca, baik akademisi, praktisi, maupun masyarakat umum, dapat mengembangkan inovasi yang berkelanjutan dalam pengolahan dan pemanfaatan sumber daya pangan lokal.

BIODATA PENULIS



Nuzlul Musdalifah

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Palopo tanggal 28 April 1990. Penulis merupakan dosen pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin (2008-2012), dan pendidikan Strata 2 di Program Studi Teknologi Pascapanen, Fakultas Teknologi Pertanian IPB University (2013-2016). Penulis tertarik pada bidang teknologi pascapanen, sehingga penulis membuka peluang untuk berkolaborasi di bidang tersebut. Semoga buku **Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab** ini memberikan wawasan dan menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, akademisi, praktisi, maupun masyarakat umum, dalam memahami serta mengembangkan inovasi yang berkelanjutan dalam pengolahan dan pemanfaatan sumber daya pangan lokal khususnya di wilayah tropika lembab.

BIODATA PENULIS



Adhian Dini Khoirina

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Mojokerto tanggal 26 Mei 1994. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Brawijaya dan menyelesaikan pendidikan Strata 2 pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian pada kampus yang sama. Dilandasi dengan salah satu filosofi hidup “*Food is my passion*”, menginspirasi penulis untuk aktif berkolaborasi dalam bidang pengolahan pangan dan hasil pertanian untuk menghasilkan inovasi-inovasi berkaitan dengan bidang tersebut. Melalui buku ini, penulis berharap buku ini dapat menjadi kebermanfaatan bersama bagi seluruh masyarakat Indonesia dalam mengembangkan inovasi pengolahan pangan hasil pertanian tropika lembab.

BIODATA PENULIS



Taufikkilah Romadhon

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Banyuwangi pada tanggal 14 Januari 1997. Saat ini, penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Penulis memiliki riwayat pendidikan Strata 1 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, dan pendidikan Strata 2 di Program Studi Ilmu Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University. Penulis sangat tertarik terhadap bidang mikrobiologi pangan seperti mikrobiologi fermentasi, mikrobiologi keamanan pangan termasuk juga produksi senyawa antimikroba alami. Penulis berharap buku “Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab” ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengetahuan bagi para mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam bidang pengolahan hasil pertanian khususnya di wilayah tropika lembab.

BIODATA PENULIS



Nova Solina Purba

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Seorang *ekstrovert* yang suka bersosialisasi. Lahir di Pematang Siantar pada tahun 1991 dan menjadi Mahasiswa Strata 1 di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mulawarman pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan Strata 2 di *Department of Food Technology, Khon Kaen University, Thailand* dalam *International Program Food Safety and Quality Management System*. Diterima sebagai seorang dosen tetap pada tahun 2024 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Penulis bercita-cita mengabdikan diri dengan almamater melalui karya tulisan. Ketertarikan terhadap pangan dan gizi masyarakat, *food quality* dan *food safety*, pengembangan produk pangan. Sehingga penulis sangat membuka lebar peluang untuk berkolaborasi di bidang tersebut, baik dalam bentuk penelitian atau karya tulis ilmiah. Saya berharap buku *Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab* ini dapat menjadi referensi utama bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam memahami serta mengembangkan teknologi

pengolahan pangan berbasis hasil pertanian di wilayah tropis lembab. Semoga buku ini bermanfaat!

BIODATA PENULIS



Agustu Sholeh Pujokaroni

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Samarinda pada tanggal 25 Agustus 1988. Menyelesaikan pendidikan Strata 1 (2010) pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mulawarman; Strata 2 (2014) pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Gadjah Mada; dan Strata 3 (2020) pada Program *Applied Bioresource Sciences Major, Ehime University*. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penulis aktif menjadi anggota Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI). Penulis memiliki ketertarikan terhadap proses pengolahan pangan dan pengolahan limbah hasil pertanian sebagai sumber selulosa. Selain aktif mengajar, penulis juga aktif menjadi penulis dan reviewer pada jurnal terakreditasi. Penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara. Email penulis: agustusp.25@gmail.com

BIODATA PENULIS



Maghfirotn Marta Banin

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Lamongan pada 12 Maret 1993 dan saat ini berprofesi sebagai dosen di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Penulis memperoleh gelar sarjana di bidang Teknologi Hasil Perikanan dari Universitas Brawijaya dan melanjutkan studi magister di Universitas Gadjah Mada dengan fokus pada Ilmu dan Teknologi Pangan. Dalam bidang akademik dan penelitian, penulis aktif mengeksplorasi mikrobiologi hasil pertanian, teknologi fermentasi, serta aspek keamanan dan inovasi pangan berbasis sumber daya lokal. Melalui buku Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab, khususnya dalam Bab Penerapan Bioteknologi dalam Pengolahan Produk Pangan Tropika Lembab, penulis berharap dapat memberikan wawasan mengenai pemanfaatan mikroorganisme dan enzim dalam meningkatkan kualitas, nilai gizi, serta daya simpan produk pangan tropis. Buku ini diharapkan menjadi referensi bagi akademisi, pelaku industri, dan masyarakat dalam mengembangkan teknologi pangan berbasis bioteknologi

guna mendukung ketahanan pangan dan industri pangan berkelanjutan.

BIODATA PENULIS



Yulian Andriyani

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Samarinda tanggal 20 Juli 1987. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Mulawarman pada tahun 2010 dan melanjutkan studi Strata 2 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Gadjah Mada pada selesai pada tahun 2014. Penulis memiliki ketertarikan terhadap pengolahan dan rekayasa hasil pertanian sehingga penulis membuka peluang untuk berkolaborasi di bidang tersebut. Saat ini penulis aktif sebagai anggota Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dan juga sebagai anggota Puslit Halal Universitas Mulawarman. Saya berharap semoga buku *Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab* ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan, menjadi referensi utama bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam memahami serta mengembangkan teknologi pengolahan pangan berbasis hasil pertanian di wilayah tropis lembab.

BIODATA PENULIS



Dikianur Alvianto

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Tanah Grogot 01 Desember 1995. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan Strata 1 (2019) pada Program Studi Teknik Pertanian Minat Teknik Bioproses dan Strata 2 (2021) pada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Brawijaya. Penulis memiliki ketertarikan terhadap rekayasa biosistem dan biomaterial. Buku *Teknologi Pangan Hasil Pertanian Tropika Lembab* ini dapat menjadi sebuah catatan kecil dari sebuah mahakarya yang besar dari berbagai potensi khas daerah tropika lembab. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi seluruh masyarakat.