

TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN HERBAL

Astri Iga Siska, Eka Prasasti Nur Rachmani, Paini Sri Widyawati,
Dodi Darmakusuma, Anna Permatasari Kamarudin, Santi Dwi
Astuti, I Ketut Budaraga, Elmeizy Arafah, Elisa Julianti, Abd. Syukur
Lumbessy, Nurullia Febriati, Bambang Kunarto, Abdullah Mutis



TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN HERBAL

**Astri Iga Siska
Eka Prasasti Nur Rachmani
Paini Sri Widyawati
Dodi Darmakusuma
Anna Permatasari Kamarudin
Santi Dwi Astuti
I Ketut Budaraga
Elmeizy Arafah
Elisa Julianti
Abd. Syukur Lumbessy
Nurullia Febriati
Bambang Kunarto
Abdullah Mutis**



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN HERBAL

Penulis:

Astri Iga Siska

Eka Prasasti Nur Rachmani

Paini Sri Widyawati

Dodi Darmakusuma

Anna Permatasari Kamarudin

Santi Dwi Astuti

I Ketut Budaraga

Elmeizy Arafah

Elisa Julianti

Abd. Syukur Lumbessy

Nurullia Febriati

Bambang Kunarto

Abdullah Mutis

ISBN: 978-623-8722-60-0

Editor : Irma Eva Yani, SKM, M.Si

Penyunting : Kalasta Ayunda Putri, S.Tr.Kes, M.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak: Ipah Kurnia Putri S.St

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Nomor IKAPI 043/SBA/2023

Redaksi :

JL. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji

Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.HeiPublishing.id

Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Teknologi Pengolahan Pangan Herbal dapat diselesaikan.

Buku ini membahas tentang Pendahuluan: Definisi Dan Batasan Pengolahan Pangan Herbal, Klasifikasi, Struktur Kimia Dan Manfaat Bioaktif Herbal Bagi Kesehatan, Sumber-sumber Senyawa Bioaktif Herbal, Ekstraksi Senyawa Bioaktif Herbal, Faktor Penanganan Dan Manajemen Produk Segar Terhadap Senyawa Bioaktif Herbal, Faktor Pengolahan Minimal Sayuran, Faktor Proses Pengolahan Dengan Pemanasan, Faktor Proses Pengolahan Pemanasan Yang Terbaru, Faktor Proses Pengolahan Non Panas, Faktor-faktor Yang mempengaruhi Stabilitas, Stabilitas Selama Pengolahan Serealia, Stabilitas Bioaktif Herbal Selama Penyimpanan Produk, Makanan Dan Minuman Yang Difortifikasi Dengan Fitonutrien (Bioaktif Herbal).

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengaharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terutama seluruh penulis kolaborator yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur bagi semua kalangan yang mudah dipahami, dan bermanfaat terutama dalam rangka pembuatan produk pangan yang diminati oleh konsumen.

Padang, Oktober 2024

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENDAHULUAN: DEFINISI DAN BATASAN	
PENGOLAHAN PANGAN HERBAL.....	1
1.1 Sejarah dan Perkembangan.....	1
1.2 Definisi.....	2
1.3 Batasan	3
1.4 Manfaat	7
1.5 Tantangan dan Peluang.....	8
DAFTAR PUSTAKA.....	10
BAB 2 KLASIFIKASI, STRUKTUR KIMIA DAN MANFAAT	
BIOAKTIF HERBAL BAGI KESEHATAN.....	11
2.1 Pendahuluan.....	11
2.2 Klasifikasi, Struktur Kimia dan Manfaat Senyawa	
Bioaktif bagi Kesehatan.....	12
DAFTAR PUSTAKA.....	30
BAB 3 SUMBER-SUMBER SENYAWA BIOAKTIF HERBAL.....	33
3.1 Pendahuluan.....	33
3.2 Konsep Teoritis Senyawa Bioaktif.....	33
3.3 Sumber-Sumber Senyawa Bioaktif Herbal	34
DAFTAR PUSTAKA.....	46
BAB 4 EKSTRAKSI SENYAWA BIOAKTIF HERBAL.....	51
4.1 Senyawa Bioaktif dan Ekstrak Herbal.....	51
4.2 Ekstrak Herbal Dalam Fortifikasi Pangan.....	52
4.3 Metode Ekstraksi Herbal	53
4.3.1 Metode ekstraksi Pelarut	54
4.3.2 Metode destilasi.....	54
4.3.3 Metode ekstraksi pengepresan	55
4.4 Teknik Ekstraksi Tradisional	56
4.4.1 Maserasi	56
4.4.2 Infus	56
4.4.3 Dekoksi/Rebusan.....	56
4.4.4 Digasting/Pencernaan.....	57
4.4.5 Perkolasi.....	57

4.4.6 Tinctur (<i>Tincture</i>).....	58
4.4.7 Refluks.....	59
4.4.8 Soxhletasi.....	59
4.4.9 Destilasi.....	60
4.4.10 Pengepresan.....	60
4.5 Teknik Ekstraksi Modern.....	62
4.5.1 Ekstraksi dengan Bantuan Ultrasonik (<i>Ultrasonic-Assisted Extraction, UAE</i>).....	62
4.5.2 Ekstraksi dengan Bantuan Gelombang Mikro (<i>Microwave-Assisted Extraction, MAE</i>).....	63
4.5.3 Ekstraksi Cairan Bertekanan (<i>Pressurized Liquid Extraction, PLE</i>)	64
4.5.4 Ekstraksi Cairan Super kritis (<i>Supercritical Fluid Extraction, SFE</i>).....	65
4.6 Efektifitas Ekstraksi	66
4.7 Pemilihan Teknik Ekstraksi Herbal.....	67
4.7.1 Maserasi.....	68
4.7.2 Infusa/infuse	69
4.7.3 Dekoksi	71
4.8 Pelarut dan Pemilihan Pelarut	72
4.9 Evaporasi Pelarut.....	73
4.9.1 Vacuum roraty evaporator	74
4.9.2 Drying vacuum evaporation	76
4.10 Kontrol kualitas ekstrak.....	77
4.10.1 <i>Fingerprint</i> Ekstrak dengan Metode TLC	77
4.10.2 <i>Fingerprint</i> Ekstrak dengan Metode HPLC.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79
BAB 5 FAKTOR PENANGANAN DAN MANAJEMEN PRODUK SEGAR TERHADAP SENYAWA BIOAKTIF HERBAL.....	83
5.1 Pendahuluan.....	83
5.2 Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Bahan Baku Secara Kimia dan Fisik.....	84
5.3 Sarana dan Prasarana.....	87
5.4 Penanganan Bahan Baku.....	89
5.5 Pengolahan Simplisia	92
5.6 Senyawa Aktif.....	96
5.7 Peluang dan Tantangan Herbal	103

5.8 Kesimpulan	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105
BAB 6 FAKTOR PENGOLAHAN MINIMAL SAYURAN.....	107
6.1 Pendahuluan.....	107
6.2 Sortasi dan Grading.....	109
6.3 Pencucian dan Sanitasi	111
6.4 Pengecilan ukuran.....	113
6.5 Pendinginan Cepat	114
6.6 Pengemasan Atmosfer Termodifikasi (MAP)	116
DAFTAR PUSTAKA.....	119
BAB 7 FAKTOR PROSES PENGOLAHAN DENGAN PEMANASAN.....	121
7.1 Pendahuluan.....	121
7.2 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Air dan Uap Air	122
7.3 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Minyak Goreng.....	129
7.4 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Pemanggangan.....	131
7.5 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Energi Radiasi.....	135
7.6 Manfaat Pemanasan pada Proses Pengolahan Bahan Makanan.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	141
BAB 8 FAKTOR PROSES PENGOLAHAN PEMANASAN YANG TERBARU.....	143
8.1 Pendahuluan.....	143
8.2 Waktu dan Suhu Pemanasan dalam Pengolahan Pangan Herbal	144
8.2.1 Waktu Pemanasan.....	144
8.2.2 Suhu Pemanasan.....	144
8.2.3 Pengendalian Waktu dan Suhu	144
8.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pangan Herbal	145
8.3.1 Sifat Fisik.....	145
8.3.2 Sifat Kimia	145
8.3.3 Pengaruh Pemanasan pada Sifat Fisik dan Kimia ...	146
8.4 Teknologi Terbaru dalam Pemrosesan Pangan Herbal .	147

8.4.1 <i>Ohmic Heating</i>	147
8.4.2 <i>Microwave Heating</i>	149
8.4.3 <i>Pulsed Electric Fields (PEF)</i>	151
8.4.4 <i>Induction Heating</i>	153
8.4.5 <i>Hybrid Heating Systems</i>	153
8.4.6 <i>Nanoheating</i>	154
8.4.7 <i>Intelligent Heating Systems</i>	154
8.4.8 <i>Ultrasonic-Assisted Heating</i>	154
8.4.9 <i>Radio Frequency (RF) Heating</i>	155
8.5 Rangkuman	155
DAFTAR PUSTAKA.....	156
BAB 9 FAKTOR PROSES PENGOLAHAN NON PANAS.....	161
9.1 Pendahuluan.....	161
9.2 Proses Pengolahan Non Panas.....	162
9.2.1 Teknologi Ozonisasi	163
9.2.2 Iradiasi	164
9.2.3 Pengolahan dengan Tekanan Tinggi	165
9.2.4 Teknologi Ultrasonik.....	167
9.2.5 Pengolahan dengan Medan Listrik Berdenyut (<i>Pulsed Electrical Field/PEF</i>).....	169
9.2.6 <i>Cold Plasma</i>	171
9.3 Penutup.....	173
DAFTAR PUSTAKA.....	174
BAB 10 STABILITAS SELAMA PENGOLAHAN SEREALIA.....	183
10.1 Serealia.....	183
10.2 Sifat – sifat fisik Serealia yang mempengaruhi stabilitas.	186
10.3 Reaksi – Reaksi yang Mempengaruhi Stabilitas Serealia	187
10.4 Metode Pengolahan untuk Meningkatkan Stabilitas Serealia	188
10.5 Pengujian dan Analisis Stabilitas Serealia.....	190
10.6 Studi Kasus Stabilitas Pengolahan Serealia	191
10.7 Tantangan dan Peluang dalam Menjaga Stabilitas serealia	201
DAFTAR PUSTAKA.....	203



BAB 11 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI STABILITAS	205
11.1 Latar belakang	205
11.2 Stabilitas Pangan Herbal	206
11.2.1 Pengertian Stabilitas.....	206
11.2.2 Pentingnya Stabilitas dalam Produk	207
11.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi Stabilitas Pangan Herbal	208
11.3.1 Faktor Internal	208
11.3.2 Faktor Ekternal.....	211
11.4 Strategi Peningkatan Produk Pangan Herbal	216
DAFTAR PUSTAKA.....	219
BAB 12 STABILITAS SENYAWA BIOAKTIF HERBAL SELAMA PENYIMPANAN.....	221
12.1 Pendahuluan	221
12.2 Suhu dan Waktu Penyimpanan	222
12.3 Kondisi Kelembaban Relatif (RH) Penyimpanan	224
12.4 Paparan Cahaya Selama Penyimpanan.....	224
12.5 Oksigen dalam penyimpanan.....	226
12.6 Mekanisme Degradasi senyawa bioaktif selama penyimpanan.....	227
12.6.1 Degradasi senyawa resveratrol.....	227
12.6.2 Degradasi senyawa antosianin.....	228
12.6.3 Degradasi senyawa kurkumin	230
12.6.4 Degradasi Likopen	230
12.7 Enkapsulasi senyawa bioaktif	231
DAFTAR PUSTAKA.....	234
BAB 13 MAKANAN DAN MINUMAN YANG DIFORTIFIKASI DENGAN FITONUTRIEN (BIOAKTIF HERBAL).....	237
13.1 Fitonutrien dan Senyawa Bioaktif Herbal	237
13.1.1 Definisi Fitonutrien dan Senyawa Bioaktif Herbal ...	237
13.1.3 Manfaat umum fitonutrien bagi Kesehatan	238
13.2 Jenis-jenis Fitonutrien yang umum digunakan.....	239
13.2.1 Polifenol.....	239
13.2.2 Flavonoid	241
13.2.3 Karotenoid.....	241

13.2.4 Glukosinolat.....	242
13.3 Sumber Alami Fitonutrien.....	244
13.3.1 Buah-buahan.....	244
13.3.2 Sayuran	245
13.3.3 Rempah-rempah dan Herbal.....	246
13.3.4 Biji-bijian dan Kacang-kacangan.....	247
13.4 Proses Fortifikasi Makanan dan Minuman.....	248
13.4.1 Teknologi dan Metode Fortifikasi	248
13.4.2 Tantangan dalam Fortifikasi.....	249
13.4.3 Fortifikasi Pangan Dengan Fitonutrien Bioaktif Herbal	249
13.5 Manfaat Kesehatan makanan dan minuman yang di fortifikasi fitonutrien	251
13.5.1 Peningkatan system imun.....	251
13.5.2 Antioksidan dan anti-inflamasi	252
13.5.3 Pencegahan penyakit kronis	252
13.5.4 Peningkatan Kesehatan pencernaan.....	253
13.6 Peraturan dan Standar Keamanan.....	253
13.6.1 Regulasi global dan nasional tentang fortifikasi fitonutrien	253
13.6.2 Standar keamanan pangan dalam proses fortifikasi.....	254
13.6.3 Labeling dan klaim kesehatan pada produk.....	255
13.7 Tantangan dan Prospek Masa Depan.....	256
13.7.1 Hambatan dalam produksi dan pemasaran.....	256
13.7.2 Inovasi dan tren masa depan	257
13.7.3 Prospek pasar dan penerimaan konsumen.....	257
13.8 Kesimpulan.....	258
DAFTAR PUSTAKA.....	259

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur kimia piperidin.....	13
Gambar 2.2. Struktur kimia kafein	13
Gambar 2.3. Struktur kimia teofilin.....	13
Gambar 2.4. Struktur kimia teobromin.....	14
Gambar 2.5. Struktur kimia nikotin.....	14
Gambar 2.6. Struktur kimia atropin	15
Gambar 2.7. Struktur kimia efedrin	15
Gambar 2.8. Struktur kimia apigenin	16
Gambar 2.9. Struktur kimia luteolin	16
Gambar 2.10. Struktur kimia quercetin.....	17
Gambar 2.11. Struktur kimia kaemferol	17
Gambar 2.12. Struktur kimia naringenin.....	18
Gambar 2.13. Struktur kimia hesperidin.....	18
Gambar 2.14. Struktur kimia katekin	19
Gambar 2.15. Struktur kimia genistein.....	19
Gambar 2.16. Struktur kimia daidzein	19
Gambar 2.17. Struktur kimia antosianin	20
Gambar 2.18. Struktur kimia sianidin	20
Gambar 2.19. Struktur kimia delfinidin.....	21
Gambar 2.20. Struktur kimia isopren.....	21
Gambar 2.21. Struktur kimia limonen.....	22
Gambar 2.22. Struktur kimia pinen	22
Gambar 2.23. Struktur kimia kariofilen	22
Gambar 2.24. Struktur kimia zingiberen	22
Gambar 2.25. Struktur kimia retinol.....	23
Gambar 2.26. Struktur kimia andrografolid	23
Gambar 2.27. Struktur kimia farnesol.....	24
Gambar 2.28. Struktur kimia squalen	24
Gambar 2.29. Struktur kimia ginsenoside.....	24
Gambar 2.30. Struktur kimia karotenoid.....	25
Gambar 2.31. Struktur kimia likopen	25
Gambar 2.32. Struktur kimia saponin tipe steroid	26
Gambar 2.33. Struktur kimia saponin tipe triterpenoid.....	26
Gambar 2.34. Struktur dasar asam fenolik	28
Gambar 2.35. Struktur asam fenolat	28

Gambar 3.1. Klasifikasi senyawa tannin berdasarkan strukturnya.....	36
Gambar 3.2. Struktur Asam Fenolik dalam Tanaman Herbal	38
Gambar 3.3. Struktur dasar senyawa flavonoid.....	40
Gambar 3.4. Struktur beberapa senyawa fitosterol pada tanaman.....	42
Gambar 3.5. Struktur kimia saponin (1) triterpenoid dan (2) steroid.....	43
Gambar 4.1. Peralatan Ultrasonic-Assisted Extraction	63
Gambar 4.2. Microwave-Assisted Extraction.....	64
Gambar 4.3. Peralatan Pressurized Liquid Extraction.....	65
Gambar 4.4. Supercritical Fluid Extraction	66
Gambar 4.5. Rotary Evaporator.....	75
Gambar 5.1. Proses Pasca Panen Herbal.....	90
Gambar 5.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas simplisia selama penyimpanan	91
Gambar 5.3. Proses Sortasi Basah.....	93
Gambar 5.4. Kayu Secang setelah Sortasi Basah.....	94
Gambar 5.5. Bak-bak pencucian.....	95
Gambar 5.6. Rak-Rak Penirisan	95
Gambar 5.7. Pengecilan Ukuran pada Kayu Secang	96
Gambar 5.8. SOP penyortiran awal	103
Gambar 9.1. Skema proses pengolahan dengan tekanan tinggi.....	166
Gambar 9.2. Mekanisme elektroporasi pada proses ekstraksi komponen bioaktif	170
Gambar 12.1. Jalur reaksi resveratrol	228
Gambar 12.2. Jalur degradasi antosianin	229
Gambar 12.3. Mekanisme degradasi antosianin dengan hidrogen peroksid yang telah terbentuk sebelumnya.....	229
Gambar 12.4. Degradasi Kurkumin	231
Gambar 12.5. Degradasi likopen	231



BAB 1

PENDAHULUAN DEFINISI DAN BATASAN PENGOLAHAN PANGAN HERBAL

Oleh Astri Iga Siska

1.1 Sejarah dan Perkembangan

Tumbuhan merupakan sumber senyawa bioaktif yang sangat baik fungsinya antara lain aktivitas menghambat serangga, aktivitas antimikroba dan antijamur dan pengaruh positif terhadap hewan dan manusia. Beberapa kelompok fitokimia dengan aktivitas biologis telah diidentifikasi dalam tanaman obat – polifenol, pewarna alami, minyak atsiri, senyawa mineral, vitamin dan banyak lainnya (Saidi *et al.*, 2022). Manusia memiliki tradisi panjang dalam menggunakan tanaman obat dan aromatik dalam gaya hidupnya. Pangan herbal utamanya berfungsi untuk meningkatkan cita rasa makanan seperti daging, produk susu, saus, sayuran, produk sereal dan makanan penutup (Amperawati, 2022).

Penggunaan tanaman herbal sebagai obat dan bahan makanan sudah ada sejak ribuan tahun yang lalu. Masyarakat di Mesir Kuno, Tiongkok, India, dan Yunani telah menggunakan herbal untuk mengobati berbagai penyakit dan menjaga kesehatan (Savitri, 2016). Di Tiongkok, Pengobatan Tradisional Tiongkok (TCM) telah menggunakan herbal sebagai bagian penting dari terapi. Di India, Pengobatan Ayurveda juga sangat bergantung pada ramuan herbal. Sementara itu, masyarakat Mesir kuno menggunakan tanaman seperti bawang putih dan basil dalam makanan mereka untuk manfaat kesehatan (Judijanto *et. al.*, 2024).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, terutama di bidang botani dan kimia, pemahaman tentang kandungan aktif dalam tanaman herbal semakin mendalam. Penemuan mikroskop dan teknik ekstraksi kimia mempermudah identifikasi komponen bioaktif dalam herbal. Pada abad ke-19, pengolahan herbal mulai bersifat industri

dengan produksi massal ekstrak herbal, tincture, dan pil yang dipasarkan sebagai obat (Mariane *et. al.*, 2022).

Pada abad ke-20, pengolahan pangan herbal semakin maju dengan adanya teknologi pengolahan modern. Ini memungkinkan produksi makanan dan minuman herbal yang lebih tahan lama dan dengan rasa yang lebih bervariasi. Standardisasi ekstrak herbal menjadi penting untuk memastikan dosis yang tepat dan kualitas produk yang konsisten. Pengembangan metode analisis kimia memungkinkan pengawasan kualitas yang lebih ketat (Dukut, 2021).

Saat ini, pengolahan pangan herbal menggabungkan pengetahuan tradisional dengan teknologi modern. Produk seperti suplemen herbal, teh kesehatan, dan makanan fungsional menjadi semakin populer. Penggunaan teknologi pengemasan yang ramah lingkungan dan strategi pemasaran yang menekankan manfaat kesehatan dan asal-usul alami produk menjadi tren dalam industri pangan herbal (Issusilaningtyas *et. al.*, 2024).

1.2 Definisi

Pengolahan pangan herbal adalah proses yang melibatkan penggunaan tanaman atau bagian-bagiannya seperti daun, akar, bunga, atau biji untuk diolah menjadi produk pangan yang memiliki manfaat Kesehatan (Putri dan Fibrianto, 2018). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2018), pengolahan herbal mencakup teknik pemanenan, pengeringan, ekstraksi, dan pengawetan tanaman untuk mempertahankan kandungan bioaktifnya. Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) mendefinisikan pengolahan pangan herbal sebagai transformasi bahan tanaman menjadi produk yang dapat dikonsumsi, seperti teh, suplemen, atau makanan yang diperkaya dengan senyawa fitokimia. Sementara itu, Literatur Ayurveda menggambarkan pengolahan pangan herbal sebagai proses integral yang mempertahankan keseimbangan alami dan memaksimalkan khasiat terapeutik tanaman (Putra, 2020).

Pangan herbal berbeda dengan pangan konvensional dalam beberapa aspek utama. Pangan herbal mengandung bahan-bahan alami yang berasal dari tanaman dengan sifat terapeutik atau fungsional yang bertujuan meningkatkan kesehatan atau mencegah

penyakit. Pengolahan pangan herbal sering kali melibatkan proses minimal untuk mempertahankan kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif (Munaeni *et al.*, 2022). Sebaliknya, pangan konvensional lebih fokus pada pemenuhan kebutuhan nutrisi dasar seperti karbohidrat, protein, dan lemak, serta sering kali melalui proses pengolahan yang lebih intensif seperti pemurnian, penambahan bahan pengawet, dan pengolahan termal (Sahubawa, 2018). Selain itu, pangan herbal sering diposisikan sebagai produk kesehatan atau makanan fungsional, sementara pangan konvensional lebih umum sebagai bagian dari diet harian tanpa klaim khusus terkait kesehatan.

1.3 Batasan

Dalam pengolahan pangan herbal, terdapat sejumlah batasan yang ditetapkan untuk memastikan keamanan, kualitas, dan efektivitas produk yang dihasilkan (Alfian *et al.*, 2024). Batasan-batasan ini meliputi aspek-aspek berikut:

1. Batasan Bahan Baku

- a. **Pemilihan Tanaman:** Hanya tanaman herbal tertentu yang diizinkan untuk digunakan sebagai bahan baku berdasarkan regulasi setempat. Tanaman tersebut harus terbukti aman dan tidak mengandung senyawa toksik dalam jumlah yang berbahaya.
- b. **Kualitas dan Sumber Bahan Baku:** Herbal yang digunakan harus berasal dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan, bebas dari kontaminan seperti pestisida, logam berat, dan mikroorganisme patogen.

2. Batasan Proses Pengolahan

- a. **Metode Ekstraksi:** Metode ekstraksi yang digunakan harus mampu mempertahankan kandungan aktif tanaman tanpa mengubah sifat-sifat kimianya secara signifikan. Proses seperti ekstraksi panas, pelarut kimia, dan fermentasi harus diatur secara ketat untuk mencegah degradasi senyawa aktif.
- b. **Penggunaan Bahan Tambahan:** Penggunaan bahan tambahan seperti pengawet, pewarna, dan perasa harus seminimal

mungkin dan sesuai dengan regulasi yang berlaku, terutama dalam produk yang diklaim sebagai alami atau organik.

3. Batasan Kontaminasi dan Kebersihan

- a. **Pengendalian Kontaminasi:** Pengolahan harus dilakukan di lingkungan yang higienis untuk mencegah kontaminasi mikroba atau bahan kimia. Pengawasan terhadap kebersihan alat, pekerja, dan fasilitas produksi sangat penting.
- b. **Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP):** Proses produksi harus mengikuti GMP untuk menjamin produk akhir yang aman dan berkualitas tinggi. Ini mencakup kontrol terhadap suhu, kelembapan, dan waktu pengolahan.

4. Batasan Labeling dan Klaim Kesehatan

- a. **Klaim Kesehatan:** Klaim kesehatan pada produk pangan herbal harus didukung oleh bukti ilmiah yang memadai. Regulasi ketat mengatur bahasa yang digunakan pada label untuk mencegah klaim yang menyesatkan atau berlebihan.
- b. **Labeling yang Akurat:** Label harus mencantumkan informasi yang akurat tentang komposisi, dosis, cara penggunaan, serta peringatan atau efek samping yang mungkin timbul.

5. Batasan Regulasi dan Kepatuhan Hukum

- a. **Perizinan dan Sertifikasi:** Produsen pangan herbal harus mematuhi regulasi setempat terkait dengan perizinan dan sertifikasi produk. Ini termasuk memperoleh izin edar dari badan pengawas seperti Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) di Indonesia atau Food and Drug Administration (FDA) di Amerika Serikat.
- b. **Uji Keamanan dan Efikasi:** Sebelum produk dipasarkan, harus dilakukan uji laboratorium untuk memastikan keamanan, serta uji klinis atau praklinis untuk membuktikan efektivitasnya.

6. Batasan Waktu Penyimpanan dan Pengawetan

- a. **Masa Simpan:** Produk pangan herbal memiliki batasan masa simpan yang harus diperhatikan untuk memastikan kualitas dan efektivitasnya tetap terjaga. Pengolahan harus mencakup teknik pengawetan yang sesuai, seperti pengeringan atau pengemasan kedap udara.

- b. **Pengemasan:** Pengemasan harus mampu melindungi produk dari paparan cahaya, udara, dan kelembapan yang dapat merusak kandungan aktif.

Standar dan regulasi yang mengatur pengolahan pangan herbal berperan penting dalam memastikan keamanan, kualitas, dan efektivitas produk yang dipasarkan. Standar ini biasanya diterapkan oleh lembaga pemerintah, organisasi internasional, dan industri terkait. Berikut adalah beberapa standar dan regulasi utama yang mengatur pengolahan pangan herbal:

1. *Good Manufacturing Practices (GMP)*

- a. **Penerapan GMP:** *Good Manufacturing Practices* adalah serangkaian pedoman yang diterapkan di seluruh proses produksi untuk memastikan produk pangan herbal diproduksi dengan cara yang konsisten, aman, dan berkualitas tinggi.
- b. **Aspek Pengolahan:** GMP mencakup pengawasan terhadap lingkungan produksi, kontrol kualitas bahan baku, pelatihan pekerja, serta pemeliharaan alat dan fasilitas produksi.
- c. **Kepatuhan Hukum:** GMP sering kali merupakan syarat legal yang harus dipenuhi oleh produsen untuk memperoleh izin edar produk di berbagai negara.

2. *Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)*

- a. **Pengendalian Risiko:** HACCP adalah sistem manajemen keamanan pangan yang menitikberatkan pada identifikasi dan pengendalian titik-titik kritis dalam proses produksi yang bisa menjadi sumber risiko keamanan, seperti kontaminasi mikroba atau bahan kimia.
- b. **Implementasi di Industri Herbal:** Di industri pangan herbal, HACCP membantu memastikan bahwa produk bebas dari bahaya yang bisa membahayakan konsumen, terutama dalam hal kontaminasi dan penanganan bahan baku.

3. **Standar dan Regulasi Nasional**

- a. **Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) di Indonesia:** BPOM mengatur produksi, distribusi, dan pemasaran produk pangan herbal di Indonesia. Setiap produk herbal harus melalui uji keamanan dan mendapatkan nomor izin edar sebelum dipasarkan.

- b. **Food and Drug Administration (FDA)** di Amerika Serikat: FDA mengatur suplemen makanan termasuk produk pangan herbal di Amerika Serikat. Produk harus mematuhi aturan labeling, tidak boleh mengandung bahan yang berbahaya, dan klaim kesehatan harus didukung oleh bukti ilmiah.
- c. **European Food Safety Authority (EFSA)** di Uni Eropa: EFSA mengawasi keamanan pangan herbal di Eropa. Produk herbal harus memenuhi standar yang ketat terkait keamanan, labeling, dan klaim kesehatan.

4. Standar Internasional

- a. **Codex Alimentarius**: Codex Alimentarius adalah kumpulan standar internasional untuk makanan yang dikeluarkan oleh FAO dan WHO. Meskipun lebih berfokus pada makanan secara umum, Codex memberikan pedoman bagi negara-negara anggota untuk mengatur produk pangan herbal, termasuk penetapan batas residu pestisida dan kontaminan.
- b. **International Organization for Standardization (ISO)**: ISO mengembangkan standar internasional untuk berbagai aspek produksi, termasuk standar yang terkait dengan pengolahan pangan herbal seperti ISO 22000 yang mengatur sistem manajemen keamanan pangan.

5. Peraturan tentang Labeling dan Klaim Kesehatan

- a. **Labeling yang Jelas dan Akurat**: Regulasi mengharuskan produsen mencantumkan informasi yang jelas dan akurat pada label produk, termasuk daftar bahan, informasi nutrisi, tanggal kedaluwarsa, dan peringatan kesehatan.
- b. **Klaim Kesehatan**: Klaim kesehatan pada produk pangan herbal harus berdasarkan bukti ilmiah yang memadai dan tidak boleh menyesatkan konsumen. Di beberapa negara, klaim ini harus disetujui oleh badan pengawas sebelum digunakan.

6. Sertifikasi Organik dan Ramah Lingkungan

- a. **Sertifikasi Organik**: Banyak negara memiliki standar dan regulasi khusus untuk produk herbal organik, yang mengharuskan produk diproses tanpa menggunakan bahan kimia sintetis, pestisida, atau pupuk buatan. Produk organik harus mendapatkan sertifikasi dari badan yang diakui,

- seperti USDA Organic di Amerika Serikat atau EU Organic di Uni Eropa.
- b. **Pengemasan Ramah Lingkungan:** Regulasi dan standar terkait pengemasan produk juga semakin diperketat untuk mengurangi dampak lingkungan, termasuk pengurangan penggunaan plastik dan bahan-bahan yang sulit terurai.
- 7. Uji Klinis dan Persyaratan Uji Keamanan**
- a. **Uji Praklinis dan Klinis:** Di banyak negara, produk pangan herbal yang mengklaim manfaat kesehatan harus melalui uji praklinis dan klinis untuk memastikan keamanan dan efektivitasnya.
 - b. **Pengujian Kontaminasi:** Produk herbal juga harus melalui pengujian laboratorium untuk mendeteksi adanya kontaminasi mikroba, logam berat, atau senyawa berbahaya lainnya.

Standar dan regulasi ini bertujuan untuk melindungi konsumen dari produk yang tidak aman atau tidak efektif, serta memastikan bahwa produk pangan herbal yang beredar di pasaran memenuhi standar kualitas yang tinggi.

1.4 Manfaat

Pangan herbal memiliki beragam manfaat kesehatan yang berasal dari kandungan senyawa bioaktif alami yang terkandung di dalamnya. Tanaman herbal seperti kunyit, jahe, dan bawang putih telah lama digunakan untuk mengurangi peradangan, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, serta mendukung kesehatan jantung. Selain itu, herbal seperti peppermint dan chamomile dikenal efektif dalam memperbaiki pencernaan dan meredakan gangguan lambung. Pangan herbal juga memainkan peran penting dalam pengelolaan stres dan kesehatan mental, di mana ashwagandha dan ginseng digunakan untuk meningkatkan ketahanan tubuh terhadap stres dan memperbaiki fungsi kognitif (Mulyani *et. al.*, 2016). Dengan kandungan alami yang mendukung keseimbangan tubuh, pangan herbal menjadi pilihan yang aman dan bermanfaat untuk mendukung kesehatan secara menyeluruh.

Pengembangan pangan herbal memiliki potensi ekonomi dan sosial yang signifikan, terutama di tengah meningkatnya permintaan global akan produk alami dan kesehatan. Secara ekonomi, industri pangan herbal menawarkan peluang bagi petani dan produsen lokal untuk memanfaatkan kekayaan alam dan pengetahuan tradisional dalam menciptakan produk bernilai tinggi yang dapat dipasarkan baik di pasar domestik maupun internasional. Dengan peningkatan kesadaran konsumen terhadap kesehatan, produk pangan herbal seperti suplemen, minuman kesehatan, dan makanan fungsional terus mengalami pertumbuhan, yang pada gilirannya menciptakan lapangan kerja baru dan mendukung ekonomi lokal. Secara sosial, pengembangan pangan herbal juga berkontribusi pada pelestarian budaya dan pengetahuan tradisional, memperkuat identitas lokal, serta mendorong pola konsumsi yang lebih sehat di masyarakat. Dukungan terhadap industri ini dapat mempromosikan kesejahteraan komunitas melalui akses ke sumber daya alam yang lestari, peningkatan pendapatan, dan kesehatan yang lebih baik bagi masyarakat luas.

1.5 Tantangan dan Peluang

Pengolahan pangan herbal menghadapi berbagai tantangan yang kompleks, mulai dari kualitas bahan baku hingga regulasi yang ketat. Salah satu tantangan utama adalah memastikan ketersediaan bahan baku herbal yang berkualitas dan bebas dari kontaminasi, mengingat banyak tanaman herbal yang rentan terhadap pestisida, polusi, dan perubahan iklim. Selain itu, proses pengolahan yang melibatkan ekstraksi senyawa aktif harus dilakukan dengan hati-hati untuk menjaga kemurnian dan efektivitasnya, yang sering kali memerlukan teknologi canggih dan investasi yang besar. Tantangan lain adalah pemenuhan standar regulasi yang berbeda-beda di setiap negara, terutama terkait keamanan, labeling, dan klaim kesehatan produk. Kurangnya penelitian ilmiah yang mendalam dan terstandarisasi juga menjadi hambatan, karena banyak klaim manfaat kesehatan dari pangan herbal yang belum sepenuhnya didukung oleh bukti ilmiah yang kuat. Semua tantangan ini mengharuskan produsen untuk berinovasi dan beradaptasi dengan perkembangan teknologi

serta regulasi yang terus berubah, sambil tetap menjaga integritas dan keaslian produk herbal yang dihasilkan.

Industri pangan herbal menawarkan peluang pengembangan dan inovasi yang luas seiring dengan meningkatnya permintaan global akan produk kesehatan alami dan ramah lingkungan. Salah satu peluang terbesar terletak pada eksplorasi dan pemanfaatan tanaman-tanaman lokal yang belum banyak diketahui dunia, yang memiliki potensi unik untuk dijadikan bahan baku produk pangan herbal inovatif. Teknologi modern, seperti ekstraksi berkelanjutan dan bioteknologi, membuka jalan bagi pengembangan produk dengan konsentrasi senyawa aktif yang lebih tinggi dan bioavailabilitas yang lebih baik. Selain itu, inovasi dalam pengemasan ramah lingkungan dan pemasaran digital memberikan kesempatan untuk memperluas jangkauan pasar, terutama di kalangan konsumen muda yang semakin sadar akan pentingnya kesehatan dan keberlanjutan. Peluang lainnya termasuk pengembangan makanan fungsional, minuman kesehatan, dan suplemen herbal yang disesuaikan dengan kebutuhan kesehatan spesifik, seperti peningkatan kekebalan tubuh, pengelolaan stres, dan kesehatan pencernaan. Dengan terus melakukan riset dan inovasi, industri pangan herbal dapat terus berkembang, menciptakan produk yang tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan ekonomi lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, R.M., Kes, S.T., Wardani, F.D.A.K and Keb, S.T., 2024. *Ilmu Dasar Pembuatan Jamu*. UNJ PRESS.
- Amperawati, S., 2022. BAB 3 KARAKTERISTIK FISIK HASIL PERTANIAN. *Teknologi Pertanian*, p.27.
- Dukut, E.M., 2021. *Herbal untuk Kalangan Muda*. SCU Knowledge Media.
- Issusilaningtyas, E, Yulianto, A.N, Rochmah, N.N, Pertiwi, Y, Faoziyah, A.R, Sari, W.Y. and Balfas, R.F., 2024. *Teknologi Farmasi Bahan Alam* TOHAR MEDIA.
- Judijanto, L, Puspitasari, I, Laksono, R.D, Sardaniah, S, Fadhilah, L, Anwar, T, Widiarta, M.B.O, Sujati, N.K, Triyadi, A and Lestari, R.D., 2024. *Pelayanan Kesehatan Tradisional*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Mariane, I., Jumadin, L., Hasan, H., Rahim, A., Fauziah, P.N., Endriyatno, N.C., Astari, C., Nugrahani, R.A.G., Putri, ET. and Kalalo, M.J., 2022. *Dasar Ilmu Farmasi*. TOHAR MEDIA.
- Mulyani, H., Widystuti, S.H. and Ekowati, V.I., 2016. Tumbuhan herbal sebagai jamu pengobatan tradisional terhadap penyakit dalam serat primbon jampi jawi jilid I. *Jurnal Penelitian Humaniora*, 21(2), pp.73-91.
- Munaeni, W., Mainassy, M.C., Puspitasari, D., Susanti, L., Endriyatno, N.C., Yuniastuti, A., Wiradnyani, N.K., Fauziah, P.N., Achmad, A.F., Rohmah, M.K. and Rahaman, I.F., 2022. *Perkembangan Dan Manfaat Obat Herbal Sebagai Fitoterapi*. Tohar Media.
- Putra, I.N.K., 2020. *Substansi Nutrasetikal Sumber dan Manfaat Kesehatan*. Deepublish.
- Putri, W.D.R. and Fibrianto, K., 2018. *Rempah untuk pangan dan kesehatan*. Universitas Brawijaya Press.
- Sahubawa, L., 2018. *Teknologi pengawetan dan pengolahan hasil perikanan*. UGM PRESS.
- Saidi, I.A, Azara, R. and Yanti, E, 2022. Nutrisi dan Komponen Bioaktif pada Sayuran Daun. *Umsida Press*, pp.1-140.
- Savitri, A., 2016. *Tanaman Ajaib! Basi Penyakit dengan TOGA (Tanaman Obat Keluarga)*. Bibit Publisher.
- World Health Organization. 2018. WHO guidelines on good herbal processing practices for herbal medicines. <https://cdn.who.int/>

BAB 2

KLASIFIKASI, STRUKTUR KIMIA DAN MANFAAT BIOAKTIF HERBAL BAGI KESEHATAN

Oleh Eka Prasasti Nur Rachmani

2.1 Pendahuluan

Tanaman menghasilkan berbagai jenis metabolit yang memainkan peran penting dalam fungsi fisiologis dan pertahanan hidupnya, serta memberikan manfaat bagi manusia. Metabolit yang dihasilkan tanaman adalah metabolit primer dan metabolit sekunder. Metabolit primer adalah senyawa yang terlibat dalam proses dasar kehidupan tanaman, seperti pertumbuhan dan perkembangan. Yang termasuk metabolit primer adalah karbohidrat, protein, asam amino, lemak dan vitamin. Sedangkan metabolit sekunder adalah senyawa yang tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan, tetapi memiliki peran dalam pertahanan, adaptasi, dan interaksi ekologis tanaman. Yang termasuk senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan senyawa lainnya.

Metabolit sekunder umumnya memiliki efek biologis pada organisme lain, termasuk manusia. Metabolit sekunder yang memiliki aktivitas untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan serta mencegah dan mengobati penyakit dikenal sebagai senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif ini sangat penting karena peran dan manfaatnya yang luas.

Senyawa bioaktif tersebar didalam berbagai tanaman dan dapat terkandung pada bagian daun, buah, biji, bunga, kulit batang, kayu dan akar. Setiap tanaman dapat mensintesis senyawa bioaktif yang sama dengan tanaman lain. Contohnya senyawa kafein terdapat dalam daun teh (*Camellia sinensis*) dan biji kopi (*Coffea sp.*). Tetapi terdapat tanaman tertentu yang mensintesis senyawa bioaktif tertentu dan tidak disintesis oleh tanaman lain. Contohnya senyawa

andrografolid hanya disintesis oleh tanaman sambiloto (*Andrographis paniculata*).

Senyawa bioaktif memiliki struktur kimia yang berbeda-beda sehingga hal ini berkaitan dengan perbedaan aktivitas farmakologi yang dimilikinya. Perbedaan struktur kimia dipengaruhi oleh jalur biosintesis/pembentukan senyawa tersebut dalam suatu tanaman (Crozier et al., 2007).

Identifikasi dan uji aktivitas senyawa bioaktif dalam tanaman telah banyak dilakukan. Senyawa bioaktif telah terbukti memiliki khasiat atau aktivitas yang bermanfaat terutama pada bisang kesehatan. Tetapi eksplorasi tanaman yang belum terungkap kandungan senyawa bioaktifnya perlu terus dilakukan. Penelitian mengenai senyawa bioaktif dan manfaatnya sampai sekarang masih dikembangkan karena potensinya yang besar didalam bidang kesehatan.

2.2 Klasifikasi, Struktur Kimia dan Manfaat Senyawa Bioaktif bagi Kesehatan

Senyawa bioaktif adalah molekul yang dihasilkan oleh tanaman (atau organisme lain) yang memiliki efek biologis yang signifikan pada organisme lain, termasuk manusia. Senyawa bioaktif juga dapat memberikan manfaat kesehatan jika dikonsumsi oleh manusia. Klasifikasi atau pengelompokan senyawa berdasarkan struktur kimia dan fungsi biologisnya memudahkan dalam meneliti dan memahami tentang sifat-sifat spesifik dari berbagai senyawa. Hal ini dapat menjadi dasar untuk proses penelitian dan pengembangan produk obat, suplemen, kosmetik berbasis tanaman (Dewick, 2001).

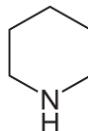
Berikut ini adalah klasifikasi senyawa bioaktif dihasilkan oleh suatu tanaman:

1. Alkaloid

Alkaloid adalah jenis senyawa organik yang mengandung nitrogen dalam struktur heterosikliknya dan memiliki aktivitas biologis yang signifikan. Alkaloid dapat ditemukan dalam berbagai tanaman, termasuk tanaman obat, dan sering digunakan dalam pengobatan penyakit karena sifat-sifatnya yang unik.

Struktur kimia alkaloid sangat bervariasi, tetapi umumnya dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis cincin heterosiklik yang dimiliki, posisi serta jenis substitusi pada cincin tersebut. Berikut ini adalah contoh jenis-jenis alkaloid.

a. Alkaloid piperidin

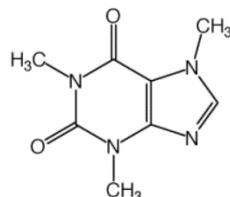


Gambar 2.1. Struktur kimia piperidin

Piperidin adalah senyawa alkaloid yang berasal dari tanaman seperti lada (*Piper nigrum*). Alkaloid ini menunjukkan berbagai aktivitas biologis seperti sifat sedatif, hipotensi, dan anestesi lokal.

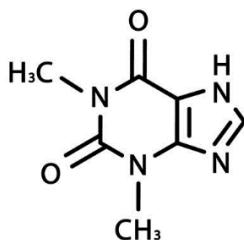
b. Alkaloid purin

Alkaloid purin merupakan alkaloid yang mengandung cincin purin. Yang termasuk dalam jenis alkaloid ini yaitu kafein, teofilin, teobromin, dan metil-xantin lainnya, memainkan peran penting dalam farmakologi dan kimia pangan (Matissek, 1997).



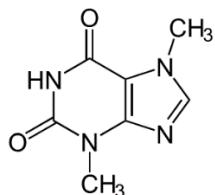
Gambar 2.2. Struktur kimia kafein

Kafein terdapat pada daun teh, biji kopi dan biji kakao. Kafeina merupakan obat perangsang sistem saraf pusat dan dapat penghilang rasa kantuk. Kafeina merupakan zat psikoaktif yang paling banyak dikonsumsi di dunia (Magkos and Kavouras, 2004).



Gambar 2.3. Struktur kimia teofilin

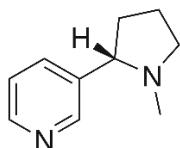
Teofilin terdapat pada daun teh dan biji coklat. Teofilin dan metilxantin lainnya sering digunakan karena efeknya yang meningkatkan kinerja dalam olahraga dikarenakan obat ini meningkatkan kewaspadaan, bronkodilatasi, serta meningkatkan kecepatan dan kekuatan kontraksi jantung (Persson, 1986).



Gambar 2.4. Struktur kimia teobromin

Struktur kimia teobromin mirip dengan kafein. Teobromin terdapat pada biji kakao. Dalam kehidupan sehari-hari, teobromin dapat digunakan sebagai suplemen kesehatan untuk membantu mengatur fungsi kekebalan tubuh, meningkatkan metabolisme lemak, dan menjaga kesehatan kardiovaskular. Teobromin juga dapat digunakan untuk pengembangan obat atau formulasi pengobatan obesitas karena efek anti-obesitasnya (Zhang *et al.*, 2024).

c. Alkaloid pyridine

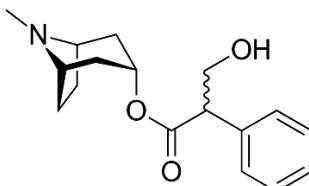


Gambar 2.5. Struktur kimia nikotin

Alkaloid pyridine adalah alkaloid yang mengandung cincin pyridin, salah satunya yaitu nikotin yang berasal dari dari

tanaman *Nicotiana Tabacum* (tembakau). Nikotin bersifat adiktif. Ciri-ciri adiksi atau ketergantungan nikotin diantaranya adalah perubahan perilaku jika penggunaannya berlebihan. Nikotin dapat digunakan sebagai stimulan dan serta digunakan untuk menghentikan kebiasaan merokok. Bukti ilmiah terkait dampak kesehatan jangka panjang dari penggunaan nikotin murni masih sangat terbatas karena nikotin paling umum digunakan melalui produk tembakau (Yildiz, 2004).

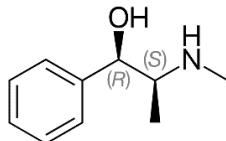
d. Alkaloid tropan



Gambar 2.6. Struktur kimia atropin

Atropin dapat ditemukan didalam tanaman *Atropa Belladonna*. Atropin adalah obat golongan antimuskarinik yang digunakan untuk mengurangi motilitas usus. Obat ini juga digunakan untuk mengatasi denyut jantung yang menurun, gejala keracunan pestisida, dan untuk prosedur praoperatif (Al, 2014).

e. Alkaloid *ephedra*



Gambar 2.7. Struktur kimia efedrin

Efedrin, merupakan alkaloid yang berasal dari tanaman *Ephedra vulgaris* dengan efek epinefrin, yang secara langsung merangsang reseptor adrenergik untuk mengendurkan otot polos, mengontraksikan pembuluh darah dan merangsang saraf pusat untuk mengobati asma bronkial dan rinitis alergi pada banyak sediaan farmasi (Magkos and Kavouras, 2004).

7. Flavonoid

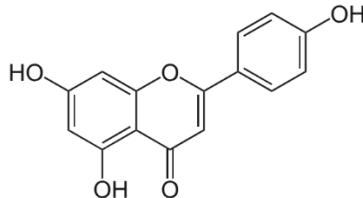
Flavonoid sebagai salah satu kelompok senyawa fenolik yang banyak terdapat pada jaringan tanaman. Flavonoid memiliki struktur dasar yang terdiri dari dua cincin benzena yang membentuk kerangka flavan. Struktur ini dapat mengalami berbagai modifikasi, seperti penambahan gugus hidroksil atau metil, yang menghasilkan berbagai jenis flavonoid.

Flavonoid merupakan salah satu senyawa bioaktif yang penyebarannya terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk akar, daun, kayu, kulit, tepung sari, bunga, buah, dan biji. Konsumsi makanan yang mengandung flavonoid dapat bermanfaat bagi kesehatan.

Berikut ini adalah contoh jenis-jenis flavonoid.

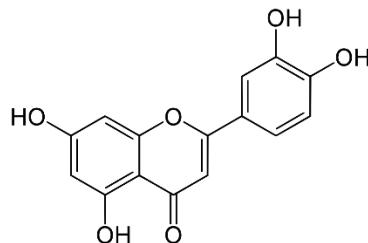
a. Flavon

Struktur dasar flavon terdiri dari dua cincin benzena yang dihubungkan oleh rantai tiga karbon dengan satu atom oksigen.



Gambar 2.8. Struktur kimia apigenin

Apigenin ditemukan di banyak tanaman seperti seledri, peterseli, kemangi, bunga chamonile, buah-buahan dan sayuran. Apigenin memiliki aktivitas antivirus, antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi yang kuat serta penurunan tekanan darah (Ali *et al.*, 2017).

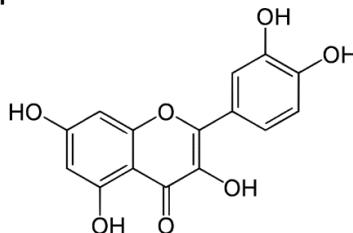


Gambar 2.9. Struktur kimia luteolin

Beberapa tanaman yang mengandung luteolin yaitu adalah seledri, bayam, lada, dan teh hijau. Senyawa ini juga dapat ditemukan dalam tanaman jinten, apel, dan tempuyung. Luteolin mampu menghambat proliferasi sel tumor dan menekan metastasis dengan cara mengambil radikal bebas, melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh spesies oksigen reaktif (ROS) dan menginduksi penangkapan siklus sel langsung serta apoptosis pada sel tumor (Aziz, Kim and Cho, 2018).

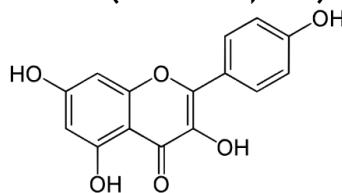
b. Flavonol

Mirip dengan flavon tetapi memiliki gugus hidroksil tambahan pada posisi 3.



Gambar 2.10. Struktur kimia quercetin

Quercetin dapat ditemukan dalam berbagai buah, sayur, dan daun. Quercetin dapat digunakan sebagai bahan suplemen, minuman, atau makanan (Shah *et al.*, 2016).

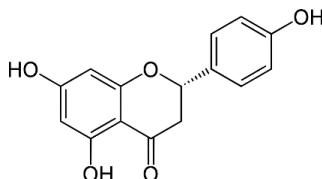


Gambar 2.11. Struktur kimia kaempferol

Kaempferol ditemukan pada tumbuhan seperti kacang-kacangan, teh, bayam dan brokoli. Kaempferol adalah Flavonol yang sangat penting dalam farmakologi dengan berbagai aktivitas farmakologi seperti antioksidan, anti-inflamasi, anti-kanker, kardioprotektif, neuroprotektif, anti-alergi, dan anti-diabetes (Calderón-Montaño *et al.*, 2011).

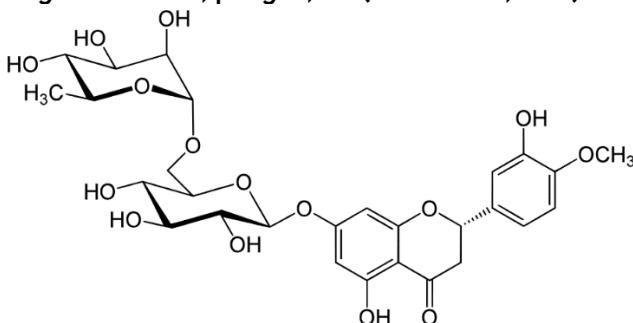
c. Flavanon

Flavanon memiliki struktur dasar yang mirip dengan flavon, tetapi rantai tiga karbonnya memiliki gugus karbonil dan struktur asimetris pada posisi 2.



Gambar 2.12. Struktur kimia naringenin

Naringenin ditemukan dalam jeruk, anggur merah dan rosemary. Naringenin memiliki berbagai aktivitas sebagai antibakteri, anti-inflamasi, anti-oksidasi, anti-fibrosis, anti-kanker, anti-penuaan, perlindungan fungsi hati, dan mirip estrogen [191-195], dan dapat dikembangkan dan diterapkan di bidang kedokteran, pangan, dll (Kiran *et al.*, 2017).

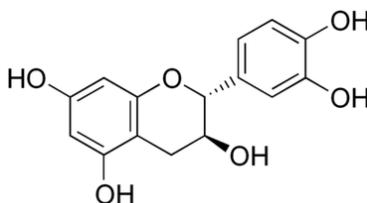


Gambar 2.13. Struktur kimia hesperidin

Hesperidin ditemukan dalam jeruk dan lemon. Hesperidin memiliki aktivitas untuk memperbaiki *fungsi kardiovaskular, diabetes tipe II, antiperadangan dan antioksidan* (Ganeshpurkar and Saluja, 2019).

d. *Flavanol*

Flavanol memiliki struktur dasar yang serupa dengan flavon, tetapi tanpa ikatan ganda pada posisi 2,3.

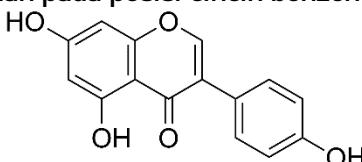


Gambar 2.14. Struktur kimia katekin

Katekin ditemukan dalam teh hijau, kakao, dan anggur. Katekin diketahui memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antiinflamasi, antivirus, antitumor, antidiabetes, antiobesitas, dan hepatoprotektor. Kelompok turunan katekin teh hijau meliputi: epikatekin, epigalokatekin, epikatekin galat, dan epigalokatekin galat. Turunan senyawa katekin memiliki potensi aktivitas yang serupa (Muthia Dzakiyyah *et al.*, 2023).

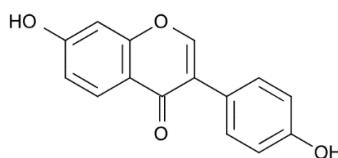
e. *Isoflavon*

Memiliki struktur dasar yang mirip dengan flavon tetapi dengan perubahan pada posisi cincin benzena.



Gambar 2.15. Struktur kimia genistein

Genistein ditemukan dalam kedelai dan produk kedelai. Genistein merupakan fitoestrogen yaitu konstituen kimia alami dengan struktur kimia yang mirip dengan estrogen. Genistein memberikan banyak manfaat bagi kesehatan, seperti perlindungan terhadap osteoporosis, pengurangan risiko penyakit kardiovaskular, pengurangan gejala pascamenopause, dan sifat antikanker (Polkowski and Mazurek, 2000).

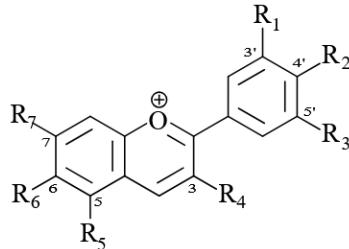


Gambar 2.16. Struktur kimia daidzein

Daidzein ditemukan dalam kedelai dan tempe. Suplemen ini menunjukkan berbagai macam khasiat seperti latihan kardiovaskular, penurunan kolesterol, serta efek antikanker, antifibrotik, dan antidiabetik, yang membuatnya efektif dalam mengobati berbagai macam penyakit (Sun *et al.*, 2016).

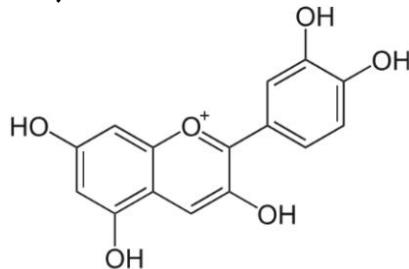
f. *Antosianin*

Antosianin adalah flavonoid yang bertanggung jawab atas warna merah, ungu, dan biru pada banyak buah dan sayuran. Warna diberikan oleh antosianin berkat susunan ikatan rangkap terkonjugasi yang panjang, sehingga mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak.



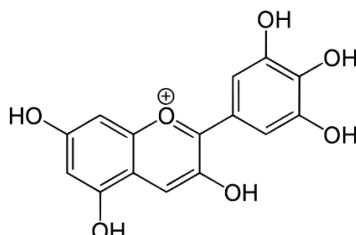
Gambar 2.17. Struktur kimia antosianin

Sebagian besar tumbuhan memiliki kandungan antosianin terbesar pada bagian buahnya. Beberapa turunan senyawa antosianin yang paling banyak ditemukan adalah sianidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, malvidin, dan petunidin. Pada turunan antosianin, terdapat perbedaan proton, gugus hidroksi dan metil pada rantai samping (R1 sampai R7) (Priska *et al.*, 2018).



Gambar 2.18. Struktur kimia sianidin

Sianidin ditemukan dalam ceri, stroberi, dan anggur merah.



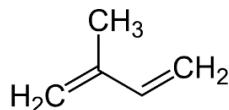
Gambar 2.19. Struktur kimia delphinidin

Delfinidin Ditemukan dalam blueberry dan anggur.

Secara umum, antosianin memiliki aktivitas sebagai antioksidan, mencegah penyakit kardiovaskuler, menghambat sel tumor, antiinflamasi, mencegah obesitas dan diabetes mellitus .

8. Terpenoid

Terpenoid merupakan suatu golongan hidrokarbon yang banyak diproduksi oleh tumbuhan dan terutama terkandung pada getah dan vakuola selnya. Terpenoid tersusun dari senyawa isopren yang memiliki karbon 5. Klasifikasi senyawa golongan terpenoid adalah berdasarkan jumlah susunan dari senyawa isopren. Minyak atsiri merupakan senyawa bioaktif golongan terpenoid yang tersusun 2 sampai 3 unit isopren (Christianson, 2017) (Gunawan, 2009).

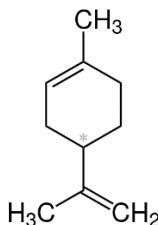


Gambar 2.20. Struktur kimia isopren

Berikut adalah klasifikasi dari terpenoid.

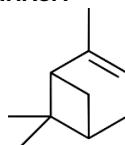
a. Monoterpen

Monoterpen tersusun dari 2 unit isopren.



Gambar 2.21. Struktur kimia limonen

Limonen ditemukan dalam kulit jeruk dan memberikan aroma citrus. senyawa limonen yang berfungsi melancarkan peredaran darah, meredakan radang tenggorokan dan batuk, serta menghambat sel kanker.

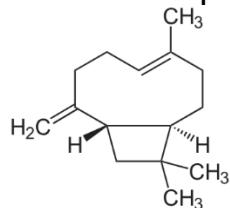


Gambar 2.22. Struktur kimia pinen

Pinen ditemukan dalam resin pinus dan minyak atsiri. Pinen dapat memodulasi resistensi antibiotik, antikoagulan, antitumor, antimikroba, antimalaria, antioksidan, antiinflamasi, anti-*Leishmania*, dan analgesik.

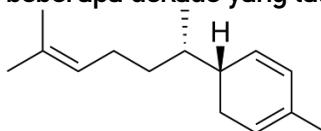
b. Sesquiterpen

Sesquiterpen tersusun dari 3 unit isopren.



Gambar 2.23. Struktur kimia kariofilen

Kariofilen merupakan senyawa seskuiterpen bisiklik dan penyusun minyak atsiri beberapa tanaman. Cariopilen memiliki aroma kayu dan umum digunakan dalam industri wewangian sejak beberapa dekade yang lalu.

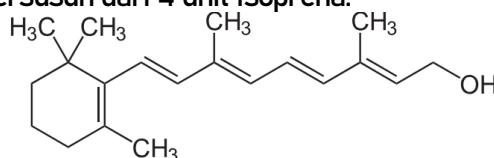


Gambar 2.24. Struktur kimia zingiberen

Zingiberene adalah senyawa monosiklik sesquiterpen yang merupakan komponen utama pada minyak jahe (*Zingiber officinale*). Zingiberene dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologi, seperti antioksidan alami, antibakteri, antivirus, anti kanker, antiulcer, anti demam serta antifertilitas.

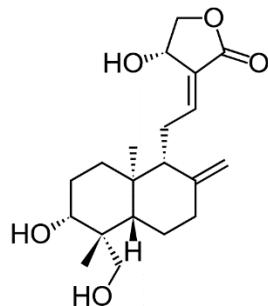
c. Diterpen

Diterpen tersusun dari 4 unit isoprena.



Gambar 2.25. Struktur kimia retinol

Retinol (vitamin A1) ditemukan dalam hati ikan dan produk susu. Manfaat retinol adalah dapat membantu memperbaiki kerusakan kulit serta mengurangi tanda-tanda penuaan, seperti kerutan dan garis halus. Selain itu, fungsi retinol untuk wajah juga dapat membantu mengatasi masalah kulit, seperti jerawat dan hiperpigmentasi (Bellemère *et al.*, 2009).

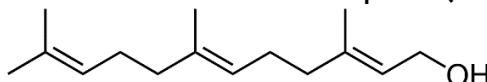


Gambar 2.26. Struktur kimia andrografolid

Andrographolide adalah diterpenoid lakton yang ditemukan pada herba *Andrographis paniculata*. Andrographolide adalah zat yang sangat pahit. Andrographolide memiliki aktivitas imunomodulator, antikolesterol dan antidiabetes mellitus.

d. Sesterterpenoid

Sesterterpenoid tersusun dari 5 unit isoprena (C₂₅H₄₀).

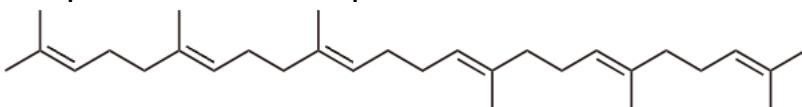


Gambar 2.27. Struktur kimia farnesol

Farnesol: Ditemukan dalam minyak lemon dan minyak mawar, digunakan dalam parfum dan produk kosmetik. Farnesol telah dilaporkan menunjukkan efek antikanker dan antiinflamasi, dan juga meringankan asma alergi, gliosis, dan edema.

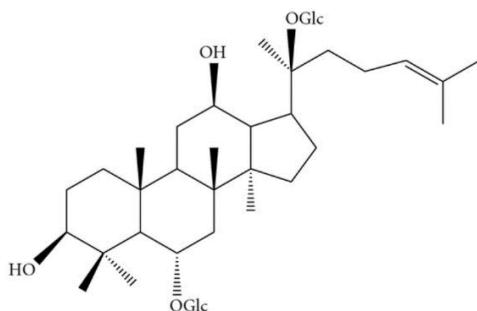
e. Triterpen

Triterpen tersusun 6 unit isoprena.



Gambar 2.28. Struktur kimia squalen

Squalen ditemukan dalam hati ikan hiu dan minyak zaitun, digunakan dalam produk perawatan kulit. Suplemen squalene bermanfaat untuk memperkuat daya tahan tubuh, meningkatkan kesehatan jantung dan kulit, serta mencegah penyakit kardiovaskular, seperti stroke atau serangan jantung.



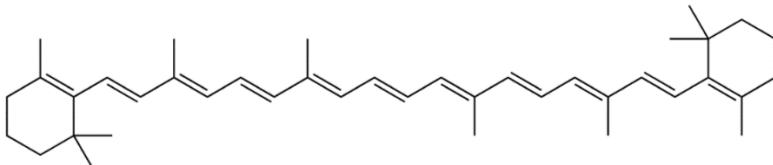
Gambar 2.29. Struktur kimia ginsenoside

Ginsenosida termasuk triterpen saponin yang merupakan komponen bioaktif utama dari ginseng yang telah terbukti memberikan efek menguntungkan pada tubuh manusia, khususnya pada sistem saraf pusat. Ginsenosida berperan

dalam memodulasi berbagai efek farmakologis pada otak, meningkatkan fungsi kognitif, dan melindungi terhadap penyakit neurodegeneratif.

f. Tetraterpenoid

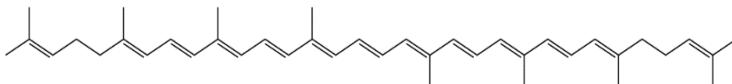
Tetraterpenoid tersusun dari 8 unit isoprena.



Gambar 2.30. Struktur kimia karotenoid

Senyawa karotenoid merupakan zat yang berfungsi sebagai prokursor untuk pembentukan vitamin A. Ini adalah beberapa keunikan dari senyawa karotenoid. Secara umum, karotenoid dikenal sebagai kelompok zat warna alami atau pigmen yang memiliki warna kuning, oranye sampai merah.

Karotenoid ditemukan dalam wortel dan sayuran berwarna oranye. Berfungsi sebagai provitamin A dan memiliki aktivitas antioksidan. konsumsi dan penyerapan karotenoid membantu melawan stres oksidatif dan mengurangi risiko beberapa penyakit kronis, termasuk gangguan kardiovaskular dan neurologis, diabetes tipe 2, dan berbagai jenis kanker .



Gambar 2.31. Struktur kimia likopen

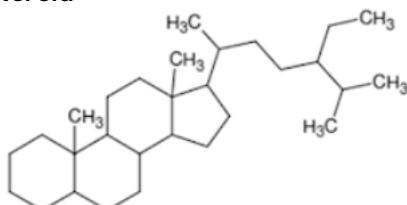
Likopen merupakan hidrokarbon karotenoid. Senyawa ini merupakan perantara dalam biosintesis karotenoid. Likopen ditemukan dalam tomat, memiliki aktivitas antioksidan, untuk menjaga kesehatan jantung dan merupakan pigmen berwarna kuning, oranye, atau merah tetapi tidak memiliki khasiat seperti vitamin A.

9. Saponin

Saponin adalah kelompok senyawa kimia alami yang ditemukan di banyak tumbuhan. Saponin merupakan senyawa glikosida kompleks dengan berat molekul tinggi yang dapat menurunkan tegangan permukaan air, sehingga dapat membentuk buih pada permukaan air setelah dikocok (El Aziz, Ashour and Melad, 2019). Saponin terdapat dalam berbagai jenis makanan mulai dari biji-bijian, kacang-kacangan, dan daun hijau.

Berdasarkan struktur aglikon (sapogenin) dikenal 2 macam saponin, yaitu (Caballero, 2003):

a. Saponin Tipe Steroid

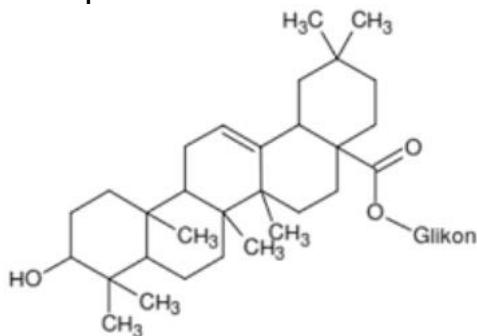


Gambar 2.32. Struktur kimia saponin tipe steroid

Saponin tipe steroid terdiri dari dua komponen utama yaitu gugus sapogenin (aglycone) yang merupakan bagian non-polar dari molekul steroid dan gugus glikosidik, bagian polar yang terdiri dari satu atau lebih gula yang terikat pada sapogenin melalui ikatan glikosidik (Shaikh *et al.*, 2012).

Saponin tipe steroid terdapat pada beberapa keluarga monocotyledoneae yaitu pada *Dioscoreaceae* dan *Amaryllidaceae* (contoh: *Agave* sp.).

b. Saponin tipe triterpenoid



Gambar 2.33. Struktur kimia saponin tipe triterpenoid

Saponin tipe steroid terdiri dari dua komponen utama yaitu gugus sapogenin (aglycone) yang merupakan bagian non-polar dari molekul triterpenoid dan gugus glikosidik, bagian polar yang terdiri dari satu atau lebih gula yang terikat pada sapogenin melalui ikatan glikosidik.

Saponin tipe triterpenoid banyak terkandung dalam tanaman *Dicotyledoneae*, terutama pada keluarga *Caryophylaceae*, *Sapindaceae*, *Polygalaceae* dan *Sapotaceae*. Kebanyakan saponin triterpenoid mempunyai struktur pentasiklik dan sapogeninnya terikat pada rantai dari gula (dapat berupa glukosa, galaktosa, pentosa dan metil pentosa) atau unit asam uronat (Christianson, 2017).

10. Tanin

Tanin adalah kelompok senyawa polifenolik yang ditemukan di berbagai tanaman dan memiliki struktur kimia kompleks. Mereka dikenal karena kemampuan mereka untuk mengikat protein dan membentuk kompleks dengan polimer, serta berbagai manfaat dan aplikasi di bidang kesehatan, industri, dan lingkungan (Sunani and Hendriani, 2023).

Tanin dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur dan cara mereka berikatan dengan protein. Klasifikasi utama tanin meliputi:

a. Tanin kondensasi

Tanin kondensasi, juga dikenal sebagai proantocianidin, adalah oligomer dan polimer dari flavonoid yang membentuk kompleks dengan protein melalui ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik.

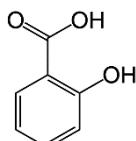
Proanthocyanidin ditemukan dalam anggur, apel, dan beberapa jenis kacang.

Catechin dan Epicatechin ditemukan dalam teh, coklat, dan beberapa buah.

b. Tanin hidrolisis

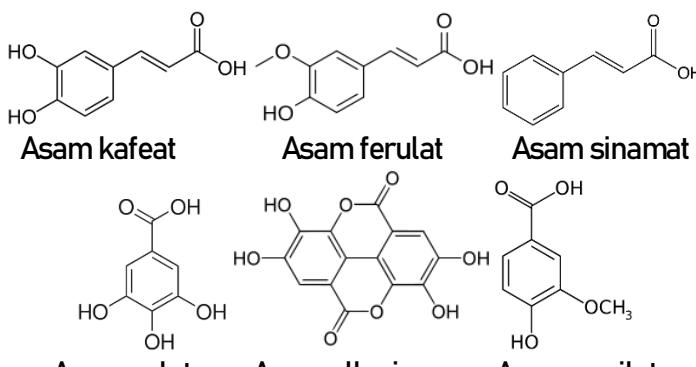
Tanin hidrolis terdiri dari unit-unit fenolik yang terikat pada molekul gula melalui ikatan ester. Mereka dapat dihidrolisis

menjadi asam fenolik dan gula dalam kondisi basa atau asam.



Gambar 2.34. Struktur dasar asam fenolik

Asam fenolik adalah kelompok senyawa organik yang memiliki struktur dasar fenol (sebuah cincin benzena dengan satu atau lebih gugus hidroksil) yang terikat pada gugus asam karboksil (-COOH). Asam fenolik umumnya larut dalam air, terutama dalam bentuk garam atau esternya (Heleno *et al.*, 2015). Berikut adalah contoh jenis asam fenolik:



Gambar 2.35. Struktur asam fenolat

Asam Kafeat ditemukan dalam kopi, apel, pir, dan tanaman biji-bijian seperti jagung. Asam Ferulat ditemukan dalam gandum, beras, jagung, dan oat. Sering terdapat dalam dinding sel tanaman sebagai bagian dari struktur lignin. Asam Sinamat ditemukan dalam banyak buah dan sayuran serta beberapa rempah seperti kayu manis. Asam Galat ditemukan dalam buah beri, anggur, dan teh hijau. Asam ellagic (dimer asam galat) ditemukan dalam buah-buahan seperti raspberry, strawberry, dan delima. Asam Vanilat

ditemukan dalam vanilla, beberapa rempah-rempah, dan kayu manis.

Asam fenolik adalah senyawa yang sangat penting dalam diet dan kesehatan. Asam fenolik membantu melawan kerusakan oksidatif, memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi sehingga dapat mengurangi risiko berbagai penyakit kronis seperti penyakit jantung dan kanker.

DAFTAR PUSTAKA

- Al, B. (2014) 'The Source-Synthesis- History and Use of Atropine', *Journal of Academic Emergency Medicine*, 13(1), pp. 2–3. doi: 10.5152/jaem.2014.1120141.
- Ali, F. *et al.* (2017) 'Health functionality of apigenin: A review', *International Journal of Food Properties*, 20(6), pp. 1197–1238. doi: 10.1080/10942912.2016.1207188.
- El Aziz, M. M. A., Ashour, A. S. and Melad, A. S. G. (2019) 'A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination 7 Citation: El Aziz MMA, Ashour AS, Melad ASG. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination', *Journal of Nanomedicine Research* , 8(1), pp. 6–12. doi: 10.15406/jnmr.2019.08.00199.
- Aziz, N., Kim, M. Y. and Cho, J. Y. (2018) 'Anti-inflammatory effects of luteolin: A review of in vitro, in vivo, and in silico studies', *Journal of Ethnopharmacology*, 225(September 2017), pp. 342–358. doi: 10.1016/j.jep.2018.05.019.
- Bellemère, G. *et al.* (2009) 'Antiaging action of retinol: From molecular to clinical', *Skin Pharmacology and Physiology*, 22(4), pp. 200–209. doi: 10.1159/000231525.
- Calderón-Montaño, J. M. *et al.* (2011) 'A Review on the Dietary Flavonoid Kaempferol | BenthamScience', *Mini reviews in medicinal chemistry*, 11(4), pp. 298–344. Available at: <http://www.eurekaselect.com/87782/article%5Cnhttp://person.al.us.es/mlopezlazaro/2011>. MRMC. Kaempferol.pdf%5Cn<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21428901>.
- Christianson, D. W. (2017) 'Structural and Chemical Biology of Terpenoid Cyclases', *Chemical Reviews*, 117(17), pp. 11570–11648. doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00287.
- Crozier, A., Clifford, M. N. and Ashihara, H. (2007) 'Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet', *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*, pp. 1–372. doi: 10.1002/9780470988558.

- Dewick, P. M. (2001) *Medicinal Natural Product: A Biosynthetic Approach*. 2th edn. Edited by Wiley. New York: John Wiley and Sons LTD.
- Ganeshpurkar, A. and Saluja, A. (2019) The pharmacological potential of hesperidin', *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 56(4), pp. 287–300.
- Gunawan, W. (2009) 'Kualitas Dan Nilai Minyak Atsiri , Implikasi', *Kualitas Dan Nilai Minyak Atsiri, Implikasi Pada Pengembangan Turunannya*, 21(38), pp. 1–11.
- Heleno, S. A. *et al.* (2015) 'Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review', *Food Chemistry*, 173, pp. 501–513. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.057.
- Kiran, S. V. D. S. *et al.* (2017) 'Flavonoid: A review on Naringenin', *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), pp. 2778–2783.
- Magkos, F. and Kavouras, S. A. (2004) 'Caffeine and ephedrine: Physiological, metabolic and performance-enhancing effects', *Sports Medicine*, 34(13), pp. 871–889. doi: 10.2165/00007256-200434130-00002.
- Matissek, R. (1997) 'Evaluation of xanthine derivatives in chocolate – nutritional and chemical aspects', *European Food Research and Technology*, 205(3), pp. 175–184. doi: 10.1007/s002170050148.
- Muthia Dzakiyyah *et al.* (2023) 'Review: Aktivitas Farmakologi dan Studi Fitokimia Teh Hitam Indonesia (Camellia sinensis (L.) Kuntze)', *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(1), pp. 193–200. doi: 10.37874/ms.v8i1.501.
- Persson, C. G. A. (1986) 'Overview of effects of theophylline', *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 78(4 PART 2), pp. 780–787. doi: 10.1016/0091-6749(86)90061-8.
- Polkowski, K. and Mazurek, A. P. (2000) 'Biological properties of genistein. A review of in vitro and in vivo data', *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research*, pp. 135–155.
- Priska, M. *et al.* (2018) 'Review: Antosianin dan Pemanfaatannya', *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), pp. 79–97.

- Shah, P. M., Priya, V. and Gayatri (2016) 'Quercetin – A Flavonoid: A Systematic Review', 8(8), p. 600077.
- Shaikh, S. *et al.* (2012) 'Applications of Steroid in Clinical Practice: A Review', *ISRN Anesthesiology*, 2012, pp. 1–11. doi: 10.5402/2012/985495.
- Sun, M. *et al.* (2016) 'Sun et al., Afr J Tradit Complement Altern Med. (2016) 13 (3): 117-132 Department of Pharmaceutical Botany , School of Pharmacy , Second Military Medical University , Shanghai Sun et al., Afr J Tradit Complement Altern Med. (2016) 13 (3): 117-132.
- Sunani, S. and Hendriani, R. (2023) 'Classification and Pharmacological Activities of Bioactive Tannins', *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 3(2), pp. 130–136. Available at: <https://jurnal.unpad.ac.id/ijbp>.
- Yildiz, D. (2004) 'Nicotine, its metabolism and an overview of its biological effects', *Toxicon*, 43(6), pp. 619–632. doi: 10.1016/j.toxicon.2004.01.017.
- Zhang, M. *et al.* (2024) 'Health benefits and mechanisms of theobromine', *Journal of Functional Foods*, 115(December 2023), p. 106126. doi: 10.1016/j.jff.2024.106126.

BAB 3

SUMBER-SUMBER SENYAWA BIOAKTIF HERBAL

Oleh Paini Sri Widyawati

3.1 Pendahuluan

Secara umum herbal merupakan tanaman yang mengandung sejumlah senyawa bioaktif yang mempunyai berkhasiat untuk kesehatan. Mulyani dkk. (2016) menyatakan bahwa tanaman herbal yang sering disebut dengan tanaman obat yang dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk menyembuhkan penyakit tertentu. Yulianto (2017) menginformasikan bahwa bagian tanaman herbal yang dapat dimanfaatkan sebagai obat, meliputi daun, bunga, batang, kulit, dan akar. Hidayanto dkk. (2015) dan Kumontoy dkk. (2023) menjelaskan bahwa tanaman herbal dapat berkhasiat untuk mencegah dan menyembuhkan penyakit disebabkan memiliki senyawa tertentu yang berfungsi biologis tertentu. Keberagaman senyawa bioaktif sebagai senyawa metabolit sekunder menentukan nilai fungsional dari tanaman herbal tersebut.

3.2 Konsep Teoritis Senyawa Bioaktif

Senyawa bioaktif merupakan senyawa kimia yang terdapat dalam tanaman maupun hewan yang terlibat dalam reaksi-reaksi metabolisme dalam tubuh dan mempunyai nilai fungsional tertentu sehingga berguna untuk Kesehatan. Senyawa bioaktif adalah senyawa kimia gizi maupun non gizi dalam pangan yang memberikan efek fisiologis tertentu. Menurut Wahjuningsih dkk. (2023). menyatakan bahwa senyawa bioaktif adalah senyawa yang menentukan respon biologi spesifik pada organisme sebagai efek dari konsumsi senyawa tersebut atau tanaman herbal sumber senyawa tersebut. Oleh karena itu senyawa bioaktif pada tanaman adalah metabolit sekunder tanaman yang dapat memberikan efek farmakologis atau toksikologis pada hewan dan manusia.

Perangin-angin dkk. (2019) menjelaskan bahwa metabolit sekunder merupakan senyawa yang diproduksi terbatas pada kelompok taksonomi tertentu yang berperan penting tidak hanya untuk hidup sel tersebut tetapi juga berperan menentukan interaksi sel (organisme) dalam lingkungannya dan menjamin keberlangsungan hidup. Menurut Pitriani (2022), metabolit sekunder adalah senyawa organik yang tidak mempunyai fungsi langsung pada proses fotosintesis, pertumbuhan atau respirasi, transport kimia, translokasi, sintesis protein, asimilasi nutrisi, diferensiasi, maupun pembentukan karbohidrat, protein dan lemak.

Metabolit sekunder biasanya diproduksi oleh tanaman sebesar kurang dari 10% dari total metabolism yang terjadi dalam tanaman. Subhashini dkk. (2013) menyebutkan keberadaan metabolit sekunder dalam tanaman berkaitan dengan kondisi stress, oleh karena itu sintesis senyawa metabolit sekunder tersebut berkaitan dengan proses adaptasi terhadap lingkungan maupun mempertahankan diri terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti mengatasi hama dan penyakit, menarik serangga dan sebagai molekul signal.

Senyawa bioaktif biasanya terdapat dalam jumlah kecil dalam makanan atau bahan pangan yang dapat bermanfaat bagi kesehatan. Hal ini berbeda dengan zat gizi makro dan mikro yang esensial, seperti lemak, karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral, keberadaan senyawa bioaktif dalam tubuh tidak memegang peran penting untuk berlangsungnya proses kehidupan. Tubuh masih dapat berfungsi dengan baik tanpa senyawa bioaktif tersebut. Pitriani (2022) juga menjelaskan bahwa senyawa metabolit sekunder tidak essensial bagi pertumbuhan organisme mempunyai struktur kimia yang spesifik untuk setiap individu.

3.3 Sumber-Sumber Senyawa Bioaktif Herbal

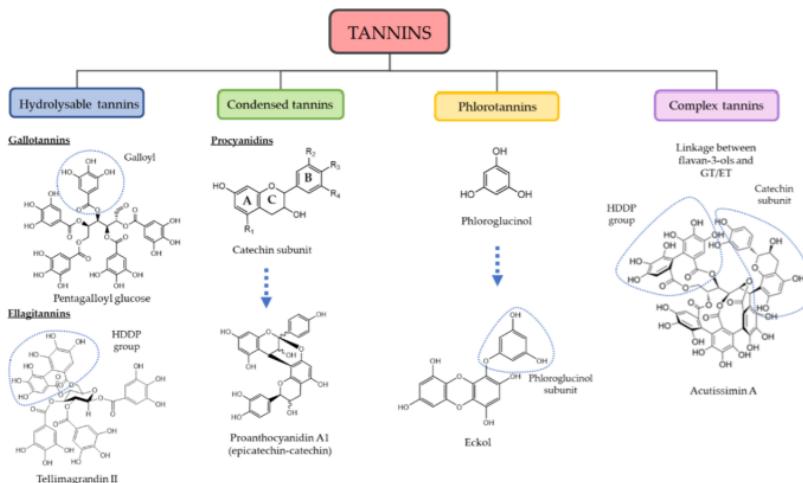
Senyawa bioaktif herbal yang berperan penting bagi kesehatan ada berbagai jenis. Keberadaan senyawa bioaktif dalam tanaman herbal, baik komposisi maupun jumlahnya sangat ditentukan oleh berbagai kondisi, seperti musim panen, iklim, cuaca, sumber, geografis, maupun proses ekstraksi. Senyawa bioaktif yang terdapat

dalam tanaman herbal dibedakan berdasarkan struktur dan fungsinya, yang meliputi:

1. Tanin

Menurut Fraga-Corral dkk. (2021), tanin adalah senyawa polifenol dengan gugus heterogen, senyawa metabolit sekunder ini disintesa sebagai respon dari kondisi stress pada tanaman. Tanin memberikan rasa pahit dan sepat atau kelat. Keberadaan gugus hidroksil pada cincin fenol pada struktur kimianya menyebabkan senyawa tanin dapat berfungsi sebagai antioksidan dan mampu berikatan dengan protein dengan berat molekul antara 500-20.000 Dalton dengan struktur molekul yang bervariasi. Secara alamiah berdasarkan keberadaan gugus hidroksil, tanin adalah molekul hidrofilik yang mudah larut dalam air sehingga stabil berikatan dengan molekul protein dan karbohidrat. Kecenderungan berikatan dengan molekul karbohidrat lebih rendah dibandingkan dengan molekul protein. Tanin mampu mengendapkan ion besi dengan membentuk senyawa kompleks yang berwarna maupun mengoksidasi kalium permanganat dalam media basa (alkali). Tanin termasuk dalam senyawa bioaktif karena mempunyai nilai fungsional, senyawa tanin dibedakan menjadi 4 golongan, yaitu tanin terhidrolisa (HT), proantosianidin atau tanin terkondensasi (CT), tanin kompleks (CoT), dan phlorotanin (PT). Tanin CoT banyak ditemukan pada tumbuhan herbal yang tumbuh di darat, sedangkan tanin PT banyak ditemukan di alga coklat. Klasifikasi senyawa tanin berdasarkan strukturnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Secara struktur, tanin HT tersusun atas unit galloil atau ellagoil sehingga dibedakan atas gallotanin (GT) atau ellagitanin (ET). Senyawa tanin tersebut jika mengalami degradasi akan menghasilkan asam gallat (GA) dan asam ellagat (EA). GT adalah polimer galloil yang digabungkan dengan poliol, katekin atau unit triterpenoid, yang sering ditemukan dalam bentuk pentagalloyl glukosa (PGG). Kompleksitas struktur HT ditentukan oleh jumlah unit galloil yang digabungkan melalui ikatan meta- atau para-membentuk struktur rantai ikatan ester (oksidatif). Tanin ET merupakan unit galloil utamanya yang diatur melalui ikatan C-C seperti pada subunit heksahidroksidifenol (HHDP), ester HHDP



Gambar 3.1. Klasifikasi senyawa tannin berdasarkan strukturnya.

Cincin dalam molekul katekin dinyatakan sebagai struktur A, B, dan C. R=radikal, H, OH, GT=gallotanin, ET=ellagitannin, HDDP=heksahidroksidifenol (Sumber: Fraga-Corral dkk, 2021) atau ester nonahidroksitrifenoil (NHTP). Hidrolisis subunit HDDP memicu subunit EA. Kemampuan terhidrolisa tanin HT menunjukkan resistensinya yang rendah terhadap hidrolisis oleh suhu tinggi, asam, basa, dan enzim tertentu, seperti tanase, yang umumnya menghasilkan produk pirogalol atau GA. Namun, banyak ET yang jauh lebih tahan terhadap hidrolisis karena ikatan C-C tambahan dari residu polifenolnya dengan unit poliol. Struktur CT biasanya tersusun atas katekin atau epikatekin, yang paling umum adalah (2,3-trans) -(±)-catekin dan (2,3-cis) -(±)-epikatekin, yang merupakan gugus flavan-3-ol. Polimerisasi CT biasanya dibentuk dengan mengikat katekin lain melalui ikatan C4-C8, tetapi ikatan C4-C6 juga dapat terbentuk, meskipun lebih jarang. Posisi gugus hidroksil menunjukkan variasi pola hidroksilasinya di cincin A dan B dari unit flavanol-3-ol, yang menghasilkan klasifikasi beberapa kelompok CT, seperti prosianidin (3,5,7,30,40-OH), prodelfidin (3,5,7,30,40,50-OH), propelargonidin (3,5,7,40-OH), profisetinidin (3,7,30,40-OH), prorobinetinidin (3,7,30,40,50-OH) atau proteracacinidin (3,7,8,40-

OH) dan lain-lain. Prosianidin adalah kelompok CT yang paling melimpah di alam, yang dapat diurutkan berdasarkan hubungan antara unit flavanil dalam kelas A (ganda), B atau C (tunggal). Di sisi lain, CoT adalah tanin dengan berat molekul tinggi yang dihasilkan dari ikatan flavan-3-ol dengan GT atau ET melalui ikatan C-C. Beberapa contoh CoT adalah acutissimin A dan B, yang dapat diisolasi dari *Quercus* sp. dan *Castanea sativa* atau camelliataannin A dari *Camelia japonica*. PT adalah tanin umum yang terdapat pada alga dan tersusun atas molekul phloroglucinol (PG, cincin aromatik dengan gugus hidroksil 1,3,5) yang berpolimerasi dengan mudah antara C1-C3. PT dikelompokkan ke dalam tiga kelas khas berdasarkan penggabungan antara subunit, yaitu fukol (C-C), phloroetol (C-O-C) dan fukophloroteol (C-C dan C-O-C). Kompleksitas struktur berkorelasi dengan keberadaan subunit PG yang lebih tinggi (3 hingga 7 subunit).

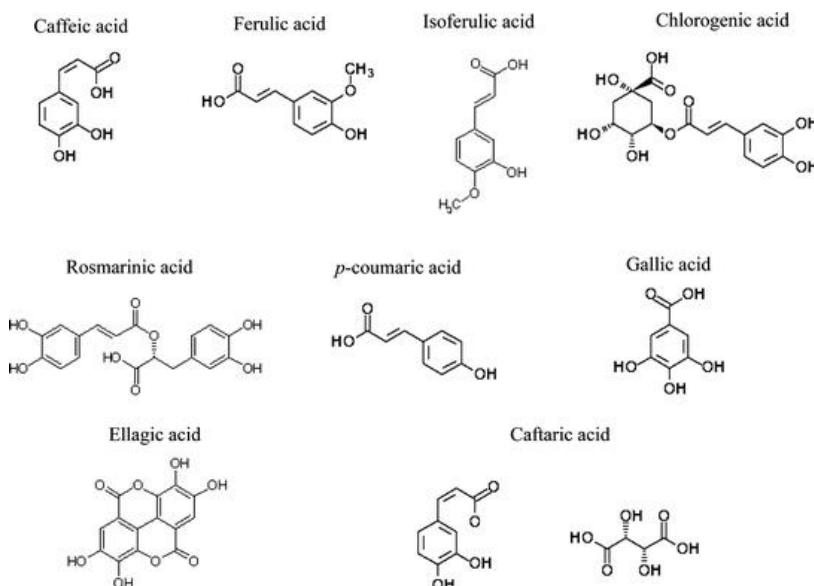
Tanaman herbal sumber senyawa tanin, meliputi: beluntas (*Pluchea indica* Less) (Widyawati dkk., 2022), bunga telang (*Clitoria ternatea*) (Widyawati dkk., 2024), rombusa (*Passiflora foetida* L) (Rendowaty dkk., 2024), ketul (*Bidens pilosa*) (Meira dkk., 2021), dan ciplukan (*Physalis angulata* L) (Primadiamanti dkk., 2024). Sedangkan nilai fungsional senyawa tanin meliputi: antioksidan, antimikroba, antibakteria, antiviral, anti-inflammatory, antiparasit, dan antidiare (Tong dkk., 2022).

2. Asam Fenolik

Asam fenolik merupakan senyawa fenolik yang memiliki satu gugus asam karboksilat. Asam fenolik atau fenolkarboksilat (sejenis fitokimia yang disebut polifenol) adalah salah satu golongan utama senyawa fenolik tumbuhan. Asam tersebut biasanya berikatan secara amida, ester, atau glikosida dan jarang dalam bentuk bebas. Asam fenolik terutama dibagi menjadi dua sub kelompok, yaitu asam hidroksibenzoat dan asam hidroksisinamat. Asam hidroksisinamat, yang berasal dari asam sinamat, hadir dalam makanan sering kali sebagai ester sederhana dengan asam quinic atau glukosa. Asam hidroksisinamat terikat terlarut yang paling melimpah adalah

asam klorogenat (bentuk gabungan dari asam kafeat dan quinic). Empat asam hidroksisinamat yang paling umum adalah asam ferulat, kafeat, p-kumarat, dan sinapik. Asam hidroksibenzoat memiliki struktur umum C6-C1 dan berasal dari asam benzoat. Asam fenolik ditemukan dalam bentuk yang larut (terkonjugasi dengan gula atau asam organik) dan terikat dengan fraksi dinding sel sebagai lignin. Asam hidroksibenzoat umumnya ditemukan dalam konsentrasi lebih rendah dalam tanaman. Empat asam hidroksibenzoat yang umum ditemukan adalah asam p-hidroksibenzoat, protokatekuat, vanilat, dan siringat. Struktur asam fenolik ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Tanaman herbal sumber asam fenolik meliputi: kenikir (*Cosmos caudatus*) (Cheng, 2015), beluntas (Widyawati dkk., 2022), rosemary (Mena dkk., 2016), sage (*Salvia officinalis*) (Dent dkk., 2024), kemangi (*Ocimum basilicum* Linn), oregano (*Origanum vulgare*), dan thyme (*Thymus vulgaris* L.) (Kruma dkk., 2008).

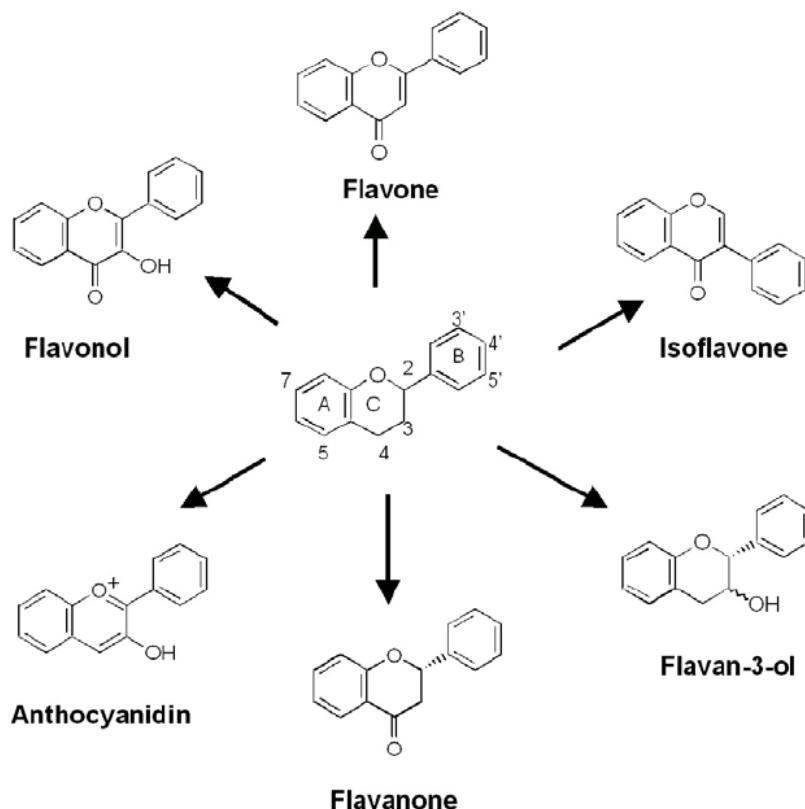


Gambar 3.2. Struktur Asam Fenolik dalam Tanaman Herbal
(Sumber: Lafay dan Gil-Izquierdo, 2008)

Nilai fungsional asam fenolik meliputi: antioksidan, antiinflamasi (Ahda dkk., 2023), antikanker (Nurhayati dkk., 2018), antiobesitas (Rahman dkk., 2017), antiinflammation, antimikroba, dan antidiabetik (Kumar dan Goel, 2019).

3. Flavonoid

Flavonoid merupakan metabolit sekunder yang melimpah pada tanaman, buah dan biji yang bertanggung jawab pada karakteristik warna, aroma dan flavor. Dalam tanaman, senyawa tersebut mempunyai fungsi sebagai pengatur pertumbuhan sel, menarik serangga, dan melindungi tanaman dari kondisi stress. Oleh karena itu senyawa flavonoid berfungsi molekul signal, filter sinar UV, penangkal spesies oksigen reaktif dan berperan dalam toleransi terhadap kondisi kekeringan, panas dan dingin. Senyawa flavonoid mempunyai struktur kimia dasar terdiri atas kerangka flavon yang terdiri atas 15 atom karbon dengan susunan C6-C3-C6 yang terdiri atas 2 cincin benzena (cincin A dan B) yang terhubung oleh cincin piran yang tersusun atas 3 atom karbon (cincin C). Posisi cincin B katekol pada cincin C piran dan jumlah gugus hidroksil pada cincin B menentukan kapasitas antioksidan senyawa flavonoid. Keberadaan gugus hidroksil pada flavonoid mampu mendonorkan atom hidrogen sehingga menghasilkan radikal flavonol yang terstabilkan oleh resonansi. Berdasarkan struktur kimianya flavonoid dapat digolongkan menjadi 6 group, yaitu: flavan-3-ol, flavonol, flavanon, isoflavon, dan anthosianin (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Struktur dasar senyawa flavonoid

(Sumber: Ullah dkk., 2020)

Tanaman herbal sumber flavonoid, meliputi: kenikir (*Cosmos caudatus*) (Ahda dkk., 2023), rombusa (*Passiflora foetida* L.) (Rendowaty dkk., 2024), bunga telang (*Clitoria ternatea*) (Widyawati dkk., 2024), ketul (*Bidens Pilosa*) (Meira dkk., 2021), ciplukan (*Physalis angulata*) (Sari, 2018), beluntas (*Pluchea indica* Less) (Widyawati dkk., 2022), dan oregano (*Origanum vulgare*) (Gutiérrez-Grijalva dkk., 2017). Peran flavonoid bagi manusia adalah sebagai antiinflamasi, antikanker, kardioprotektif, antibakteri, antifungi, antiviral, antiparkinson, anti-alzheimer dan antineurodegradasi, dan antikanker (Ullah dkk., 2020), dan antioksidan (Ahda dkk., 2023).

4. Minyak Atsiri

Minyak atsiri/essential oil adalah senyawa organik yang terdapat dalam tanaman herbal yang memberikan aroma tertentu. Minyak atsiri merupakan senyawa metabolit sekunder pada tanaman yang bersifat volatil. Senyawa ini berwujud cairan kental pada suhu ruang yang mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas sebagai ciri khas dari tanaman asalnya. Kemudahan minyak atsiri menguap disebabkan titik uapnya rendah. Keberadaan minyak atsiri dalam tanaman untuk mempertahankan diri dari predator atau sebagai agen untuk bersaing dengan tumbuhan lain guna mempertahankan diri.

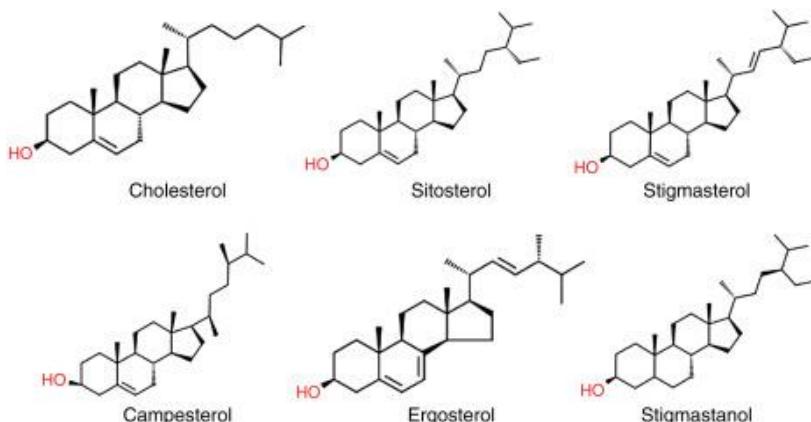
Minyak atsiri dibedakan menjadi oleoptena dan stearoptena. Oleoptena adalah bagian dari minyak atsiri yang berupa senyawa hidrokarbon yang berwujud cair, yang terdiri atas monoterpena, seskuiterpena, diterpena dan politerpena. Sedangkan stearoptena adalah senyawa turunan oksigen atau hidrokarbon terpene yang teroksidasi. Senyawa yang termasuk dalam golongan ini adalah alkohol, aldehid, keton, eter, ester dan fenol (De-Montijo-Prieto dkk., 2021).

Tanaman herbal sumber minyak atsiri, meliputi: daun kenikir (*Cosmos caudatus*) (Cheng dkk., 2015), beluntas (*Pluchea indica* Less), kemangi (*Ocimum basilicum* Linn) (Widyawati dkk., 2013), bunga telang (Widyawati dkk., 2024), nilam (*Pogostemon cablin*) (Yuliana dkk., 2020), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) (Rahbardar dan Hosseinzadeh, 2020), ketul (*Bidens pilosa* L) (Meira dkk., 2021), dan kecombrang (*Etlingera elatior*) (Farida dan Maruzy, 2016). Senyawa bioaktif tersebut berpotensi sebagai antioksidan, antibakteri, antifungi, dan antimikotosigenik (De-Montijo-Prieto dkk., 2021).

5. Sterol

Sterol adalah senyawa dalam tanaman kelompok steroid yang mempunyai struktur kimia mirip dengan kolesterol, yang sering disebut dengan fitosterol. Senyawa tersebut merupakan unsur membran sel dan organel intraseluler pada semua jaringan tumbuhan, yang berfungsi membantu menstabilkan lapisan ganda fosfolipid dan pemberi sinyal yang bekerja pada reseptor hormon

steroid. Peran fitosterol adalah membantu tumbuhan untuk beradaptasi terhadap suhu rendah dan mengurangi dampak negatif patogen terhadap tumbuhan. Fitosterol ditemukan dalam makanan yang berasal dari tumbuhan, terutama dalam minyak, biji-bijian, dan kacang-kacangan. Konsentrasi fitosterol dalam minyak nabati diperkirakan 0,1 hingga 1,0%. Berdasarkan strukturnya, sterol termasuk dalam famili triterpena dengan cincin siklopenta- α -fenantrena tetrasiklik, terdiri atas gugus metil, etil atau ikatan rangkap. Senyawa tersebut merupakan turunan dari sterol C-28 (misalnya, kampesterol) dan C-29 (misalnya, β -sitosterol dan stigmasterol) yang berbeda dengan kolesterol, yang termasuk dalam senyawa C-27. Sterol utama yang terdapat dalam tanaman adalah sitosterol, kampesterol dan stigmasterol. Fitostanol, termasuk β -sitostanol dan kampestanol, dicirikan oleh tidak adanya ikatan rangkap Δ^5 pada cincin B dan mengandung gugus metil atau etil tambahan yang terikat pada rantai karbon samping alifatik kolesterol (Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Struktur beberapa senyawa fitosterol pada tanaman
(Sumber: Miszczuk dkk., 2024)

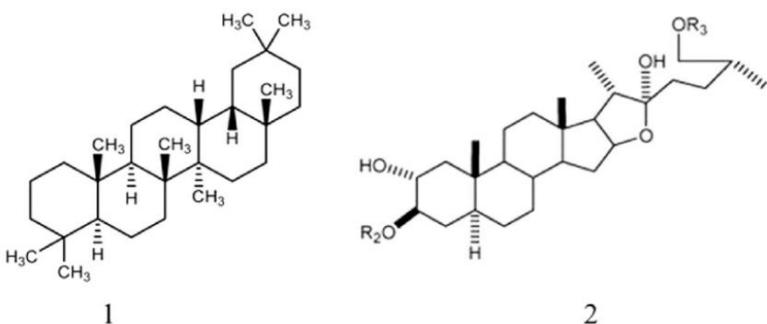
Tanaman herbal sumber fitosterol, meliputi: beluntas (*Pluchea indica* Less) (Widyawati dkk., 2022), bunga telang (*Clitoria ternatea*) (Widyawati dkk., 2024), rombusa (*Passiflora Foetida* L.) (Rendowaty dkk., 2024), kenikir (*Cosmos caudatus*) (Cheng dkk., 2015), kecombrang (*Elingera elatior* Jack) (Setiawati,

2018), dan ciplukan (*Physalis angulata* L.) (Primadiamanti dkk., 2024). Fitosterol mempunyai nilai fungsional bagi kesehatan manusia, meliputi: antikolesterol, antikanker, antiinflamasi dan antioksidan (Berger dkk., 2004), antiulcerogenik, dan hepatoprotektif (Miszcuk dkk., 2024).

6. Saponin

Saponin adalah senyawa metabolit sekunder yang umumnya tidak mudah menguap dan aktif di permukaan serta ditemukan dalam tanaman. Saponin berasal dari kata latin *sapo*, yang berarti sabun, karena molekul saponin membentuk busa seperti sabun saat dikocok dengan air.

Saponin mempunyai struktur molekul secara beragam dan sering disebut sebagai triterpena dan glikosida steroid (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Struktur kimia saponin (1) triterpenoid dan (2) steroid
(Sumber: Danasekaran dkk., 2020)

Saponin terdiri dari aglikon nonpolar yang digabungkan dengan satu atau lebih gugus monosakarida. Adanya gugus polar dan nonpolar dalam molekulnya menyebabkan saponin berperilaku seperti sabun dalam larutan berair. Adanya satu atau lebih struktur aglikon yang larut dalam lemak dan rantai gula yang larut dalam air menyebabkan saponin bersifat amfifilik. Saponin adalah senyawa aktif permukaan dengan sifat deterjen, pembasah, pengemulsi, dan pembusa, sehingga saponin banyak dimanfaatkan dalam proses pembuatan minuman dan gula-gula, serta produk kosmetik dan farmasi. Saponin dianggap sebagai

senyawa toksik bagi ikan dan hewan berdarah dingin karena memiliki aktivitas hemolitik yang kuat. Dalam konsentrasi tinggi, saponin memberikan rasa pahit dan sepat pada tanaman pangan. Rasa pahit saponin merupakan faktor utama yang membatasi penggunaannya. Saponin dikenal sebagai senyawa antinutrisi, karena dapat mengganggu pertumbuhan dan mengiritasi tenggorokan karena rasa pahitnya. Saponin dapat menghambat berbagai enzim pencernaan, seperti tripsin dan kimotripsin (Berger dkk., 2004).

Sumber saponin pada tanaman herbal, meliputi: beluntas (*Pluchea indica* Less) (Widyawati dkk., 2022), rombusa (*Passiflora foetida* L.) (Rendowaty dkk., 2024), ketul (*Bidens pilosa*), bunga telang (*Clitoria ternatea*) (Widyawati dkk., 2024), krokot (Portulaca oleraceae L) (Karlina dkk., 2013), dan ciplukan (*Physalis angulata* L.) (Primadiamanti dkk., 2024). Nilai fungsional saponin adalah sebagai fungisidal, antimikroba, antiviral, antiinflamasi, antioksidan, antikanker, antiinfeksi, imunomodulator, antiglukosida, dan sitoprotektan (Juan dan Liang, 2020).

7. Alkaloid

Alkaloid adalah kelompok metabolit sekunder terpenting pada tumbuhan yang tidak pernah berdiri sendiri, berupa campuran dari beberapa alkaloid utama dan beberapa kecil. Istilah alkaloid (mirip alkali) agak sulit dibedakan dengan amina kompleks yang terjadi secara alami. Alkaloid bersifat basa, mengandung satu atau lebih atom nitrogen (biasanya dalam cincin heterosiklik) dan memiliki aktivitas fisiologis tertentu. Alkaloid memiliki rasa pahit, bersifat basa lemah, sedikit larut dalam air dan larut dalam pelarut organik non polar, seperti dietil eter, kloroform dan lain-lain. Beberapa alkaloid berwarna, seperti berberin yang berwarna kuning dan garam sanguinarine dengan tembaga berwarna merah. Alkaloid akan terdekomposisi oleh panas, kecuali strychninedan caffeine. Umumnya alkaloid berbentuk padatan kristal dan sedikit diantaranya berupa padatan amorf. Kebanyakan alkaloid mengandung satu inti kerangka piridin, quinolin, dan isoquinolin atau tropandan yang

bertanggung jawab terhadap efek fisiologis pada manusia dan hewan. Rantai samping alkaloid berupa turunan dari terpna atau asetat. Beberapa alkaloid seperti lobeline atau nikotin berwujud cairan. Garam alkaloid biasanya larut dalam air (Thawebteh dkk., 2019).

Tanaman herbal sumber saponin adalah beluntas (*Pluchea indica* Less) (Widyawati dkk., 2022), kecombrang (*Etlingera elatior* Jack) (Setiawati, 2018), ciplukan (*Physalis angulata*) (Sari, 2018), bunga telang (*Clitoria ternatea*) (Widyawati dkk., 2024), dan rombusa (*Passiflora foetida* L.) (Rendowaty dkk., 2024). Nilai fungsional senyawa alkaloid adalah antikanker, antitumor, anticonvulsant, analgesik, antifungi, antiviral, antiinflamasi, antimalaria, antibakteri, kardiotonik, antioksidan, antiobesitas, antihipertlipidemia, dan antihiperglikemik (Thawebteh dkk., 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, M., Jaswir, I., Khatib, A., Ahmed, Q. U. and Syed Mohamad, S. N. A. 2023. A review on *Cosmos caudatus* as A potential medicinal plant based on pharmacognosy, phytochemistry, and pharmacological activities. *International Journal of Food Properties.* 26(1): 344-358.
- Berger, A., Jones, P.J.H. and Abumweis, S.S. 2004. Plant sterols: factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients. *Lipids in Health and Disease.* 3(5):1-19.
- Cheng, S. H., Barakatun-Nisak, M. Y., Anthony, J. and Ismail, A. 2015. Potential medicinal benefits of *Cosmos caudatus* (Ulam Raja): A scoping review. *Journal of Research in Medical Sciences,* 20(10), 1000-1006.
- De-Montijo-Prieto, S., Razola-Díaz, M.D.C., Gómez-Caravaca, A.M., Guerra-Hernandez, E.J., Jiménez-Valera, M., Garcia-Villanova, B., Ruiz-Bravo, A. and Verardo, V. 2021. Essential Oils from Fruit and Vegetables, Aromatic Herbs, and Spices: Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Activities, *Biology.* 10(1091):1-21.
- Danasekaran, D.K., Dias-Silva, T.P., Filho, A.L.A., Sakata, G.Z., Abdalla, A.L., Louvandini, H. dan Elghandour, M.M.M.Y. 2020. Plants Extract and Bioactive Compounds on Rumen Methanogenesis. *Agroforestry Systems.* 94: 1541-1553.
- Dent, M., Fuchs-Godec, R., Pedisic, S., Grbin, D., Deagovic-Uzelac, V., Jezek, D. and Bosiljkov, T. 2024. Polyphenols from Sage Leaves (*Salvia officinalis* L): Environmentally Friendly Extraction under High Hydrostatic Pressure and Application as a Corrosion Inhibitor for Tinplate. *Separations.* 11(158):1-19.
- Farida, S. dan Maruzy, A. 2016. Kecombrang (*Etingera elation*): Sebuah Tinjauan Penggunaan Secara Tradisional, Fitokimia dan Aktivitas Farmakologinya. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia.* 9(1):19-28.
- Fraga-Corral, M., Otero, P., Cassani, L., Echave, J., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Chamorro, F., Lourenço-Lopes, C., Prieto, M.A. and Simal-Gandara, J. 2021. Traditional Applications of Tannin Rich Extracts Supported by Scientific Data: Chemical Composition,

- Bioavailability and Bioaccessibility Foods. 10(251): 1-33.
- Gutiérrez-Grijalva, E.P., Picos-Salas, M.A., Leyva-López, N., Criollo-Mendoza, M.S., Vazquez-Olivo, G. and Heredia, J.G. 2017. Flavonoids and Phenolic Acids from Oregano: Occurrence, Biological Activity and Health Benefits. Plants. 7(2):1-23.
- Hidayanto, F., Ardi, D.S., Ilmi, M.Z., Sutopo, I.G., Religia, A.M., Millah, F.N., Sari, Y.N., Zakiyya, A.N. dan Afifah, Y.N. 2015. Tanaman Herbal sebagai Tanaman Hias dan Tanaman Obat. Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan. 4(1):1-4.
- Juang, Y.P. and Liang, P.H. 2020. Biological and Pharmacological Effects of Synthetic Saponins. Molecules. 25(4974):1-23.
- Karlina, C.Y., Ibrahim, M. dan Trimulyono, G. 2013. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Krokot (*Portulaca oleracea* L) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. LenteraBio. 2 (1):87-93.
- Kruma, Z., Andjelkovic, M., Verhe, R., and Kreicbergs, V. 2008. Phenolic Compounds in Basil, Oregano and Thyme. Foodbalt-Proceedings-2008-99-103.
<https://llufb.llu.lv/conference/foodbalt/2008/Foodbalt-Proceedings-2008-99-103.pdf>.
- Kumar, N. and Goel, N. 2019. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. Biotechnology Reports. 24(e00370):1-10.
- Kumontoy, G.D., Deeng, D. dan Mulianti, T. 2023. Pemanfaatan Tanaman Herbal sebagai Obat Tradisional untuk Kesehatan Masyarakat di Desa Guaan Keamatan Mooat Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. Jurnal Holistik. 16(3):1-16.
- Lafay, S. and Gil-Izquierdo, A. 2008. Bioavailability of Phenolic Acids. Phytochemistry Reviews. 7:301-311.
- Meira, G., Irwansyah, A.Z., Santoso, H. dan Wahjudi, M. 2021. Minireview: Formulasi Obat Kumur Ekstrak Daun Ketul (*Bidens pilosa*), Keluwih: Jurnal Sains dan Teknologi. 2(1):53-63.
- Mena, P., Cirlini, M., Tassotti, M., Herrlinger, K.A., Dall'Asta, C. and Del Rio, D. 2016. Phytochemical Profiling of Flavonoids, Phenolic Acids, Terpenoids, and Volatile Fraction of a Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) Extract. Molecules. 21(1576):1-15.
- Miszczuk, E., Bajguz, A., Kiraga, L., Crowley, K. and Chlopecka, M. 2024.

- Phytosterols and the Digestive System: A Review Study from Insights into Their Potential Health Benefits and Safety. *Pharmaceuticals*. 17(557):1-17.
- Mulyani, H. Widyastuti, S.H. dan Ekowati, V.I. 2016. Tumbuhan Herbal sebagai Jamu Pengobatan Tradisional Terhadap Penyakit Dalam Serat Primbon Jampi Jawi Jilid 1. *Jurnal Penelitian Humaniora*. 21(2): 73-91.
- Nurhayati, B., Rahayu, I. G., Rinaldi, S. F., Zaini, W. S., Afifah, E., Arumwardana, S., Widya Kusuma, H. S., Rizal and Widowati, W. 2018. The antioxidant and cytotoxic effects of *Cosmos caudatus* Ethanolic Extract on Cervical Cancer. *Indonesian Biomedical Journal*. 10(3): 243-249.
- Perangin-Angin, Y., Purwaningrum, Y., Asbur, Y., Rahayu, M.S. dan Nurhayati. 2019. Pemanfaatan Kandungan Metabolit Sekunder yang Menghasilkan Tanaman pada Cekaman Biotik. *Agriland*. 7(1):39-47.
- Pitriani, E. 2022. Studi Pustaka Identifikasi Kandungan Metabolit Sekunder Golongan Senyawa Antioksidan. Program Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Primadiamanti, A., Saputri, G.A.R. dan Apriliana, S. 2024. Aktivitas Analgetik Kombinasi Daun dan Buah Ciplukan (*Physalis angulata* L.) pada Mencit (*Mus musculus*). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 10(7):996-1006.
- Rahbardar, M.G. and Hosseinzadeh, H. 2020. Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 23(9):1100-1112.
- Rendowaty, R., Anggini, R.T., Saputri, N.A., Untari, B., dan Isromarina, R. 2024. Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Total Flavonoid Ekstrak dan Fraksi Bractea Bunga Rambusa (*Passiflora Foetida* L.). *Jurnal Farmasi Higea*. 16(1):11-16.
- Sari, G.N.F. 2018. Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Herba Ciplukan (*Physalis angulata*) terhadap DPPH (1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil). Prosiding Seminar Nasional Unimus. 1: 98-103.
- Setiawati, K.R. 2018. Keragaman Morfologi dan Profil Metabolit Sekunder Kecombrang (*Etlingera elatior* Jack R.M.S.M) di Jawa

- Barat. Departeman Agronomi dan Hortikultural, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Subhashini, P., Dilipan, E., Thangaradjou, T. and Papenbrock, J. 2013. Bioactive Natural Products from Marine Angiosperm: Abundance and Functions, Natural Product Bioprospect. 3(4):129 – 136.
- Thawabteh, A., Juma, S., Bader, M., Karaman, D., Scrano, L., Bufo, S.A. and Karaman, R. 2019. The Biological Activity of Natural Alkaloids against Herbivores, Cancerous Cells and Pathogens. Toxins. 11(656):1-28.
- Tong, Z., He, W., Fan, X. and Guo, A. 2022. Biological Function of Plant Tannin and Its Application in Animal Health. Frontiers in Veterinary Science. 8(803657):1-7.
- Ullah, A., Munir, S., Badshah, S.L., Khan, N., Ghani, L., Poulson, B.G., Emwas, A.H. and Jaremko, M. 2020. Important Flavonoids and Their Role as a Therapeutic Agent. Molecules. 25 (5243):1-39.
- Wahjuningsih, S.B., Fitriani, A., Azkia, M.N. dan Rahmadhia, S.N. 2023. Senyawa Bioaktif Dalam Bahan Pangan. Cetak Pertama. Semarang: Universitas Semarang Press.
- Widyawati, P.S., Suseno, T.I.P., Ivana, F., Natania, E., Wangtuei, S. 2024. Effect of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower extract on qualities, sensory properties, and antioxidant activity of wet noodles with various composite flour proportions. Beverage Plant Research. 4(e022):1-12.
- Widyawati, P.S., Suseno, T.I.P., Wijajaseputra, A.I., Widyastuti, T.E.W., Moeljadi, V.W., Tandiono, S. 2022. The Effect of κ -Carrageenan Proportion and Hot Water Extract of the *Pluchea indica* Less Leaf Tea on the Quality and Sensory Properties of Stink Lily (*Amorphophallus muelleri*) Wet Noodles. Molecules. 27(5062):1-16.
- Widyawati, P.S., Paini Sri Widyawati, Christofora Hanny Wijaya, Peni Suprapti Hardjosworo, Dondin Sajuthi. 2013. Volatile compounds of *Pluchea indica* Less and *ocimum basilicum* Linn essential oil and potency as antioxidant.
- Yuliana, D.A., Nurhidayati, S., Zurohaina, Aswan, A. dan Febriana, I. 2020. Proses Pengambilan Minyak Atsiri dari Tanaman Nilam

- (*Pogestemon cablin* Benth) Menggunakan Metode Microwave Hydrodistillation, Jurnal Kinetika. 11(3):34-39.
- Yulianto, S. 2017. Penggunaan Tanaman Herbal untuk Kesehatan. Jurnal Kebidanan dan Kesehatan Tradisional. 2(1):1-59.
- Yani, KP. dan Yani, EH. 2023. Potensi Komersialisasi Daun Rombusa (*Passiflora foetida* L.) sebagai Herbal Penurun Tekanan Darah. Cannarium (Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian). 21(2):53-16.

BAB 4

EKSTRAKSI SENYAWA BIOAKTIF HERBAL

Oleh Dodi Darmakusuma

Herbal mendapat tempat dan perhatian dalam peradaban manusia hingga saat ini. Peran herbal dalam kehidupan manusia terus berkembang. Herbal bukan hanya dimanfaatkan dalam tindakan kuratif, tetapi menjadi bagian upaya preventif mencegah penyakit dan memelihara kesehatan. Herbal telah menjadi bagian penting dalam meningkatkan fungsi makanan dan minuman untuk memelihara kesehatan. Pengayaan pangan dengan menggunakan bahan herbal telah menjadi trend kehidupan modern.

Fortifikasi pangan dengan herbal menciptakan sinergi antara nutrisi dan terapi. Produk pangan fortifikasi ini merupakan bagian dari pangan fungsional. Pemanfaatan herbal dalam pangan fungsional ini telah berkembang dari penggunaan langsung herbal menjadi penggunaan ekstrak senyawa bioaktif.

Ekstrak senyawa bioaktif herbal ini diperoleh melalui ekstraksi. Ekstraksi herbal ini memisahkan senyawa bermanfaat dari bahan lainnya yang tidak diinginkan, sehingga ekstrak tersebut dapat digunakan lebih efektif dalam fortifikasi pangan. Proses ekstraksi herbal merupakan proses kritis dalam upaya fortifikasi tersebut. Oleh karena itu pengetahuan dasar mengenai ekstraksi senyawa bioaktif herbal sangat penting untuk dipahami. Bab ini akan memberikan pengetahuan dasar tentang ekstraksi senyawa bioaktif herbal, khususnya untuk penggunaan fortifikasi pangan.

4.1 Senyawa Bioaktif dan Ekstrak Herbal

Istilah herba digunakan untuk menyatakan tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang dimanfaatkan karena aroma, rasa, atau khasiat terapeutiknya. Produk tumbuhan yang digunakan untuk mengobati penyakit atau menjaga kesehatan dikenal sebagai herbal atau fitomedika. Jadi istilah herba merujuk pada tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang digunakan karena khasiat tertentu (aroma,

rasa, terapeutik), sedangkan istilah herbal merujuk pada produk atau obat yang dibuat dari herba dan digunakan untuk tujuan kesehatan atau medis. Dalam bab ini tumbuhan yang diekstraksi digunakan untuk tujuan fortifikasi makanan fungsional, maka dalam pembahasan selanjutnya kita akan menggunakan istilah herbal.

Senyawa bioaktif pada tumbuhan adalah metabolit sekunder tumbuhan yang menimbulkan efek farmakologis atau toksikologis pada manusia dan hewan. Peraturan BPOM Nomor 26 Tahun 2021 tentang informasi nilai gizi pada label pangan olahan menyatakan bahwa senyawa atau komponen bioaktif merupakan zat non gizi yang terdapat dalam pangan yang tidak berfungsi sebagai zat gizi tetapi memengaruhi kesehatan. Meskipun zat nutrisi seperti vitamin dan mineral juga dapat menimbulkan efek farmakologis atau toksikologis ketika dikonsumsi dalam dosis tinggi, namun keduanya tidak termasuk dalam istilah senyawa bioaktif.

Apakah yang dimaksud dengan ekstrak? Menurut Permenkes Nomor 6 Tahun 2016 tentang formularium obat herbal asli Indonesia, ekstrak adalah sediaan kering, kental atau cair dibuat dengan menyari simplisia menurut cara yang cocok, di luar pengaruh cahaya matahari langsung. Ekstrak harus mudah digerus menjadi serbuk. Sedangkan berdasarkan Peraturan BPOM No 25 Tahun 2023 tentang kriteria dan tata laksana registrasi obat bahan alam, ekstrak adalah sediaan kering, kental atau cair dibuat dengan menyari simplisia nabati atau hewani menurut cara yang cocok, di luar pengaruh cahaya matahari langsung.

Apakah yang dimaksud dengan simplisia? Perlu diketahui bahwa bahan herbal sering kali disiapkan sebagai simplisia. Berdasarkan Peraturan BPOM No 25 Tahun 2023, simplisia merupakan bahan alam yang telah dikeringkan yang digunakan untuk pengobatan dan belum mengalami pengolahan kecuali dinyatakan lain suhu pengeringan simplisia tidak lebih dari 60°C.

4.2 Ekstrak Herbal Dalam Fortifikasi Pangan

Kita sejak lama mengetahui ekstrak minyak bawang putih, ekstrak rosemary, dan teh hijau telah digunakan sebagai suplemen makanan untuk meningkatkan kesehatan. Ekstrak kasar dari

beberapa tumbuhan telah digunakan secara tradisional dan dianggap sebagai representatif dari senyawa bioaktif, diantaranya ekstrak kedelai (isoflavon), ekstrak tomat (likopen), bayam dan collard greens (lutein/zeaxanthin), dan oat (β -Glukan).

Beberapa keunggulan penggunaan ekstrak yang mengandung senyawa bioaktif herbal dalam fortifikasi makanan antara lain:

1. Ekstrak herbal mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, polifenol, dan terpenoid yang memiliki aktivitas biologis seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker dan aktivitas lainnya yang dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan kepada konsumen.
2. Ekstrak herbal dapat ditambahkan ke dalam berbagai jenis makanan dan minuman tanpa mengubah rasa atau tekstur secara signifikan. Hal ini memungkinkan digunakan untuk fortifikasi makanan dengan cara yang beragam. Bahkan dalam beberapa kasus penggunaan ekstrak herbal justru dapat meningkatkan penerimaan konsumen terhadap cita rasa bahkan tekstur.
3. Ekstrak herbal cenderung diterima dengan baik oleh konsumen karena berasal dari sumber alami. Karena berasal dari alam, senyawa bioaktif tumbuhan sering dipersepsikan oleh konsumen dan industri sebagai produk yang aman. Oleh karena itu, saat ini industri makanan banyak yang mengembangkan produk makanan yang diperkaya dengan senyawa bioaktif dari tumbuhan.
4. Beberapa senyawa bioaktif herbal dapat bertindak sebagai pengawet pangan. Senyawa bioaktif seperti minyak atsiri, alkaloid, flavonoid, fenilpropanoid, polifenolik, terpenoid, dan Peptida Antimikroba Tumbuhan (pAMPs) memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan. Sehingga senyawa ini dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih aman dibandingkan pengawet sintetis.

4.3 Metode Ekstraksi Herbal

Sebagaimana yang telah dijelaskan bahwa ekstraksi adalah proses kritis dalam pengayaan/fortifikasi pangan dengan ekstrak senyawa bioaktif herbal. Sebelum membahas lebih lanjut tentang metode ekstraksi, kita akan sedikit membahas perbedaan antara

metode ekstraksi dan teknik ekstraksi. Metode ekstraksi mengacu pada pendekatan atau strategi umum yang digunakan untuk ekstraksi. Teknik ekstraksi mengacu pada prosedur atau langkah spesifik yang diterapkan dalam metode ekstraksi. Metode ekstraksi yang akan dibahas dalam subbab ini meliputi ekstraksi pelarut, distilasi, dan pengepresan.

4.3.1 Metode ekstraksi Pelarut

Teknik yang paling dikenal dalam metode ekstraksi pelarut adalah ekstraksi padat-cair. Dalam ekstraksi ini dikenal istilah *Menstruum*, *Marc* dan *Micelle*. *Menstruum* adalah cairan atau pelarut yang cocok dipilih untuk proses ekstraksi yang efektif. *Marc* merupakan bahan yang tidak larut atau inert yang tertinggal pada akhir proses ekstraksi. *Micelle* adalah campuran bahan yang diekstraksi dan pelarut ekstraksi. *Micelle* dapat didefinisikan sebagai agregat molekul yang dibentuk oleh zat-zat yang terdispersi dalam fase cair sehingga membentuk koloid, yaitu campuran yang memiliki partikel-partikel tidak larut yang tetap terdispersi secara permanen dalam zat lain.

4.3.2 Metode destilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponennya. Prinsip dasar destilasi adalah perbedaan volatilitas (kecenderungan untuk menguap) dari komponen-komponen dalam campuran. Proses destilasi melibatkan dua tahap utama yaitu penguapan dan kondensasi. Penguapan merupakan proses pemanasan campuran hingga komponen dengan titik didih terendah menguap. Sedangkan Kondensi merupakan proses pendinginan uap tersebut hingga kembali menjadi cairan dan dapat dikumpulkan secara terpisah.

Dalam destilasi, campuran dipanaskan sampai komponen dengan titik didih terendah menguap terlebih dahulu. Uap ini kemudian didinginkan kembali menjadi cairan (kondensasi) dan dikumpulkan sebagai distilat. Komponen-komponen dengan titik didih lebih tinggi akan tetap berada di dalam campuran hingga suhu dinaikkan lebih lanjut.

4.3.3 Metode ekstraksi pengepresan

Metode pengepresan dalam ekstraksi bahan herbal adalah metode yang menggunakan tekanan mekanis untuk memisahkan cairan atau komponen aktif dari bahan tanaman. Tekanan ini menyebabkan sel-sel tanaman pecah dan melepaskan cairan yang terkandung di dalamnya. Prinsip dasar pengepresan ini memanfaatkan tekanan untuk memperoleh ekstrak yang berharga tanpa perlu menggunakan pelarut kimia, membuatnya menjadi pilihan yang lebih alami dan sering digunakan dalam berbagai industri.

Ada dua teknik utama dalam metode pengepresan, yaitu pengepresan dingin (*cold pressing*) dan pengepresan panas (*hot pressing*). Pengepresan dingin dilakukan pada suhu rendah untuk menjaga keutuhan komponen aktif yang sensitif terhadap panas. Teknik ini biasanya digunakan untuk ekstraksi minyak esensial dan jus dari buah atau biji. Sebaliknya, pengepresan panas menggunakan suhu yang lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi, sering digunakan untuk bahan yang lebih tahan terhadap panas.

Proses pengepresan dimulai dengan persiapan bahan herbal yang akan diekstraksi. Bahan tersebut biasanya dihancurkan atau digiling terlebih dahulu untuk mempermudah proses pengepresan. Setelah itu, bahan yang telah disiapkan ditempatkan di dalam alat pengepres, dan tekanan diterapkan secara bertahap. Tekanan ini dapat berasal dari alat mekanis seperti hydraulic press atau screw press. Cairan yang keluar dari bahan herbal kemudian dikumpulkan dan diolah lebih lanjut sesuai kebutuhan.

Metode pengepresan memiliki beberapa keuntungan. Pertama, metode ini relatif sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang rumit, membuatnya mudah diterapkan dalam berbagai skala produksi. Kedua, karena tidak menggunakan pelarut kimia, produk yang dihasilkan lebih alami dan bebas dari residu bahan kimia. Ketiga, dengan menggunakan metode *cold pressing*, kualitas komponen aktif dapat lebih terjaga dibandingkan dengan metode ekstraksi yang menggunakan panas berlebih atau bahan kimia.

Metode pengepresan juga memiliki keterbatasan. Metode ini tidak selalu efisien untuk semua jenis bahan. Kapasitas produksi metode pengepresan mungkin tidak cocok untuk produksi dalam skala besar tanpa peralatan yang memadai. Oleh karena itu, penting untuk

mempertimbangkan jenis bahan dan skala produksi saat memilih metode ekstraksi yang tepat.

Kita telah membahas tentang metode ekstraksi, selanjutnya kita akan membahas tentang teknik ekstraksi. Teknik ekstraksi yang digunakan secara signifikan mempengaruhi efisiensi ekstraksi yang dilakukan dan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Secara garis besar teknik ekstraksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu teknik ekstraksi tradisional dan teknik ekstraksi modern. Sub bab 4.4. akan dibahas mengenai teknik ekstraksi tradisional dan sub bab 4.5. akan dibahas mengenai teknik ekstraksi modern.

4.4 Teknik Ekstraksi Tradisional

Teknik ekstraksi tradisional telah digunakan selama berabad-abad. Teknik ini terdiri dari berbagai teknik dengan prinsip dasar seperti pelarutan, pemanasan, dan tekanan. Berikut ini akan dibahas beberapa teknik ekstraksi tradisional yang paling umum digunakan.

4.4.1 Maserasi

Teknik ekstraksi ini menggunakan teknik perendaman bahan herbal dalam pelarut pada suhu kamar untuk jangka waktu tertentu. Proses ini memungkinkan pelarut untuk menembus sel-sel tanaman dan melarutkan senyawa bioaktif. Penjelasan lebih lanjut tentang teknik ekstraksi ini akan diuraikan pada bagian 4.7.1.

4.4.2 Infus

Pada teknik ekstraksi ini bahan herbal direndam dalam air panas. Sedianya teknik ini mirip dengan cara membuat teh. Infus digunakan untuk mengekstrak senyawa yang sulit larut dalam air pada suhu kamar dan dapat larut dalam air panas, namun tahan terhadap pemanasan berkepanjangan. Penjelasan lebih lanjut tentang teknik ekstraksi ini akan diuraikan pada bagian 4.7.2.

4.4.3 Dekoksi/Rebusan.

Pada teknik ekstraksi ini bahan herbal direbus dalam air untuk mengekstrak senyawa yang tahan terhadap suhu tinggi dalam waktu yang relatif cepat. Metode ini sering digunakan untuk mengekstrak senyawa yang tidak mudah larut dalam air dingin atau hangat.

Penjelasan lebih lanjut tentang teknik ekstraksi ini akan diuraikan pada bagian 4.7.3.

4.4.4 Digasting/Pencernaan.

Teknik ekstraksi digasting mirip dengan maserasi, tetapi dilakukan pada suhu yang lebih tinggi untuk mempercepat ekstraksi. Bahan herbal dipanaskan dalam pelarut pada suhu tertentu untuk waktu yang singkat. Teknik ekstraksi digasti memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya cocok untuk ekstraksi bahan bioaktif herbal untuk fortifikasi makanan. Salah satu kelebihannya adalah kecepatan ekstraksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan maserasi konvensional. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan kelarutan senyawa bioaktif dan mempercepat difusi komponen target dari bahan herbal ke dalam pelarut.

Teknik ekstraksi ini cocok untuk produksi skala industri yang membutuhkan waktu pemrosesan yang cepat. Teknik ekstraksi cocok untuk ekstraksi senyawa dengan stabilitas termal yang baik tanpa mengalami degradasi signifikan, sehingga kualitas senyawa bioaktif tetap terjaga selama proses ekstraksi.

Teknik ekstraksi ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Salah satu kelemahannya adalah risiko degradasi senyawa bioaktif yang sensitif terhadap panas. Pemanasan yang terlalu lama atau pada suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan hilangnya potensi bioaktif atau perubahan sifat senyawa. Teknik ini tidak cocok untuk bahan herbal yang mengandung senyawa volatil atau termolabil, karena risiko hilangnya komponen penting selama proses pemanasan. Oleh karena itu, pemilihan suhu dan waktu yang tepat dalam teknik ekstraksi ini sangat penting.

4.4.5 Perkolasi.

Dalam teknik ekstraksi ini, pelarut dialirkan secara terus-menerus melalui bahan herbal yang ditempatkan dalam perkolator. Keunggulan teknik ekstraksi perkolasikan dalam ekstraksi bahan bioaktif herbal untuk fortifikasi pangan terletak pada efisiensi dan kemampuannya untuk mengekstraksi senyawa aktif secara optimal. Proses perkolasikan melibatkan pelarut yang mengalir melalui bahan herbal secara berkelanjutan, memastikan kontak maksimal antara

pelarut dan bahan. Hal ini memungkinkan ekstraksi senyawa aktif secara menyeluruh dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan dengan metode seperti maserasi.

Kekurangan teknik ekstraksi perkolasai adalah bahwa metode ini pelarut yang banyak sehingga yang dapat meningkatkan biaya operasional. Teknik ekstraksi ini memerlukan pemantauan yang cermat terhadap laju perkolasai dan karakteristik bahan untuk memastikan bahwa proses berjalan secara efisien, yang dapat menjadi tantangan dalam skala besar.

4.4.6 Tingtur (*Tincture*).

Nama "tingtur" berasal dari bahasa Latin yang berarti dibasahi atau dicelupkan. Tingtur merupakan ekstrak herbal cair pekat yang digunakan sebagai obat herbal, terbuat dari tanaman dan larutan alkohol serta air sebagai pelarut utamanya. Bahan herbal direndam dalam larutan alkohol (paling sedikit 50% v/v) selama beberapa minggu. Meskipun alkohol paling umum digunakan, pelarut alternatif seperti gliserin, cuka, dan madu juga bisa digunakan, menghasilkan larutan seperti gliserit, cuka madu, dan oxymels.

Penggunaan pelarut alternatif seperti gliserin, cuka, dan madu dalam pembuatan tingtur dapat memperluas aplikasi ekstraksi herbal untuk fortifikasi pangan. Gliserin, misalnya, memiliki sifat humektan yang membuatnya ideal untuk produk pangan yang membutuhkan kelembapan, seperti minuman atau produk bakery. Cuka memiliki sifat pengawet dan keasaman yang dapat digunakan dalam produk pangan, khususnya produk pangan olahan yang memerlukan stabilitas dan cita rasa yang khas. Madu tidak hanya berfungsi sebagai pelarut, tetapi juga sebagai pemanis alami, sehingga cocok untuk produk-produk seperti sirup atau minuman kesehatan.

Penggantian alkohol dengan pelarut yang lebih sesuai dengan karakteristik pangan sangat penting, sehingga tingtur dapat diaplikasikan dalam berbagai produk makanan tanpa mengubah cita rasa atau stabilitas produk secara signifikan. Penggunaan pelarut alternatif ini juga lebih dapat diterima oleh konsumen yang menghindari alkohol.

4.4.7 Refluks.

Ekstraksi dengan refluks melibatkan pemanasan bahan herbal dengan pelarut dalam sistem tertutup, sehingga pelarut yang menguap dapat terkondensasi kembali dan jatuh ke dalam campuran. Hal ini mencegah kehilangan pelarut. Ekstraksi dengan refluks dianggap sebagai metode ekstraksi yang efisien karena dua alasan utama. Pertama, teknik ini memungkinkan pelarut untuk terus menerus mendaur ulang melalui sistem tertutup. Proses ini memastikan bahwa pelarut tetap dalam kondisi jenuh, memungkinkan ekstraksi komponen target secara maksimal tanpa perlu menambahkan pelarut baru secara terus menerus. Efisiensi ini juga mengurangi jumlah pelarut yang dibutuhkan, sehingga lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Kedua, suhu konstan selama proses refluks memungkinkan komponen yang diekstraksi untuk tetap larut dalam pelarut, meningkatkan kecepatan dan kemurnian ekstraksi. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan kinetika reaksi, memecah matriks sampel, dan melepaskan komponen target dengan lebih efektif. Dengan demikian, ekstraksi dengan refluks menawarkan hasil yang lebih tinggi dan kemurnian yang lebih baik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan metode ekstraksi lainnya.

4.4.8 Soxhletasi

Teknik ekstraksi ini dikembangkan oleh Franz Ritter Von Soxhlet pada tahun 1897 di Technical University of Munich. Teknik ekstraksi ini menggunakan prinsip refluks pelarut dan siphon untuk terus mengekstraksi bahan padat dengan pelarut murni secara efisien. Ekstraktor Soxhlet terdiri dari tiga bagian utama: perkulator, bidal, dan mekanisme siphon. Teknik ekstraksi ini menggabungkan perkolasian dan maserasi, di mana pelarut menguap, terkondensasi, dan jatuh kembali ke dalam sampel, memungkinkan ekstraksi menyeluruh tanpa kejemuhan pelarut.

Proses ini dimulai dengan memasukkan bahan herbal ke dalam kertas saring berbentuk thimble yang ditempatkan dalam silinder kaca dengan kondensor air di bagian atas. Labu dasar bulat berisi pelarut dipanaskan sehingga uap pelarut naik ke silinder dan mengembun, melarutkan bahan organik mentah. Pelarut yang

terkondensasi mengalir kembali ke labu melalui tabung siphon, dan setelah proses pemanasan selesai, larutan dalam labu disuling untuk mendapatkan kembali pelarut, meninggalkan senyawa organik yang diinginkan. Teknik ini sangat hemat biaya dan cocok untuk mengekstraksi senyawa bioaktif yang tahan terhadap pemanasan jangka panjang, tetapi tidak disarankan untuk senyawa yang tidak tahan panas.

4.4.9 Destilasi.

Teknik destilasi digunakan untuk memisahkan senyawa volatil seperti minyak atsiri dari bahan herbal dengan cara memanaskan bahan untuk menghasilkan uap yang kemudian dikondensasi kembali menjadi cairan, di mana minyak yang diekstraksi akan membentuk fasa terpisah dari air. Terdapat beberapa teknik destilasi seperti destilasi sederhana, fraksional, uap, dan vakum, masing-masing digunakan berdasarkan perbedaan titik didih komponen campuran dan sifat bahan yang diekstraksi.

Destilasi sederhana cocok untuk campuran dengan perbedaan titik didih yang besar dan merupakan teknik umum. Teknik ini cocok untuk ekstraksi komponen bioaktif herbal yang digunakan fortifikasi pangan. Teknik ini menggunakan pelarut air yang aman dan ramah lingkungan.

4.4.10 Pengepresan.

Teknik pengepresan digunakan untuk mengekstraksi cairan yang mengandung senyawa bioaktif dari bahan herbal. Dalam metode ini, bahan herbal diperas untuk mengeluarkan cairan yang mengandung senyawa bioaktif. Teknik ini sering diterapkan untuk mendapatkan minyak atsiri, minyak dari bijian, dan jus dari tanaman. Pengepresan melibatkan pemisahan dan penyaringan substansi cair dari suatu bahan dengan memberikan tekanan pada material tersebut. Ada dua jenis teknik pengepresan, yaitu pengepresan dingin dan pengepresan panas.

1. Pengepresan Dingin

Teknik pengepresan dingin tidak melibatkan bahan kimia dan tidak melibatkan panas. Keunggulan utama metode pengepresan dingin adalah kebutuhan energi yang rendah dan

tidak menggunakan pelarut. Pengepresan dingin lebih disukai karena perlakuan panas dapat menyebabkan dekomposisi senyawa bioaktif, mengubah warna, bau, dan rasa.

Proses pengepresan dingin sering dipilih untuk memperoleh minyak atsiri dari herbal bijian dan kayu. Hal ini dilakukan untuk menghindari komponen volatile yang dapat rusak oleh suhu tinggi. Untuk mengekstrak minyak dari bahan herbal, pengepresan dingin dilakukan dalam empat tahap: pembersihan awal, pengeringan, penggilingan, dan pengepresan. Dalam teknik pengepresan dingin sederhana, bahan herbal yang ditempatkan dalam kantong kain dan dikompresi menggunakan pengepres hidrolik untuk menerapkan tekanan mekanis. Pengepresan juga dapat dilakukan dengan menggunakan tekanan yang diberikan oleh piston berputar dalam kabin tertutup.

Kekurangan teknik pengepresan dingin adalah efisiensi metode pengepresan dingin lebih rendah dibandingkan dengan metode ekstraksi lainnya. Kekurangan ini dapat menimbulkan tantangan dalam kapasitas produksi industri.

2. Teknik Pengepresan Panas

Teknik pengepresan panas adalah teknik ekstraksi dengan penggunaan tekanan mekanik yang melibatkan penerapan suhu tinggi pada bahan yang diekstraksi. Teknik ini sering digunakan untuk mengekstraksi bahan, terutama ketika diperlukan efisiensi ekstraksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengepresan dingin. Keunggulan teknik pengepresan panas antara lain: (i) Efisiensi ekstraksi tinggi dimana pengepresan panas cenderung menghasilkan lebih banyak minyak atau ekstrak dibandingkan metode pengepresan dingin; (ii) Proses pengepresan panas biasanya lebih cepat karena suhu tinggi mempercepat ekstraksi senyawa bioaktif; (iii) Volume produksi besar karena efisiensinya yang tinggi dan kecepatan prosesnya.

Perlu diingat bahwa teknik pengepresan panas memiliki beberapa kelemahan, antara lain: (i) Risiko degradasi komponen senyawa bioaktif yang sensitif panas; (ii) Risiko perubahan sifat sensoris yang mungkin tidak diinginkan dalam produk akhir; (iii) Teknik ini memerlukan energi lebih banyak untuk pemanasan,

yang dapat meningkatkan biaya operasional dan berdampak pada lingkungan.

Berdasarkan pembahasan di atas pilihan antara teknik pengepresan panas atau pengepresan dingin harus didasarkan pada beberapa hal berikut: (i) sifat bahan herbal, (ii) senyawa bioaktif herbal yang diinginkan, dan (iii) tujuan akhir penggunaan produk ekstrak tersebut dalam fortifikasi panggang.

4.5 Teknik Ekstraksi Modern

Seiring dengan kemajuan teknologi, beberapa teknik ekstraksi modern telah dikembangkan, khususnya dalam ekstraksi pelarut. Pengembangan teknik ekstraksi modern ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi waktu ekstraksi, meminimalkan penggunaan pelarut dan mengurangi dampak beruk terhadap lingkungan. Berikut ini diuraikan secara singkat beberapa teknik modern dalam metode ekstraksi pelarut.

4.5.1 Ekstraksi dengan Bantuan Ultrasonik (*Ultrasonic-Assisted Extraction, UAE*)

Teknik ekstraksi dengan bantuan ultrasonik menggunakan gelombang ultrasonik untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa dari matriks padat atau cair. Prinsip utama dari UAE adalah fenomena kavitasi akustik, di mana gelombang ultrasonik menyebabkan pembentukan, pertumbuhan, dan implosi gelembung di dalam cairan. Implosi ini menghasilkan mikrojet dan gelombang kejut yang dapat memecah dinding sel dan memfasilitasi pelepasan senyawa bioaktif ke dalam pelarut. Proses ini mempercepat transfer massa dan meningkatkan hasil ekstraksi.



Gambar 4.1. Peralatan Ultrasonic-Assisted Extraction

(Sumber: <https://blog.sonomechanics.com/blog/breakthrough-technology-for-ultrasound-assisted-extraction>)

Keuntungan *Ultrasonic-Assisted Extraction*, antara lain: (i) Mengurangi waktu ekstraksi; (ii) Menggunakan lebih sedikit pelarut; (iii) Meningkatkan efisiensi ekstraksi; (iv) Dapat dilakukan pada suhu rendah, sehingga dapat mengurangi degradasi senyawa termolabil.

4.5.2 Ekstraksi dengan Bantuan Gelombang Mikro (*Microwave-Assisted Extraction, MAE*)

Teknik ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro menggunakan energi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut dan sampel secara cepat dan merata. Gelombang mikro menyebabkan molekul polar dalam pelarut dan sampel berosilasi, menghasilkan panas internal yang mempercepat pemecahan dinding sel dan pelepasan senyawa target. Prinsip utama MAE adalah pemanasan volumetrik, di mana energi gelombang mikro diserap langsung oleh sampel dan pelarut, menghasilkan pemanasan yang cepat dan efisien.



Gambar 4.2. Microwave-Assisted Extraction

(Sumber: <https://ferriteinc.com/industrial-microwave-systems/microwave-assisted-extraction/>)

Keuntungan *Microwave-Assisted Extraction*, antara lain: (i) Mengurangi waktu ekstraksi secara signifikan; (ii) Menggunakan lebih sedikit pelarut; (iii) Meningkatkan hasil dan efisiensi ekstraksi; (iv) Memungkinkan kontrol suhu yang tepat.

4.5.3 Ekstraksi Cairan Bertekanan (Pressurized Liquid Extraction, PLE)

Teknik ekstraksi cairan bertekanan menggunakan pelarut cair pada tekanan tinggi dan suhu tinggi untuk meningkatkan kelarutan senyawa target dan kecepatan difusi. Dalam Teknik ekstraksi ini, pelarut tetap dalam fase cair meskipun berada pada suhu di atas titik didihnya karena tekanan tinggi. Hal ini memungkinkan penggunaan pelarut dengan sifat ekstraktif yang lebih baik tanpa perlu mendidihkannya. Teknik ekstraksi ini sering menggunakan pelarut organik atau campuran pelarut air dan organik untuk mengekstrak senyawa bioaktif dari matriks padat.



Gambar 4.3. Peralatan Pressurized Liquid Extraction

(Sumber:

<https://www.buchi.com/en/products/instruments/speedextractor-e-914-e-916>)

Keuntungan Pressurized Liquid Extraction, antara lain: (i) Mengurangi waktu ekstraksi; (ii) Meningkatkan kelarutan senyawa target; (iii) Menggunakan lebih sedikit pelarut dibandingkan dengan metode konvensional; (iv) Dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah dari metode Soxhlet, sehingga mengurangi risiko degradasi termal.

4.5.4 Ekstraksi Cairan Super kritis (*Supercritical Fluid Extraction, SFE*)

Ekstraksi cairan super kritis (*Supercritical Fluid Extraction, SFE*) adalah teknik ekstraksi yang menggunakan cairan pada kondisi super kritis, yaitu keadaan di mana zat tersebut berada pada suhu dan tekanan di atas titik kritisnya, sehingga memiliki sifat gabungan antara gas dan cairan. Pada kondisi superkritis, cairan memiliki kepadatan yang tinggi seperti cairan, tetapi viskositas dan difusi seperti gas, sehingga memungkinkan penetrasi yang baik ke dalam matriks padat atau cair. Sebagai contoh, karbon dioksida (CO_2) memiliki titik kritis pada $31,1^\circ\text{C}$ dan 73,8 bar.



Gambar 4.4. Supercritical Fluid Extraction

(Sumber: <https://www.bulkhandlingreview.com.au/thyssenkrupp-wins-order-for-supercritical-fluid-extraction-plant/>)

Beberapa keuntungan ekstraksi cairan superkritis (SFE), antara lain: (i) Efisiensi tinggi sehingga ekstraksi senyawa dengan hasil yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional; (ii) Kontrol suhu dan tekanan yang memungkinkan pengaturan kondisi ekstraksi yang tepat untuk mengoptimalkan hasil dan mengurangi degradasi senyawa sensitif panas; (iii) Pelarut ramah lingkungan. Sebagai contoh penggunaan CO_2 superkritis yang tidak beracun dan mudah dihilangkan setelah ekstraksi, mengurangi limbah dan risiko kesehatan; (iv) Kualitas ekstrak dengan kemurnian dan kualitas yang tinggi, karena minimnya residu pelarut.

4.6 Efektifitas Ekstraksi

Kinerja dan efisiensi adalah dua parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas ekstraksi bahan herbal. Kinerja ekstraksi mengacu pada kemampuan metode ekstraksi untuk menghasilkan senyawa target dari bahan herbal secara efektif. Kinerja suatu proses ekstraksi dapat ditentukan dari parameter berikut: (i) Yield atau Rendemen ekstrak yang dihasilkan (ii) Kualitas Ekstrak hasil proses ekstraksi. Kualitas ekstrak diindikasikan dengan kemurnian senyawa target, komposisi kimia, dan stabilitas ekstrak; (iii) Selektivitas untuk mengekstraksi senyawa target secara spesifik tanpa mengambil banyak senyawa lain yang tidak diinginkan.

Efisiensi proses ekstraksi dapat ditentukan berdasarkan parameter berikut: (i) Waktu ekstraksi yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses ekstraksi; (ii) Jumlah dan jenis pelarut

yang digunakan. Penggunaan pelarut yang lebih sedikit atau pelarut yang lebih ramah lingkungan dan lebih murah meningkatkan efisiensi; (iii) Jumlah energi yang dibutuhkan, termasuk pemanasan dan pendinginan selama ekstraksi; (iv) Total biaya operasional yang dikeluarkan untuk proses ekstraksi, termasuk bahan, energi, dan tenaga kerja.

Kita dapat melakukan optimalisasi kinerja dan efisiensi ekstraksi dengan beberapa strategi berikut: (i) Pemilihan metode/teknik ekstraksi yang Tepat; (ii) Optimalisasi kondisi ekstraksi. Kita perlu menentukan kondisi optimal seperti suhu, tekanan, waktu, dan rasio pelarut-bahan untuk mencapai hasil terbaik; (iii) Menggunakan teknik yang melibatkan resirkulasi dan pemulihan pelarut. Kita dapat menggunakan sistem yang memungkinkan recirkulasi dan pemulihan pelarut untuk mengurangi konsumsi pelarut dan dampak lingkungan; (iv) Penggunaan teknologi modern. Bila memungkinkan kita dapat memanfaatkan teknologi modern seperti ekstraksi superkritikal, yang dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi dengan memanfaatkan tekanan tinggi dan suhu rendah.

Strategi optimalisasi kinerja dan efisiensi ekstraksi tersebut harus lolos kelaikan keberlanjutan lingkungan. Teknik apapun yang digunakan dalam ekstraksi herbal akan melibatkan proses kimia atau paling tidak residu bahan kimia. Terkait dengan hal ini kita mengenal tentang konsep kimia hijau.

Konsep kimia hijau telah diperkenalkan untuk memberikan pandangan baru tentang pentingnya penerapan prosedur yang ramah lingkungan. Daur ulang bahan dan pelarut yang digunakan merupakan salah satu prinsip utama kimia hijau yang dapat berguna untuk meningkatkan efisiensi prosedur kimia. Kebutuhan akan teknologi yang mengurangi waktu ekstraksi dan mengurangi penggunaan pelarut organik serta penggunaan pelarut "kimia hijau" yang ramah lingkungan semakin meningkat dari hari ke hari.

4.7 Pemilihan Teknik Ekstraksi Herbal

Pada sub bab 4.6 telah dijelaskan bahwa salah satu strategi optimalisasi kinerja dan efisiensi ekstraksi adalah pemilihan metode/teknik ekstraksi yang Tepat. Memilih metode/teknik yang

sesuai dengan sifat bahan herbal dan senyawa target. Pemilihan metode/teknik ekstraksi yang tepat sangat penting untuk mendapatkan ekstrak yang mengandung senyawa bioaktif dengan efisiensi tinggi.

Teknik ekstraksi modern menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi, waktu ekstraksi yang lebih singkat, dan pengurangan penggunaan pelarut. Namun teknik ekstraksi ini relatif mahal dan rumit serta sulit dilaksanakan oleh industry pangan berskala kecil. Teknik ekstraksi maserasi, infusa dan dekoksi adalah teknik-teknik sederhana untuk mendapatkan ekstrak. Ketiga teknik ekstraksi tersebut adalah teknik ekstraksi yang paling sederhana dan sangat direkomendasikan. Hal ini dikarenakan ketiga teknik ekstraksi ini menggunakan bahan dan peralatan yang sederhana serta prosedur yang mudah. Pelarut yang sering digunakan dalam ekstraksi ini adalah air dan etanol. Namun tidak tertutup kemungkinan menggunakan pelarut lain seperti larutan asam lemah atau bahkan minyak. Berikut ini akan diuraikan tentang teknik ekstraksi maserasi, infusa dan dekoksi sebagai gambaran bagaimana memilih teknik ekstraksi yang relatif sederhana.

4.7.1 Maserasi

Teknik maserasi merupakan proses ekstraksi dengan metode ekstrasi pelarut, khususnya metode ekstraksi padat-cair. Teknik ekstraksi ini melibatkan perendaman bahan herbal dalam pelarut suhu kamar untuk jangka waktu tertentu (biasanya beberapa jam hingga beberapa hari). Teknik maserasi sering digunakan untuk mengekstraksi senyawa dari bahan keras maupun lembut. Ekstraksi memberikan hasil yang baik jika dilakukan dalam waktu yang cukup. Catatan utama yang perlu diingat dalam hal ini adalah maserasi memerlukan pelarut yang mampu mengawetkan sampel yang diekstraksi. Hal ini mengingat lamanya proses maserasi pada temperatur ruang memiliki risiko tumbuhnya mikroorganisme dan jamur yang dapat merusak sampel. Sehingga dalam maserasi pelarut yang umum digunakan adalah campuran alkohol dan air.

Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut tentang keunggulan dan kelemahan teknik maserasi dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan herbal. Keunggulan metode maserasi, antara lain: (i) Meserasi

merupakan teknik ekstraksi yang sederhana; (ii) Ramah terhadap senyawa termolabil; (iii) Fleksibilitas dalam penggunaan pelarut. Metode ini dapat menggunakan berbagai jenis pelarut, termasuk air, alkohol, atau campuran keduanya, tergantung pada sifat kimia senyawa yang ingin diekstraksi; dan (iv) Fleksibilitas dalam mengekstraksi berbagai jenis bahan.

Selain keunggulan teknik maserasi, kita juga harus mencermati beberapa kelemahan teknik ekstraksi, antara lain: (i) Waktu ekstraksi yang Lama; (ii) Efisiensi ekstraksi yang terbatas; (iii) Maserasi membutuhkan pelarut yang banyak; dan (iv) Maserasi sangat rentan terhadap risiko kontaminasi mikroba atau degradasi senyawa aktif.

Teknik maserasi memiliki kelemahan utama yaitu waktu ekstraksi yang lama. Untuk mengatasi hal ini, agitasi mekanis dapat diterapkan untuk mempercepat proses dengan meningkatkan kontak antara pelarut dan bahan herbal, sehingga mempercepat difusi senyawa aktif. Selain itu, efisiensi ekstraksi dapat ditingkatkan melalui optimasi rasio pelarut-bahan, pH pelarut, dan durasi ekstraksi, yang dapat diidentifikasi melalui desain eksperimen.

Penggunaan pelarut yang banyak dalam maserasi juga dapat diatasi dengan menggunakan pelarut yang lebih ramah lingkungan seperti etanol atau air, yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga mengurangi biaya. Pelarut yang telah digunakan dapat digunakan kembali untuk ekstraksi berikutnya. Selain itu, pengendalian suhu dan sanitasi yang ketat diperlukan untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroba dan degradasi senyawa aktif. Penggunaan pelarut yang memiliki aktivitas antimikroba alami wadah kedap udara juga membantu menjaga kualitas ekstrak.

Dengan menerapkan kombinasi upaya ini, kelemahan teknik maserasi seperti waktu ekstraksi yang lama, efisiensi terbatas, kebutuhan pelarut yang besar, serta risiko kontaminasi dan degradasi senyawa aktif dapat diatasi. Ini menjadikan proses maserasi lebih efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis.

4.7.2 Infusa/infuse

Teknik infusa sering kali dikatakan mirip dengan teknik maserasi. Lalu di mana perbedaannya? Sebagaimana yang telah diuraikan di atas maserasi merupakan proses yang melibatkan

perendaman bahan herbal dalam pelarut suhu kamar untuk jangka waktu tertentu (biasanya beberapa jam hingga beberapa hari). Proses ini memungkinkan pelarut menembus sel-sel tanaman dan melarutkan senyawa aktif tanpa menggunakan panas, menjadikannya metode yang ideal untuk bahan-bahan yang mungkin terdegradasi oleh suhu tinggi. Maserasi sering digunakan untuk mengekstraksi senyawa dari bahan keras maupun lembut, dengan hasil ekstraksi yang cukup efisien asalkan dilakukan dalam waktu yang cukup.

Infusa adalah teknik ekstraksi yang menggunakan air panas untuk merendam bahan herbal, terutama bagian yang lebih lembut seperti daun, bunga, dan pucuk. Bahan herbal ditempatkan dalam wadah dan kemudian dituangkan air mendidih, setelah itu campuran ini dibiarkan meresap selama sekitar 10 hingga 30 menit. Infusa sangat cocok untuk mengekstraksi senyawa yang larut dalam air panas dan stabil terhadap suhu tinggi. Metode ini relatif cepat dan sederhana, sering digunakan dalam pembuatan teh herbal atau ramuan medis untuk ekstraksi yang cepat.

Jadi meskipun kedua teknik ekstraksi ini menggunakan prinsip dasar pelarutan senyawa aktif dalam pelarut, keduanya berbeda dalam hal suhu dan durasi proses. Maserasi dilakukan pada suhu kamar dan membutuhkan waktu yang lebih lama, sedangkan infusa menggunakan air panas dan lebih cepat selesai. Pemilihan antara maserasi dan infusa tergantung pada jenis bahan herbal yang digunakan dan sifat kimia senyawa bioaktif yang ingin diekstraksi. Bahan keras dan senyawa yang sensitif terhadap panas lebih cocok diekstraksi dengan maserasi, sementara bahan lembut dan senyawa yang stabil dalam panas lebih baik diekstraksi dengan infusa. Kedua metode ini, meskipun sederhana, sangat efektif dalam memaksimalkan ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan herbal.

Garis bersar proses ekstraksi infusa dimulai dengan menyiapkan bahan herbal (biasanya dalam bentuk daun, bunga, atau bahan yang lebih lembut lainnya). Air dipanaskan hingga mendidih, kemudian setelah mencapai suhu yang ditentukan, air panas tersebut dituangkan ke atas bahan herbal yang telah ditempatkan dalam wadah. Campuran tersebut kemudian ditutup dan dibiarkan meresap (infuse) selama waktu yang ditentukan. Biasanya diperlukan waktu

sekitar 10 hingga 30 menit. Setelah waktu yang ditentukan, campuran disaring untuk mendapatkan cairan infusa.

4.7.3 Dekoksi

Dekoksi adalah teknik ekstraksi di mana bahan herbal direbus dalam air untuk jangka waktu tertentu. Ekstrak yang diperoleh berupa ekstrak cair yang disebut dengan cairan dekoksi. Jadi kita sebut saja dekoksi sebagai perebusan. Teknik ekstraksi ini digunakan untuk mengekstraksi senyawa yang tidak mudah larut dalam air dingin atau hangat dan memerlukan panas untuk ekstraksi. Teknik ekstraksi ini cocok untuk bahan yang keras dan padat seperti akar, kulit kayu, dan biji yang memerlukan perlakuan panas untuk memecahkan dinding selnya.

Proses dekoksi adalah proses ekstraksi yang sangat sederhana. Pertama bahan herbal dipotong kecil-kecil atau dihancurkan. Bahan tersebut kemudian ditempatkan dalam air dingin dan dipanaskan hingga mendidih. Setelah mendidih, perbusaan campuran dianggap dimulai dan dibiarkan berlangsung selama waktu yang ditetapkan (sekitar 15 hingga 60 menit). Penetapan waktu ini tergantung pada bahan yang digunakan. Setelah waktu yang ditentukan, campuran didinginkan dan disaring untuk mendapatkan cairan dekoksi.

Dari uraian ini diketahui bahwa dalam ekstraksi dengan teknik dekoksi bahan yang digunakan antara lain adalah bahan herbal (berupa bahan segar atau simplisia) dan air. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah kompor (Disarankan kompor listrik atau kompor gas), wadah perebusan (dari bahan keramik, gelas dan stainless steel), penyaring dan wadah penampung cairan dekoksi.

Sebelum mengakhiri sub bab yang sangat penting ini, ada baiknya kita mencermati kembali perbedaan antara dekoksi dan infusa. Berdasarkan uraian di atas jelas bahwa dekoksi dan infusa adalah dua teknik ekstraksi yang berbeda, terutama ketika menggunakan air sebagai pelarut. Dekoksi melibatkan pemanasan berkelanjutan (pendidihan) dalam waktu lama, sementara infusa melibatkan perendaman dalam air panas tanpa pemanasan berkelanjutan. Jadi dekoksi menggunakan suhu yang lebih tinggi (mendidih) dalam waktu yang lebih lama dibandingkan infusa.

4.8 Pelarut dan Pemilihan Pelarut

Kita telah mempertimbangkan bahwa teknik ekstraksi yang sederhana namun efektif adalah meserasi, infus dan dekoksi. Ketiga metode ini merupakan metode ekstraksi padat cair yang memerlukan pelarut. Pelarut merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam proses ekstraksi senyawa bioaktif herbal. Penggunaan pelarut selain mempertimbangkan faktor keamanan dan selektivitas juga harus mempertimbangkan aspek legalitas terkait aplikasi pada produk pangan. Selain itu penggunaan pelarut juga harus mempertimbangkan masalah lingkungan, antara lain pembentukan limbah, polusi, dan bioakumulasi juga terkait dengan konsumsi besar

Pemilihan pelarut untuk ekstraksi senyawa bioaktif herbal dalam upaya fortifikasi makanan tergantung pada sifat kimia senyawa yang akan diekstraksi dan kebutuhan aplikasi. Namun, pelarut yang umum digunakan termasuk pelarut polar seperti etanol, metanol, atau air, karena pelarut ini efektif dalam mengekstraksi senyawa-senyawa polar yang banyak terdapat dalam tumbuhan.

Pelarut yang digunakan untuk memperoleh ekstrak harus mempertimbangkan beberapa hal penting untuk memastikan keamanan, efektivitas, dan kesesuaian ekstrak tersebut dengan produk pangan yang akan difortifikasi. Berikut adalah beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pelarut untuk ekstraksi bahan herbal yang akan digunakan dalam fortifikasi pangan, antara lain: (i) Pelarut harus aman bagi manusia; (ii) Pelarut harus memiliki dampak minimal terhadap lingkungan; (iii) Memenuhi unsur kepatuhan terhadap regulasi dan standar yang ditetapkan oleh pihak berwenang; (iv) Pelarut harus efektif mengesektraksi senyawa bioaktif yang diinginkan dari bahan herbal; (v) Pelarut harus memiliki kemampuan selektif untuk mengekstraksi senyawa yang diinginkan tanpa membawa terlalu banyak senyawa pengotor; (vi) Pelarut tidak boleh menyebabkan degradasi atau perubahan struktur senyawa aktif selama proses ekstraksi atau setelahnya; (vii) Harus dapat menghasilkan ekstrak yang larut atau terdispersi dengan baik dalam matriks pangan yang akan difortifikasi dan memberikan pengaruh positif pada organoleptik produk pangan akhir; (viii) Pelarut harus mudah dihilangkan.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut ini, pemilihan pelarut yang tepat dapat memastikan ekstrak yang dihasilkan aman, efektif, dan sesuai untuk fortifikasi produk pangan. Pelarut yang umum digunakan mengekstraksi bahan herbal adalah air, etanol dan minyak nabati. Pada sistem produksi yang lebih modern digunakan pelarut supercritical CO₂.

4.9 Evaporasi Pelarut

Evaporasi pelarut dalam proses ekstraksi adalah tahap penting, khususnya yang menggunakan metode ekstraksi pelarut dan destilasi. Evaporasi memisah pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa bioatif herbal. Evaporasi pelarut adalah tahap krusial dalam proses ekstraksi yang mempengaruhi kualitas, kemurnian, dan keamanan ekstrak sebagai produk akhir ekstraksi. Oleh karena itu sangat penting memahami dan menerapkan teknik evaporasi pelarut yang tepat dalam ekstraksi bahan herbal.

Pada prinsipnya evaporasi pelarut dilakukan untuk memperoleh ekstrak yang lebih murni dan pekat. Evaporasi pelarut penting karena pelarut tidak selalu diinginkan dalam ekstrak, terutama jika ekstrak tersebut akan digunakan untuk tujuan konsumsi. Penghilangan pelarut membantu dalam pemurnian ekstrak sehingga ekstrak hanya mengandung senyawa bioaktif yang diinginkan.

Keuntungan utama dari evaporasi pelarut adalah konsentrasi ekstrak yang dihasilkan. Proses ini menghilangkan pelarut, sehingga senyawa aktif dalam ekstrak menjadi lebih pekat. Ekstrak yang lebih pekat ini lebih mudah ditangani, diukur, dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Pemurnian adalah keuntungan lain dari evaporasi pelarut, karena menghilangkan pelarut yang bisa menjadi kontaminan dalam ekstrak. Ekstrak menjadi lebih murni dan lebih aman untuk digunakan. Residual pelarut dalam produk akhir ekstraksi berpotensi menjadi toksik atau menyebabkan reaksi kimia yang tidak diinginkan. Oleh karena itu memastikan pelarut dihilangkan sepenuhnya adalah penting untuk menghasilkan ekstrak yang aman dan stabil.

Metode evaporasi pelarut bervariasi tergantung pada kebutuhan dan kondisi spesifik ekstraksi. Berikut ini akan dijelaskan beberapa metode evaporasi pelarut. Setidaknya ada 4 metode evaporasi pelarut

pada ekstrak, yaitu metode meningkatkan suhu ekstrak, metode menurunkan kelembapan di udara di atas ekstrak, metode memperbesar luas permukaan ekstrak dan metode menurunkan tekanan di udara di atas ekstrak.

Penguapan pelarut dari ekstrak dapat ditingkatkan dengan berbagai metode, seperti menaikkan suhu ekstrak, menurunkan kelembapan udara, dan memperbesar luas permukaan ekstrak. Menaikkan suhu sering dilakukan dengan oven pengeringan, namun berisiko menyebabkan degradasi senyawa yang tidak tahan panas. Mengalirkan udara kering di atas ekstrak juga efektif karena udara yang lebih kering mempercepat laju penguapan. Selain itu, memperbesar luas permukaan ekstrak, seperti dengan spray dryer atau thin layer evaporation, memungkinkan lebih banyak molekul pelarut menguap lebih cepat.

Metode paling efisien untuk penguapan adalah dengan menurunkan tekanan udara di atas ekstrak. Teknik ini menurunkan titik didih pelarut, sehingga memungkinkan penguapan pada suhu lebih rendah yang lebih aman bagi senyawa bioaktif. Alat yang sering digunakan untuk teknik ini adalah rotary evaporator vakum dan oven vakum, yang mampu menguapkan pelarut secara cepat dan efisien, sambil meminimalkan risiko kerusakan pada senyawa aktif dalam ekstrak.

4.9.1 Vacuum rotary evaporator

Salah satu teknik yang paling umum digunakan adalah pengeringan dengan menggunakan vacuum rotary evaporator. Alat ini menguapkan pelarut secara efisien di bawah tekanan rendah, memungkinkan penguapan pada suhu lebih rendah sehingga senyawa aktif tidak rusak oleh panas.

Rotary evaporator adalah alat yang sangat efektif digunakan untuk menguapkan pelarut secara efisien dalam kondisi vakum. Teknik ini memungkinkan pelarut menguap pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normalnya dengan memanfaatkan prinsip penguapan di bawah tekanan rendah. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk motor rotasi, labu evaporasi, water bath, kondensor, pompa vakum, dan labu penampung. Setiap komponen

bekerja secara sinergis untuk memastikan proses penguapan berlangsung dengan optimal.



Gambar 4.5. Rotary Evaporator

(Sumber: <https://www.buchi.com/id/produk/instrumen/rotavapor-r-220-pro>)

Vacuum rotary evaporator adalah alat yang digunakan untuk menguapkan pelarut pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normalnya dengan memanfaatkan tekanan rendah dan rotasi. Proses ini dimulai dengan memasukkan campuran pelarut dan senyawa ke dalam labu evaporasi yang dipanaskan menggunakan water bath. Penggunaan vakum menurunkan titik didih pelarut, sehingga penguapan terjadi pada suhu yang lebih rendah. Rotasi labu menciptakan lapisan tipis cairan yang mempercepat proses penguapan, sementara uap pelarut dikondensasikan kembali menjadi cairan dalam kondensor dan dikumpulkan dalam labu penampung.

Keunggulan utama vacuum rotary evaporator adalah efisiensinya dalam mempercepat penguapan pelarut. Sistem ini memungkinkan pengendalian suhu yang presisi, mengurangi risiko degradasi senyawa termolabil, dan memungkinkan pemulihan pelarut untuk penggunaan kembali. Alat ini juga aman digunakan karena

mengurangi risiko eksposur terhadap pelarut volatil dan menurunkan tekanan yang diperlukan, sehingga mengurangi potensi bahaya.

4.9.2 Drying vacuum evaporation

Teknik adalah teknik evaporasi pelarut yang memanfaatkan pengeringan vakum untuk menurunkan tekanan di sekitar cairan, sehingga pelarut dapat menguap pada suhu yang lebih rendah. Teknik biasanya menggunakan oven pengering yang dilengkapi dengan sistem vakum.

Teknik ini sangat cocok untuk evaporasi pelarut dari ekstrak senyawa bioaktif herbal yang akan digunakan dalam fortifikasi pangan. Penggunaan suhu rendah menjaga stabilitas senyawa bioaktif herbal. Pengurangan tekanan memungkinkan proses evaporasi menjadi lebih efisien, sehingga menghemat waktu dan energi. Oleh karena itu, drying vacuum evaporation merupakan metode yang sangat layak dan sering digunakan dalam industri pangan untuk mendapatkan ekstrak berkualitas tinggi yang stabil dan aman.

Evaporasi pelarut sering menjadi investasi yang signifikan. Evaporasi memerlukan peralatan mahal seperti rotary evaporator, yang membutuhkan energi dan perawatan intensif. Selain itu, proses ini memerlukan waktu dan sumber daya yang besar untuk memastikan ekstrak bebas dari residu pelarut. Pengendalian ketat juga diperlukan untuk mencegah kehilangan senyawa bioaktif selama evaporasi, yang menambah kompleksitas dan biaya operasional.

Sebelum mengakhiri subbab 4.9 ini, perlu untuk memperhatikan kembali beberapa hal penting yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknik evaporasi pelarut yaitu: suhu penguapan, jenis pelarut, tekanan, dan waktu. Mengatur suhu yang sesuai sangat penting untuk menghindari degradasi senyawa bioaktif herbal. Pelarut yang mudah menguap dan aman dipilih untuk memastikan proses pengupahan yang efisien dan produk yang aman. Penggunaan tekanan rendah dan waktu yang cukup membantu memastikan pelarut menguap sepenuhnya tanpa merusak senyawa bioaktif herbal. Semua faktor ini harus dipertimbangkan secara hati-hati untuk mengoptimalkan proses evaporasi.

4.10 Kontrol kualitas ekstrak

Periksaan kualitas ekstrak sebelum disimpan atau digunakan sangat penting dalam ekstraksi senyawa bioaktif herbal untuk fortifikasi pangan. Hal ini sangat krusial untuk memastikan bahwa ekstrak yang dihasilkan memiliki kandungan senyawa aktif yang diinginkan dalam konsentrasi yang tepat. Senyawa bioaktif dalam herbal dapat mengalami degradasi, kehilangan potensi, atau kontaminasi selama proses ekstraksi atau penyimpanan. Hasil ekstraksi yang tidak memenuhi standar dapat berisiko menurunkan efektivitas produk fortifikasi pangan dan bahkan dapat menyebabkan efek negatif pada kesehatan. Oleh karena itu, uji kualitas seperti pengujian stabilitas, kemurnian, dan konsentrasi senyawa aktif sangat penting dilakukan sebelum ekstrak digunakan.

Salah satu cara cepat itu memeriksa kualitas ekstrak adalah dengan menganalisis kualitas ekstrak berdasarkan *fingerprint* ekstrak tersebut. *Fingerprint* suatu ekstrak adalah profil kimia unik yang menggambarkan komposisi senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak tersebut. *Fingerprint* ini digunakan sebagai alat identifikasi dan validasi untuk memastikan kualitas, konsistensi, dan kemurnian ekstrak, serta untuk mendeteksi adanya adulterasi atau variasi batch. *Fingerprint* ekstrak ini penting karena memungkinkan produsen memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki profil kimia yang sesuai dengan standar yang diinginkan, sehingga efektivitas dan keamanan produk dapat terjaga. Berikut ini diberikan uraian singkat metode analisis *fingerprint* ekstrak yaitu metode *Thin Layer Chromatography* (TLC) dan *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

4.10.1 *Fingerprint* Ekstrak dengan Metode TLC

Thin Layer Chromatography (TLC) adalah teknik pemisahan sederhana dan cepat yang sering digunakan untuk *fingerprint* ekstrak. TLC memberikan *fingerprint* berdasarkan pola pemisahan senyawa dalam ekstrak, yang tampak sebagai spot-spot dengan ukuran dan intensitas berbeda di bawah sinar UV atau setelah diberi pewarnaan tertentu. Nilai *Retardation Factor* (R_f) dari setiap spot dapat diukur, memberikan informasi tentang identitas relatif komponen dalam

ekstrak. Meskipun kurang sensitif dan kuantitatif dibandingkan metode lain, TLC mudah digunakan dan tidak memerlukan peralatan mahal, menjadikannya pilihan populer untuk kontrol kualitas dan identifikasi awal senyawa dalam ekstrak. Metode ini dapat dilakukan pada instalasi /laboratorium kecil yang dibuat untuk mendukung kegiatan ekstraksi bahan bioaktif herbal.

4.10.2 Fingerprint Ekstrak dengan Metode HPLC

High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) adalah teknik pemisahan yang lebih canggih dan akurat dibandingkan TLC, yang memungkinkan pemisahan, identifikasi, dan kuantifikasi senyawa dalam ekstrak dengan resolusi tinggi. HPLC menghasilkan *fingerprint* berupa kromatogram yang menampilkan puncak-puncak mewakili senyawa-senyawa dalam ekstrak. Setiap puncak memiliki waktu retensi yang unik dan area puncak yang berkorelasi dengan konsentrasi senyawa tersebut. HPLC menawarkan keunggulan dalam hal keakuratan, sensitivitas, dan kemampuan untuk menganalisis campuran yang kompleks, sehingga ideal untuk standar produk, validasi, dan studi stabilitas. Namun, HPLC memerlukan peralatan yang mahal dan keahlian yang lebih tinggi dibandingkan TLC. HPLC sangat tidak produktif untuk instalasi /laboratorium kecil yang dibuat untuk mendukung kegiatan ekstraksi bahan bioaktif herbal. Dalam hal ini kegiatan ekstraksi bahan bioaktif herbal dapat menggunakan jasa laboratorium analisis yang memiliki fasilitas ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, A.R. and Haque, M., 2020. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 12(1), pp.1-10.
- Ahmad, T., Masoodi, F.A., Rather, S.A., Wani, S.M. and Gull, A., 2019. Supercritical fluid extraction: A review. *J. Biol. Chem. Chron*, 5(1), pp.114-122.
- Avazsoofian, A., Gülmez, H.B., Topuz, A., Malekjani, N. and Jafari, S.M., 2022. Production of a herbal drink by spray drying of mixed purple basil extract-lemon juice; formulation, process optimization, and characterization.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahanul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N. and Omar, A.K.M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4), pp.426-436.
- Bahrin, N., Muhammad, N., Abdullah, N., Talip, B.H.A., Jusoh, S. and Theng, S.W., 2018. Effect of processing temperature on antioxidant activity of *Ficus carica* leaves extract. *Journal of Science and technology*, 10(2).
- Bernhoft, A. J. A. B. (2010). A brief review on bioactive compounds in plants. *Bioactive compounds in plants-benefits and risks for man and animals*, 50, 11-17.
- Busia, K., 2016. *Fundamentals of herbal medicine: Major plant families, analytical methods, materia medica* (Vol. 2). Xlibris Corporation.
- Carabias-Martínez, R., Rodríguez-Gonzalo, E., Revilla-Ruiz, P. and Hernández-Méndez, J., 2005. Pressurized liquid extraction in the analysis of food and biological samples. *Journal of Chromatography A*, 1089(1-2), pp.1-17.
- Doughari, J.H., 2012. *Phytochemicals: extraction methods, basic structures and mode of action as potential chemotherapeutic agents* (pp. 1-33). Rijeka, Croatia: INTECH Open Access Publisher.

- El Rayess, Y., Dawra, M. and El Beyrouthy, M., 2022. Modern extraction techniques for herbal bioactives. In *Herbal Bioactive-Based Drug Delivery Systems* (pp. 437-455). Academic Press.
- Esclapez, M.D., García-Pérez, J.V., Mulet, A. and Cárcel, J.A., 2011. Ultrasound-assisted extraction of natural products. *Food Engineering Reviews*, 3, pp.108-120.
- Hashemi, B., Shiri, F., Švec, F. and Nováková, L., 2022. Green solvents and approaches recently applied for extraction of natural bioactive compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 157, p.116732.
- Herrero, Miguel, Jose A. Mendiola, Alejandro Cifuentes, and Elena Ibáñez. "Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications." *Journal of Chromatography a* 1217, no. 16 (2010): 2495-2511.
- Jain, T., Jain, V., Pandey, R., Vyas, A. and Shukla, S.S., 2009. Microwave assisted extraction for phytoconstituents—an overview. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 2(1), pp.19-25.
- Joshi, D.D., 2012. *Herbal drugs and fingerprints: evidence based herbal drugs*. Springer Science & Business Media.
- Lefebvre, T., Destandau, E. and Lesellier, E., 2021. Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: A review. *Journal of Chromatography A* 1635, p.461770.
- Luengo, E., Álvarez, I. and Raso, J., 2013. Improving the pressing extraction of polyphenols of orange peel by pulsed electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, pp.79-84.
- Malik, J. and Mandal, S.C., 2022. Extraction of herbal biomolecules. In *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications* (pp. 21-46). Academic Press.
- Mohammad Azmin, S.N.H., Abdul Manan, Z., Wan Alwi, S.R., Chua, L.S., Mustaffa, A.A. and Yunus, N.A., 2016. Herbal processing and extraction technologies. *Separation & Purification Reviews*, 45(4), pp.305-320.
- Mustafa, A. and Turner, C., 2011. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica chimica acta*, 703(1), pp.8-18.

- Oliveira, W.P., 2021. Standardisation of herbal extracts by drying technologies. In *Phytotechnology* (pp. 105-140). CRC Press.
- Taraj, K, Malollari, I., Ciko, L, Llupa, J., Ylli, A, Ylli, F. and Andoni, A, 2019. Water distillation extraction of essential oil from Sideritis raeseri herb. *Environmental Processes*, 6, pp.1051-1058.
- Prakash, B, Kujur, A, Singh, P.P., Kumar, A and Yadav, A, 2017. Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative. *J. Nutr. Food Sci*, 1004).
- Saad, R, Murugiah, G, Abdulhamid, J., Yusuf, E and Fadli, M, 2014. Comparative study between percolation and ultrasonication for the extraction of hibiscus and jasmine flowers utilizing antibacterial bioassay. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6(3), pp.472-476.
- Stéphane, F.F.Y., Jules, B.K.J., Batiha, G.E.S., Ali, I. and Bruno, L.N, 2021. Extraction of bioactive compounds from medicinal plants and herbs. *Natural medicinal plants*, pp.1-39.
- Verep, D, Ateş, S. and Karaoğul, E, 2023. A Review of Extraction Methods for Obtaining Bioactive Compounds in Plant-Based Raw Materials. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(3), pp.492-513.
- Vilkhu, K, Mawson, R, Simons, L and Bates, D, 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), pp.161-169.
- Wang, W.Y., Qu, H.B. and Gong, X.C., 2020. Research progress on percolation extraction process of traditional Chinese medicines. *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica*, 45(5), pp.1039-1046.
- Wilson, J., Simpson, T. and Spelman, K, 2022. Total cannabidiol (CBD) concentrations and yields from traditional extraction methods: Percolation vs. maceration. *Frontiers in Pharmacology*, 13, p.886993.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2016 Tentang Formularium Obat Herbal Asli Indonesia.

Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 26 Tahun 2021
Tentang Informasi Nilai Gizi Pada Label Pangan Olahan

Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 25 Tahun 2023
Tentang Kriteria Dan Tata Laksana Registrasi Obat Bahan
Alam.

BAB 5

FAKTOR PENANGANAN DAN MANAJEMEN

PRODUK SEGAR TERHADAP SENYAWA

BIOAKTIF HERBAL

Oleh Anna Permatasari Kamarudin

5.1 Pendahuluan

Menurut WHO definisi herbal adalah tanaman yang bagian tanamannya daun, bunga, buah, biji batang, kayu, rimpang, akar dan bagian tanaman lainnya yang mungkin seluruhnya dapat terfragmentasi. Sementara itu definisi dari pengobatan herbal adalah penggunaan obat untuk mengurangi, menghilangkan penyakit dan menyembuhkan seseorang dari penyakit dengan menggunakan bagian-bagian dari tanaman seperti biji, bunga, batang dan akar yang kemudian diolah menjadi tanaman obat herbal.

Faktor penanganan dan pengelolaan bahan baku herbal sangat menentukan kandungan bioaktifnya. Kebanyakan herbal sangat sensitif terhadap panas. Walaupun dalam keadaan tertentu hampir kebanyakan herbal harus dikeringkan. Sehingga dapat dikatakan bahwa penanganan bahan baku herbal mengarah kepada teknik pasca panen.

Herbal didefinisikan sebagai bahan baku atau sediaan yang berasal dari tumbuhan dan mempunyai efek terapi dan efek lainnya yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Komposisinya dapat berupa bahan mentah atau bahan yang mengalami proses lebih lanjut dan berasal dari 1 jenis atau lebih tumbuhan (Salam, 2023).

Hal-hal yang harus diperhatikan saat pasca panen herbal ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Penanganan Pasca Panen

Parameter	Proses pascapanen yang tidak tepat	Akibat
Kualitas fisik	Warna tidak menarik, ukuran tidak seragam, meningkatnya bahan asing (pengotor).	Kurang diterima pasar, meningkatnya bahan yang terbuang, meningkatkan cemaran mikroba.
Kualitas kimia	Berkurang atau hilangnya senyawa berkhasiat (Pandey dan Savita, 2017).	Menurun dan hilangnya khasiat
Kualitas biologis	Cemaran mikroba meningkat melebihi batas yang diperkenankan $>10^5$ CFU*/g (Sousa Lima <i>et al.</i> , 2020).	Menurunnya umur simpan (kerusakan fisik dan kualitas kimia), meningkatnya risiko keracunan dan kematian.

*CFU: *colony forming unit*

Sumber: Widodo & Subositi (2021)

Menurut Anon (2023), kondisi dan cara penanganan tanaman herbal mempunyai perbedaan tergantung kepada jenisnya. Adapun hal-hal yang mempengaruhi jenisnya tersebut adalah umur tanaman, waktu pemanenan dan masa pemanenan. Jenis tanaman, perbedaan umur tanaman merupakan beberapa hal yang akan mempengaruhi senyawa aktif yang terdapat di dalam herbal tersebut. Profil metabolismik ini akan mempengaruhi khasiat dan keamanan dari suatu tanaman. Meskipun begitu, pengaruh umur panen ini pada profil metabolismik tentu berbeda pada setiap tanaman.

5.2 Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Bahan Baku Secara Kimia dan Fisik

Hasil laporan Indartiyah *et al.*, (2011) menjelaskan tentang faktor-faktor penyebab kerusakan bahan herbal, yaitu:

1. Kualitas simplisia sangat dipengaruhi oleh keadaan fisiologis umur tanaman yang akan dapanen. Walaupun demikian, seringkali petani tidak mempedulikan hal ini. Permintaan dan harga yang tinggi akan menyebabkan petani melakukan pemanenan tanpa mempertimbangkan hal-hal lainnya. Pemanenan yang dilakukan sebelum waktunya akan menyebabkan kandungan senyawa aktif herbal tersebut belum optimal. Pemanenan yang terlalu awal

juga akan menyebabkan herbal yang nantinya dikeringkan akan menyebabkan bijinya mudah hancur, sehingga menurunkan nilai jual.

2. Kehadiran mikrobia akan menyebabkan herbal segar menjadi tercemar. Biasanya jenis herbal berupa rimpang-rimpangan yang masuk ke dalam tanah lebih mudah beresiko untuk tercemar berbanding herbal yang tanaman herbal yang makin jauh dari tanah. Herbal berupa biji dan kulit kayu makin rendah risiko terkena pencemaran pathogen berbanding herbal berupa akar dan rimpang. Hal ini semakin berisiko apabila pemeliharaan tanaman menggunakan pupuk kandang. Sehingga harus dilakukan pengolahan yang serius berupa sortasi, pencucian, pengeringan hingga penyimpanan. Apabila penanganan tidak serius akan menyebabkan terjadinya proses enzimatis yang dapat menghasilkan aflatoksin yang berbahaya bagi manusia.
3. Kerusakan yang terjadi pada tanaman herbal akan menyebabkan tanaman tidak dapat dipanen. Padahal seharusnya tanaman dapat tersedia setiap saat dan sedia dikirimkan ketika diperlukan. Seringkali petani juga tidak mempunyai gudang penyimpanan yang sesuai dengan syarat-syarat industri obat tradisional dan kosmetika. Gudang harus mempunyai pencahayaan yang ditakuti oleh hewan penggerat agar herbal yang tersimpan tidak rusah dan tercemar.
4. Kerusakan fisik dapat terjadi akibat pemanenan yang tidak tepat, seperti tidak memperhatikan usia panen, waktu panen, dan bagian tanaman yang seharusnya dipanen. Jika proses pengangkutan tidak dilakukan sesuai standar, hal ini dapat menyebabkan kerusakan fisik dan kehilangan bahan pangan, yang berdampak merugikan bagi petani maupun pelaku usaha.
5. Bahan yang sudah dipetik sebaiknya segera dikeringkan untuk menurunkan kadar airnya hingga di bawah 10%. Sebagai contoh, musilago dalam daun jati belanda pada kadar air yang tinggi dapat terhidrolisis oleh enzim menjadi monosakarida, yang tidak lagi memiliki efek menekan nafsu makan, tetapi justru menambah kalori, yang merugikan konsumen.
6. Pengeringan bahan harus dilakukan segera setelah bagian tumbuhan dipanen agar reaksi enzimatik dapat dicegah. Kadar air

yang berkurang akan melindungi simplisia dari kerusakan seperti pembusukan, serta mencegah pertumbuhan jamur dan mikroba.

7. Paparan sinar ultraviolet dari matahari dapat merusak kandungan kimia dalam bahan. Senyawa turunan azulen pada rimpang temu hitam akan rusak oleh sinar UV, menyebabkan warna biru kehitaman yang jelas saat segar menghilang setelah dikeringkan di bawah sinar matahari langsung. Senyawa antosianin dan flavonoid pada berbagai bunga juga akan memudar, sehingga warna hijau yang dihasilkan oleh klorofil berubah menjadi abu-abu saat dikeringkan di bawah sinar matahari. Hal ini juga berlaku untuk kurkuminoid yang terdapat pada kunyit. Oleh karena itu, bahan herbal yang sensitif terhadap sinar matahari perlu dikeringkan menggunakan penutup berupa kain hitam atau tenda pengering berwarna hitam.
8. Faktor pemanasan yang perlu diperhatikan dalam pengolahan bahan adalah kandungan kimia utama, terutama minyak atsiri. Suhu yang terlalu tinggi saat proses pengeringan dapat menyebabkan beberapa kerugian, seperti komponen terpenoid hidrokarbon dalam minyak atsiri yang memiliki titik didih rendah, sehingga bila pengeringan dilakukan pada suhu di atas 70°C, banyak komponen minyak atsiri yang hilang. Selain minyak atsiri, senyawa lain seperti kurkuminoid dan karotenoid juga rentan terhadap kerusakan akibat panas.
9. Adanya perubahan keasaman (pH) maka dapat memperbaiki warna dari temulawak kering. Salah satu caranya dengan melakukan bleaching. Bleaching adalah pemanasan dengan cara merebus bahan tersebut dengan suhu sekitar 80°C. Tujuannya untuk mematikan enzim dan menghilangkan udara. Rusaknya enzim akan berdampak pada terhambatnya reaksi kimia berikutnya. Sementara pati akan tergelatinasi. Apabila bahan sudah berubah warna (kuning hingga kecoklatan) akan menyebabkan kadar minyak atsiri pada herbal dapat hilang terbawa udara. Senyawa kurkumoid juga akan rusak karena adanya panas.

Berbagai faktor yang mempengaruhi kemungkinan kerusakan kandungan kimia pada simplisia meliputi kadar air bahan baku, sinar

ultraviolet (UV), pemanasan, dan tingkat keasaman (pH). Sebelum dipanen, tanaman masih berada dalam sistem tumbuhan hidup di mana berlangsung proses metabolisme seperti fotosintesis dan biosintesis yang dikatalisis oleh enzim. Dalam keadaan ini, enzim bekerja sesuai dengan substrat yang tersedia. Namun, setelah tanaman dipetik dan terpisah dari induknya, proses fotosintesis dan biosintesis berhenti, sehingga tidak ada lagi substrat yang bisa dikatalisis oleh enzim. Jika kadar air bahan masih tinggi, enzim tetap aktif, namun karena tidak ada substrat, enzim akan mengubah kandungan kimia yang sudah terbentuk menjadi produk lain yang mungkin tidak diinginkan.

5.3 Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana yang diperlukan dalam penanganan pasca panen tanaman obat meliputi:

1. Bangunan

Bangunan dan fasilitas yang digunakan harus memiliki pencahayaan dan ruang yang cukup untuk mempermudah proses pasca panen. Desain dan pengelolaan gedung harus berfokus pada kebersihan untuk mencegah kontaminasi dari bahan pencemar.

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan harus terbuat dari bahan yang tidak beracun, bersifat inert (netral), dan mudah dibersihkan. Sebelum digunakan, peralatan sebaiknya diuji terlebih dahulu agar dapat berfungsi secara optimal, dan perawatan mesin harus dilakukan secara berkala. Penimbangan alat harus dilakukan secara teratur. Peralatan pasca panen harus mudah dibersihkan dan digunakan, dengan memastikan bahwa bagian-bagian yang bersentuhan langsung dengan bahan tanaman selalu dalam kondisi bersih dan bebas kontaminasi. Kontaminasi silang harus dihindari, dan peralatan harus dipastikan bersih sebelum digunakan untuk bahan tanaman lain. Wadah yang digunakan juga harus bersih dan kuat untuk melindungi bahan tanaman selama proses. Beberapa peralatan yang dibutuhkan mencakup: bak pencucian bertingkat, rak penirisan, keranjang pencucian, air

yang memenuhi standar kesehatan, rak pengering, alat pengukur suhu dan kelembapan, alat pengubah bentuk (penyerut, perajang, penyerbuk), oven pengering, bahan pengemas, lemari penyimpanan, kotak plastik, blower, gunting, kain hitam, alat perajang, vacuum cleaner, ruang penyimpanan, dan timbangan.

Untuk penerapan penanganan pasca panen yang baik, ada tiga aspek SDM yang penting:

1. Pelatihan

Pelaksana pasca panen harus memiliki kompetensi yang diperoleh melalui pelatihan atau magang. Mereka juga harus memiliki pengetahuan cukup mengenai identifikasi tanaman untuk mencegah kesalahan dalam penanganan. Selain itu, menjaga kebersihan diri dan lingkungan sangat penting untuk mencegah kontaminasi bahan baku simplisia.

2. Keamanan

Pelaksana harus mengenakan pakaian dan sepatu khusus serta alat pelindung seperti masker, pelindung mata, telinga, dan sarung tangan. Perlindungan juga harus diberikan dari kondisi lingkungan yang berbahaya seperti suhu ekstrem, suara bising, debu, gigitan serangga, atau alergi terhadap tanaman tertentu.

3. Kebersihan

Kebersihan sangat penting untuk mencegah kontaminasi dari bahan-bahan yang tidak diinginkan. Fasilitas pasca panen harus dilengkapi dengan kamar mandi, sabun, tisu, dan handuk untuk menjaga kebersihan personel. Selain itu, pelaksana yang sedang sakit, memiliki luka terbuka, atau infeksi kulit sebaiknya tidak terlibat dalam penanganan pasca panen.

Dalam teknik pasca panen dikenal istilah, *Good Handling Practices* (GHP). *Good Handling Practices* (GHP) adalah pedoman untuk penanganan pascapanen hasil pertanian yang sesuai dengan UU RI No. 13 Tahun 2010 tentang Hortikultura, yang secara teknis diatur dalam Permentan No. 44/Permentan/OT.140/10/2009. Ruang lingkup GHP mencakup penanganan pascapanen, standarisasi mutu, lokasi, bangunan, peralatan dan mesin, bahan perlakuan, wadah dan kemasan, tenaga kerja, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3),

pengelolaan lingkungan, pencatatan, pengawasan, penelusuran, sertifikasi, serta pembinaan dan pengawasan.

Penanganan pascapanen tanaman obat merupakan bagian dari GHP, yang mencakup berbagai kegiatan setelah panen hingga bahan siap dikonsumsi atau dijadikan bahan baku olahan. Proses ini harus dilakukan di tempat yang memenuhi persyaratan sanitasi, seperti bangsal pascapanen, sesuai dengan UU RI No. 13 Tahun 2010. Kegiatan yang termasuk di dalamnya adalah pembersihan, pencucian, sortasi, pengelasan (grading), pengolahan primer (pengupasan, perajangan, pengeringan), pengemasan, pelabelan, dan penyimpanan.

1. Sortasi adalah pemisahan hasil panen yang baik dari yang rusak, yang sehat dari yang sakit, serta memisahkan benda asing lainnya. Sortasi harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan produk, menggunakan alat atau mesin yang sesuai dengan karakteristik tanaman.
2. Pembersihan adalah proses menghilangkan kotoran fisik, kimiawi, dan biologis dari hasil panen, dilakukan dengan alat atau mesin yang sesuai dengan sifat tanaman.
3. Penirisan bertujuan untuk menghilangkan air yang menempel pada produk setelah perendaman, pencelupan, atau pencucian. Proses ini dilakukan dengan alat atau mesin yang sesuai dengan karakteristik tanaman.
4. Pengupasan adalah memisahkan kulit dari bagian tanaman yang dimanfaatkan, seperti daging buah, umbi, biji, atau batang. Pengupasan dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak bagian utama, menggunakan alat atau mesin yang sesuai.
5. Perajangan adalah proses memperkecil ukuran produk atau mengubah bentuknya dengan menggunakan alat atau mesin sesuai dengan sifat tanaman.
6. Penepungan adalah pengolahan hasil menjadi bubuk atau serbuk dengan tingkat kehalusan tertentu.

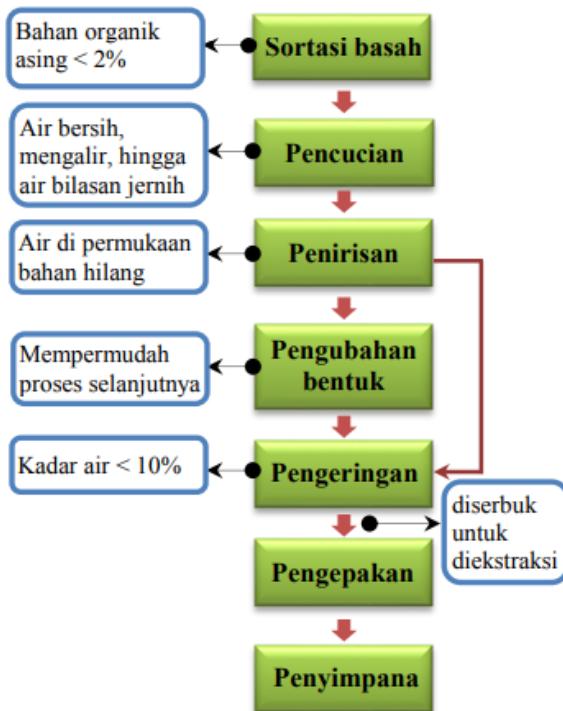
5.4 Penanganan Bahan Baku

Penanganan bahan baku bukan saja sebagai tahapan yang paling penting tetapi juga yang paling utama. Hal ini karena bahan

baku merupakan bahan yang akan mengalami pengolahan sehingga dapat dimanfaatkan bagi keperluan manusia.

Pada umumnya kandungan zat aktif tanaman tidak akan dapat ditingkatkan setelah tanaman dipanen sehingga karakter biokimia dan fisiologis dalam penanganan kualitas harus diperhatikan (Patel et al., 2019) artinya proses pascapanen sangat menentukan keberadaan senyawa aktif yang berkhasiat untuk pengobatan (Su et al., 2019). Pengelolaan pascapanen yang salah dapat mengubah, menurunkan, atau merusak zat aktif suatu tanaman menjadi zat yang tidak memiliki efek terapi bahkan dapat membahayakan kesehatan. Selain itu, penurunan kualitas fisik yang nyata akan berdampak terhadap berkurangnya nilai ekonomis (Katno, 2008).

Adapun proses pasca panen herbal yang biasa dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 5.1. Proses Pasca Panen Herbal
Sumber: Widodo & Subositi (2021)

Sementara itu faktor-faktor yang mempengaruhi simplisia adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.2. Herbal berupa simplisia akan dipengaruhi oleh sinar matahari, suhu, kelembapan, mikrobia, hama dan kemasan.



Gambar 5.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas simplisia selama penyimpanan

Sumber: Widodo & Subositi (2021)

Dalam membicarakan herbal biasa menggunakan kata simplisia. Simplisia adalah bahan alamiah yang dipergunakan sebagai obat yang belum mengalami pengolahan apapun juga dan kecuali dinyatakan lain berupa bahan yang telah dikeringkan. Berdasarkan asalnya, simplisia dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu:

1. Simplisia nabati Adalah simplisia yang berupa tanaman utuh, bagian tanaman atau tanaman (yaitu isis yang keluar secara spontan dari tanaman atau dengan cara tertentu dikeluarkan dari selnya atau zat-zat nabati lain yang dipisahkan dari tanamannya secara tertentu).

2. Simplisia hewani Adalah simplisia yang berupa hewan utuh, bagian hewan atau zat-zat berguna yang dihasilkan oleh hewan dan belum berupa zat kimia murni.
3. Simplisia pelikan atau mineral Adalah simplisia yang berupa bahan pelikan atau mineral yang belum diolah atau telah diolah dengan cara sederhana dan belum berupa zat kimia murni.

Pentingnya pengelolaan pascapanen dalam penyediaan bahan baku obat meliputi beberapa aspek: (1) Proses pascapanen berfungsi sebagai perlindungan untuk menjaga kadar zat aktif agar tetap stabil, serta mempertahankan kualitas fisik dan biologis bahan dengan meminimalkan kontaminasi mikroba. Menurut Patel et al. (2019), kualitas dan kondisi produk segar umumnya tidak dapat ditingkatkan setelah panen, dan sebagian besar senyawa kimia akan mengalami penurunan. Oleh karena itu, proses pascapanen harus dioptimalkan untuk mengurangi kehilangan atau penurunan kandungan zat aktif dari hasil panen. (2) Berbagai metode pascapanen menghasilkan produk yang berbeda. Misalnya, perbedaan proses pascapanen pada daun *Camellia chinensis* menghasilkan produk yang berbeda seperti teh putih, teh hijau, teh oolong, dan teh hitam. (3) Kandungan zat yang memiliki khasiat terapeutik pada tanaman obat tertentu terbentuk selama proses pascapanen.

5.5 Pengolahan Simplisia

Manajemen pascapanen tanaman obat adalah untuk mempersiapkan simplisia nabati agar siap dikonsumsi baik secara langsung oleh masyarakat umum, sebagai bahan baku jamu, untuk industri obat tradisional, atau keperluan ekspor ke luar daerah. Menurut Ningsih (2016), tahapan pengelolaan pascapanen meliputi:

1. Sortasi Basah

Sortasi basah bertujuan untuk memisahkan kotoran, bahan asing, dan bagian tanaman yang tidak diinginkan dari bahan simplisia. Kotoran ini bisa berupa tanah, kerikil, rumput/gulma, tanaman mirip lainnya, bahan yang rusak atau busuk, serta bagian tanaman yang perlu dipisahkan dan dibuang. Proses ini bertujuan untuk menjaga kemurnian simplisia, mengurangi kontaminasi

awal yang dapat memengaruhi proses selanjutnya, serta mengurangi cemaran mikroba, sambil memastikan simplisia memiliki jenis dan ukuran yang seragam. Kotoran akan terpisah dari bahan simplisia dan dapat dilakukan bersamaan dengan pencucian dan penirisan. Selama pencucian, bahan dibolak-balik untuk menghilangkan kotoran yang menempel atau terikut dalam bahan.



Gambar 5.3. Proses Sortasi Basah
Sumber: Ningsih (2016)

2. Pencucian

Pencucian bertujuan untuk menghilangkan tanah dan kotoran lain yang melekat pada bahan simplisia. Proses ini dilakukan dengan menggunakan air bersih, seperti air minum, air dari sumber mata air, air sumur, atau air PDAM. Untuk bahan yang mengandung senyawa aktif yang mudah larut dalam air, pencucian harus dilakukan secepat mungkin tanpa merendamnya. Pencucian harus dilakukan secara teliti, terutama pada bahan simplisia yang terbenam di tanah atau dekat permukaan tanah, seperti rimpang, umbi, akar, batang merambat, dan daun yang dekat dengan tanah. Air mengalir digunakan selama pencucian untuk memastikan kotoran yang terlepas tidak menempel kembali. Pencucian dalam jumlah besar lebih efektif dilakukan dalam bak bertingkat dengan

konsep air mengalir. Kotoran yang menempel pada bagian sulit dibersihkan dapat dihilangkan dengan penyemprotan air bertekanan tinggi atau dengan menyikat. Untuk akar, umbi, batang, atau buah dan biji, pengupasan kulit luar dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah mikroba awal, karena mikroba biasanya terdapat pada permukaan bahan simplisia. Bahan yang telah dikupas dengan benar dan bersih mungkin tidak perlu dicuci lagi.

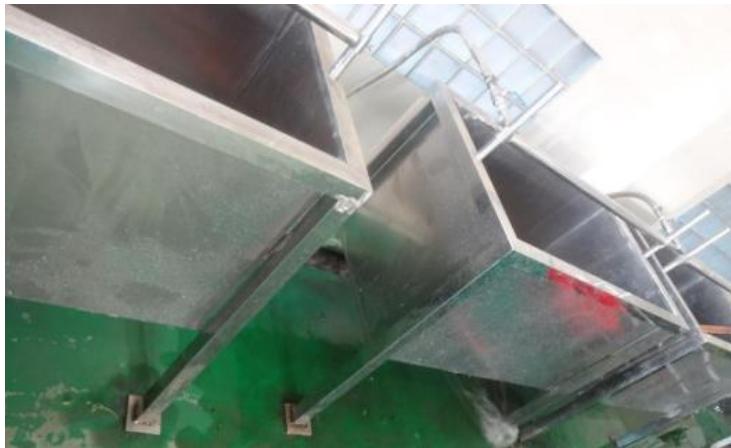
3. Penirisan

Setelah pencucian selesai, bahan ditempatkan di rak yang dirancang untuk mencegah pembusukan atau penambahan kadar air. Penirisan bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan air yang tersisa di permukaan bahan.



Gambar 5.4. Kayu Secang setelah Sortasi Basah
Sumber: Ningsih (2016)

Selama penirisan, bahan dibolak-balik untuk mempercepat proses penguapan, dan dilakukan di tempat yang teduh dengan aliran udara yang baik untuk mencegah fermentasi dan pembusukan. Setelah air yang menempel di permukaan bahan menetes atau menguap, bahan simplisia selanjutnya dikeringkan dengan metode yang sesuai.



Gambar 5.5. Bak-bak pencucian

Sumber: Ningsih (2016)



Gambar 5.6. Rak-Rak Penirisan

Sumber: Ningsih (2016)

4. Pengubahan Bentuk

Beberapa jenis bahan baku atau simplisia seringkali perlu diubah menjadi bentuk lain, seperti irisan, potongan, atau serutan, untuk mempermudah proses pengeringan, penggilingan, pengemasan, penyimpanan, dan pengolahan berikutnya. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk meningkatkan penampilan fisik, memenuhi standar kualitas (terutama dalam hal keseragaman ukuran), serta meningkatkan kepraktisan dan ketahanan dalam

penyimpanan. Pengubahan bentuk harus dilakukan dengan hati-hati dan tepat agar tidak mengurangi kualitas simplisia.



Gambar 5.7. Pengecilan Ukuran pada Kayu Secang
Sumber: Ningsih (2016)

Selain itu, proses ini bertujuan untuk memperbaiki penampilan fisik bahan, memastikan keseragaman ukuran sesuai standar kualitas, serta meningkatkan kepraktisan dan ketahanan selama penyimpanan. Pengubahan bentuk harus dilakukan dengan cermat dan hati-hati untuk menjaga kualitas simplisia.

5.6 Senyawa Aktif

Senyawa aktif pada herbal harus dijaga dari kerusakan sehingga memerlukan beberapa penanganan sebagaimana yang dituliskan Dewi (2020), yaitu"

1. Persiapan bahan baku: pemeriksaan organoleptik dan laboratorium, bahan diberikan label, semua pengeluaran dan oemasukan abhan baku dicatat, sebelum digunakan simplisia harus dicuci lebih dulu dan dikeringkan, simplisia dilabelkan, pengeluaran simplisia untuk diolah menggunakan yang lebih awal dahulu, bahan baku yang tidak memenuhi syarat harus ditandai, disimpan terpisah untuk kemudian ditindak-lanjuti.
2. Pengolahan dan Pengawasan
 - a. Verifikasi, memastikan bahwa prosedur yang digunakan adalah betul sesuai dengan apa yang telah ditetapkan. Setiap

- proses dan peralatan yang digunakan harus melakukan pembuktian ulang agar proses dan peralatan tetap dapat menghasilkan produk yang bermutu
- b. Pencemaran, adanya pencemaran secara fisik, kimia dan adanya jasad renik tidak boleh terjadi. Adanya khamir, kapang atau kkuman non pathogen terhadap produk meskipun sifat dan tingkatannya tidak mempengaruhi, hendaklah dicegah seoptimal mungkin.
 - c. Melakukan penomoran. Melakukan oenomoran kode produksi yang penggunaannya tidak berulang, Pemberian kode produksi sebaiknya dicatat dalam sebuah buku.
 - d. Penimbangan dan Penyerahan. Harus memastikan ketepatan timbangandan ukuran produk serta bahan yang akan ditimbang. Semua kegiatan ini harus dicatat. Harus dapat dibuktikan kebenarannya, jenis dan jumlah bahan yang ditimbang.
 - e. Pengolahan. Dilakukan dengan pengecekan kondisi ruangan, peralatan pengolahan. Air yang digunakan sesuai syarat sebagai air minum. Karyawan menggunakan pakaian bersih dan beralat pelindung diri. Wadah yang digunakan harus bersih dan diberikan label sesuai ketentuan dan keperluan. Hindari pengolahan beberapa produk untuk menghindari kontamiasi silang. Pengolahan dengan kondisi tertentu harus dilakukan pengawasan terhadap suhu, pengaturan tekanan uap, pengaturan waktu dan kelembapan. Pengawasan dilakukan secara berterusan menghindari kerugian pada produk jadi. Hasil pengawasan hendaknya tercatat.

Beberapa contoh pengaruh umur panen seperti pada tumbuhan temulawak, secara umum kandungan xanthorrhizol (Temulawak) meningkat pada tanaman yang dipanen 7 bulan dibanding umur 5 bulan, dan kadar xantorizol terus meningkat dan maksimal pada umur 12 bulan (Khaerana et al., 2008). Penelitian lain terkait dengan biji kecipir, menunjukkan bahwa kandungan total fenol pada biji kecipir semakin lama akan semakin menurun dengan semakin lama umur panen, seperti pada penelitian berikut ini biji kecipir umur panen 8 minggu memiliki total lebih tinggi 7,67 mg GAE/g

dibandingkan biji kecipir umur panen 12 minggu sebesar 5,31 mg GAE/g kemudian total fenol tertinggi pada umur panen 6 minggu dengan kandungan total fenol 59,42 mg GAE/g sampel (Setiawan et al., 2019).

Herbal biasanya diolah setelah dikeringkan. Selain untuk memberikan jangka hayat yang lebih lama juga memudahkan untuk menyimpannya. Kandungan zat gizi pada herbal yang sudah kering akan lebih tinggi berbanding pada herbal basah.

Sementara itu pengolahan herbal menurut Puspitasari dalam Munaeni (2022), adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan sampel tumbuhan. Pada saat pengumpulan sampel, dapat diperoleh dalam bentuk segar maupun herbarium. Kelebihan sampel dari alam adalah identifikasi yang terkadang kurang tepat. Sedangkan kelebihannya adalah bebas dari pestisida. Sementara sampel yang berbentuk herbarium adalah sebaliknya. Semua sampel dibersihkan dari kotoran, agar tidak terjadi kerusakan dan tidak melekat benda-benda yang tidak seharusnya.
2. Pencucian sampel tumbuhan. Tahap pembersihan dilakukan dengan menggunakan tangan dengan air mengalir. Termasuk di dalamnya mengupas, mengiris halus dan memotong-motong simplisia.
3. Preparasi sampel tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang sesuai untuk analisis kimia seperti fitokimia adalah jarungan yang masih segar. Simplisia dapat dilarutkan menggunakan alcohol dan kemudian disimpan. Untuk menghindari kerusakan maka seringkali simplisia kemudian dilakukan pengeringan.

Kekurangannya adalah metode yang dilakukan cukup rumit dan biayanya mahal jika dibandingkan dengan metode sebelumnya. Pengeringan beku ini biasa dilakukan untuk bahan yang halus, labih terhadap suhu panas.

Laporan yang ditulis, Kintoko & Witasari (2021) menyatakan bahwa herbal dalam bentuk basah atau segar harus memperhatikan usia pemanenan. Lazimnya untuk herbal bentuk rimpang. Harus dipanen pada usia 8-10 bulan dan pada musim kemarau. Umumnya herbal yang tradisional masih dikeringkan dengan menggunakan sinar

matahari langsung atau menggunakan oven. Sementara itu bahan baku herbal yang berasal dari kayu, batang, akar dan kulit batang biasanya dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari langsung tanpa penutup kain di atas permukaannya. Hal ini disebabkan bahan aktif herbal tersebut tahan terkena sinar matahari. Sementara untuk bahan herbal yang berasal dari daun, bunga dan buah yang dikeringkan dapat dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu di bawah 50°C. Pengeringan menggunakan sinar matahari langsung harus menggunakan penutup kain berwarna gelap, untuk menghindari kerusakan zat aktifnya akibat panas sinar matahari

Khasiat herbal dapat dipertahankan dengan cara memperhatikan cara panen saat dilakukan pasca panen. Jahe mempunyai zat aktif yang tinggi, shogaol daripada gingerol apabila dipanen saat musim kemarau. Kunyit yang dikeringkan dengan sinar matahari harus menggunakan kain penutup gelap untuk melindungi zat kurkuminoidnya yang mudah menurun dan rusak saat terkena panas. Laporan lainnya adalah faktor genetik sangat mempengaruhi kandungan zat aktif suatu tumbuhan herbal.

Sehingga dapat dikatakan harus memperhatikan: 1) Agroklimat 2) nomenklatur simplisia 3) panen dan pasca panen 4) variasi genetik, agar mengetahui khasiat herbal yang akan digunakan.

Sementara untuk pengeringan herbal yang berupa daun yang telah dilaporkan yaitu, pengeringan daun belimbing wuluh yang berkhasiat untuk menurunkan tekanan darah adalah 55°C dengan menggunakan pengering oven selama 2 jam (Pariawan, 2017).

Penggunaan kayu manis pada herbal biasanya dilakukan dengan melakukan pengeringan dengan cara diangin-anginkan, dicacah dan dikeringkan pada suhu 50°C. Perlakuan selanjutnya adalah dengan menghaluskannya sehingga mempunyai ukuran yang seragam dan mudah disimpan (Afriansyah, et al., 2019).

Pada tumbuhan kulit kayu manis, tumbuhan ini dapat dipanen 3-5 tahun tetapi hasil yang didapatkan kurang baik, hasil yang baik untuk waktu panen ketika kayu manis berumur 6-9 tahun dengan hasil kulit rata-rata 2,5 kg batang yang telah memenuhi standar ekspor. Bagaimanapun, hasil penelitian Susanto, et al., (2018) menunjukkan bahwa kebanyakan para pelaku usaha herbal masih mempunyai persoalan di bidang produksi, manajemen dan pemasaran.

Masalahnya adalah 1)tidak mempunyai SOP atau *Standard Operation Procedure* di bidang manajemen 2) belum melakukan pemasaran dengan optimal, khususnya untuk pasar ekspor 3) membuat pembukuan untuk setiap transaksi atau proses walaupundalam bentuk yang sederhana.

Kebanyakannya masyarakat menggunakan dan memanfaatkan tanaman herbal dalam keadaan segar. Herbal mempunyai banyak manfaat sehingga masyarakat di Jambi banyak menanam tanaman herbal di pekarangan rumah (Andesmora, et al., 2022).

Marwati et al. (2021) menjelaskan secara rinci tentang penggunaan ramuan herbal, yang harus memperhatikan hal-hal berikut:

1. Memastikan identitas simplisia yang akan digunakan benar.
2. Memilih simplisia berkualitas yang tidak tercampur dengan tumbuhan lain, bersih dari tanah atau benda asing, serta bebas dari kerusakan akibat penyakit tanaman atau serangan hama.
3. Melakukan pengamatan organoleptik, mencakup penampilan, kerusakan, warna, ukiran, bau, dan, jika memungkinkan, rasa.
4. Menghindari penggunaan simplisia yang telah terkontaminasi kapang, karena beberapa kapang dapat menghasilkan zat toksik yang berpotensi menyebabkan penyakit.

Secara umumnya pengolahan herbal dilakukan dengan memperhatikan beberapa hal seperti di bawah ini:

1. Kebersihan diri, sebelum mengolah bahan herbal maka sebaiknya individu tersebut bersih dengan cara mencuci tangan sebelum mengolah, menggunakan pakaian yang bersih, sebaiknya menggunakan masker, dan sarung tangan
2. Peralatan dan tempat. Memastikan peralatan dan tempat yang digunakan dalam kondisi bersih. Hindari penggunaan yang berbahan plastik, usahakan menggunakan peralatan yang terbuat dari stainless steel.

Langkah-langkah persiapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sortasi. Langkah pertama adalah memisahkan kotoran dari bahan utama dengan cara memisahkan tanah, kerikil, dan bahan simplisia yang rusak.
2. Pencucian. Pencucian dilakukan dengan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, tanah, dan debu yang masih menempel.
3. Pengeringan dan penirisan. Setelah pencucian, bahan simplisia harus ditiriskan untuk mencegah kelembapan yang dapat menyebabkan pembusukan selama penyimpanan dalam waktu lama.
4. Perajangan. Perajangan dilakukan pada simplisia yang berukuran besar dan tebal untuk mempermudah proses pengeringan, pengepakan, penggilingan, dan perebusan.
5. Perebusan. Perebusan dilakukan dengan air bersih dalam wadah berbahan logam nirkarat, keramik, atau tembikar. Durasi perebusan bervariasi tergantung jenis simplisia. Misalnya, akar, kayu, rimpang, buah, kulit batang, dan biji membutuhkan waktu perebusan lebih lama dibandingkan daun dan bunga. Simplisia kering biasanya direbus dalam air mendidih pada suhu 100°C selama 15-30 menit, sedangkan serbuk kering diseduh dalam satu gelas air mendidih selama 5-10 menit.
6. Konsumsi dan penyimpanan. Hasil perebusan sebaiknya diminum setelah disaring dan dalam kondisi hangat. Jika bahan herbal akan disimpan, gunakan botol atau wadah yang bersih dan tertutup rapat, serta simpan pada suhu sejuk. Hindari penyimpanan dalam jangka waktu lama untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit.

Apabila bahan herbal akan disimpan, gunakan botol atau wadah yang bersih, bertutup rapat dan disimpan pada suhu sejuk. Hindari penyimpanan dalam jangka waktu yang terlalu lama, sebab akan menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme yang justru menimbulkan penyakit baru.

**Standar Operasional Prosedur
Pengolahan empon-empon (rimpang)**

SOP Penyortiran Awal	Nomor: SOP 02	Tanggal dibuat	
		Revisi..... Tanggal	Disahkan

Penyortiran Awal

A. Definisi

Penyortiran awal adalah proses memisahkan rimpang yang busuk dari yang masih baik, membedakan antara rimpang muda dan tua, serta mengelompokkan rimpang berdasarkan ukuran, apakah besar atau kecil. Proses ini juga mencakup pemisahan rimpang yang akan digunakan sebagai benih dari yang akan dikonsumsi, serta mengurangi kotoran atau benda asing yang mungkin terbawa bersama rimpang.

B. Tujuan

Tujuan dari penyortiran awal adalah untuk memisahkan produk dari kotoran atau bahan asing, serta membedakan antara bahan yang sudah tua dan yang masih muda atau antara bahan yang berukuran besar dan kecil.

C. Validasi

1. UD Jahe Wangi berlokasi di Desa Pucong Kecamatan Kismantoro atau Jl. Purwantoro-Jerul 12
2. UD. Tani Tlaten di desa Gedawung Kecamatan Kismantoro atau Jl. Puran Kismantoro Km 4

D. Alat dan Bahan

1. Pisau
2. Gunting
3. Bakul
4. Keranjang plastik/ bambu
5. Karung plastik yang bersih

E. Informasi Pokok

1. Penyortiran dilakukan setelah rimpang dipanen.
2. Tanah dan kotoran yang menempel pada rimpang dibersihkan dengan cara memukul rimpang secara lembut.
3. Daun, batang, dan akar yang melekat pada rimpang dipotong dengan menggunakan pisau atau gunting.

F. Prosedur Kerja

1. Pisahkan rimpang yang sehat dari yang sakit, serta rimpang yang baik dari yang rusak atau busuk.
2. Bersihkan rimpang dari tanah dan kotoran yang masih menempel.
3. Potong daun, batang, dan akar dengan pisau yang tajam.

G. Sasaran

Memisahkan rimpang yang busuk, rimpang tua dan muda, serta memilih rimpang untuk benih dan yang berukuran besar atau kecil.

Gambar 5.8. SOP penyortiran awal

Sumber: Susanto, et al., (2018)

5.7 Peluang dan Tantangan Herbal

Menurut Percival dan Turner dalam Batubara & Prastyo (2020), permasalahan utama bagi pengembangan pangan fungsional berbasis tanaman adalah:

1. Efektivitas proses pengolahan bahan baku menjadi produk tergantung pada ketepatan penanganan, yang akan memengaruhi kandungan senyawa aktif dalam produk akhir.
2. Penting untuk memperhatikan dampak kimia pada senyawa ketika bahan baku utama bercampur dengan bahan baku lainnya, untuk memastikan keamanan bahan baku.
3. Kualitas bahan baku dan produk sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti iklim, musim tanam, lokasi budidaya, dan kondisi tanah. Standarisasi diperlukan untuk memastikan kualitas yang konsisten.
4. Menjamin keaslian dan identitas bibit yang digunakan adalah penting untuk keberhasilan dan kualitas hasil akhir.

5.8 Kesimpulan

Penanganan dan pengolahan bahan baku herbal dalam bentuk segar merupakan hal penting. Hal ini berkenaan dari awal penanaman, seperti pemilihan bibit, pemanenan, pasca panen, hingga pengolahan dan pemrosesan herbal dalam bentuk basah dalam pabrik atau kilang yang meliputi: sortasi, pencucian, penirisan dan penyimpanan. Apabila pengolahan dan pemrosesan mengalami kecacatan maka dapat mempengaruhi kandungan senyawa aktif dalam herbal tersebut yang menyebabkan herbal tidak dapat lagi memberikan manfaat dan khasiat kepada konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, S., Tira, B. S., Khasanah, A. N., 2019. "Pearl Tea" Inovasi The Herbal Buah Mangrove Pedada Sonneratia caseolaris) sebagai Sumber Antioksidan dalam mendukung Tercapainya Industri Kreatif 4.0 Daerah Jambi. *Khasanah Intelektual*, 3(3)m 527-542.
- Andesmora,, E. V., Aprianto, R., Tomi, D., dan Syahmi, W., 2022. Keanekekagaman Tanaman Obat di Masyarakat Lokal Smerep, Kabupaten Kerinci, Jambi. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 14(2), 9-112.
- Anon, 2023. *Pedoman Penyiapan Bahan Baku Obat Bahan Alam Berbasis Ekstrak/ Fraks*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Dewi, S. T. R., 2020. *Buku Ajar Persepsi Obat Herbal di Dunia Farmasi*. Unit Penelitian Politeknik Kesehatan Makassar, Makassar, 160 halaman.
- Fauziah, P. N., Adriani, Achmad, A. F., Rohmah, M. K., Rahman, I. F., Yulianti, R., Cesa, F. Y., Hendra, G. A. H., Rollando, 2022. *Perkembangan dan Manfaat Obat Herbal sebagai Fitoterapi*. Penerbit Tohar Media 315 halaman.
- Indartiyah, N., Siregar, I., Agustina, Y. D., Wahyono S. Djauhari E, Hartono, B., Fika, W., Supriyatna, M. Y., 2011. *{edoman Teknologi Penanganan Pasca Panen Tanaman Obat*. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura Direktorat Budidaya dan Pascapanen Syuran dan Tanaman Obat.
- Katno. 2008. *Pengelolaan Pascapanen Tanaman Obat*. B2P2TOOT, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Kementerian Kesehatan.
- Kintoko Witasari, H. A, 2021. *Bunga Rampai Herbal Indonesia*. Deepublish, Yogyakarta. 96 halaman.
- Marwati, T. A., Nuraeni, L H, dan Desvita, W. R., 2021. *Kesehatan Jiwa Ibu dan Obat Tradisional* (Ed. Laila, F. N), Tunas Gemilang Press, Yogyakarta.
- Ningsih, I. Y., 2016. Moduk Saintifikasi Jamu. Penanganan Pasca Panen Bagian Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember.

- Patel, A.D., Trivedi, A.P., Prajapati, K.N. 2019. Post harvest physiology of medicinal plants. https://www.academia.edu/34996497/post_harvest_physiology_of_medicinal_plants.
- Percical, S.S. & Turner, R.E, dalam Batubara, I. Prasty, M. E, 2020. Potensi Tanaman Rempah dan Obat Tradisional Indonesia sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020*. Palembang 20 Oktober 2020, 20-38.
- Puspitasari, D., 2022 dalam Munaeni,, W, Mainassy, M. C, Puspitasari, D., Susanti, L, Endriyanto, N. C, Yuniastuti, A, Wiradnyani, N. K, Paraiwan, R.M., 2017. *Aktivitas Antioksidan dan Sifat Organoleptik Teh Daun Kelor Kombinasi Daun Belimbing Wuluh dan Perasa Mint dengan Variasi Suhu Pengeringan*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Salam, A, 2023. *Bahan Ajar Herbal Medicine The Herbal Daun Belimbing untuk Pencegahan Hipertensi*, Litnus, Malang. 91 halaman.
- Setiawan, A, Listiani, L, dan Abrori, F.M., 2019. Kajian Etnobotani Tumbuhan Obat Suku Dayak Lundayeh di Desa Kaliamok Kecamatan Malinau Utara Kabupaten Malinau sebagai Booklet untuk Masyarakat. *Borneo Journal of Biology Education*, 1(1), 51-67.
- Su, X, Youjiao Wu, Y., Li, Y., Huang Y., Liu Y., Pei Luo, P., Zhang, Z 2019. Effect of different post-harvest processing methods on the chemical constituents of *Notopterygium franchetii* by an UHPLC-QTOF-MSMS Metabolomics Approach. *Molecules*, 24, 3188; doi:10.3390/molecules24173188
- Susanto, R, Lestari, W., Nugroho, N. T., 2018. Usaha Pengeringan Empon-Empon Bahan Obat Herbal di Kecamatan Kismantoro Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah. *Gervasi*, 2(1), 75-84.
- Widodo, H. & Subositi, D, 2021. Penanganan dan penerapan Teknologi Pasca Panen Tanaman Obat. *Agrointek*, 15(1), 2553-271

BAB 6

FAKTOR PENGOLAHAN MINIMAL SAYURAN

Oleh Santi Dwi Astuti

6.1 Pendahuluan

Sayuran herbal adalah tanaman yang digunakan terutama karena daun, batang, atau bunganya untuk memberikan aroma, rasa, atau manfaat kesehatan pada makanan. Meskipun sebagian besar digunakan dalam jumlah kecil sebagai bumbu atau perasa, beberapa jenis juga bisa digunakan sebagai bahan utama dalam masakan. Sayuran herbal sering kali mengandung senyawa bioaktif yang memiliki manfaat kesehatan, termasuk sifat antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi. Sayuran herbal digunakan dalam bentuk segar atau kering dalam berbagai produk pangan. Beberapa jenis sayuran herbal diantaranya adalah kemangi, peterseli, daun ketumbar, timi, rosemary, daun mint, daun bawang, oregano, sage, dan daun bay.

Teknologi pengolahan minimal adalah proses penanganan dan pengolahan sayuran herbal yang bertujuan untuk menjaga kesegaran, rasa, tekstur, dan nilai gizi produk sedekat mungkin dengan kondisi segar aslinya, dengan tetap memastikan keamanan pangan dan memperpanjang umur simpan. Pengolahan minimal melibatkan teknik-teknik yang sedikit mengubah struktur alami tanaman, seperti sortasi dan grading, pencucian dan sanitasi, pengecilan ukuran, pendinginan cepat, dan pengemasan dengan atmosfer terkendali.

Teknologi pengolahan minimal bagi sayuran herbal penting untuk dilakukan untuk :

1. Mempertahankan Kualitas Sensorik. Pengolahan minimal menjaga aroma, rasa, dan warna alami sayuran herbal, sehingga produk tetap menarik bagi konsumen yang menginginkan kesegaran dan kualitas rasa yang tinggi.
2. Mempertahankan Kandungan Nutrisi. Teknik pengolahan minimal dirancang untuk meminimalkan kehilangan vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif lain yang terdapat dalam sayuran herbal, sehingga produk tetap bernilai gizi tinggi.

3. Memperpanjang Umur Simpan. Dengan mengkombinasikan pengolahan minimal dengan metode penyimpanan yang tepat (seperti pendinginan dan pengemasan atmosfer termodifikasi), umur simpan sayuran herbal dapat diperpanjang tanpa perlu menambahkan bahan pengawet kimia.
4. Memastikan Keamanan Pangan. Pengolahan minimal melibatkan langkah-langkah sanitasi yang ketat untuk menghilangkan kontaminan seperti kotoran, patogen, dan residu pestisida, sehingga produk aman dikonsumsi.
5. Mendukung Produk Ramah Lingkungan. Pengolahan minimal sering kali membutuhkan energi dan bahan kimia lebih sedikit dibandingkan metode pengolahan konvensional, sehingga lebih ramah lingkungan dan mendukung produksi yang berkelanjutan.
6. Memenuhi Kebutuhan Konsumen Modern. Konsumen saat ini cenderung mencari produk yang praktis, segar, dan sehat. Teknologi pengolahan minimal memungkinkan produsen untuk memenuhi permintaan ini dengan menyediakan sayuran herbal yang siap digunakan dan tetap segar.
7. Mengurangi Limbah Pangan. Karena produk dengan pengolahan minimal lebih tahan lama dan tetap segar lebih lama, kemungkinan terjadinya pembusukan dan limbah pangan dapat dikurangi.

Penerapan teknologi pengolahan minimal pada sayuran herbal membutuhkan perhatian terhadap beberapa faktor penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan nilai gizi produk tetap terjaga, seperti :

1. Pemilihan Bahan Baku. Sayuran herbal yang digunakan harus dipastikan, bebas dari kerusakan, hama, dan penyakit. Pilih varietas sayuran yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap proses pengolahan minimal.
2. Kebersihan dan Sanitasi. Kebersihan selama proses pengolahan harus dijaga, mulai dari pencucian hingga pengemasan, untuk menghindari kontaminasi mikroba.
3. Kontrol Kualitas. Kontrol kualitas harus dilakukan secara rutin, termasuk pengujian mikrobiologi, pengujian fisik, dan kimia,

- untuk memastikan produk akhir memenuhi standar yang diinginkan.
4. Keamanan Pangan. Prinsip-prinsip keamanan pangan, seperti HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) diterapkan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya potensial dalam proses pengolahan.
 5. Penanganan Pasca-Panen. Penanganan pasca-panen dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan fisik dan kehilangan nutrisi.
 6. Pelabelan dan Informasi Produk. Pelabelan pada kemasan harus mencantumkan informasi yang jelas mengenai tanggal produksi, tanggal kadaluarsa, dan instruksi penyimpanan.

6.2 Sortasi dan Grading

Sortasi adalah proses pemilahan atau pemisahan sayuran berdasarkan kriteria tertentu, seperti ukuran, bentuk, warna, tingkat kematangan, dan adanya cacat fisik. Tujuannya adalah untuk mengelompokkan sayuran yang seragam dalam satu kelompok dan memisahkan sayuran yang tidak memenuhi standar. Grading adalah proses pengelompokan sayuran yang telah disortasi ke dalam kelas-kelas atau kategori kualitas tertentu. Kategori ini biasanya ditetapkan berdasarkan standar yang diterima oleh pasar atau industri, dan melibatkan penilaian lebih rinci terhadap aspek-aspek kualitas seperti penampilan, kebersihan, dan tekstur. Proses sortasi dan grading ditujukan untuk meningkatkan mutu produk, menjamin konsistensi produk, memaksimalkan nilai ekonomi dan mengurangi pemborosan.

Proses sortasi melibatkan beberapa tahap, tergantung pada jenis sayuran dan kriteria yang digunakan. Di tahap awal, sayuran diperiksa secara visual untuk mengidentifikasi cacat seperti luka, memar, atau tanda-tanda penyakit. Selanjutnya sayuran dipisahkan berdasarkan ukuran, warna, dan bentuknya. Grading dilakukan setelah sortasi dan melibatkan penilaian yang lebih mendalam, yakni pengukuran volume dan bobot, mutu visual seperti warna, kebersihan dan keutuhan; penilaian terhadap tekstur dan kepadatan; serta pengelompokan ke dalam kelas kualitas.

Sebagai contoh tahapan ini adalah sortasi sayuran herbal bawang putih. Tahapan sortasi bawang putih meliputi :

1. Pemilahan Berdasarkan Ukuran. Bawang putih disortasi berdasarkan ukuran umbinya. Ukuran umbi bawang putih dapat diukur menggunakan saringan atau alat pemilah lainnya. Tujuannya adalah untuk memisahkan bawang putih besar, sedang, dan kecil agar lebih mudah diklasifikasikan pada tahap grading.
2. Pemilahan Berdasarkan Warna dan Kondisi Kulit. Bawang putih diperiksa visual untuk memastikan kulitnya berwarna putih bersih dan tidak ada tanda-tanda perubahan warna yang dapat menunjukkan pembusukan atau masalah kualitas lainnya. Tujuannya adalah untuk memisahkan bawang putih yang memiliki kulit dengan warna seragam dari yang memiliki noda, perubahan warna, atau kerusakan.
3. Pemilahan Berdasarkan Bentuk dan Cacat. Bawang putih dengan bentuk yang tidak seragam atau yang memiliki cacat fisik seperti luka, goresan, atau tanda penyakit dipisahkan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa hanya bawang putih dengan bentuk yang baik dan bebas dari cacat yang lanjut ke tahap grading.

Tahapan grading bawang putih meliputi :

1. Pengelompokan Berdasarkan Ukuran dan Berat. Bawang putih yang telah disortasi berdasarkan ukuran kemudian dikelompokkan lebih lanjut berdasarkan beratnya, yang meliputi ukuran besar, sedang, dan kecil
2. Penilaian Kualitas Kulit dan Warna. Bawang putih dengan kulit yang utuh, bersih, dan berwarna putih cerah akan ditempatkan dalam grade yang lebih tinggi. Kategori Warna meliputi putih bersih (Grade A), sedikit perubahan warna atau noda kecil (Grade B), dan perubahan warna yang lebih signifikan (Grade C).
3. Pengelompokan Berdasarkan Bentuk dan Kesehatan Umbi. Bawang putih yang memiliki bentuk sempurna, tanpa cacat, dan bebas dari tanda-tanda penyakit atau kerusakan mekanis, dikelompokkan dalam grade tertinggi. Kategori Bentuk terdiri dari umbi dengan bentuk yang sempurna (Grade A), sedikit cacat

tetapi masih dapat diterima (Grade B), dan umbi dengan cacat signifikan (Grade C).

Hasil sortasi dan grading bawang putih adalah pengelompokan komoditas segar berdasarkan tingkatan mutunya, sebagai berikut :

1. Grade A yakni bawang putih dengan ukuran besar, bentuk bulat atau oval yang sempurna, kulit yang utuh dan berwarna putih cerah tanpa noda. Bawang putih Grade A biasanya dijual dengan harga tertinggi dan digunakan untuk pasar ekspor atau konsumen premium.
2. Grade B yakni bawang putih dengan ukuran sedang, mungkin memiliki sedikit cacat pada kulit atau sedikit perubahan warna. Bawang putih ini masih memiliki kualitas yang baik dan sering digunakan dalam pasar domestik untuk konsumsi umum.
3. Grade C yakni bawang putih dengan ukuran kecil atau yang memiliki beberapa cacat fisik seperti kulit yang pecah, warna yang kurang seragam, atau bentuk yang tidak sempurna. Bawang putih ini mungkin dijual dengan harga lebih rendah dan sering digunakan dalam industri pengolahan atau untuk produk yang tidak memerlukan presentasi visual yang sempurna.

6.3 Pencucian dan Sanitasi

Pencucian dan sanitasi adalah proses pembersihan yang dirancang untuk menghilangkan kotoran, debu, residu pestisida, dan mikroorganisme patogen dari sayuran herbal. Tujuannya adalah untuk memastikan produk yang aman untuk dikonsumsi, menjaga kualitas, dan memperpanjang umur simpan. Pencucian biasanya melibatkan penggunaan air, sedangkan sanitasi melibatkan penggunaan agen desinfektan atau teknik lain untuk mengurangi jumlah mikroorganisme hingga ke tingkat yang aman.

Metode pencucian dan sanitasi pada sayuran herbal, diantaranya yaitu :

1. Pencucian dengan Air Bersih :
 - a. Proses : Sayuran herbal direndam atau dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan partikel debu. Teknik ini adalah langkah awal dalam proses pembersihan.

- b. Contoh : Daun kemangi sering dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan tanah atau kotoran yang menempel.
2. Pencucian dengan Air Bertekanan :
- a. Proses : Air disemprotkan dengan tekanan tinggi untuk membersihkan sayuran herbal dari kotoran yang sulit dihilangkan. Metode ini efektif untuk sayuran yang lebih keras.
 - b. Contoh : Pencucian daun thyme menggunakan air bertekanan untuk memastikan semua kotoran tersapu bersih dari daun kecilnya.
3. Pencucian dengan Air Dingin :
- a. Proses: Sayuran herbal direndam atau dibilas dengan air dingin untuk menjaga kesegaran dan menghilangkan kotoran tanpa merusak tekstur. Air dingin juga membantu memperlambat aktivitas enzimatik.
 - b. Contoh : Peterseli sering dicuci dengan air dingin untuk menjaga kecerahan warna hijau dan menghindari layu.
4. Pencucian dengan Larutan Desinfektan :
- a. Proses : Sayuran herbal direndam dalam larutan desinfektan seperti larutan klorin (50-200 ppm) atau hidrogen peroksida untuk membunuh mikroorganisme patogen. Setelah perendaman, sayuran harus dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan residu kimia.
 - b. Contoh : Daun mint dicuci dengan larutan klorin untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroba.
5. Sanitasi dengan Ozon (O_3) :
- a. Proses: Penggunaan air yang diperkaya ozon untuk mencuci sayuran herbal. Ozon efektif dalam membunuh bakteri dan virus tanpa meninggalkan residu kimia.
 - b. Contoh : Daun ketumbar dapat disanitasi menggunakan air ozon, yang membantu membunuh patogen tanpa merusak daun.
6. Sanitasi dengan Ultraviolet (UV) :
- a. Proses : Sayuran herbal disinari dengan cahaya ultraviolet untuk menghancurkan mikroorganisme pada permukaan produk. UV efektif tanpa penggunaan bahan kimia.

- b. Contoh : Penerapan sinar UV pada daun rosemary untuk membunuh mikroba permukaan.

Contoh penerapan metode pencucian dan sanitasi pada sayuran herbal, diantaranya adalah :

1. Kemangi (*Ocimum basilicum*):
 - a. Pencucian: Kemangi sering dicuci dengan air bersih atau air dingin untuk menghilangkan kotoran dan memastikan daun tetap segar.
 - b. Sanitasi: Setelah dicuci, kemangi dapat direndam dalam larutan klorin ringan (sekitar 50-100 ppm) untuk menghilangkan patogen, diikuti dengan pembilasan dengan air bersih.
2. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*):
 - a. Pencucian: *Rosemary* dapat dicuci dengan air bertekanan untuk menghilangkan tanah dan kotoran dari daun dan batang yang kecil.
 - b. Sanitasi: Sinar UV dapat digunakan untuk mensterilkan permukaan daun rosemary tanpa merusak struktur daun.

Dalam penerapan proses pencucian dan sanitasi maka pemilihan metode sanitasi harus tepat agar efektif dalam membunuh patogen tanpa merusak kualitas sayuran herbal. Beberapa metode sanitasi, seperti penggunaan klorin, memerlukan pembilasan yang baik untuk memastikan tidak ada residu bahan kimia yang tertinggal. Penerapan metode sanitasi seperti ozon dan UV memerlukan investasi dalam teknologi dan pelatihan yang tepat.

6.4 Pengecilan ukuran

Pengecilan ukuran adalah tindakan mengubah ukuran fisik sayuran melalui teknik seperti pemotongan, pencincangan, atau penggilingan untuk mencapai ukuran atau bentuk tertentu yang sesuai untuk tujuan pengolahan, penyimpanan, atau konsumsi. Proses ini penting dalam pembuatan produk pangan dan pengolahan sayuran untuk memastikan keseragaman dan efisiensi. Pengecilan ukuran ditujukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan pengolahan lebih

lanjut, meningkatkan konsistensi produk, mempermudah pengolahan dan penyimpanan, meningkatkan penyerapan rasa dan nutrisi, serta meningkatkan kemudahan konsumsi.

Beberapa metode dalam pengecilan ukuran, yaitu :

1. **Pemotongan (Cutting).** Metode ini menggunakan pisau atau alat pemotong untuk memotong sayuran menjadi potongan-potongan kecil. Ini dapat dilakukan dengan berbagai ukuran dan bentuk potongan, seperti dadu, irisan, atau julienne.
2. **Pencincangan (Chopping).** Metode ini menggunakan alat pencincang atau blender untuk mencincang sayuran menjadi potongan kecil atau serutan. Metode ini cocok untuk sayuran yang akan digunakan dalam saus, pure, atau campuran.
3. **Penggilingan (Grinding).** Teknik ini menggunakan mesin untuk menggiling sayuran menjadi pasta atau bubuk. Ini sering digunakan untuk sayuran yang akan diubah menjadi produk olahan seperti tepung sayuran atau bumbu dengan tekstur halus.
4. **Pengepresan (Pressing).** Metode ini menggunakan mesin press untuk mengekstraksi jus dari sayuran dan meninggalkan ampas yang dapat digunakan dalam bentuk yang lebih kecil.

6.5 Pendinginan Cepat

Proses pendinginan cepat adalah teknik untuk menurunkan suhu sayuran herbal segera setelah panen atau pengolahan, dengan tujuan memperlambat aktivitas enzimatik dan mikroba yang dapat menyebabkan pembusukan dan penurunan kualitas. Dengan cepat menurunkan suhu, kesegaran, warna, tekstur, aroma, dan kandungan nutrisi sayuran herbal dapat dipertahankan lebih lama.

Beberapa metode pendinginan cepat pada sayuran herbal yang sering dilakukan, diantaranya adalah :

1. **Hydrocooling (Pendinginan dengan Air Dingin) :**
 - a. Proses : Sayuran herbal direndam atau disiram dengan air dingin (sekitar 0-4°C). Proses ini efektif untuk sayuran herbal yang sensitif terhadap panas.
 - b. Contoh : Daun ketumbar atau peterseli sering didinginkan dengan hydrocooling setelah panen untuk segera menghilangkan panas lapangan.

2. *Forced-Air Cooling* (Pendinginan dengan Udara Paksa) :
 - a. Proses : Udara dingin ditiupkan ke sayuran herbal yang sudah dikemas atau diletakkan dalam wadah berlubang. Udara dingin dipaksa untuk bergerak melewati produk, sehingga suhu turun dengan cepat.
 - b. Contoh : Daun thyme atau rosemary sering didinginkan dengan forced-air cooling untuk memastikan suhu rendah merata di seluruh produk.
3. *Vacuum Cooling* (Pendinginan dengan Vakum) :
 - a. Proses : Sayuran herbal ditempatkan dalam ruang vakum di mana sebagian air dari produk diuapkan secara cepat, yang menyebabkan penurunan suhu produk. Metode ini sangat efektif dan cepat untuk produk berdaun.
 - b. Contoh : Daun kemangi sering didinginkan dengan vacuum cooling, yang memungkinkan suhu turun secara merata tanpa merusak daun.
4. *Ice Packing* (Pendinginan dengan Es) :
 - a. Proses : Sayuran herbal dikemas bersama es yang dihancurkan atau es gel untuk menjaga suhu rendah selama transportasi atau penyimpanan. Es akan meleleh secara perlahan, menjaga produk tetap dingin.
 - b. Contoh : Batang seledri atau peterseli dapat didinginkan dan disimpan menggunakan ice packing selama transportasi jarak jauh.
5. *Cryogenic Cooling* (Pendinginan dengan Gas Cair) :
 - a. Proses : Sayuran herbal didinginkan menggunakan gas cair seperti nitrogen cair. Proses ini sangat cepat dan efektif dalam menurunkan suhu hingga sangat rendah dalam waktu singkat.
 - b. Contoh : Meski jarang digunakan untuk sayuran herbal karena biayanya, cryogenic cooling bisa diterapkan pada produk yang sangat sensitif terhadap panas atau membutuhkan suhu sangat rendah untuk penyimpanan jangka panjang.

Produk sayuran herbal yang didinginkan dengan baik akan lebih stabil selama pengiriman dan penanganan, serta mengurangi

risiko kerusakan. Beberapa metode pendinginan cepat, seperti vacuum cooling atau cryogenic cooling, memerlukan investasi dan biaya operasional yang lebih tinggi. Pendinginan cepat pada sayuran herbal dapat menyebabkan kerusakan fisik seperti pecahnya sel atau pembentukan kristal es jika tidak dilakukan secara tepat.

6.6 Pengemasan Atmosfer Termodifikasi (MAP)

Pengemasan Atmosfer Termodifikasi (MAP) adalah teknologi pengemasan yang mengubah atau memodifikasi komposisi gas di sekitar produk dalam kemasan, dengan tujuan memperpanjang umur simpan, menjaga kesegaran, dan mempertahankan kualitas produk, termasuk sayuran herbal. Dengan memodifikasi kandungan oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan nitrogen (N_2), MAP menghambat proses respirasi, pertumbuhan mikroorganisme, dan oksidasi, yang merupakan faktor utama penyebab kerusakan produk segar.

Beberapa metode pengemasan atmosfer termodifikasi pada sayuran herbal, diantaranya adalah :

1. Pengemasan Pasif :

- Proses : Dalam metode ini, produk ditempatkan dalam kemasan yang memiliki permeabilitas tertentu terhadap gas. Seiring waktu, respirasi alami produk mengubah komposisi atmosfer di dalam kemasan. Tidak ada perubahan atmosfer yang dilakukan secara aktif saat pengemasan.
- Keunggulan : Lebih sederhana dan biaya lebih rendah.
- Keterbatasan : Perubahan atmosfer bisa memakan waktu dan mungkin tidak optimal untuk semua jenis produk.

2. Pengemasan Aktif :

- Proses : Atmosfer di dalam kemasan secara aktif dimodifikasi saat atau setelah pengemasan, dengan menambahkan gas tertentu atau mengurangi gas lainnya, seperti menyedot oksigen (O_2) dan menambahkan nitrogen (N_2) atau karbon dioksida (CO_2) sesuai kebutuhan.
- Keunggulan : Kontrol lebih presisi atas komposisi gas di dalam kemasan, lebih cocok untuk produk yang memerlukan kondisi spesifik.

- c. Keterbatasan : Memerlukan peralatan khusus dan biaya lebih tinggi.
- 3. Pengemasan dengan Penyerapan atau Pengemisian Gas :
 - a. Proses : Menggunakan absorben atau emitter gas di dalam kemasan untuk mengontrol komposisi atmosfer, misalnya, menggunakan sachet penyerapan oksigen atau CO_2 untuk menjaga kadar gas tetap stabil.
 - b. Keunggulan : Lebih fleksibel dan dapat digunakan dalam kombinasi dengan metode lainnya.
 - c. Keterbatasan : Perlu penanganan khusus dan sering kali lebih mahal.

Penerapan pengemasan atmosfer termodifikasi pada sayuran herbal, diantaranya adalah :

- 1. Kemangi (*Ocimum basilicum*) :
MAP Aktif : Kemangi sering dikemas dengan mengurangi kadar O_2 menjadi sekitar 3-5% dan menambahkan CO_2 hingga 5-10%, serta menjaga nitrogen (N_2) pada kadar tinggi untuk mengisi ruang sisa. Ini membantu menghambat respirasi dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan daun.
- 2. Peterseli (*Petroselinum crispum*) :
MAP Pasif : Peterseli dapat dikemas dalam film plastik permeabel yang memungkinkan pertukaran gas secara alami, di mana atmosfer di dalam kemasan secara bertahap akan berubah sesuai dengan respirasi peterseli. Ini membantu mempertahankan warna hijau dan mencegah layu.
- 3. Daun Ketumbar (*Coriandrum sativum*) :
MAP Aktif dengan Penyerapan Oksigen : Ketumbar sering dikemas dengan kadar O_2 rendah (sekitar 2-3%) dan ditambahkan CO_2 sekitar 5-7%. Penyerapan oksigen menggunakan sachet di dalam kemasan juga umum digunakan untuk menjaga kadar O_2 tetap rendah.

Meskipun dapat memperlambat proses fisiologis seperti respirasi dan penuaan, sehingga sayuran herbal tetap segar lebih lama; membantu menjaga tekstur, warna, aroma, dan kandungan nutrisi sayuran herbal, sehingga produk tetap berkualitas tinggi

selama penyimpanan dan distribusi; dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, sehingga meningkatkan keamanan pangan; namun pengemasan memerlukan investasi dalam peralatan dan bahan kemasan khusus, sehingga dapat meningkatkan biaya produksi. Proses pengemasan dan pengendalian atmosfer memerlukan pengetahuan dan peralatan khusus, serta pemantauan yang cermat untuk menjaga efektivitas. Sayuran herbal dalam MAP juga sering kali tetap memerlukan penyimpanan pada suhu rendah untuk menjaga kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- De Lange, M.J.W., Bracke, K.A.H., dan Scholten, A.J.E.W. 2014. Minimal Processing Technologies for Fresh Fruits and Vegetables. CRC Press.
- Grigorieva, K.A. dan De Lange, E.M. 2018. Advances in Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables. Wiley-Blackwell
- Indartiyah, N, dkk. 2011. Pedoman teknologi penanganan pascapanen tanaman obat. Direktorat Budidaya Pascapanen Sayuran dan Tanaman Obat Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Ohlsson, T dan N Bengtsson, N. 2002. Minimal Processing Technologies in the Food Industries. Woodhead Publishing Limited.
- Speck, M.L. 2019. Food Processing for Increased Quality and Safety of Fresh Fruits and Vegetables. Elsevier.
- Widodo, H dan Subositi, D. 2021. Penanganan dan penerapan teknologi pascapanen tanaman obat. Agrointek, 15(1) : 253-271.



BAB 7

FAKTOR PROSES PENGOLAHAN DENGAN PEMANASAN

I Ketut Budaraga

7.1 Pendahuluan

Pemanasan bertujuan meningkatkan cita rasa, mempermudah pencernaan, memperbaiki tekstur, mematikan bakteri pembusuk dan meningkatkan penampilan. Peralatan, suhu, waktu dan cara pemanasan bahan pangan yang digunakan akan memberikan pengaruh yang berbeda pada produk makanan yang dihasilkan, baik pada sifat fisiknya maupun kandungan gizinya.

Proses pengolahan dengan pemanasan melibatkan sejumlah faktor yang penting untuk dipertimbangkan agar hasilnya optimal. Berikut adalah beberapa faktor kunci yang mempengaruhi proses pengolahan dengan pemanasan:

Suhu dan waktu pemanasan adalah faktor kunci dalam menentukan hasil akhir dari proses pengolahan dengan pemanasan. Suhu yang tepat dan waktu pemanasan yang optimal diperlukan agar bahan makanan matang secara merata tanpa terlalu terpanggang atau terlalu mentah.

Ada berbagai metode pemanasan yang dapat digunakan, termasuk pemanggangan, merebus, mengukus, dan microwave. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing, dan pilihan metode tergantung pada jenis bahan makanan, cita rasa yang diinginkan, dan preferensi koki.

Proses pemanasan dapat memicu berbagai perubahan kimia dan fisika dalam bahan makanan. Misalnya, reaksi Maillard terjadi saat pemanasan pada suhu tinggi, yang menghasilkan aroma dan rasa yang khas. Memahami perubahan ini dapat membantu dalam merencanakan teknik pengolahan yang tepat.

7.2 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Air dan Uap Air

Cara pemanasan bahan pangan dengan menggunakan air di bedakan menjadi perebusan dan pemblasingan. Proses perebusan dilakukan dengan memanaskan bahan dalam cairan (seperti air, santan, susu atau kaldu) hingga mendidih dan matang. Adapun pemblasingan dilakukan dengan pencelupan (biasanya sayur dan buah) dalam air mendidih secara tepat (kurang lebih hanya 13-25 menit) atau dikukus tetapi tidak sampai matang. Pemblasingan ini bertujuan untuk mempertahankan warna, menghilangkan bau langus, melunakkan bahan, atau membunuh sebagian bakteri dalam bahan dan biasanya dilakukan sebelum proses pengolahan utama.

Proses pemanasan bahan pangan ini adalah salah satu teknik paling umum dalam dunia kuliner. Teknik ini melibatkan penggunaan air sebagai medium pemanas, yang memungkinkan transfer panas secara efisien ke bahan pangan. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi proses pemanasan dengan menggunakan air, manfaatnya, serta bagaimana teknik ini memberikan kontribusi pada pengolahan makanan yang lezat dan bergizi.

Pemanasan bahan pangan dengan menggunakan air melibatkan imersi bahan pangan ke dalam air panas atau menambahkan air ke dalam wadah yang berisi bahan pangan. Ketika air dipanaskan, energi panasnya diserap oleh bahan pangan, meningkatkan suhu dan memicu proses pemanasan. Dengan demikian, air berperan sebagai medium pemanas yang efisien, memastikan bahwa panas terdistribusi secara merata ke seluruh permukaan bahan pangan.

Proses pemanasan dengan menggunakan air memiliki beberapa keuntungan yang signifikan. Pertama, air memiliki kapasitas panas yang tinggi, sehingga dapat menyimpan dan mentransfer panas dengan efisien. Ini memastikan bahwa bahan pangan matang secara merata tanpa risiko terbakar. Selain itu, penggunaan air dalam pemanasan juga dapat mempertahankan kelembaban dalam bahan pangan, mencegahnya menjadi kering dan memastikan tekstur yang lembut dan enak.

Proses pemanasan dengan menggunakan air digunakan dalam berbagai teknik memasak, termasuk merebus, mengukus, dan blanching. Merebus adalah teknik memasak yang melibatkan perebusan bahan pangan dalam air mendidih, sementara mengukus menggunakan uap air panas untuk memanaskan makanan. Blanching, di sisi lain, melibatkan perebusan singkat bahan pangan di air mendidih dan kemudian memindahkannya ke air dingin untuk menghentikan proses memasak. Setiap teknik memiliki aplikasi yang unik tergantung pada jenis bahan pangan dan hasil akhir yang diinginkan.

Salah satu keunggulan pemanasan dengan menggunakan air adalah kemampuannya untuk mempertahankan nutrisi dan warna dalam bahan pangan. Karena air tidak mencapai suhu yang sangat tinggi seperti minyak atau udara panas, risiko degradasi nutrisi dan pigmen dalam makanan menjadi lebih rendah. Hal ini menjadikan teknik ini sangat berguna dalam memasak sayuran, yang membutuhkan penanganan yang lembut untuk mempertahankan kualitas nutrisinya.

Pemanasan bahan pangan dengan menggunakan air adalah salah satu teknik yang paling umum dan penting dalam dunia kuliner. Dengan kapasitas panas yang tinggi dan kemampuannya untuk mempertahankan kelembaban, air memainkan peran krusial dalam memastikan bahwa makanan matang dengan sempurna dan memiliki tekstur serta rasa yang optimal.

Kemudian, pada proses pengolahan bahan pangan dengan pemanasan menggunakan uap air disebut mengukus. Pengukusan dapat mencegah gosong karena suhunya tidak terlalu tinggi. Bahan yang dikukus akan menyerap air dari uap air, walaupun banyaknya air yang terserap tidak sebanyak perebusan.

Pemanasan bahan makanan menggunakan uap air adalah salah satu teknik memasak yang umum digunakan di dapur rumah tangga dan industri kuliner. Teknik ini melibatkan penggunaan uap air panas sebagai medium pemanas, yang efektif dalam mentransfer panas ke bahan makanan tanpa mengeringkannya. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi proses pemanasan menggunakan uap air, manfaatnya, serta bagaimana teknik ini memberikan kontribusi pada pengolahan makanan yang lezat dan bergizi.

Pemanasan menggunakan uap air melibatkan pemanasan air hingga mencapai titik didih, di mana air berubah menjadi uap. Uap air panas ini kemudian digunakan untuk memanaskan bahan makanan. Ketika bahan makanan terpapar oleh uap panas, panasnya diserap oleh permukaan bahan makanan, memicu proses pemanasan. Kelembaban yang dihasilkan oleh uap juga membantu menjaga kelembaban bahan makanan, mencegahnya menjadi kering dan memastikan hasil akhir yang lembut dan enak.

Pemanasan menggunakan uap air memiliki sejumlah keuntungan yang signifikan. Pertama, uap air memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mentransfer panas dengan efisien. Ini memastikan bahwa bahan makanan matang secara merata tanpa risiko terbakar atau mengering. Selain itu, pemanasan dengan uap air juga memungkinkan nutrisi dalam bahan makanan untuk dipertahankan dengan lebih baik daripada teknik pemanasan lainnya, karena prosesnya yang lembut dan tidak menguras kelembaban.

Pemanasan menggunakan uap air digunakan dalam berbagai teknik memasak, termasuk mengukus, merebus, dan blanching. Teknik mengukus melibatkan menempatkan bahan makanan di atas air mendidih atau dalam alat khusus yang menghasilkan uap panas untuk memanaskan makanan. Merebus melibatkan perebusan bahan makanan di dalam air mendidih, sementara blanching melibatkan perebusan singkat di air mendidih dan kemudian memindahkannya ke air dingin untuk menghentikan proses memasak. Setiap teknik memiliki aplikasi yang unik tergantung pada jenis bahan makanan dan hasil akhir yang diinginkan.

Salah satu keunggulan pemanasan menggunakan uap air adalah kemampuannya untuk mempertahankan kualitas dan rasa asli bahan makanan. Karena uap air panas memiliki suhu yang lebih rendah daripada minyak atau udara panas, risiko degradasi nutrisi dan rasa dalam makanan menjadi lebih rendah. Ini menjadikan teknik ini sangat berguna dalam memasak sayuran, yang membutuhkan penanganan yang lembut untuk mempertahankan kualitas nutrisinya.

1. **Blanching**

Blanching adalah salah satu teknik pengolahan makanan yang penting dalam dunia kuliner. Teknik ini melibatkan memasak singkat bahan makanan dalam air mendidih, diikuti dengan

penyejukkan cepat menggunakan air dingin atau es. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi apa itu blanching, manfaatnya, cara pelaksanaannya, serta berbagai aplikasi dalam dunia masakan.

Blanching adalah proses memasak singkat bahan makanan dalam air mendidih, biasanya diikuti dengan pendinginan cepat dalam air dingin atau es. Tujuan utamanya adalah untuk mencegah enzim dalam bahan makanan untuk terus beraktivitas setelah panen, mempertahankan warna alami, tekstur, dan nutrisi, serta untuk membersihkan bahan makanan dari kotoran atau mikroba yang ada.

Blanching membantu mempertahankan warna alami bahan makanan, khususnya sayuran, dengan menghentikan aktivitas enzim yang dapat menyebabkan perubahan warna. Proses blanching dapat membantu memperpanjang umur simpan bahan makanan dengan menghentikan aktivitas enzim dan mikroba yang dapat menyebabkan pembusukan. Blanching juga dapat memudahkan pemrosesan lanjutan, seperti penggorengan, pemanggangan, atau pembekuan, dengan mempersiapkan bahan makanan secara lebih baik.

Proses blanching biasanya melibatkan langkah-langkah berikut: Didihkan air dalam panci besar hingga mencapai suhu yang cukup tinggi. Bersihkan dan potong bahan makanan sesuai kebutuhan. Masukkan bahan makanan ke dalam air mendidih dan biarkan selama beberapa saat, tergantung pada jenisnya. Sayuran biasanya hanya perlu beberapa detik, sementara produk yang lebih padat mungkin memerlukan waktu lebih lama. Setelah blanching, bahan makanan harus segera direndam dalam air dingin atau es untuk menghentikan proses pemasakan. Ini juga membantu mempertahankan warna dan tekstur bahan makanan.

Blanching adalah teknik pengolahan makanan yang penting dalam dunia kuliner yang membantu mempertahankan warna, tekstur, dan nutrisi bahan makanan. Dengan memahami prinsip dasar, manfaat, dan cara pelaksanaannya, kita dapat mengoptimalkan penggunaannya dalam persiapan hidangan.

2. Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah proses pengolahan makanan yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan kualitas produk pangan. Teknik ini ditemukan oleh ilmuwan Perancis, Louis Pasteur, pada abad ke-19, dan telah menjadi standar industri untuk memastikan produk pangan aman untuk dikonsumsi. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi apa itu pasteurisasi, bagaimana prosesnya dilakukan, manfaatnya, serta peran pentingnya dalam mencegah penularan penyakit melalui makanan.

Pasteurisasi adalah proses perlakuan panas yang digunakan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dalam makanan hingga tingkat yang aman untuk dikonsumsi. Tujuan utamanya adalah untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri, virus, dan parasit yang mungkin ada dalam makanan, tanpa merusak kualitas nutrisi atau rasa produk tersebut.

Proses pasteurisasi melibatkan pemanasan makanan pada suhu yang cukup tinggi, tetapi tidak sampai mencapai titik didih, diikuti dengan pendinginan cepat untuk mencegah kontaminasi silang. Metode pasteurisasi yang umum digunakan termasuk pemanasan dengan menggunakan air panas, uap, atau pemanasan secara langsung, tergantung pada jenis produk pangan yang diproses.

Salah satu manfaat utama pasteurisasi adalah untuk mengurangi risiko penularan penyakit melalui makanan dengan menghilangkan atau mengurangi jumlah mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan keracunan makanan.

Proses pasteurisasi dilakukan pada suhu yang cukup rendah untuk mempertahankan kualitas nutrisi dan rasa makanan, sehingga produk tetap bermanfaat dan lezat untuk dikonsumsi.

Pasteurisasi membantu meningkatkan umur simpan produk pangan dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan atau pembusukan.

Pasteurisasi digunakan dalam berbagai produk pangan, termasuk susu, jus buah, telur cair, dan produk olahan lainnya. Proses ini juga digunakan dalam pembuatan bir, anggur, dan

minuman fermentasi lainnya untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang tidak diinginkan.

Keamanan pangan adalah prioritas utama dalam industri pangan, dan pasteurisasi memainkan peran penting dalam mencapai tujuan ini. Dengan mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dalam makanan, pasteurisasi membantu mencegah keracunan makanan dan melindungi kesehatan konsumen. Pasteurisasi adalah teknik penting dalam pengolahan makanan yang membantu menjaga keamanan, kualitas, dan nutrisi produk pangan.

3. Sterilisasi Panas

Sterilisasi panas adalah proses yang kritis dalam industri makanan dan pengobatan untuk menghancurkan atau menghilangkan mikroorganisme patogen dari bahan atau alat yang digunakan. Teknik ini telah menjadi standar untuk memastikan keamanan dan kesehatan masyarakat dengan mencegah penularan penyakit melalui makanan atau prosedur medis. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep sterilisasi panas, metode pelaksanaannya, manfaatnya, serta pentingnya dalam menjaga keamanan pangan.

Sterilisasi panas adalah proses yang melibatkan pemanasan bahan atau alat pada suhu tinggi untuk waktu yang cukup lama untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen yang mungkin ada. Tujuannya adalah untuk menciptakan lingkungan steril yang bebas dari mikroba yang dapat menyebabkan penyakit.

Beberapa metode umum yang digunakan untuk sterilisasi panas meliputi: Autoklaf: Alat yang digunakan dalam laboratorium dan industri medis untuk sterilisasi berbagai jenis bahan dan alat dengan menghasilkan uap panas di bawah tekanan tinggi. Pemanasan dengan Air Panas: Bahan atau alat direndam dalam air panas pada suhu tinggi selama periode waktu tertentu untuk memastikan sterilisasi. Pemanasan dengan Uap: Metode ini mirip dengan pemanasan dengan air panas, tetapi menggunakan uap air untuk menciptakan lingkungan panas yang lebih merata dan efisien.

Sterilisasi panas membantu mencegah penularan penyakit melalui makanan dengan menghancurkan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan keracunan makanan.

Dalam bidang kedokteran, sterilisasi panas digunakan untuk membersihkan dan mengsterilkan alat-alat medis seperti jarum, pisau bedah, dan instrumen lainnya untuk mencegah infeksi dan penularan penyakit.

Proses sterilisasi panas dapat memperpanjang umur simpan produk makanan dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan atau kerusakan.

Sterilisasi panas digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengalengan, pengawetan makanan, pembuatan susu, dan produk pangan lainnya untuk menghasilkan produk yang aman dan tahan lama.

4. Evaporasi

Evaporasi adalah proses penting dalam pengolahan makanan yang melibatkan penghilangan sebagian atau seluruh air dari bahan makanan untuk menghasilkan produk akhir yang lebih konsentrasi. Teknik ini telah digunakan selama berabad-abad dalam berbagai budaya kuliner di seluruh dunia. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep evaporasi, metode pelaksanaannya, aplikasi dalam industri makanan, serta manfaatnya bagi produksi makanan yang lebih tahan lama.

Evaporasi adalah proses alami di mana air atau zat cair lainnya mengubah fase menjadi gas atau uap, meninggalkan zat padat atau larutan yang lebih konsentrasi. Dalam konteks pengolahan makanan, evaporasi sering digunakan untuk menghilangkan air dari bahan makanan untuk meningkatkan daya simpan dan konsentrasi nutrisinya.

Beberapa metode umum yang digunakan untuk evaporasi dalam pengolahan makanan meliputi: Pemanasan: Pemanasan bahan makanan pada suhu tertentu untuk mempercepat proses penguapan air. Pengeringan: Penggunaan perangkat khusus seperti pengering udara panas atau pengering vakum untuk menghilangkan air dari bahan makanan. Pengolahan Vakum:

Penggunaan tekanan vakum untuk mengurangi titik didih air, mempercepat penguapan, dan menghindari kerusakan termal pada bahan makanan.

Evaporasi memiliki berbagai aplikasi dalam industri makanan. Pengolahan Susu: Dalam produksi susu kental, evaporasi digunakan untuk menghilangkan sebagian air dari susu segar untuk meningkatkan konsentrasi. Pengolahan Buah: Dalam pembuatan jus, saus, dan sirup buah, evaporasi digunakan untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan konsentrasi rasa buah. Pembuatan Gula: Evaporasi juga digunakan dalam pembuatan gula dari tebu atau bit gula untuk mengkristalkan sukrosa dari larutan gula tebu.

Dengan menghilangkan sebagian air, evaporasi membantu meningkatkan umur simpan produk makanan dengan mengurangi kemungkinan pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan. Proses ini juga dapat meningkatkan konsentrasi nutrisi dalam produk makanan dengan menghilangkan air yang mengencerkan nutrisi. Evaporasi dapat meningkatkan kualitas produk dengan meningkatkan konsentrasi rasa dan tekstur, serta memperpanjang masa simpannya.

Evaporasi adalah teknik penting dalam pengolahan makanan yang membantu meningkatkan konsentrasi nutrisi, meningkatkan daya simpan, dan meningkatkan kualitas produk. Dengan memahami konsep evaporasi dan metode pelaksanaannya, industri makanan dapat menghasilkan produk yang lebih tahan lama, konsentrat, dan berkualitas tinggi bagi konsumen.

7.3 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Minyak Goreng

Proses penggorengan dilakukan dengan memanaskan bahan makanan dalam minyak pada titik didihnya. Bahan yang digoreng akan mengalami pemanasan pada permukaan bahan terlebih dahulu dan lama-kelamaan akan menuju ke bagian tengah atau pusat bahan yang di goreng. Akibatnya air dalam bahan akan menguap dan minyak goreng akan masuk kedalam bahan sehingga makanan yang telah digoreng akan lebih kering. Hal inilah yang dapat mengubah sifat dari

bahan yang digoreng dari adonan basah/cair menjadi renyah atau padat. Warna bahan yang digoreng juga berubah menjadi lebih kecoklatan.

Proses pemanasan bahan pangan dengan menggunakan minyak goreng adalah teknik yang luas digunakan di berbagai budaya kuliner di seluruh dunia. Teknik ini melibatkan pencelupan atau pengepakan bahan makanan dalam minyak panas, yang kemudian mentransfer panas ke bahan makanan untuk memasaknya. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi proses pemanasan menggunakan minyak goreng, manfaatnya, serta potensi risiko dan pertimbangan kesehatannya.

Pemanasan menggunakan minyak goreng melibatkan pemanasan minyak hingga mencapai suhu yang cukup tinggi untuk memasak bahan makanan. Ketika bahan makanan ditambahkan ke minyak panas, panas dari minyak ditransfer ke bahan makanan, memicu proses memasak. Karena minyak memiliki suhu yang lebih tinggi daripada air, proses pemasakan ini biasanya lebih cepat dan menghasilkan hasil akhir yang renyah dan berwarna keemasan.

Pemanasan menggunakan minyak goreng memiliki beberapa keuntungan yang signifikan. Pertama, minyak goreng memiliki kemampuan untuk mencapai suhu yang lebih tinggi daripada air, sehingga memungkinkan proses pemasakan yang lebih cepat. Hal ini membuat makanan matang dengan cepat dan menghasilkan hasil akhir yang renyah dan garing. Selain itu, minyak juga dapat menambahkan rasa dan aroma yang khas pada makanan, membuatnya lebih menggugah selera.

Pemanasan menggunakan minyak goreng digunakan dalam berbagai teknik memasak, termasuk menggoreng, menggoreng dalam kedalaman (*deep frying*), dan menumis. Teknik menggoreng melibatkan pencelupan bahan makanan dalam minyak panas dangkal, sementara deep frying melibatkan pencelupan bahan makanan dalam minyak panas yang lebih dalam. Menumis, di sisi lain, melibatkan memasak bahan makanan dalam jumlah minyak yang lebih sedikit di atas api panas, dengan mengaduk secara terus menerus.

Meskipun memiliki banyak keuntungan, pemanasan menggunakan minyak goreng juga memiliki risiko dan pertimbangan kesehatan yang perlu dipertimbangkan. Minyak goreng yang

dipanaskan berulang kali dapat menghasilkan senyawa-senyawa berbahaya yang dikenal sebagai aldehida, yang dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan kanker. Selain itu, makanan yang digoreng dapat mengandung lemak jenuh dan trans yang tinggi, yang dapat meningkatkan risiko penyakit jantung dan obesitas jika dikonsumsi secara berlebihan.

Pemanasan bahan makanan menggunakan minyak goreng adalah teknik yang umum dan efektif dalam dunia kuliner. Dengan kemampuannya untuk memasak makanan dengan cepat dan menghasilkan hasil akhir yang renyah dan garing, minyak goreng telah menjadi bagian tak terpisahkan dari berbagai hidangan di seluruh dunia. Namun, penting untuk memperhatikan risiko dan pertimbangan kesehatan yang terkait dengan penggunaan minyak goreng.

7.4 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Pemanggangan

Proses pemanggangan atau pembakaran adalah proses pemanasana bahan pangan langsung diatas api atau bara api. Bahan pangan yang di bakar/dipanggang akan menimbulkan aroma yang khas dari lemak yang keluar dari bahan atau bumbu-bumbu yang dioleskan.

Pemanggangan adalah salah satu teknik memasak yang paling umum dan serbaguna di dunia kuliner. Teknik ini melibatkan memanaskan bahan makanan di dalam oven atau perangkat pemanggang, yang kemudian menghasilkan panas melalui udara yang dipanaskan. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi proses pemanggangan, manfaatnya, serta bagaimana teknik ini memberikan kontribusi pada pembuatan hidangan yang lezat dan memuaskan.

Pemanggangan melibatkan transfer panas ke bahan makanan melalui udara panas di dalam oven atau perangkat pemanggang. Suhu oven biasanya diatur sesuai dengan jenis bahan makanan dan metode memasak yang diinginkan. Ketika bahan makanan dipanaskan, panas dari udara panas mengenai permukaannya, memicu proses pemasakan. Proses ini seringkali menghasilkan hasil akhir yang kering dan berwarna keemasan yang khas.

Pemanggangan memiliki sejumlah keuntungan yang signifikan. Pertama, prosesnya sering memberikan hasil akhir yang renyah dan karamelisasi pada makanan, menciptakan lapisan luar yang garing dan rasa yang kaya. Selain itu, pemanggangan memungkinkan pemanasan yang merata di seluruh permukaan bahan makanan, menghasilkan makanan yang matang secara seragam dari luar ke dalam. Ini penting untuk mendapatkan konsistensi dan kualitas dalam hidangan.

Pemanggangan digunakan dalam berbagai teknik memasak, termasuk memanggang, memanggang dalam minyak (roasting), dan memanggang dengan saus (baking). Memanggang melibatkan memasak makanan di atas rak di dalam oven, sementara memanggang dalam minyak melibatkan mencelupkan makanan ke dalam minyak dan memanggangnya di dalam oven. Memanggang dengan saus melibatkan memanggang makanan di dalam oven dengan tambahan saus atau cairan.

Pemanggangan juga memungkinkan ruang bagi kreativitas dalam memasak. Dengan menggunakan berbagai bumbu, rempah-rempah, dan bahan tambahan, kita dapat mengubah rasa dan tekstur bahan makanan yang dipanggang. Misalnya, dengan menambahkan lapisan rempah dan bumbu tertentu, kita dapat menciptakan hidangan panggang yang kaya akan rasa dan aroma.

1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah teknik penting dalam industri makanan yang melibatkan penghilangan sebagian atau seluruh air dari bahan makanan untuk meningkatkan umur simpan, mempertahankan nutrisi, dan menciptakan produk akhir yang lebih ringan dan mudah disimpan. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep dehidrasi, metode pelaksanaannya, berbagai aplikasi dalam pengolahan makanan, serta manfaatnya dalam menghasilkan produk makanan yang tahan lama dan bergizi.

Dehidrasi adalah proses di mana sebagian atau seluruh air dari bahan makanan dihilangkan, baik dengan cara alami (seperti sinar matahari) atau dengan menggunakan peralatan khusus seperti pengering udara panas atau pengering vakum. Tujuannya adalah untuk mengurangi kandungan air bahan makanan untuk meningkatkan daya simpan dan konsentrasi nutrisi.

Beberapa metode umum yang digunakan untuk dehidrasi dalam pengolahan makanan meliputi: Pengeringan dengan Sinar Matahari, metode alami di mana bahan makanan ditempatkan di bawah sinar matahari selama periode waktu tertentu untuk menghilangkan air. Pengeringan dengan Udara Panas, penggunaan udara panas dari oven atau pengering udara panas untuk menguapkan air dari bahan makanan. Pengeringan dengan Vakum, penggunaan tekanan vakum untuk mengurangi titik didih air, mempercepat penguapan, dan menghilangkan air dari bahan makanan.

Dehidrasi memiliki berbagai aplikasi dalam industri makanan. Pengolahan Buah dan Sayuran Kering: Buah dan sayuran kering adalah produk yang populer dan praktis yang dihasilkan melalui proses dehidrasi. Pembuatan Kerupuk dan Kripik: Kerupuk dan kripik adalah contoh produk yang dihasilkan melalui proses dehidrasi dengan mengekstrusi atau menggoreng bahan makanan yang telah dikeringkan. Pembuatan Bumbu dan Konsentrat: Dehidrasi juga digunakan dalam pembuatan bumbu dan konsentrat untuk meningkatkan daya tahan dan konsentrasi rasa.

Dengan mengurangi kandungan air, dehidrasi membantu meningkatkan umur simpan produk makanan dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan.

Proses dehidrasi dapat mempertahankan sebagian besar nutrisi dalam bahan makanan karena pemanasan singkat dan penghilangan air tanpa merusak zat gizi.

Produk makanan yang telah dikeringkan biasanya lebih ringan dan tahan lama, membuatnya lebih mudah disimpan, dikirim, dan didistribusikan.

Dehidrasi adalah teknik penting dalam pengolahan makanan yang membantu meningkatkan umur simpan, mempertahankan nutrisi, dan menciptakan produk makanan yang praktis dan ringan. Dengan memahami konsep dasar, metode pelaksanaannya, dan berbagai aplikasinya, industri makanan dapat terus mengembangkan produk makanan yang inovatif,

bergizi, dan tahan lama untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang terus berkembang.

2. Baking dan Roasting

Pemanasan dengan metode baking dan roasting adalah teknik penting dalam pengolahan makanan yang telah digunakan selama berabad-abad di berbagai budaya kuliner di seluruh dunia. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep pemanasan dengan metode baking dan roasting, perbedaan antara keduanya, cara pelaksanaannya, serta berbagai aplikasi dalam pengolahan bahan makanan.

Baking adalah proses memasak makanan di dalam oven atau perangkat yang dipanaskan secara merata. Biasanya digunakan untuk memasak kue, roti, kue kering, dan produk tepung lainnya.

Sedangkan Roasting adalah proses memasak makanan dengan panas kering di atas atau di bawah api terbuka. Ini sering digunakan untuk memasak daging, unggas, ikan, dan sayuran dengan memberikan lapisan luar yang renyah dan karamelisasi yang khas.

Meskipun keduanya melibatkan pemanasan dengan suhu tinggi, ada beberapa perbedaan penting antara baking dan roasting: Sumber Panas: Baking menggunakan oven atau perangkat pemanas seragam, sementara roasting menggunakan panas kering dari api terbuka di atas atau di bawah makanan. Tekstur dan Warna: Baking cenderung menghasilkan makanan yang lembut di dalam dengan lapisan luar yang renyah, sementara roasting cenderung menghasilkan makanan dengan lapisan luar yang lebih karamelisasi dan renyah. Aplikasi Makanan: Baking biasanya digunakan untuk memasak produk tepung seperti roti dan kue, sementara roasting lebih sering digunakan untuk memasak daging, unggas, dan sayuran.

Pada pelaksanaan Baking, bahan makanan ditempatkan di dalam loyang atau cetakan dan dimasukkan ke dalam oven yang telah dipanaskan terlebih dahulu pada suhu yang diinginkan. Makanan kemudian dipanggang hingga matang. Baking digunakan dalam pembuatan berbagai produk tepung seperti roti, kue, kue kering, pai, dan kue lainnya.

Pada pelaksanaan Roasting, bahan makanan diberi lapisan dengan minyak atau bumbu, kemudian ditempatkan di atas rak atau loyang dan dimasukkan ke dalam oven atau diletakkan di atas api terbuka. Makanan dipanggang hingga matang dengan sesekali diputar atau dibalik untuk memastikan pemanggangan merata. Roasting sering digunakan dalam memasak daging, unggas, ikan, sayuran, dan kacang-kacangan untuk menciptakan rasa yang kaya dan lapisan luar yang renyah.

Baking dan roasting adalah dua teknik pemanasan yang penting dalam pengolahan makanan yang memiliki perbedaan dalam sumber panas, tekstur hasil akhir, dan aplikasi makanan.

7.5 Proses Pemanasan Bahan Pangan dengan Menggunakan Energi Radiasi

Pemanasan bahan makanan dengan menggunakan energi radiasi merupakan salah satu teknik yang penting dalam dunia kuliner modern. Teknik ini mengandalkan transfer panas melalui gelombang elektromagnetik, yang mencakup spektrum mulai dari sinar inframerah hingga mikro. Dalam esai ini, kita akan mengeksplorasi bagaimana energi radiasi digunakan dalam memasak, dampaknya pada kualitas makanan, serta peran pentingnya dalam memenuhi kebutuhan makanan di era modern.

Pemanasan dengan energi radiasi melibatkan transfer panas melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Ketika energi radiasi diserap oleh bahan makanan, molekul-molekul di dalamnya mulai bergerak lebih cepat, meningkatkan suhu dan memicu proses pemanasan. Ini memungkinkan makanan untuk matang secara merata dari luar ke dalam, menciptakan hasil yang konsisten dan sempurna.

Ada beberapa jenis energi radiasi yang digunakan dalam memanaskan makanan, termasuk sinar inframerah, microwave, dan radiasi panas lainnya. Setiap jenis memiliki karakteristik yang unik dan digunakan dalam aplikasi kuliner tertentu. Misalnya, microwave umumnya digunakan untuk memanaskan makanan dengan cepat dan efisien, sementara sinar inframerah sering digunakan dalam proses pemanggangan dan pemanggangan.

Salah satu keuntungan utama pemanasan dengan energi radiasi adalah kecepatan dan efisiensinya. Teknik ini memungkinkan makanan untuk dipanaskan dengan cepat, menghemat waktu dan energi. Selain itu, penggunaan energi radiasi juga dapat menghasilkan hasil yang konsisten dan terkontrol dengan baik, memastikan bahwa makanan matang secara merata dan tidak terlalu terpanggang.

Pemanasan dengan energi radiasi dapat memiliki dampak yang signifikan pada kualitas makanan. Misalnya, microwave sering dikritik karena dapat menyebabkan degradasi tekstur dan rasa tertentu dalam makanan. Namun, dengan pengaturan yang tepat, microwave juga dapat mempertahankan nutrisi dalam makanan lebih baik daripada teknik pemanasan lainnya. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana energi radiasi mempengaruhi kualitas makanan dan mengatur penggunaannya secara bijaksana.

Pemanasan dengan energi radiasi memiliki peran yang semakin penting dalam memenuhi kebutuhan makanan di era modern. Dengan teknologi yang terus berkembang, kita dapat memanfaatkan energi radiasi untuk memproduksi makanan dalam skala besar dengan efisiensi yang tinggi, serta untuk mengembangkan teknik memasak yang inovatif dan memenuhi kebutuhan diet yang beragam.

Pemanasan bahan makanan dengan energi radiasi adalah teknik yang penting dalam dunia kuliner modern. Meskipun memiliki keuntungan yang jelas dalam hal kecepatan dan efisiensi, penting untuk memahami dampaknya pada kualitas makanan.

1. Microwave

Pemanasan dengan microwave adalah teknik yang lazim digunakan dalam pengolahan makanan modern. Meskipun relatif baru, microwave telah merevolusi cara kita mempersiapkan makanan dengan memberikan pemanasan yang cepat dan efisien. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep pemanasan dengan microwave, cara kerjanya, manfaatnya, serta aplikasi dalam pengolahan bahan makanan.

Pemanasan microwave melibatkan penggunaan gelombang mikro yang cepat untuk menghasilkan panas dalam makanan. Gelombang mikro ini menembus bahan makanan dan menyebabkan molekul air dan lemak di dalamnya bergerak cepat, menghasilkan panas yang merata dan efisien.

Microwave menghasilkan gelombang mikro dengan frekuensi tinggi yang menembus bahan makanan dan menyebabkan molekul air di dalamnya bergetar. Getaran molekul air menghasilkan panas dengan cepat dan merata di seluruh makanan, mempersiapkan makanan dalam waktu yang lebih singkat daripada metode konvensional.

Pemanasan dengan microwave jauh lebih cepat daripada metode konvensional, memungkinkan kita untuk mempersiapkan makanan dalam waktu yang lebih singkat. Microwave menggunakan energi secara efisien karena panas dihasilkan secara langsung dalam makanan, tidak memerlukan waktu pemanasan yang lama untuk peralatan. Karena pemanasan cepat, microwave dapat membantu mempertahankan nutrisi dalam makanan dengan mempersingkat waktu pemanasan, yang dapat mengurangi kerusakan nutrisi.

Microwave sering digunakan untuk memanaskan makanan siap saji atau makanan beku secara cepat dan mudah. Microwave juga digunakan untuk memasak makanan ringan seperti popcorn, kentang panggang, atau makanan cepat saji. Beberapa microwave dilengkapi dengan fitur pemanggangan yang memungkinkan kita untuk memanggang makanan seperti ayam, ikan, atau sayuran dengan cepat.

Pemanasan dengan microwave telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern, memberikan kita kemampuan untuk mempersiapkan makanan dengan cepat, mudah, dan efisien.

2. Radiasi Infra Merah

Pemanasan dengan radiasi inframerah merupakan salah satu metode yang penting dalam industri makanan untuk mempersiapkan dan memasak berbagai jenis bahan makanan. Teknik ini menggunakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu untuk membangkitkan panas di dalam bahan makanan. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi konsep pemanasan dengan radiasi inframerah, cara kerjanya, aplikasi dalam pengolahan makanan, serta manfaatnya bagi produksi makanan yang efisien dan berkualitas.

Radiasi inframerah adalah jenis radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang di antara cahaya tampak dan gelombang radio dalam spektrum elektromagnetik. Pemanasan dengan radiasi inframerah melibatkan penggunaan sumber panas inframerah untuk memanaskan bahan makanan dengan cara menyerap energi panas yang dihasilkan oleh radiasi tersebut.

Sumber panas inframerah, seperti lampu inframerah atau elemen pemanas inframerah, menghasilkan energi panas dalam bentuk radiasi inframerah. Bahan makanan menyerap energi panas dari radiasi inframerah, yang menyebabkan molekul air dan lemak di dalamnya bergetar dan menghasilkan panas.

Radiasi inframerah digunakan dalam oven inframerah untuk memanggang dan memanaskan makanan dengan cepat dan merata, tanpa perlu waktu pemanasan yang lama.

Dalam industri pengolahan makanan, radiasi inframerah digunakan untuk mengeringkan makanan seperti biji kopi, kacang-kacangan, atau buah-buahan kering.

Kemudian, dalam produksi makanan kemasan, radiasi inframerah digunakan untuk sterilisasi dan pemanasan kemasan makanan seperti kemasan siap saji atau makanan kaleng.

Radiasi inframerah menghasilkan panas yang merata di dalam bahan makanan, memastikan pemanasan yang konsisten dan merata. Proses pemanasan dengan radiasi inframerah dapat menjadi lebih efisien secara energi karena panas dihasilkan langsung di dalam bahan makanan, tanpa perlu waktu pemanasan yang lama. Pemanasan dengan radiasi inframerah dapat membantu mempertahankan kualitas makanan dengan meminimalkan kerusakan nutrisi atau tekstur yang disebabkan oleh proses pemanasan yang berlebihan.

7.6 Manfaat Pemanasan pada Proses Pengolahan Bahan Makanan

Pemanasan adalah teknik pengolahan makanan yang telah menjadi inti dari berbagai resep dan teknik kuliner. Dari sederhana hingga yang kompleks, pemanasan tidak hanya berperan dalam memasak makanan, tetapi juga membentuk fondasi bagi perubahan

kimia yang menyeluruh dalam bahan makanan, menciptakan rasa dan aroma yang kita nikmati dalam hidangan sehari-hari. Dalam esai ini, kita akan menjelajahi proses pemanasan dalam pengolahan makanan, bagaimana ia memengaruhi komponen-komponen makanan, dan perannya yang tak tergantikan dalam menciptakan pengalaman kuliner yang memuaskan.

1. Transformasi Kimia dan Fisika

Pemanasan adalah kunci dalam memicu berbagai reaksi kimia dan fisika dalam bahan makanan. Ketika suhu meningkat, molekul dalam makanan mulai bergerak lebih cepat, menyebabkan perubahan struktur dan komposisi kimia. Misalnya, pada proses karamelisasi, pemanasan gula menyebabkan pecahnya molekul-molekulnya, menghasilkan senyawa-senyawa baru yang memberikan rasa manis dan warna cokelat yang khas pada karamel.

2. Pembentukan Aroma

Aroma adalah salah satu aspek paling penting dalam pengalaman makanan. Pemanasan memainkan peran penting dalam pembentukan aroma kompleks yang kita nikmati dalam hidangan. Melalui proses yang disebut reaksi Maillard, di mana gula dan asam amino bereaksi saat dipanaskan, aroma-aroma baru yang kaya dan mendalam terbentuk. Inilah yang memberikan karakteristik yang khas pada roti panggang, daging panggang, dan sejumlah hidangan panggang lainnya.

3. Pelepasan Nutrisi

Pemanasan juga dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam makanan. Misalnya, pada sayuran, pemanasan memecah dinding sel, memungkinkan nutrisi yang terkandung di dalamnya lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh. Namun, perlu dicatat bahwa terlalu panas atau terlalu lama memasak dapat mengurangi beberapa nutrisi tertentu, seperti vitamin C dan vitamin B kompleks.

4. Mematikan Mikroorganisme

Salah satu manfaat utama pemanasan dalam pengolahan makanan adalah mematikan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan keracunan makanan. Pemanasan pada suhu yang tepat dapat menghancurkan bakteri, virus, dan parasit yang ada dalam makanan, menjadikannya lebih aman untuk dikonsumsi.

5. Memperbaiki Tekstur

Pemanasan juga memengaruhi tekstur makanan. Pada daging, pemanasan yang tepat dapat melunakkan serat-serat protein, membuatnya lebih mudah dicerna dan memberikan sensasi lembut saat dimakan. Di sisi lain, pada biji-bijian atau kacang-kacangan, pemanasan dapat mengubah tekstur menjadi renyah atau krispi, menambah dimensi baru dalam pengalaman makan.

6. Pengaruh pada Warna dan Penampilan

Warna adalah elemen visual yang penting dalam menarik selera. Pemanasan dapat mengubah warna makanan, baik melalui proses karamelisasi, pengapian, atau perubahan struktur kimia lainnya. Sebagai contoh, ketika buah atau sayuran dipanaskan, pigmen-pigmen yang terkandung di dalamnya dapat mengalami perubahan warna, menambah variasi estetika dalam hidangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbosa-Cánovas, G. V., & Zhang, Q. H. (2002). Nonthermal Preservation of Foods. CRC Press.
- Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (2000). Food Processing Handbook. Wiley-VCH.
- Fellows, P. (2016). Food Processing Technology: Principles and Practice (Fourth Edition). Woodhead Publishing.
- Harper, W. J., & Loncin, M. (1994). Food Processing: Principles and Applications. Van Nostrand Reinhold.
- Heldman, D. R., & Singh, R. P. (2010). Introduction to Food Processing. Springer Science & Business Media.
- Rahman, M. S. (2017). Food Processing: Principles and Applications. CRC Press.
- Rao, M. A., & Rizvi, S. S. H. (2003). Engineering Properties of Foods (Third Edition). CRC Press.
- Richardson, P. G. (2002). Advanced Food Processing: Technologies for Quality and Safety. Springer Science & Business Media.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2016). Introduction to Food Engineering (Fifth Edition). Academic Press.
- Smith, J. A., & Johnson, B. D. (2018). Heat Transfer in Food Processing: Principles and Applications. CRC Press.



BAB 8

FAKTOR PROSES PENGOLAHAN

PEMANASAN YANG TERBARU

Oleh Elmeizy Arafah

8.1 Pendahuluan

Waktu dan suhu pemanasan sangat penting dalam pengolahan makanan herbal, karena dapat dampak langsung pada kualitas, keamanan, dan efisiensi pengolahan produk pangan herbal. Program pemanasan yang tepat harus berdasarkan kedua faktor, yaitu durasi dan suhu, yang bertujuan mempertahankan kandungan nutrisi dan kualitas sensorik bahan pangan herbal serta memastikan inaktivasi mikroorganisme patogen.

Sifat fisik dan kimia suatu bahan pangan nabati memegang peran penting dalam perilaku bahan tersebut selama proses pemanasan. Sifat-sifat fisik seperti tekstur, kepadatan, kadar air, dan ukuran partikel sangat penting dipertimbangkan. Selain itu sifat-sifat kimia seperti komposisi nutrisi, reaktivitas kimia dan stabilitas fitokimia juga harus diperhatikan. Kedua Sifat ini perlu dipahami untuk optimalisasi proses pemanasan guna mempertahankan kualitas nutrisi dan sensorik bahan pangan herbal.

Saat ini telah dikembang teknologi pemanasan modern dalam pengolahan produk pangan termasuk untuk pangan herbal. Teknologi pemanasan modern seperti pemanasan ohmic (*ohmic heating*), pemanasan microwave (*microwave heating*), medan listrik yang digangu (*pulsed electric fields*), pemanasan induksi (*induction heating*), dan teknologi pemanasan hibrid (*hybrid heating systems*) memberikan solusi inovatif untuk industri pengolahan pangan herbal. Keuntungan teknologi antara lain efisiensi proses pemanasan, pengendalian proses yang cermat, dan kemampuan mempertahankan dan bahkan meningkatkan kualitas, dan kepuasan konsumen

8.2 Waktu dan Suhu Pemanasan dalam Pengolahan Pangan Herbal

Waktu dan suhu pemanasan adalah dua faktor paling penting dalam teknik pemanasan yang sangat memengaruhi kualitas, keselamatan, dan efisiensi proses pengolahan pangan herbal. Berikut ini diuraikan pembahasan peran kedua faktor tersebut:

8.2.1 Waktu Pemanasan

Waktu pemanasan adalah lama proses memanaskan bahan pangan herbal pada suhu tertentu. Durasi waktu yang tepat harus disesuaikan dengan jenis bahan dan tujuan pemrosesan, dan metode pemansan yang digunakan. Durasi waktu pemanasan yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi komponen sensitif seperti vitamin dan antioksidan, sedangkan durasi yang terlalu singkat mungkin tidak cukup untuk inaktivasi mikroorganisme patogen atau enzim yang tidak diinginkan. Setiap jenis herbal membutuhkan durasi pemanasan yang berbeda, sehingga diperlukan penelitian untuk menentukan waktu pemanasan yang optimal guna meminimalisir kehilangan nutrisi dan memastikan keamanan pangan.

8.2.2 Suhu Pemanasan

Suhu pemanasan tergantung pada metode yang digunakan dan tujuan pemrosesan. Sebagai contoh, pasteurisasi dilakukan pada suhu antara 60°C hingga 85°C, sementara sterilisasi mungkin memerlukan suhu di atas 100°C.

Suhu yang lebih tinggi cenderung mempercepat reaksi kimia dan perubahan fisik, seperti reaksi Maillard yang mempengaruhi warna dan rasa produk. Penggunaan suhu yang lebih tinggi dapat mengakibatkan kehilangan vitamin, penurunan aktivitas antioksidan, dan perubahan rasa serta tekstur. Meskipun suhu tinggi sering diperlukan untuk memastikan inaktivasi mikroorganisme patogen dan enzim perusak, penting untuk menjaga keseimbangan agar tidak merusak komponen bioaktif yang bermanfaat.

8.2.3 Pengendalian Waktu dan Suhu

Teknologi pemanasan modern seperti *microwave*, *ohmic heating*, dan *pulsed electric fields* memungkinkan kontrol yang lebih

presisi atas waktu dan suhu pemanasan. Teknologi pemanasan modern tersebut dapat menjaga kualitas dan keamanan produk. Penggunaan sensor dan sistem kontrol otomatis juga memungkinkan pemantauan *real-time*, sehingga setiap perubahan dapat segera diintervensi untuk memastikan proses berjalan sesuai dengan parameter yang diinginkan.

8.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pangan Herbal

Bahan pangan herbal mempunyai keragaman sifat fisik dan kimia, yang berkontribusi pada mekanisme reaksi selama pemanasan dan pengolahan. Pemahaman sifat-sifat ini sangat vital dalam mengoptimalkan proses pengolahan dan mempertahankan kualitas nutrisi serta sensorik produk akhir.

8.3.1 Sifat Fisik

Tekstur bahan pangan herbal bervariasi dari lembut hingga keras. Pemanasan juga dapat mempengaruhi tekstur, seperti melembutkan serat tanaman atau merusak bahan jika pemanasan terlalu lama.

Kepadatan dan porositas memengaruhi laju pemanasan dan penetrasi panas. Material dengan kepadatan tinggi dan porositas rendah dapat memerlukan waktu lebih lama untuk dipanaskan secara merata.

Ukuran partikel sangat memengaruhi laju pemanasan bahan herbal. Partikel yang lebih kecil cenderung memanas dengan cepat dan merata dibandingkan partikel yang lebih besar.

Kandungan air dalam bahan herbal sangat mempengaruhi proses pemanasan. Air memiliki kapasitas panas yang tinggi, sehingga bahan yang mengandung air dalam jumlah besar akan memerlukan lebih banyak energi selama pemanasan. Selain itu, penguapan air selama pemanasan dapat menyebabkan perubahan tekstur dan kekeringan bahan.

8.3.2 Sifat Kimia

Bahan pangan herbal mengandung berbagai vitamin, mineral, antioksidan, dan fitokimia. Pemanasan dapat menyebabkan kerusakan

sebagian nutrisi, termasuk vitamin C dan beberapa antioksidan yang sensitif terhadap suhu tinggi.

Beberapa komponen kimia dalam bahan pangan herbal mungkin terlibat dalam reaksi yang terjadi selama pemanasan, yang dapat mengubah rasa, warna, dan nilai gizi. Misalnya, reaksi Maillard antara asam amino dan gula dapat mempengaruhi warna dan aroma bahan.

Fitokimia seperti *flavonoid*, *polifenol*, dan *tanin* memiliki manfaat kesehatan yang tinggi. Akan tetapi stabilitasnya bisa terganggu oleh pemanasan, ini dapat mengakibatkan penurunan aktivitas biologisnya.

Nilai pH bahan herbal juga bisa berperan dalam reaksi kimia selama pemanasan. Sebagai contoh, degradasi vitamin C akan dipercepat oleh pH asam, sedangkan pH netral atau basa mungkin lebih melindunginya.

Beberapa bahan herbal mengandung minyak esensial yang mudah menguap dan memiliki titik didih rendah. Pemanasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penguapan dan kehilangan komponen ini, mengurangi nilai aromatik dan terapeutik bahan herbal.

8.3.3 Pengaruh Pemanasan pada Sifat Fisik dan Kimia

Panas juga bisa memengaruhi perubahan tekstur dan warna bahan herbal. Misalnya, daun hijau bisa berubah warna menjadi lebih gelap akibat pemanasan, dan teksturnya bisa menjadi lebih lembut atau bahkan lembek.

Pemanasan berlebihan dapat mengakibatkan hilangnya nutrisi penting. Penelitian menunjukkan bahwa pemanasan dengan *microwave* atau *ohmic heating* dapat membantu mempertahankan lebih banyak nutrisi dibandingkan metode konvensional.

Beberapa senyawa bioaktif, seperti antioksidan, bisa rusak akibat pemanasan. Penggunaan suhu yang lebih rendah (penurunan suhu) atau peyingkatan waktu pemanasan dapat membantu mempertahankan stabilitas senyawa ini.

Reaksi Maillard dan karamelisasi mungkin terjadi selama proses pemanasan, yang akan mempengaruhi rasa dan warna bahan herbal. Hal ini bisa diatasi dengan mengontrol suhu dan waktu

pemanasan, karena reaksi ini umumnya tidak diinginkan dalam pengolahan pangan herbal.

8.4 Teknologi Terbaru dalam Pemrosesan Pangan Herbal

Teknologi-teknologi pemanasan terbaru menawarkan serangkaian kelebihan dalam efisiensi, keselamatan, dan kualitas produk akhir. Berikut ini beberapa teknologi pemanasan terbaru yang telah menunjukkan hasil signifikan dalam pengolahan pangan herbal:

8.4.1 *Ohmic Heating*

Ohmic heating adalah salah satu teknologi inovatif dalam ilmu pemanasan, yang prinsipnya melibatkan penerapan arus listrik langsung melalui bahan pangan. Hal ini menghasilkan pemanasan internal yang merata dan efisien (Sastry & Salengke, 1998). Pemanasan ini terjadi karena resistansi bahan terhadap arus listrik. *Ohmic heating* memberikan pemanasan cepat dan merata, serta mempertahankan kualitas nutrisi dan sensorik bahan pangan alami lebih baik dibandingkan metode pemanasan konvensional. Teknologi ini telah diterapkan di berbagai bidang, termasuk ekstraksi komponen bioaktif, pembuatan jus herbal, pengeringan, dan produksi minuman berprotein tinggi (Icier dan Ilicali, 2007).

Teknologi pemanasan *Ohmic Heating* memiliki beberapa manfaat, antara lain:

1. *Ohmic heating* memberikan pemanasan yang seragam dan cepat, sehingga dapat mengurangi waktu operasi.
2. Distribusi suhu yang merata dan efisien memungkinkan kehilangan nutrisi seperti vitamin dan kerusakan fitokimia dapat diminimalkan.
3. *Ohmic heating* efektif dalam membunuh mikroorganisme tanpa merusak kualitas sensorik bahan pangan.
4. Teknologi ini dapat digunakan dalam berbagai jenis bahan pangan, termasuk cairan, semi-padat, dan padat dengan kandungan air yang cukup.

Ada beberapa kelemahan dalam penggunaan teknologi *Ohmic Heating*, diantaranya:

1. Elektroda yang digunakan untuk proses pemanasan harus dirancang sedemikian rupa untuk mencegah reaksi kimia antara

- elektroda dan bahan pangan, yang dapat menyebabkan kontaminasi.
2. Pengendalian suhu dan tegangan harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah overheating atau underheating bahan pangan.
 3. Investasi awal untuk peralatan ohmic heating bisa tinggi, meskipun biaya operasionalnya lebih rendah dibandingkan metode konvensional.

Berikut ini beberapa aplikasi *ohmic heating* dalam pengolahan pangan herbal:

1. Ekstraksi Komponen Bioaktif:

Ohmic heating digunakan untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi komponen bioaktif seperti flavonoid dan polifenol dengan cara mengoptimalkan kondisi suhu dan waktu.

2. Pembuatan Jus Herbal:

Teknologi ini memungkinkan pasteurisasi jus herbal dengan efisiensi tinggi, mempertahankan kandungan nutrisi dan aktivitas antioksidan tanpa merusak rasa dan aroma.

3. Pengeringan dan Dehidrasi:

Ohmic heating digunakan dalam proses pengeringan bahan herbal, mengurangi waktu pengeringan dan mempertahankan kualitas sensorik.

4. Produksi Minuman Berprotein Tinggi:

Minuman berprotein tinggi yang diperkaya dengan bahan herbal dapat dipasteurisasi menggunakan *ohmic heating* untuk memastikan keamanan mikrobiologis dan kualitas nutrisi.

Laporan Zhang dan Mujumdar (2018) menyatakan jus herbal yang dipanaskan menggunakan *ohmic heating* pada suhu 80°C selama 2 menit mengalami peningkatan kandungan antioksidan sebesar 10 persen, polifenol tetap stabil, sedangkan kandungan vitamin C jus hanya berkurang 4 persen. Penilaian sensorik menunjukkan bahwa rasa dan aroma tetap terjaga dengan baik, dengan sedikit perubahan warna. Hal ini memperlihatkan bahwa teknologi *Ohmic heating* terbukti efektif dalam mempertahankan kandungan nutrisi dan kualitas sensorik jus herbal, menjadikannya metode yang lebih unggul

dibandingkan dengan metode pemanasan konvensional. Meskipun teknologi *ohmic heating* mempunyai kelemahan diantaranya setiap bahan pangan memerlukan jenis elektroda yang spesifikasi berbeda sehingga biaya investasi awal relative tinggi. yang akan dipanaskan dan biaya investasi awal. Manfaat yang ditawarkan membuat *ohmic heating* menjadi pilihan menarik untuk industri pengolahan pangan herbal.

8.4.2 *Microwave Heating*

Microwave heating adalah salah satu teknik pemanasan terbaru yang secara luas diterapkan dalam pengolahan pangan, termasuk pangan herbal. Teknologi ini menggunakan radiasi gelombang mikro untuk meratakan panas bahan dari segala arah, memberikan banyak keuntungan dalam hal efisiensi dan peningkatan kualitas produk pangan (Ahmad dan Ramaswamy, 2007).

Teknologi pemanasan *microwave* berprinsip pada pemanasan makanan dari dalam ke luar dengan radiasi gelombang mikro. Radiasi elektromagnetik yang digunakan berada pada frekuensi antara 300 MHz dan 300 GHz. Radiasi tersebut menembus materi dan menyebabkan pemanasan internal. Gelombang mikro menembus bahan pangan, menimbulkan getaran molekul air dan molekul lain yang lebih kecil, yang menciptakan panas. Liu dan Zhang (2006) mengutarakan beberapa keuntungan teknologi ini, yaitu: 1) pemanasan ultra cepat, mengurangi waktu pemrosesan, 2) mengurangi kehilangan nutrisi dan mempertahankan aktivitas antioksidan, dan 3) cocok untuk bahan pangan dengan kadar air tinggi. Pemanasan pangan herbal menggunakan teknologi *microwave heating* mempunyai manfaat:

1. Jika dibandingkan dengan metode konvensional, pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat.
2. Proses pemanasan terjadi langsung dalam bahan, sehingga energi yang digunakan lebih efisien dengan kehilangan panas yang minimal.
3. Waktu pemanasan cepat ini meminimalkan kerusakan pada nutrisi yang sensitif terhadap panas seperti vitamin dan antioksidan.

4. Kualitas sensorik seperti rasa, aroma, dan tekstur lebih baik dipertahankan dibandingkan metode konvensional.

Beberapa kelemahan teknologi *microwave heating*

1. Pada kondisi tertentu, distribusi panas di dalam bahan bisa tidak merata, menyebabkan beberapa bagian terlalu panas sementara bagian lainnya tidak cukup panas.
2. Semua bahan makanan herbal memerlukan penyesuaian khusus dalam hal waktu dan daya *microwave* untuk mendapatkan hasil optimal.
3. Meskipun biaya operasional lebih rendah, investasi awal untuk peralatan *microwave heating* bisa cukup tinggi.

Beberapa aplikasi dalam pengolahan pangan herbal menggunakan *microwave heating* (Canumir, Celis, de Bruijn, dan Vidal, 2002; Cinquanta, Di Matteo, Cuccurullo Albanese, 2010) :

1. *Microwave heating* digunakan untuk pengeringan cepat daun herbal tanpa kehilangan nutrisi dan aroma alami.
2. Ekstraksi minyak atsiri dari bahan herbal dapat ditingkatkan dengan pemanasan *microwave* yang mempercepat proses pemanasan dan ekstraksi komponen volatil.
3. Jus herbal dipasteurisasi menggunakan *microwave* untuk inaktivasi mikroorganisme patogen, menjaga kualitas nutrisi dan sensorik.
4. Makanan nabati, seperti sup atau teh herbal, dipanaskan dalam *microwave* untuk pemasakan cepat dan efisien serta mempertahankan kualitas produk.

Penelitian tentang penggunaan *microwave heating* dengan kekuatan 800W selama 3 menit pada ekstraksi minyak atsiri dari daun Mint memberikan hasil sebagai berikut : 1) ekstraksi minyak atsiri meningkat sebesar 20%, 2) aktivitas antioksidan meningkat 25%, dan aroma minyak atsiri lebih segar serta kuat dibandingkan dengan metode pemanasan konvensional. Pemanasan *microwave* meningkatkan efisiensi ekstraksi dan kualitas minyak atsiri dari daun mint, menjadikannya metode yang lebih unggul dibandingkan teknik pemanasan tradisional.

8.4.3 Pulsed Electric Fields (PEF)

Pulsed Electric Fields (PEF) mempunyai prinsip kerja menggunakan medan listrik berdenyut untuk memanaskan bahan pangan. PEF menghasilkan medan listrik intensitas tinggi dalam waktu singkat, menyebabkan peningkatan suhu dan inaktivasi mikroorganisme. Teknologi PEF dapat digunakan dalam pengawetan jus herbal, ekstraksi komponen bioaktif, dan peningkatan umur simpan produk herbal (Barbosa-Cá novas dan 'lveda, 2004).

Penggunaan PET dalam pengolahan pangan herbal memberikan beberapa keuntungan, antara lain: 1) dapat menginaktivasi mikroorganisme tanpa pemanasan berlebihan, 2) dapat mempertahankan kualitas nutrisi dan sensorik bahan pangan, dan 3) memiliki waktu proses yang cepat dan efisien energi (Heinz dan Knorr, 2002).

Beberapa keuntungan penggunaan PEF dalam pemanasan pangan (Barbosa-Cá novas dan 'lveda (2004); Barbosa-Cá novas (2004):

1. PEF menjaga nutrisi seperti vitamin dan antioksidan yang biasanya sensitif terhadap panas, karena tidak melibatkan suhu tinggi.
2. Keamanan Pangan: PEF efektif untuk inaktivasi berbagai mikroorganisme patogen, meningkatkan keamanan pangan tanpa merusak komponen bioaktif.
3. Karena tidak memerlukan pemanasan signifikan, PEF lebih efisien dalam penggunaan energi dibandingkan metode pemanasan konvensional.
4. PEF memungkinkan pemrosesan yang sangat cepat, mengurangi waktu keseluruhan.

Kelemahan penggunaan teknologi PEF untuk memanaskan bahan pangan:

1. Investasi awal untuk peralatan PEF bisa cukup tinggi, meskipun biaya operasionalnya lebih rendah dalam jangka panjang.
2. Setiap bahan pangan mungkin memerlukan penyesuaian khusus terkait intensitas medan listrik dan durasi pulsa untuk mencapai hasil optimal.

3. Meskipun PEF efektif dalam skala laboratorium, penerapannya dalam skala industri membutuhkan penyesuaian dan optimalisasi lebih lanjut.

Beberapa aplikasi teknologi PEF dalam pengolahan pangan herbal:

1. Pengawetan Jus Herbal:

PEF digunakan untuk pasteurisasi jus herbal, mempertahankan kandungan nutrisi dan kualitas sensorik sambil memastikan keamanan mikrobiologis.

1. Ekstraksi Komponen Bioaktif:

Teknologi ini meningkatkan efisiensi ekstraksi komponen bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan tanin dari bahan herbal, tanpa merusak struktur kimia mereka.

2. Peningkatan Umur Simpan:

Produk herbal seperti teh, ekstrak herbal, dan minuman berprotein dapat diproses dengan PEF untuk meningkatkan umur simpan tanpa perlu tambahan pengawet kimia.

3. Produksi Makanan Fungsional:

PEF digunakan untuk meningkatkan bioavailabilitas dan stabilitas nutrisi dalam makanan fungsional yang diperkaya dengan bahan herbal.

Telah dilakukan penelitian tentang penggunaan teknologi PEF dengan intensitas medan listrik 20 kV/cm selama 100 mikrodetik pada ekstraksi daun teh hijau. Hasil penelitian ini memperlihatkan terjadi peningkatan ekstrak polifenol daun teh hijau sebesar 30 persen, aktivitas antioksidan meningkat sebesar 25 persen, dan stabilitas polifenol yang lebih baik dibandingkan ekstraksi polifenol daun teh hijau yang diperoleh dari metode pemanasan konvensional.

PEF efektif dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi dan mempertahankan kualitas polifenol dari daun teh hijau. Hal ini menjadikan metode PEF unggul dibandingkan teknik ekstraksi konvensional. Meskipun terdapat tantangan seperti biaya peralatan dan skalabilitas, manfaat yang ditawarkan menjadikan PEF sebagai teknologi menarik untuk industri pengolahan pangan herbal.

8.4.4 *Induction Heating*

Induction Heating (pemanasan induksi) mempunyai prinsip kerja menggunakan medan elektromagnetik untuk memanaskan bahan pangan. Panas dihasilkan oleh arus induksi yang diciptakan oleh medan elektromagnetik pada permukaan bahan (Bengtsson, Birdsall, Feilden, Bhattiprolu, Bhale, dan Lima, 2010).

Metode pemanasan ini mempunyai keuntungan antara lain (Costa dan Oliveria, 1999): 1) proses pemanasannya cepat dan efisien, 2) proses pengendalian suhunya presisi, 3) metode ini cocok untuk pemanasan berbagai jenis bahan pangan. *Induction heating* digunakan dalam pemanasan cairan herbal, pemanasan permukaan untuk sterilisasi, dan pengolahan minyak atsiri.

8.4.5 *Hybrid Heating Systems*

Metode pemanasan *hybrid heating system* adalah metode yang menggabungkan dua atau lebih metode pemanasan, seperti *microwave* dan *ohmic heating*, untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing metode. Metode ini mempunyai beberapa keuntungan (Zhang dan Wang, 2005), diantaranya : 1) dapat mengoptimalkan efisiensi dan kualitas pemanasan, 2) proses pemanasan lebih cepat dan merata, dan 3) dapat mengurangi kerusakan nutrisi dan dapat mempertahankan kualitas sensorik. *Hybrid heating systems* dapat digunakan dalam pengolahan jus herbal, pengeringan bahan herbal, dan sterilisasi produk herbal. Telah dilakukan penelitian tentang pemanasan daun mint menggunakan *hybrid heating system* dengan kombinasi *microwave* pada daya 600W dan *ohmic heating* pada suhu 80°C selama 10 menit. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa: 1) terjadinya peningkatan kandungan minyak atsiri sebesar 15% bandingkan metode konvensional; 2) polifenol tetap stabil dengan penurunan hanya sebesar 5%; 3) aktivitas antioksidan meningkat sebesar 10%, menunjukkan stabilitas komponen bioaktif yang lebih baik, 4) penilaian sensorik menunjukkan bahwa rasa dan aroma tetap terjaga dengan baik, dengan sedikit perubahan warna. *Hybrid heating systems* efektif dalam mengoptimalkan pengeringan daun mint, meningkatkan efisiensi pemanasan dan mempertahankan kualitas nutrisi serta sensorik.

8.4.6 *Nanoheating*

Teknologi pemanasan *nanoheating* menggunakan nanopartikel untuk meningkatkan efisiensi pemanasan. Nanopartikel ditambahkan ke dalam bahan atau ke permukaan alat pemanas untuk meningkatkan transfer panas (Dima and Dima, 2014). Teknologi *nanoheating* dapat digunakan dalam pemrosesan cairan herbal, ekstraksi minyak atsiri, dan pemanasan pasta herbal. Metode *nanoheating* mempunyai beberapa keuntungan: 1) pemanasan yang lebih cepat dan seragam, 2) Mengurangi waktu dan suhu pemanasan yang diperlukan, 3) potensi peningkatan keamanan pangan melalui inaktivasi mikroorganisme yang lebih efektif (Dima and Dima, 2014).

8.4.7 *Intelligent Heating Systems*

Teknologi pemanasan *intelligent heating systems* mempunyai prinsip kerja sebagai berikut: sistem pemanasan cerdas menggunakan sensor dan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk memantau dan mengendalikan proses pemanasan secara real-time. Ada beberapa keuntungan penggunaan teknologi ini, diantaranya: 1) pengendalian suhu dan waktu yang sangat presisi; 2). kemampuan untuk menyesuaikan proses secara otomatis berdasarkan kondisi bahan dan hasil yang diinginkan; 3) meningkatkan konsistensi dan kualitas produk akhir (Laguerre dan Flick, 2010)

Contoh Penggunaan teknologi *intelligent heating systems* dalam pengolahan pangan herbal dalam pengeringan, pasteurisasi, dan sterilisasi. Penggunaan teknologi ini dalam produk herbal memerlukan pengendalian proses yang ketat.

8.4.8 *Ultrasonic-Assisted Heating*

Teknologi *Ultrasonic-assisted heating* mempunyai prinsip menggabungkan gelombang ultrasonik dengan pemanasan konvensional. Gelombang ultrasonik menciptakan kavitas yang meningkatkan transfer panas dan memecah struktur seluler (Condo'n, Raso, dan Paga'n, 2004).

Ada beberapa Keuntungan penggunaan teknologi ini dalam pemansan bahan pangan, diantaranya (Piyasena dan Mc.Kellar, 2003): 1) Meningkatkan efisiensi pemanasan dan ekstraksi komponen bioaktif, 2) Meminimalkan kehilangan nutrisi dan perubahan sensorik;

dan 3) Mengurangi waktu pemrosesan. *Ultrasonic-assisted heating* digunakan dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari daun herbal, pemrosesan cairan herbal, dan pengeringan.

8.4.9 Radio Frequency(RF) Heating

Teknologi *radio frequency* (RF) mempunyai prinsip kerja menggunakan gelombang radio untuk memanaskan bahan pangan. Gelombang radio menembus bahan dan menghasilkan panas melalui interaksi dengan molekul air dan ion dalam bahan (Yildiz dan Pokhrel, 2016).

Ada beberapa keuntungan menggunakan teknologi RF dalam memanaskan bahan pangan herba (Tang, Wang dan Chan, 2004) , diantaranya: 1) Pemanasan yang cepat dan merata; 2) mengurangi kehilangan nutrisi dan perubahan sensorik; dan 3) efektif untuk bahan pangan dengan kandungan air tinggi. Teknologi RF dapat digunakan dalam pengeringan daun herbal, sterilisasi produk herbal, dan pemanasan bahan semi-padat.

8.5 Rangkuman

Teknologi pemanasan terbaru seperti *ohmic heating*, *microwave heating*, *pulsed electric fields*, *induction heating*, dan *hybrid heating systems*, *nanoheating*, *intelligent heating systems*, *ultrasonic-assisted heating*, dan *radio frequency heating*, menawarkan solusi inovatif untuk pengolahan pangan herbal. Keunggulan utama dari teknologi ini adalah efisiensi pemanasan, pengendalian proses yang presisi, dan kemampuan mempertahankan kualitas nutrisi dan sensorik produk akhir atau dapat meminimalkan kehilangan nutrisi dan perubahan sensorik. Penerapan teknologi ini dalam berbagai proses pengolahan, seperti pengeringan, ekstraksi, pasteurisasi, dan sterilisasi, menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk herbal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, J., dan Ramaswamy, H.S. (2007). Microwave pasteurization and sterilization of foods. In: Rahman MS, (ed). *Handbook of Food Preservation*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 691–712.
- Bengtsson, R., Birdsall, E., Feilden, S., Bhattiprolu, S., Bhale, S., dan Lima, M. (2010). Ohmic and inductive heating. In: Hui YH (ed) *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*, volume 3. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 121–127.
- Brewer, M. (2005). Microwave processing, nutritional and sensorial quality. In: Helmar S, Regier M (eds) *The Microwave Processing of Foods*. In *7 Alternative Food Processing Technologies* 161. Cambridge: Woodhead, pp. 76–94.
- Canumir, J.A., Celis, J.E., de Bruijn, J., dan Vidal, L.V. (2002). Pasteurisation of apple juice by using microwaves. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 35: 389–392.
- Cinquanta, L., Di Matteo, M., Cuccurullo, G., dan Albanese, D. (2010). Effect on orange juice of batch pasteurization in an improved pilot-scale microwave oven. *Journal of Food Science* 75: 46–50.
- Deeth, H.C., Datta, N., Ross, A., dan Dam, X.T. (2007). Pulsed electric field technology: effect on milk and fruit juices. In: Tewari, G., Juneja, V.K. (eds). *Advances in Thermal and Nonthermal Food Preservation*. Ames, IA: Blackwell Publishing, pp. 240–279.
- Dima, C., dan Dima, S. (2014). Review on the nanotechnologies in food and agriculture. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 71(2), 207–215.
- Feng, H., dan Lee, H. (2011). Effect of power ultrasound on food quality. In: Feng H (ed). *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing. Food Engineering Series*. New York: SpringerScience and Business Media, pp. 559–582.
- Feng, H., dan Yang, W. (2010). Power ultrasound. In: Hui YH (ed). *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 121–127.

- Fu, Y.C. (2010). Microwave heating in food processing. In: Hui YH (ed) *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 1–11.
- Gentry, T.S., dan Roberts, J.S. (2005). Design and evaluation of a continuous flow microwave pasteurization system for apple cider. *LWT Food Science and Technology* 38: 227–238.
- Heinz, V., dan Knorr, D. (2002). High pressure-assisted heating as a method for the sterilization of foodstuffs. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(5), 537–547.
- Heinz, V., Toepfl, S., dan Knorr, D. (2002). Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4: 167–175.
- Hodgins, A.M., Mittal, G.S., dan Griffiths, M.W. (2002). Pasteurization of fresh orange juice using low-energy pulsed electric field. *Journal of Food Science* 67: 2294–2299.
- Liang, Z., Mittal, G.S., dan Griffiths, M. (2002). Inactivation of *Salmonella typhimurium* in orange juice containing antimicrobial agents by pulsed electric field. *Journal of Food Protection* 65: 1081–1085.
- Liu, Y., dan Zhang, H. (2006). Effects of microwave heating on the properties of some biological materials. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 97–108.
- McDonald, C.J. (2000). Effects of pulsed electric fields on microorganisms in orange juice using electric field strengths of 30 and 50 kV/cm. *Journal of Food Science* 65: 984–987.
- Orsat, V., dan Raghavan, V. (2005). Microwave technology for food processing: an overview. In: Helmar S, Regier M (eds) *The Microwave Processing of Foods*. Cambridge: Woodhead, pp. 105–115.
- Piyasena, P., dan McKellar, R. C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 87(3), 207–216.
- Prasad, K.N., Yang, B., Zhao, M., Sun, J., Wei, X., dan Jiang, Y. (2010). Effects of high pressure or ultrasonic treatment on extraction yield and antioxidant activity of pericarp tissues of longan fruit. *Journal of Food Biochemistry* 34: 838–855.

- Ramaswamy, H. dan Tang, J. (2008). Microwave and radio frequency heating. *Food Science and Technology International* 14:423–427.
- Riera, E., Golás, Y., Blanco, A., Gallego, A., Blasco, M., dan Mulet, A. (2004). Mass transfer enhancement in supercritical fluids extraction by means of power ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry* 11: 241–244.
- Rostagno, A., Palma, M., dan Barroso, C. (2003). Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *Journal of Chromatography* 1012: 119–128.
- Rowley, A.T. (2001). Radiofrequency heating. In: Richardson PS (ed) *Thermal Technologies in Food Processing*. Cambridge: Woodhead Publishing, pp. 469–493.
- Stojanovic, J. dan Silva, J.L. (2007). Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, color and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food Chemistry* 101: 898–906.
- Sumnu, G., dan Sahin, S. (2005). Recent developments in microwave heating. In: Sun DW (ed) *Emerging Technologies for Food Processing*. California: Elsevier Academic Press, pp. 419–444.
- Zhang, M., dan Wang, W. (2005). Effect of microwave power level on quality of food materials during drying. *Drying Technology*, 23(9-11), 2227-2242.
- Yildiz, S., dan Pokhrel, P. R. (2016). Reducing the effects of thermal processing in canned foods: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1442-1453.
- Zhang, M., dan Mujumdar, A. S. (2018). Advances in drying and processing of herbal products. *Food and Bioprocess Technology*, 11(4), 697–710.
- Tewari, G. (2007). Microwave and radiofrequency heating. In: Tewari, G. dan Juneja, V. K. (eds). *Advances in Thermal and NonThermal Food Preservation*. Ames, IA: Blackwell Publishing, pp. 91–98.
- Toepfl, S., Heinz V, Knorr D (2007). High intensity pulsed electric fields applied for food preservation. *Chemical Engineering and Processing* 46: 537–546.

- Torley, P.J., dan Bhandari, B.R. (2007). Ultrasound in food processing and preservation. In: Rahman MS (ed). *Handbook of Food Preservation*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 713–732.
- Vicente, A., Teixeira, J., dan Castro, I. (2006). Ohmic heating for food processing. In: Sun D (ed) *Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis, pp. 459–501.
- Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* 8: 303–313.
- Wang, Y., Wig, T.D., Tang, J., dan Hallberg, L.M. (2003). Sterilization of foodstuff using radiofrequency heating. *Journal of Food Science* 68: 539–544.
- Xia, T., Shi, S., dan Wan, X. (2006). Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *Journal of Food Engineering* 74: 557–560.
- Zhao, Y., Flugstad, B., Kolbe E., Park, J.W., dan Wells, J.H. (2000). Using capacitive (radiofrequency) dielectric heating in food processing and preservation – a review. *Journal of Food Process Engineering* 23: 25–55.



BAB 9

FAKTOR PROSES PENGOLAHAN NON PANAS

Oleh Elisa Julianti

9.1 Pendahuluan

Herbal adalah tumbuhan yang daun, bunga, atau akarnya dapat digunakan untuk bumbu pangan, obat-obatan, atau parfum. Secara turun temurun herbal dan rempah-rempah telah digunakan untuk produk pangan, minuman, kosmetik maupun obat-obatan. Herbal dan rempah umumnya digunakan dalam bentuk daun segar atau kering untuk memberikan rasa, aroma, dan warna pada Pangan dan minuman, bukan sebagai bahan utama.

Herbal dan rempah-rempah kaya akan senyawa fitokimia seperti flavonoid, karotenoid, sterol, phthalides, dan glukosinolat, serta serat pangan, protein, mineral, vitamin, dan asam lemak tak jenuh (Embuscado, 2015). Hasil-hasil penelitian mengonfirmasi pengaruh positif senyawa fitokimia ini terhadap berbagai jenis penyakit, termasuk penyakit kardiovaskular, kanker, katarak, degenerasi makula, diabetes, obesitas, hipertensi, dislipidemia, stroke, inflamasi, arthritis, Alzheimer, dan gangguan kognisi, baik pada hewan maupun manusia (Bi *et al.* 2017; Ribeiro-Santos *et al.* 2017a; Sánchez-Camargo dan Herrero 2017; Srinivasan 2017; Kaefer dan Milner 2008; Srivastav *et al.* 2017). Bumbu dan rempah-rempah juga telah digunakan sebagai antioksidan dan antimikroba alami, baik dalam formulasi pangan maupun dalam kemasan pangan yang dapat terurai secara hayati, seperti film dan pelapis yang dapat dimakan, untuk menunda oksidasi lipid dan pertumbuhan mikroba (Ribeiro-Santos *et al.* 2017b).

Beberapa acuan standar mutu rempah-rempah yang digunakan di berbagai negara termasuk *The American Spice Trade Association* (ASTA) di Amerika Serikat, *The European Spice Association* (ESA) di Eropa, dan Standar Nasional Indonesia (SNI) di Indonesia. Menurut ASTA, mutu rempah-rempah dinilai berdasarkan parameter seperti kebersihan, kadar abu, konsentrasi minyak volatil,

kadar air, aktivitas air, jumlah cemaran mikroorganisme, konsentrasi pestisida dan mikotoksin, serta densitas massal dan ukuran partikel. ESA juga memiliki standar serupa yang mencakup senyawa pengotor, kadar abu, kandungan logam berat, perlakuan terhadap rempah-rempah, serta adanya indikasi pemalsuan atau infestation. Standar-standar ini bertujuan untuk memastikan kualitas dan keamanan rempah-rempah dalam rantai pasokan global.

Metode yang umum digunakan untuk dekontaminasi rempah-rempah meliputi pengukusan, iradiasi, dan fumigasi dengan etilen oksida. Pengukusan melibatkan penggunaan uap pada suhu tinggi untuk membasmi bakteri dan patogen, tetapi dapat menyebabkan perubahan warna serta penurunan senyawa bioaktif dan minyak atsiri, terutama pada bahan yang mengandung klorofil dan karotenoid. Fumigasi dengan etilen oksida pengaruhi melawan mikroorganisme, tetapi dilarang di Uni Eropa karena sifat karsinogeniknya, meskipun masih digunakan di AS. Iradiasi gamma diizinkan di Uni Eropa dengan batas dosis tertentu, namun dapat merusak sifat sensorik dan antioksidan produk, serta kurang diterima secara sosial. Tidak ada teknologi dekontaminasi yang dapat diterapkan untuk semua jenis rempah tanpa mengurangi kualitas nutrisi dan sensorik. Oleh karena itu, pilihan teknologi harus mempertimbangkan regulasi, kebutuhan produk, dan kualitas yang diinginkan. Penggunaan Teknologi non-panas dalam pengolahan produk herbal, meliputi metode kimia meliputi fumigasi dengan etilen oksida dan teknologi ozonisasi, serta metode fisik meliputi iradiasi, pengolahan dengan tekanan tinggi, gelombang ultrasonik, medan listrik berdenyut, dan *cold plasma*.

9.2 Proses Pengolahan Non Panas

Teknologi non-panas pada pengolahan produk herbal merujuk pada serangkaian metode pemrosesan yang tidak melibatkan penggunaan suhu tinggi untuk mempertahankan kualitas produk. Teknologi ini bertujuan untuk menjaga keutuhan senyawa bioaktif, mengurangi kerusakan nutrisi, serta mempertahankan warna, aroma, dan rasa alami bahan herbal. Dengan meminimalkan atau menghilangkan panas, teknologi non-panas dapat mengoptimalkan keamanan pangan, meningkatkan umur simpan, dan memastikan

produk herbal tetap berkualitas tinggi. Pada bab ini akan dibahas metode pengolahan non-panas meliputi teknologi ozonisasi, iradiasi, pengolahan dengan tekanan tinggi, gelombang ultrasonik, medan listrik berdenyut, dan *cold plasma*.

9.2.1 Teknologi Ozonisasi

Gas ozon (O_3) adalah bentuk triatomik oksigen yang dikenal sebagai agen pengobatan hijau untuk dekontaminasi mikroba pada pangan, air, dan permukaan pengolahan pangan. Ozon memiliki potensi oksidasi yang lebih kuat dibandingkan dengan klorin, menjadikannya pengaruhtif dalam menghancurkan berbagai mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan spora tanpa meninggalkan residu berbahaya (Kim *et al.* 1999; Guzel-Seydim *et al.* 2004; Novak *et al.* 2008; Torlak *et al.* 2013). Ozon biasanya diproduksi di tempat melalui generator dan digunakan untuk mengolah pangan dalam berbagai bentuk, baik dalam kontak langsung dengan gas atau melalui air sebagai media pembilas (Brodowska *et al.* 2015; Torlak *et al.* 2013; Cullen *et al.* 2009). Teknologi ini dianggap aman oleh FDA dan telah digunakan secara luas untuk aplikasi antimikroba pada berbagai produk pangan (de Souza *et al.* 2018; Cullen *et al.* 2009).

Penelitian menunjukkan bahwa ozon pengaruhtif dalam mengurangi populasi mikroba pada rempah-rempah dan bahan pangan lainnya tanpa mengganggu sifat sensorik seperti rasa dan penampilan, terutama pada konsentrasi dan durasi tertentu. Misalnya, pengolahan oregano (Tirlak *et al.* 2013) dan paprika merah (Inan *et al.* 2007) dengan ozon menunjukkan pengurangan yang signifikan dalam jumlah mikroorganisme patogen seperti *Salmonella* dan aflatoksin, sekaligus menjaga kualitas organoleptik produk. Meskipun demikian, pada beberapa kasus, konsentrasi ozon yang lebih tinggi dan durasi yang lebih lama dapat menyebabkan perubahan warna dan sifat lainnya, yang mungkin tidak diinginkan.

Studi lain menyoroti pengaruhtivitas ozon dalam mengolah berbagai jenis bahan pangan, seperti buah juniper dan paprika merah, dengan hasil yang bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme yang ditargetkan dan kondisi perlakuan. Meskipun ozon terbukti pengaruhtif dalam mengurangi kontaminasi mikroba, resistensi beberapa mikroorganisme terhadap perlakuan ozon juga diamati,

terutama pada bakteri dan spora yang lebih resisten seperti *Bacillus cereus* (Brodowska *et al.* 2015). Oleh karena itu, pengaruh tivitas ozon sebagai agen dekontaminasi bergantung pada pengaturan parameter seperti konsentrasi, durasi pemaparan, dan jenis mikroba yang dihadapi.

9.2.2 Iradiasi

Iradiasi pangan adalah proses di mana bahan pangan dipaparkan pada radiasi pengion. Proses ini pengaruh tif dalam mengurangi mikroorganisme patogen, mencegah kerusakan, serangan serangga, perkecambahan, serta memperlambat pematangan buah dan sayuran (Zanardi *et al.* 2017). Beberapa keunggulan iradiasi pangan meliputi pengurangan kontaminasi pangan, peningkatan masa simpan tanpa mengubah struktur kimia bahan pangan (Bearth dan Siegrist, 2019) serta percepatan waktu dalam persiapan pengawetan Pangan (Mittendorfer, 2016). Iradiasi pangan (radiasi pengion) sudah diakui aman oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO 2013) dan Komisi Eropa (EC 1999a,b). Iradiasi digunakan dalam pengolahan rempah-rempah dan bumbu. Tiga jenis radiasi yang disetujui untuk pangan adalah sinar gamma, sinar-X, dan sinar elektron atau e-beams. Sinar gamma berasal dari radionuklida Kobalt 60 atau Cesium 137; sinar-X dihasilkan dari elektron berenergi tinggi yang memantul dari logam berat, sedangkan sinar elektron adalah aliran elektron berenergi tinggi dari akselerator elektron (WHO 2013).

Penggunaan radiasi harus mematuhi batas dosis maksimum yang umumnya kurang dari 10 kGy (Farkas 2006; WHO 2013). Walaupun iradiasi dapat meningkatkan keamanan dan umur simpan pangan tanpa mengorbankan kualitas nutrisi, dosis radiasi tinggi dapat mempengaruhi komposisi minyak esensial dan mengubah aspek kimia serta sensorik dari rempah-rempah dan herba (Napoli *et al.* 2016; Brodowska *et al.* 2015). Bahkan dosis rendah (<1 kGy) bisa berdampak negatif pada beberapa produk seperti paprika (Yoon *et al.* 2014). Penggunaan iradiasi juga belum dapat diterima sepenuhnya oleh konsumen yang menganggap bahwa pangan tersebut mungkin mengandung radioaktif atau beracun.

Penelitian oleh Song *et al.* (2014) menunjukkan pengaruh iradiasi gamma terhadap *E. coli* 0157 dan *S. typhimurium* pada lada

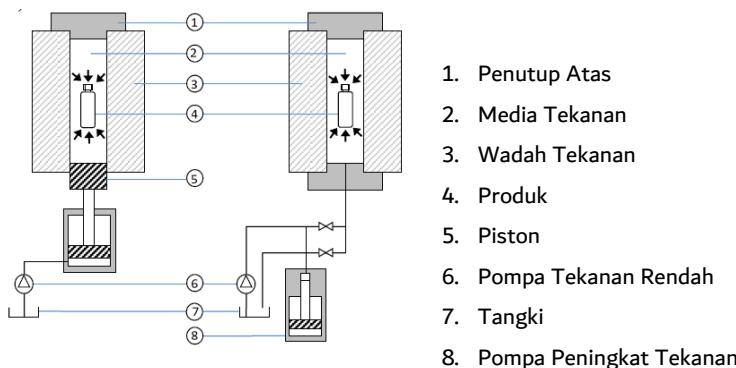
hitam dan cabai merah kering. Hasil penelitiannya menunjukkan iradiasi gamma dengan dosis lebih besar dari 1 kGy pengaruhnya membunuh sel *E. coli* O157 dan *S. typhimurium*, tetapi pada lada hitam dosis antara 2–5 kGy pengaruhnya untuk membunuh sel bakteri tersebut sudah tidak signifikan, sedangkan pada cabai merah kering, dosis lebih tinggi dapat mengurangi jumlah patogen. Pengurangan sel *E. coli* dan *S. typhimurium* pada iradiasi 5 kGy berkisar dari 4,4 hingga 5,2 log CFU/g pada lada hitam dan 3,8 hingga 5,2 log CFU/g pada cabai merah kering.

Napoli *et al.* (2016) meneliti oregano kering yang diiradiasi gamma pada dosis 5 dan 10 kGy. Hasilnya menunjukkan penurunan signifikan pada mikroba mesofilik aerobik, ragi, jamur, dan *Enterobacteriaceae* pada dosis 5 kGy. Profil kimia minyak atsiri oregano kering menunjukkan penurunan hidrokarbon monoterpena (55–65%) dan peningkatan monoterpen oksigenasi (30–150%). Hasil ini terkait dengan oksidasi matriks hidrokarbon yang disebabkan oleh iradiasi. Perbedaan sensorik pada warna, bau, rasa, kesegaran, dan skor penerimaan keseluruhan terdeteksi dibandingkan dengan kontrol, meskipun tidak ada perubahan signifikan pada rasa pahit, tajam, astringen, dan jerami. Penelitian oleh Yoon *et al.* (2014) dan Molnár *et al.* (2018) juga menunjukkan bahwa iradiasi gamma dan teknologi lainnya dapat mengurangi beban mikroba pada paprika dan rempah-rempah tanpa merusak sifat kimia secara signifikan, meskipun pengurangan warna dapat terjadi.

9.2.3 Pengolahan dengan Tekanan Tinggi

Pengolahan dengan tekanan tinggi (*High Pressure Processing/HPP*) merupakan metode pengawetan pangan non-panas yang memanfaatkan tekanan untuk menghasilkan pengaruh pengawetan serupa dengan pasteurisasi, yang dapat menonaktifkan patogen berbahaya serta agen perusak produk herbal yang dalam bentuk sel vegetatif. HPP menerapkan tekanan sangat tinggi sekitar 400–600 MPa dengan suhu bervariasi antara 4°C hingga kurang dari 45°C. HPP tidak merusak ikatan kovalen, sehingga komposisi kimia dan kualitas produk herbal tetap terjaga dan menghilangkan mikroorganisme perusak (Khaliq *et al.* 2021).

HPP adalah proses yang dilakukan setelah pengemasan produk. Setelah penerapan tekanan, kemasan dipindahkan ke keranjang akhir yang dimasukkan ke dalam ruang berisi air. Tekanan kemudian dipompa hingga mencapai 600 MPa, yang setara dengan 5–6 kali tekanan di titik terdalam samudra. Tekanan ini ditransmisikan secara instan dan seragam tanpa tergantung pada bentuk produk (Howson, 2009; Sharma, 2011; Ramirez-Suarez dan Morrissey, 2006). Proses pengolahan dengan tekanan tinggi (HPP) secara skematik disajikan pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1. Skema proses pengolahan dengan tekanan tinggi (Elamin *et al.* 2015)

Walaupun penelitian mengenai penggunaan HPP untuk mengawetkan susu sudah dimulai sejak 1899, penerapan komersialnya baru terjadi pada 1990-an. Teknologi ini menawarkan berbagai manfaat seperti keamanan produk, masa simpan yang lebih panjang, dan pengurangan limbah pangan. Namun, HPP tidak dapat menonaktifkan sebagian besar spora mikroba dan enzim, sehingga diperlukan kombinasi dengan panas, yang dikenal sebagai pemrosesan termal bertekanan tinggi (*High Pressure Thermal Processing/ HPTP*). Penerapan HPP pada produk homogenat buah, sayuran, dan herba segar mempertahankan kualitas sensorik dan nutrisi yang mendekati produk segar asli, sehingga bermanfaat sebagai pencegah penyakit, terutama bagi lansia (Houska *et al.*, 2022).

Pada tekanan tinggi terdapat dua prinsip utama mengenai perilaku komponen di dalam produk pangan. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa reaksi kimia, interaksi molekul, dan transisi fase yang mengurangi volume akan dipercepat oleh tekanan. Sebaliknya, prinsip isostatik menyatakan bahwa fenomena yang meningkatkan volume akan diperlambat oleh tekanan (Karim, 2011). Tekanan ini merambat secara cepat dan merata ke seluruh bagian pangan tanpa memandang bentuk dan ukuran sampel, yang menjadi keunggulan dibandingkan perlakuan termal. Pada proses HPP, tekanan diterapkan secara konsisten dan menyebar merata ke semua arah dalam sampel, sehingga ikatan dan konfigurasi molekul tidak terpengaruh, dan produk kembali ke bentuk aslinya setelah tekanan dilepaskan (Howson, 2009).

9.2.4 Teknologi Ultrasonik

Teknologi ultrasonik adalah teknologi akustik yang memungkinkan deteksi non-invasif dan/atau modifikasi senyawa bioaktif dalam herbal. Teknologi ini dapat mempengaruhi sifat kimia dan fisik sistem biologis pada berbagai tingkatan, tergantung pada frekuensi, intensitas, dan durasi pemrosesan, serta struktur dan komposisi herbal (Zhang *et al.* 2019). Ultrasonik merupakan teknologi ramah lingkungan yang berpotensi untuk menciptakan produk fungsional baru atau meningkatkan ekstraksi senyawa bioaktif dari herbal, dengan biaya energi dan perawatan yang rendah, memberikan manfaat ekonomi tambahan (Ojha *et al.* 2020). Namun, ultrasonik belum menjadi standar untuk aplikasi berskala besar dalam modifikasi herbal dan pangan lainnya. Pemahaman yang lebih baik tentang interaksi antara kondisi pemrosesan dan komposisi herbal dapat mendukung penggunaannya di industri herbal di masa depan (Meng dan Zhengquan, 2019). Di sisi lain, radikal bebas yang dihasilkan oleh kavitasi dari energi gelombang kejut ultrasonik dapat menyebabkan perubahan fitokimia, yang dianggap sebagai tantangan bagi teknologi ini. Meskipun demikian, penelitian terbaru menunjukkan bahwa ultrasonik merupakan teknologi yang menjanjikan untuk penjaminan kualitas dan keamanan pangan, serta untuk optimalisasi teknologi ekstraksi terbaru (Chandrapala *et al.* 2012).

Ultrasonik didefinisikan sebagai gelombang suara mekanis pada frekuensi di atas 20 kHz yang tidak dapat didengar oleh manusia. Gelombang kompresi dan ekspansi yang dihasilkan oleh ultrasonik menciptakan tekanan positif dan negatif yang membentuk rongga di material yang diperlakukan, melepaskan energi tinggi dan menghasilkan gelombang kejut dengan suhu yang sangat tinggi [Yu *et al.* 2018; Taha *et al.* 2020]. Energi ini menghidrolisis air menjadi radikal bebas (H dan ·OH) dan menghasilkan hidrogen peroksida (H₂O₂) sebagai produk sampingan. Perlakuan ultrasonik dipengaruhi oleh kecepatan ultrasonik, redaman, dan impedansi akustik (Yu *et al.* 2020).

Gelombang ultrasonik terbentuk dari konversi osilasi mekanik dari medan listrik frekuensi tinggi yang mempengaruhi material ferroelektrik (Knorr *et al.* 2004). Dalam pengukuran fisikokimia, transduser ultrasonik mengirimkan pulsa ke material, dan waktu yang dibutuhkan pulsa untuk melewati material dan kembali ke detektor diukur untuk menentukan kecepatan echo (Zhu, 2015). Ultrasonik dapat dikategorikan berdasarkan frekuensi (kHz) dan intensitas energi (W), serta intensitas suara (W/m³) atau densitas energi suara (Ws/m³) (Knorr *et al.* 2004). Berdasarkan frekuensi, ultrasonik dapat berupa frekuensi tinggi (>100 kHz) dengan intensitas 10-1000 W/cm² atau frekuensi rendah (<100 kHz) dengan intensitas <3 W/cm² (Sukor *et al.* 2015; Erriu *et al.* 2014).

Kombinasi frekuensi dan intensitas yang berbeda digunakan untuk aplikasi yang berbeda; misalnya, ultrasonik frekuensi dan intensitas tinggi digunakan untuk bedah jaringan lunak dan pencitraan diagnostik, sedangkan frekuensi tinggi dan intensitas rendah untuk simulasi regenerasi jaringan (Erriu *et al.* 2014). Ultrasonik frekuensi rendah pada intensitas rendah atau tinggi biasanya digunakan dalam aplikasi pangan, dengan intensitas yang berperan penting dalam membentuk dan meruntuhkan rongga. Ultrasonik intensitas rendah memberikan informasi non-destruktif tentang sifat fisikokimia material, sementara intensitas tinggi mengubah sifat kimia atau fisik material, seperti menghasilkan emulsi atau mengubah fungsionalitas protein dan karbohidrat (Zhu, 2015).

Pengaruh ultrasonik pada minyak atsiri tanaman telah dikaji baru-baru ini (Kowalski *et al.* 2019). Karena minyak atsiri tidak stabil terhadap panas, penggunaan ultrasonik pada intensitas rendah dapat

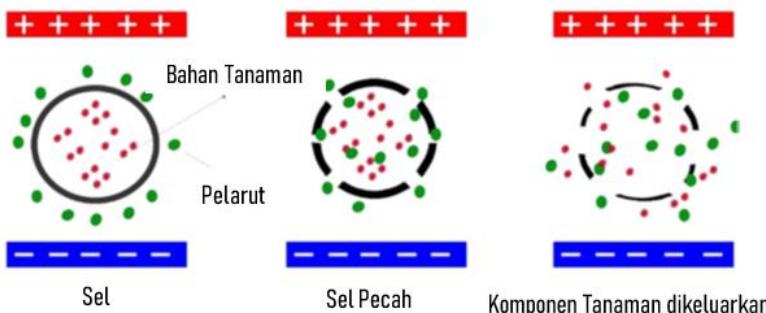
mencegah kerusakan senyawa sensitif panas tersebut. Ultrasonik juga meningkatkan tingkat difusi, memfasilitasi ekstraksi yang lebih efisien dengan penggunaan pelarut yang minimal dan mengurangi residu pelarut dalam senyawa yang diekstraksi. Metode ini memungkinkan modifikasi komposisi minyak atsiri dan ekstraksi senyawa yang lebih selektif (Giacometti *et al.* 2018). Contohnya, penggunaan ultrasonik pada 20 kHz dan 90 °C selama 70 menit mengurangi kandungan alkohol dan aldehyda pada biji cabai merah, dan meningkatkan komponen volatil seperti turunan pirazin, ester, dan olefin (Liu *et al.* 2019). Kondisi ekstraksi berperan penting dalam menentukan komposisi volatile di antaranya adalah suhu ekstraksi (20-50 °C) akan meningkatkan komponen alkohol volatil seperti α -terpineol. Ultrasonik dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa volatile dalam herbal (Meng dan Zhengquan, 2019). Penggunaan kombinasi ultrasonik dan perlakuan panas dengan metode termasonikasi meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak esensial dari cengkeh (53 kHz dan 52 °C) (Tekin *et al.* 2015). Selain itu, penghematan waktu ekstraksi sebesar 17% untuk herbal peppermint juga dilaporkan (Gavahian *et al.* 2018).

9.2.5 Pengolahan dengan Medan Listrik Berdenyut (*Pulsed Electrical Field/PEF*)

Ekstraksi senyawa aromatik dan bioaktif dari tanaman umumnya menggunakan teknik pelarut konvensional yang sering melibatkan pelarut petrokimia berbahaya. Misalnya, 85% vanilin global berasal dari senyawa petroleum, lebih efisien biaya dan waktu dibandingkan ekstraksi pelarut tradisional (Zhao *et al.* 2020). Namun, metode konvensional sering memakan waktu dan energi serta melibatkan pelarut organik yang toksik (Frontuto *et al.* 2019). Teknologi medan listrik berdenyut (*Pulsed Electrical Field/ PEF*), adalah salah satu alternatif metode ekstraksi yang dapat mengurangi hambatan transfer massa melalui sel (Carpentieri *et al.* 2021). Teknik PEF adalah teknologi non-panas yang memanfaatkan penerapan pulsa listrik bertegangan tinggi dalam durasi pendek pada membran sel jaringan tanaman. Proses ini menyebabkan pembentukan pori yang meningkatkan difusi zat terlarut melalui membran sel, sehingga mempermudah pemulihan substansi intraseluler seperti minyak dan

molekul lainnya yang diinginkan. PEF dapat meningkatkan laju ekstraksi jus, pewarna, gula, dan bahan aktif lainnya, serta memperpanjang umur simpan produk (Lindmark *et al.* 2014); Ganeva *et al.* 2014).

Teknik PEF menggunakan kekuatan medan listrik yang sedang hingga tinggi, berkisar antara 100–300 V/cm dalam mode *batch* dan 20–80 kV/cm dalam mode kontinu. Ada 2 hipotesis mengenai mekanisme potensial PEF, yaitu : 1) dalam membran sel biologis terjadi percepatan reaksi berbasis kimia dari berbagai senyawa untuk meningkatkan kelarutan pelarut (Xi *et al.* 2021), dan 2) teori proses elektroporasi atau permeabilisasi elektro melibatkan kekuatan listrik eksternal, yang meningkatkan permeabilitas membran sel (Panja, 2018). Bahan pangan atau bahan target lainnya ditempatkan di antara elektroda dan medan listrik tegangan tinggi. Membran sel ditusuk dengan membuat pori-pori hidrofilik, yang membuka saluran protein. Sampel mengalami gaya per unit muatan yang disebut medan listrik ketika pulsa listrik tegangan tinggi diterapkan melalui elektroda. Membran kehilangan fungsionalitas strukturnya, dan bahan tanaman diekstraksi (Redondo *et al.* 2018). Mekanisme ini ditunjukkan pada Gambar 9.2.



Gambar 9.2. Mekanisme elektroporasi pada proses ekstraksi komponen bioaktif

Secara umum, energi spesifik rendah (1–10 kJ/kg) dan waktu siklus pulsa (nanodetik hingga milidetik) efektif dalam proses ekstraksi (Koubaa *et al.* 2015). Selama ekstraksi, elektroporasi pada sel eukariotik dan prokariotik mengakibatkan pembentukan pori

permanen dan sementara dalam membran sel (Barba *et al.* 2015). Elektroporasi yang tidak dapat dipulihkan meningkatkan ekstraksi, sementara kekuatan medan Listrik meningkatkan permeabilitas membran sel, yang bergantung pada ukuran dan geometri sel (Puertolas *et al.* 2016). Kekuatan medan listrik 0,1 hingga 10 kV/cm memadai untuk jaringan tanaman halus, sedangkan bahan keras seperti biji memerlukan intensitas lebih tinggi (10 hingga 20 kV/cm) (Sarkis *et al.* 2015). Ini juga membantu menjaga karakteristik nutrisi dan sensorik makanan cair (Barba *et al.* 2016). Sel yang terkena medan listrik eksternal menunjukkan potensi transmembran tinggi akibat akumulasi muatan di permukaan membran. Sel memiliki batas ketahanan listrik yang menentukan kekuatan medan listrik yang dapat ditahan tanpa kerusakan signifikan; medan listrik kritis adalah nilai ambang untuk jenis sel tertentu. Pengembangan pori di membran bergantung pada kekuatan medan listrik, dengan kerusakan dapat dipulihkan pada intensitas rendah hingga sedang dan kerusakan permanen pada intensitas tinggi (Teh *et al.* 2015). PEF meningkatkan transfer massa dengan merusak struktur membran sel (Xi *et al.* 2021), sehingga meningkatkan permeabilitas membran dan membantu pelepasan zat intraseluler (Barba *et al.* 2015). Tingkat elektroporasi dipengaruhi oleh EFS, jenis dan jumlah pulsa, bentuk gelombang, waktu perlakuan, dan bahan tanaman yang ditargetkan (Moreira *et al.* 2019), dengan EFS spesifik tergantung pada geometri dan jarak elektroda.

Penerapan *pre-treatment* PEF, yang melibatkan pulsa listrik singkat pada bahan tanaman, dapat menginduksi permeabilisasi membran sel dan meningkatkan pemulihan senyawa intraseluler target secara selektif, sambil mengurangi biaya energi, konsumsi pelarut, dan waktu perlakuan (Raso *et al.* 2016; Puertolas *et al.* 2016; Barba *et al.* 2015).

9.2.6 *Cold Plasma*

Cold Plasma (CP) adalah teknologi baru yang menjamin kualitas dan keamanan makanan dengan meningkatkan karakteristik karbohidrat dan protein serta digunakan dalam berbagai aplikasi industry pangan (Thirumdas *et al.*, 2016). Teknologi ini memperbaiki tekstur (Thirumdas *et al.*, 2017), memiliki aktivitas antimikroba dan

inaktivasi enzim yang tinggi (Misra *et al.* 2016), serta digunakan dalam pengolahan limbah air dan bahan kemasan (Ekezie *et al.* 2017). Perlakuan CP dilakukan pada suhu mendekati suhu ruangan tanpa memerlukan energi termal tinggi, sehingga menghindari degradasi senyawa sensitif panas dalam produk pangan (Jadhav *et al.* 2021).

CP sering dianggap sebagai keadaan keempat dari materi, ditandai dengan peningkatan energi internal yang mengubah keadaan materi dari padat menjadi cair, gas, dan akhirnya menjadi gas terionisasi (plasma). Pembentukan CP terjadi saat gas dikenakan energi tinggi, dengan energi listrik sebagai sumber yang paling praktis. Proses tumbukan dalam plasma dingin menghasilkan partikel yang sangat kecil, sehingga memerlukan pasokan energi kontinu untuk aplikasinya (Hertwig *et al.* 2018). CP merupakan campuran gas yang sepenuhnya atau sebagian terionisasi, meliputi radikal bebas, elektron, foton, serta ion positif dan negatif, dengan molekul yang terangsang atau tidak terangsang (Mandal *et al.* 2018). Proses pembentukan CP menggunakan tekanan rendah atau tekanan atmosfer, serta memanfaatkan sebagian besar energinya dalam bentuk elektron. Molekul gas yang dipertahankan pada suhu ruangan disebut "*cold plasma*" atau *Atmosphere Cold Plasma* (ACP), yang ideal untuk aplikasi pada bahan pangan yang sensitif terhadap suhu pemanasan (Stoica *et al.* 2014; Mishra *et al.* 2016).

CP dapat dikategorikan berdasarkan suhu menjadi plasma termal dan non-termal (Zhang *et al.* 2019). Plasma termal melibatkan elektron dan molekul gas yang terionisasi dengan keseimbangan termodinamik pada suhu sekitar 20.000 K, sedangkan plasma non-termal dibagi menjadi plasma non-keseimbangan dan quasi-keseimbangan pada suhu $< 60^{\circ}\text{C}$ dan $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$, masing-masing. Aplikasi CP dalam pengolahan pangan menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam meningkatkan kualitas dan keamanan makanan, termasuk dalam mengurangi mikotoksin dan patogen. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk sterilisasi kemasan tanpa merusak sifatnya dan tidak meninggalkan residu (Pankaj *et al.* 2014; Misra *et al.* 2014).

9.3 Penutup

Teknologi pengolahan non panas untuk produk herbal telah dikembangkan yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan dengan cara mengurangi kontaminasi mikroorganisme tanpa mempengaruhi sifat nutrisi dan sensoriknya. Teknologi pengolahan non panas pada produk herbal meliputi ozonisasi, iradiasi, pengolahan dengan tekanan tinggi, medan listrik berdenyut, dan plasma dingin. Teknologi non-panas ini umumnya lebih hemat energi dan tidak banyak merusak kualitas produk dibandingkan metode pengolahan dengan panas konvensional seperti uap dan fumigasi. Aplikasi pengolahan non panas terhadap produk pangan herbal perlu dikembangkan dan disesuaikan untuk setiap komoditi, karena karena perbedaan dalam komposisi kimia dan bentuk fisik akan mempengaruhi mutu produk akhir yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barba FJ, Brianceau S, Turk M, Boussetta N, Vorobiev E 2015. Effect of alternative physical treatments (ultrasounds, pulsed electric fields, and high-voltage electrical discharges) on selective recovery of bio-compounds from fermented grape pomace. *Food Bioprocess Technol.* 8:1139–48. DOI: 10.1007/s11947-015-1482-3
- Barba FJ, Parniakov O, Koubaa M, Lebovka N. 2016. Pulsed Electric Fields Assisted Extraction from Exotic Fruit Residues. In *Handbook of Electroporation*, Miklavcic D (Ed). Springer Cham, Switzerland. 1-18
- Bearth dan Siegrist M. 2019. As Long as It is not Irradiated - Influencing Factors of US Consumers Acceptance of Food Irradiation. *Food Quality and Preference* 71:141-148.
- Bi X, Lim J, dan Henry CJ. 2017. Spices in the management of diabetesmellitus. *Food Chemistry* 217: 281–293.
- Brodowska AJ, S'migelski K, Nowak A *et al.* 2015. The impact of ozone treatment in dynamic bed parameters on changes in biologically active substances of juniper berries. *PLoS One* 10 (12): e0144855.
- Carpentieri S, Soltanipour F, Ferrari G, Pataro G, Donsì F. 2021. Emerging green techniques for the extraction of antioxidants from agri-food by-products as promising ingredients for the food industry. *Antioxidants*. 10:1417. 10.3390/antiox10091417
- Chandrapala J, Oliver C, Kentish S, dan Ashokkumar M. 2012. Ultrasonics in food processing – Food quality assurance and food safety. *Trends Food Sci. Technol* 26: 88–98
- Cullen PJ, Tiwari BK, O'Donnell CP, dan Muthukumarappan K. 2009. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science & Technology* 20(3-4): 125–136.
- Ekezie FGC, Sun DW, dan Cheng JH. 2017. A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Trends in Food Sci & Tech* 69, 46–58. 10.1016/j.tifs.2017.08.007

- Elamin WM, Endan JB, Yosuf YA, Shamsudin R, dan Ahmedov A. 2015. High Pressure Processing Technology and Equipment Evolution: A Review. *J. Eng. Sci. Tech. Review* 8: 5: 75- 83
- Embuscado ME. 2015 Spices and herbs: natural sources of antioxidants – amini review. *Journal of Functional Foods* 18: 811-819.
- Erriu M, Blus C, Szmukler-Moncler S, Buogo S, Levi R, Barbato G, Madonnaripa D, Denotti G, Piras V, dan Orru G. 2014. Microbial biofilm modulation by ultrasound: current concepts and controversies *Ultrason Sonochem* 21: 15-22
- European Commission. 1999a. Directive 1999/2/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the approximation of the laws of the Member States concerning foods and food ingredients treated with ionising radiation.
- European Commission. 1999b. Directive 1999/3/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the establishment of a Community list of foods and food ingredients treated with ionising radiation
- Farkas J. 2006. Irradiation for better foods. *Trends in Food Science and Technology* 17: 148-152.
- Frontuto D, Carullo D, Harrison SM, Brunton NP, Ferrari G, Lyng JG, et al.. 2019. Optimization of pulsed electric fields-assisted extraction of polyphenols from potato peels using response surface methodology. *Food Bioprocess Technol.* 12:1708-20. 10.1007/s11947-019-02320-z]
- Gavahian M, Farhoosh R, Javidnia K, Shahidi K, Golmakani MT, dan Farahnaky A. 2017. Effects of electrolyte concentration and ultrasound pretreatment on ohmic-assisted hydrodistillation of essential oils from *Mentha piperita* L. *Int J Food Eng* 13.
- Giacometti, J. Bursackovacevic D, Putnik P, Gabric D, Bilusic T, Kresic G, Stulic V, Barba FJ, Chemat F, Barbosa-Canovas G, dan Jambrak AR. 2018. Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review *Food Res. Int* 113 245-262
- Guzel-Seydim ZB, Greene AK, dan Seydim AC. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT Food Science and Technology* 37: 453-460.

- Hertwig C, Meneses N, dan Mathys A. 2018. Cold atmospheric pressure plasma and low energy electron beam as alternative nonthermal decontamination technologies for dry food surfaces: A review. *Trends in Food Science & Technology* 77: 131–142. 10.1016/j.tifs.2018.05.011
- Houška M, Silva FVM, Evelyn, Buckow R, Terefe NS, Tonello C. 2022. High Pressure Processing Applications in Plant Foods. *Foods* 11: 223. <https://doi.org/10.3390/foods11020223>
- Howson G. 2009. High pressure processing for food safety, extended shelf life and all-natural. USA: Avure Technologies.
- Inan F, Pala M, dan Doymaz I. 2007. Use of ozone in detoxification of aflatoxin B1 in red pepper. *Journal of Stored Products Research* 43 (4): 425–429.
- Jadhav HB, Annapure US, dan Deshmukh RR. 2021. Non-thermal technologies for food processing. *Frontiers in Nutrition* 8: 10.3389/2Ffnut.2021.657090
- Jørgen S, Torsten B, Tomasz Z, Alexander J, dan Mattia P. 2020. High-frequency (20 MHz) high-intensity focused ultrasound: New ablative method for color-independent tattoo removal in 1–3 sessions. An open-label exploratory study. *Skin Research Technology*, 26: 839–850, 10.1111/srt.12885
- Kaefer CM dan Milner JA. 2008. The role of herbs and spices in cancer prevention. *Journal of Nutritional Biochemistry* 19: 347–361.
- Karim PA. 2011. High pressure processing as an alternative food preservation technology and its application for fruits and vegetables. Nakhonpathom, 73170, Thailand: Manhattan, KS: Kansas State University. Mahidol University.
- Khaliq A, Chughtai MFJ, Mehmood T, Ahsan S, Liaqat A, Nadeem M, Sameed N, Saeed K, Ur Rehman J, dan Ali A. 2021. High-Pressure Processing; Principle, Applications, Impact, and Future Prospective. In Sustainable Food Processing and Engineering Challenges; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 75–108.
- Kim JG, Yousef AE, dan Dave S. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection* 62 (9): 1071–1087.

- Knorr D, Zenker M, Heinz V, Lee DU. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing *Trends Food Sci. Technol* 15 261-266
- Koubaa M, Roselló-Soto E, Šic Žlabur J, Režek Jambrak A, Brnčić M, Grimi N, Boussetta N, Barba, FJ. 2015. Current and New Insights in the Sustainable and Green Recovery of Nutritionally Valuable Compounds from Stevia rebaudiana Bertoni. *J. Agric. Food Chem* 63, 6835-6846, doi:10.1021/acs.jafc.5b01994.
- Kowalski R, Gagos M, Kowalska G, Pankiewicz U, Sujka M, Mazurek A, dan Nawrocka A. 2019. Effects of Ultrasound Technique on the Composition of Different Essential Oils *J Analyt. Methods Chem* 6782495
- Lindmark J, Lagerkvist A, Nilsson E, Carlsson M, Thorin E, dan Dahlquist E. 2014. Evaluating the Effects of Electroporation Pre-treatment on the Biogas Yield from Ley Crop Silage. *Appl Biochem Biotechnology* 174 2616-2625, DOI 10.1007/s12010-014-1213-7
- Liu HM, Yao YG, Ma YX, Wang XD. 2019. Ultrasound-assisted desolvantizing of fragrant oil from red pepper seed by subcritical propane extraction *Ultrason. Sonochem* 63 Article 104943
- Mandal R, Singh A, dan Singh AP. 2018. Recent developments in cold plasma decon-tamination technology in the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 80 93-103. 10.1016/j.tifs.2018.07.014
- Meng T, dan Zhengquan L. 2019. Influence of ultrasonic nebulization extraction, infusion temperatures, and matrices on aroma release and perception of green tea *LWT* 115 Article 108216
- Misra NN, Patil S, Moiseev T, Bourke P, Mosnier JP, Keener KM, dan Cullen PJ. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of straw-berries. *Journal of Food Engineering*, 125,131-138. 10.1016/j.jfoodeng.2013.10.023
- Misra NN, Schlüter O, dan Cullen PJ (Eds.) 2016. Cold plasma in food and agriculture: Fundamentals and applications . Academic Press .
- Mittendorfer J. 2016. Food Irradiation Facilities: Requirements and Technical Aspects. *Radiation Physics and Chemistry*, 129 61-63.

- Molnár H, Bata-Vidács I, Baka E et al. 2018. The effect of different decontamination methods on the microbial load, bioactive components, aroma and colour of spice paprika. *Food Control* 83 131–140
- Moreira SA, Alexandre EMC, Pintado M, dan Saraiva JA. 2019. Effect of emergent non-thermal extraction technologies on bioactive individual compounds profile from different plant materials. *Food Res Int* 115 177–190, doi:10.1016/j.foodres.2018.08.046.
- Napoli E, Mazzaglia A, Restuccia C et al. 2016. The effect of γ -irradiation on chemical composition, microbial load and sensory properties of Sicilian oregano. *LWT Food Science and Technology* 72: 566–572.
- Novak J, Demirci A, dan Han Y. 2008. Gas novel chemical processes: ozone, supercritical CO₂, electrolyzed oxidizing water, and chlorine dioxide. *Food Sci Tech Int* 14: 437–441.
- Ojha KS, Aznar R, O'Donnell C, Tiwari BK. 2020. Ultrasound technology for the extraction of biologically active molecules from plant, animal and marine sources TrAC, *Trends Anal. Chem* 122 Article 115663
- Panja P. 2018. Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials. *Curr Opin Food Sci* 23, 173–182, doi:10.1016/j.cofs.2017.11.012.
- Pankaj SK, Bueno-Ferrer C, Misra NN, Milosavljević V, O'donnell CP, Bourke P, Keener KM, dan Cullen PJ. 2014. Applications of cold plasma technology in food packaging. *Trends in Food Science & Technology* 35 1, 5–17. 10.1016/j.tifs.2013.10.009
- Puértolas E dan Barba FJ. 2016. Electrotechnologies applied to valorization of by-products from food industry: main findings, energy and economic cost of their industrialization. *Food Bioprod Process* 100:172–84. 10.1016/j.fbp.2016.06.020
- Puértolas E, Koubaa M, dan Barba FJ. 2016. An overview of the impact of electrotechnologies for the recovery of oil and high-value ncompounds from vegetable oil industry: Energy and economic cost implications. *Food Res Int* 80 19–26, doi:10.1016/j.foodres.2015.12.009.
- Ramirez-Suarez JC, dan Morrissey MT. 2006. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus*

- alalunga) minced muscle. Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7 19–27
- Raso J, Frey W, Ferrari G, Pataro G, Knorr D, Teissie J, et al.. 2016. Recommendations guidelines on the key information to be reported in studies of application of PEF technology in food and biotechnological processes. *Innov Food Sci Emerg Technol* 37 312–321. 10.1016/j.ifset.2016.08.003
- Redondo D, Venturini ME, Luengo E, Raso J, dan Arias E. 2018. Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products. *Innov Food Sci Emerg Technol* 45 335–343, doi:10.1016/j.ifset.2017.12.004.
- Ribeiro-Santos R, Andrade M, Madella D, et al. 2017a. Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: cinnamon. *Trends in Food Science & Technology* 62: 154–169.
- Ribeiro-Santos R, Andrade M, dan de Melo NR. 2017b. Use of essential oils in active food packaging: recent advances and future trends. *Trends in Food Science and Technology* 61: 132–140.
- Sanchez L, Pérez MD, dan Parrón J A. 2020. HPP in dairy products: Impact on quality and applications. In *Present and future of high pressure processing* (pp. 245–272). Elsevier. 10.1016/B978-0-12-816405-1.00011-X
- Sarkis JR, Boussetta N, Tessaro IC, Marczak LDF, dan Vorobiev E. 2015. Application of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges for oil extraction from sesame seeds. *J Food Eng* 153, 20–27, doi:10.1016/j.jfoodeng.2014.12.003.
- Sharma R. 2011. *Market trends in high pressure processing (HPP) food*. Australia: The University of Queensland.
- Song WJ, Sung HJ, Kim SY, et al. 2014. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in black pepper and red pepper by gamma irradiation. *International Journal of Food Microbiology* 172: 125–129.
- Souza LPd, Faroni LRD, Heleno FF, et al. 2018. Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality. *LWT Food Science and Technology* 90: 53–60.

- Srinivasan K. 2017. Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): a spice with multiple health beneficial potentials. *Pharma Nutrition* 5 1: 18–28.
- Srivastav S, Fatima M, dan Mondal AC. 2017. Important medicinal herbs in Parkinson's disease pharmacotherapy. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 92 856–863.
- Stoica M, Alexe P, dan Mihalcea L. 2014. Atmospheric cold plasma as new strategy for foods processing—an overview. *Innovative Romanian Food Biotechnology* 15 1–8.
- Sukor NF, Jusoh R, Kamarudin, Abdul Halim NA, Sulaiman AZ, dan Abdullah SB. 2020. Synergistic effect of probe sonication and ionic liquid for extraction of phenolic acids from oak galls *Ultrason Sonochem* 62 Article 104876
- Taha KK, Modwi A, Elamin MR, Arasheed R, Al-Fahad AJ, Albutairi I, Arasheed HA, Alfaify M, Anojaidi K, Algethami FK, dan Bagabas A. 2020. Impact of Hibiscus extract on the structural and activity of sonochemically fabricated ZnO nanoparticles *J Photochem Photobiol A* 390 Article 112263
- Teh SS, Niven BE, Bekhit AEDA, Carne A, dan Birch EJ. 2015. Microwave and pulsed electric field assisted extractions of polyphenols from defatted canola seed cake. *Int J Food Sci Technol* 50 1109–1115, doi:10.1111/ijfs.12749.
- Tekin K, Akalin MK, Seker MG. 2015. Ultrasound bath-assisted extraction of essential oils from clove using central composite design *Ind Crop Prod* 77 954–960
- Thirumdas R, Saragapani C, Ajinkya MT, Deshmukh RR, dan Annapure US. 2016. Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 37 53–60. 10.1016/j.ifset.2016.08.009
- Thirumdas R, Trimukhe A, Deshmukh RR, dan Annapure US. 2017. Functional and rheological properties of cold plasma treated rice starch. *Carbohydrate Polymers* 157 1723–1731. 10.1016/j.carbpol.2016.11.050
- Torlak E, Sert D, dan Ulca P. 2013. Efficacy of gaseous ozone against salmonella and microbial population on dried oregano. *International Journal of Food Microbiology* 165 (3): 276–280.

- World Health Organization - WHO. 2013. General standard for irradiated foods. Codex Alimentarius 106-1983 Rev.1-2003.
- Xi J, Li Z, dan Fan Y. 2021. Recent advances in continuous extraction of bioactive ingredients from food-processing wastes by pulsed electric fields. *Crit Rev Food Sci Nutr* 61 1738-1750, doi:10.1080/10408398.2020.1765308.
- Yoon M, Jun K, Lee KY et al. 2014. Synergistic effect of the combined treatment with gamma irradiation and sodium dichloroisocyanurate to control gray mold (*Botrytis cinerea*) on paprika. *Radiation Physics and Chemistry* 98: 103-108.
- Yu H, Gao J, Zhong Q, Guo Y, Xie Y, Yao W, dan Zhou W. 2018. Acoustic pressure and temperature distribution in a novel continuous ultrasonic tank reactor: a simulation study *IOP Conference Series: Mater Sci Eng* 392 Article 062021
- Yu H, Liu Y, Li L, Guo Y, Xie Y, Cheng Y, dan Yao W. 2020. Ultrasound-involved emerging strategies for controlling foodborne microbial biofilms *Trends Food Sci Technol* 96 91-101
- Zanardi E, Caligiani A, dan Novelli. 2017. New Insights to Detect Irradiated Food: an Overview *Food Anal. Methods*.
- Zhang X, Miao Y, Ruan JG, Meng SP, Dong JD, Yin H, Huang Y, Chen FR, Wang ZC, dan Lai YF. 2019. Association Between Nitrite and Nitrate Intake and Risk of Gastric Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis *Med Sci Mon Int Med J Exp Clin Res* 25 1788-1799
- Zhao X, Zhang Y, Cheng Y, Sun H, Bai S, dan Li C. 2021. Identifying environmental hotspots and improvement strategies of vanillin production with life cycle assessment. *Sci Total Environ* 769:144771. 10.1016/j.scitotenv.2020.144771
- Zhu F. 2015 Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch *Trends Food Sci. Technol* 43 1-17

BAB 10

STABILITAS SELAMA PENGOLAHAN

SEREALIA

Oleh Abd. Syukur Lumbessy

10.1 Serealia

Serealia merupakan salah satu komoditas pangan utama di dunia dan menjadi bahan baku penting dalam berbagai produk olahan. Pengolahan serealia bertujuan untuk meningkatkan nilai guna, daya simpan, dan keamanan pangan. Namun, selama proses pengolahan dan penyimpanan, serealia dan produk olahannya dapat mengalami perubahan yang tidak diinginkan yang dapat mempengaruhi kualitas dan keamanannya. Oleh karena itu, menjaga stabilitas serealia selama pengolahan dan penyimpanan menjadi hal yang sangat penting (Ibanoglu & Ercan, 2018).

Stabilitas dalam pengolahan serealia dapat didefinisikan sebagai kemampuan produk serealia untuk mempertahankan kualitas dan keamanannya selama periode waktu tertentu. Ini meliputi aspek-aspek seperti tekstur, rasa, aroma, warna, dan karakteristik sensorik lainnya, serta mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan (Heiniö, 2014). Menjaga stabilitas produk serealia sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan umur simpan yang memadai, serta mencegah perubahan fisik, kimia, dan mikrobiologi yang dapat memengaruhi penerimaan konsumen dan menyebabkan risiko kesehatan (Kilcast & Subramaniam, 2011).

Stabilitas serealia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kadar air, aktivitas air (aw), komposisi kimia (karbohidrat, protein, lemak), struktur fisik, suhu penyimpanan, pengemasan, dan paparan oksigen (Heiniö, 2014; Kilcast & Subramaniam, 2011). Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi enzimatik yang tidak diinginkan, sementara aktivitas air (aw) yang rendah dapat memicu reaksi non-enzimatik seperti reaksi Maillard dan oksidasi lemak (Ibanoglu & Ercan, 2018). Komposisi kimia serealia,

seperti kandungan karbohidrat, protein, dan lemak, juga mempengaruhi stabilitas produk karena dapat terlibat dalam berbagai reaksi selama pengolahan dan penyimpanan (Zhou et al., 2014). Untuk menjaga stabilitas serealia, berbagai metode pengolahan dapat diterapkan, seperti pengeringan, pemanasan (penyangraian, pengukusan), penggunaan bahan pengawet (antioksidan, antimikroba), dan pengemasan (kemasan vakum, kemasan modifikasi atmosfer) (Ibanoglu & Ercan, 2018; Zhou et al., 2014). Selain itu, pengujian dan analisis stabilitas serealia melalui uji organoleptik, uji fisikokimia, uji mikrobiologi, dan uji penyimpanan (shelf-life) juga penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk (Heiniö, 2014).

Menjaga stabilitas dalam pengolahan serealia sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan umur simpan yang memadai. Berikut penjelasan lebih lengkap tentang pentingnya menjaga stabilitas dalam pengolahan serealia:

1. Mempertahankan Kualitas Sensorik dan Nutrisi, Stabilitas produk serealia sangat penting untuk mempertahankan kualitas sensorik seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan selama periode penyimpanan. Perubahan yang tidak diinginkan dalam sifat-sifat sensorik dapat menyebabkan penurunan penerimaan konsumen dan kerugian ekonomi bagi produsen (Ibanoglu & Ercan, 2018). Selain itu, stabilitas juga penting untuk mempertahankan nilai nutrisi produk serealia, seperti kandungan vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif lainnya yang dapat rusak selama pengolahan dan penyimpanan (Heiniö, 2014).
2. Mencegah Pertumbuhan Mikroorganisme Menjaga stabilitas produk serealia sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir yang dapat menyebabkan kebusukan, pembentukan toksin, dan risiko keamanan pangan (Kilcast & Subramaniam, 2011). Pertumbuhan mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kadar air, aktivitas air (aw), pH, dan ketersediaan nutrisi. Oleh karena itu, pengendalian faktor-faktor ini melalui metode pengolahan dan pengemasan yang tepat sangat penting untuk menjaga stabilitas dan keamanan produk serealia.
3. Memperpanjang Umur Simpan Stabilitas produk serealia berkaitan erat dengan umur simpannya. Produk yang tidak stabil

akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan mikrobiologi yang lebih cepat, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan keamanan serta memperpendek umur simpan (Ibanoglu & Ercan, 2018). Dengan menjaga stabilitas produk, umur simpan dapat diperpanjang, sehingga mengurangi kerugian akibat kerusakan produk dan memungkinkan distribusi yang lebih luas.

4. Memenuhi Persyaratan Regulasi dan Standar Keamanan Pangan Banyak negara memiliki peraturan dan standar yang ketat terkait keamanan pangan dan stabilitas produk pangan, termasuk produk serealia. Produk yang tidak stabil dan mengalami perubahan kualitas atau pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan dapat melanggar peraturan dan standar ini, sehingga berpotensi mendapat sanksi atau penarikan produk dari pasar (Kilcast & Subramaniam, 2011). Oleh karena itu, menjaga stabilitas produk serealia menjadi sangat penting untuk memenuhi persyaratan regulasi dan standar keamanan pangan.
5. Meningkatkan Kepercayaan Konsumen dan Profitabilitas Produk serealia yang stabil dan terjaga kualitasnya selama periode penyimpanan akan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk tersebut. Konsumen akan lebih mungkin untuk membeli dan mengonsumsi produk yang mereka percaya kualitasnya (Heiniö, 2014). Selain itu, dengan menjaga stabilitas produk, produsen dapat mengurangi kerugian akibat kerusakan produk, memperpanjang umur simpan, dan meningkatkan profitabilitas bisnis mereka.

Menjaga stabilitas dalam pengolahan serealia menjadi sangat penting karena dapat mempertahankan kualitas sensorik dan nutrisi, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, memperpanjang umur simpan, memenuhi persyaratan regulasi dan standar keamanan pangan, serta meningkatkan kepercayaan konsumen dan profitabilitas. Dengan penjelasan lengkap disertai sumber dari buku dan jurnal terkait, diharapkan pentingnya menjaga stabilitas dalam pengolahan serealia dapat dipahami dengan baik.

10.2 Sifat – sifat fisik Serealia yang mempengaruhi stabilitas.

Sifat-sifat fisik serealia dan produk olahannya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitasnya selama pengolahan dan penyimpanan. Berikut adalah penjelasan tentang sifat-sifat fisik serealia yang mempengaruhi stabilitas, disertai dengan sumber dari literatur:

1. Kadar Air Kadar air merupakan faktor penting yang mempengaruhi stabilitas serealia. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme, reaksi enzimatik, dan reaksi kimia yang tidak diinginkan, sehingga mempercepat kerusakan produk (Heiniö, 2014). Untuk menjaga stabilitas, kadar air produk serealia harus dikendalikan melalui metode pengolahan seperti pengeringan atau pemanggangan.
2. Aktivitas Air (aw) Aktivitas air (aw) adalah parameter yang berkaitan erat dengan kadar air dan juga mempengaruhi stabilitas serealia. Aktivitas air menunjukkan jumlah air yang tersedia untuk reaksi kimia dan pertumbuhan mikroorganisme (Kilcast & Subramaniam, 2011). Setiap jenis mikroorganisme memiliki kisaran aktivitas air minimum untuk pertumbuhannya. Pengendalian aktivitas air dalam produk serealia menjadi penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kimia yang tidak diinginkan.
3. Komposisi Kimia (Karbohidrat, Protein, Lemak, dll.) Komposisi kimia serealia, seperti kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan senyawa bioaktif lainnya, dapat mempengaruhi stabilitas produk selama pengolahan dan penyimpanan. Komponen-komponen ini dapat terlibat dalam berbagai reaksi seperti reaksi Maillard, oksidasi lemak, dan degradasi enzimatik yang dapat menyebabkan perubahan warna, rasa, aroma, dan tekstur (Zhou et al., 2014).
4. Struktur Fisik (Ukuran Partikel, Porositas, dll.) Struktur fisik serealia, seperti ukuran partikel, porositas, dan densitas, juga dapat mempengaruhi stabilitasnya. Serealia dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan porositas yang lebih tinggi cenderung memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga

lebih rentan terhadap reaksi oksidasi dan penyerapan air (Ibanoglu & Ercan, 2018). Struktur fisik produk serealia juga dapat memengaruhi sifat-sifat seperti tekstur, kekerasan, dan kerapuhan.

10.3 Reaksi – Reaksi yang Mempengaruhi Stabilitas Serealia

Selama pengolahan dan penyimpanan serealia, berbagai reaksi kimia dapat terjadi dan mempengaruhi stabilitas produk. Berikut adalah penjelasan tentang reaksi-reaksi yang mempengaruhi stabilitas serealia, disertai dengan sumber dari jurnal dan buku:

1. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi merupakan salah satu penyebab utama kerusakan dalam serealia dan produk olahannya. Reaksi ini melibatkan interaksi antara oksigen dengan senyawa organik seperti lemak, protein, dan karbohidrat, yang dapat menyebabkan perubahan warna, aroma, rasa, dan nilai gizi (Zhou et al., 2014).

Oksidasi lemak, khususnya lemak tidak jenuh, dapat menyebabkan ketengikan dan pembentukan senyawa volatil yang tidak diinginkan. Oksidasi protein dapat menyebabkan modifikasi asam amino dan pembentukan senyawa berwarna cokelat (Chavan & Arya, 2020). Sementara oksidasi karbohidrat dapat menyebabkan degradasi gula dan pembentukan senyawa aldehida yang tidak diinginkan (Ibanoglu & Ercan, 2018).

2. Reaksi Hidrolisis

Reaksi hidrolisis adalah reaksi kimia yang melibatkan pemecahan ikatan kovalen oleh molekul air. Dalam serealia, reaksi hidrolisis dapat menyebabkan degradasi molekul kompleks seperti pati, protein, dan lemak menjadi molekul yang lebih sederhana (Zhou et al., 2014). Hidrolisis pati oleh enzim amilase dapat menyebabkan pelunakan tekstur dan perubahan konsistensi produk serealia. Hidrolisis protein dapat menyebabkan pembentukan peptida dan asam amino yang dapat memicu reaksi Maillard dengan gula pereduksi (Chavan & Arya, 2020). Hidrolisis lemak oleh enzim lipase dapat menyebabkan pembentukan asam lemak bebas, yang dapat berkontribusi pada ketengikan dan rasa tidak enak.

3. Reaksi Maillard

Reaksi Maillard adalah reaksi antara gula pereduksi (seperti glukosa dan fruktosa) dan asam amino atau protein, yang menghasilkan senyawa berwarna cokelat dan aroma khas (Martins et al., 2001). Reaksi ini sering terjadi selama pemanggangan atau pemanasan produk serealia. Dalam jumlah yang tepat, reaksi Maillard dapat memberikan warna dan aroma yang diinginkan pada produk serealia. Namun, jika terjadi secara berlebihan, reaksi ini dapat menyebabkan perubahan warna, rasa, dan aroma yang tidak diinginkan, serta penurunan nilai gizi (Chavan & Arya, 2020).

4. Reaksi Enzimatik

Serealia mengandung berbagai enzim alami, seperti amilase, lipase, protease, dan oksidase, yang dapat menyebabkan perubahan selama pengolahan dan penyimpanan (Zhou et al., 2014). Aktivitas enzim amilase yang berlebihan dapat menyebabkan pelunakan tekstur dan penurunan kualitas produk serealia. Aktivitas lipase dapat menyebabkan hidrolisis lemak dan pembentukan asam lemak bebas, yang dapat berkontribusi pada ketengikan dan rasa tidak enak. Sementara aktivitas protease dapat menyebabkan degradasi protein dan perubahan sifat fungsional produk serealia (Chavan & Arya, 2020).

10.4 Metode Pengolahan untuk Meningkatkan Stabilitas Serealia

Untuk menjaga stabilitas serealia dan produk olahannya selama pengolahan dan penyimpanan, ada berbagai metode pengolahan yang dapat diterapkan. Berikut adalah penjelasan mengenai metode pengolahan yang dapat meningkatkan stabilitas serealia:

1. Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu metode pengolahan yang paling umum digunakan untuk meningkatkan stabilitas serealia. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam produk serealia hingga mencapai tingkat yang aman untuk

mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi enzimatik yang tidak diinginkan (Heiniö, 2014).

Metode pengeringan yang umum digunakan dalam industri serealia antara lain pengeringan udara panas, pengeringan beku (freeze-drying), dan pengeringan vakum. Pengeringan beku dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik, namun membutuhkan biaya yang lebih tinggi (Kilcast & Subramaniam, 2011).

2. Pemanasan (Penyangraian, Pengukusan, dll.)

Pemanasan, seperti penyangraian, pengukusan, atau pemanggangan, juga merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan stabilitas serealia. Proses pemanasan dapat menginaktivasi enzim dan mengurangi pertumbuhan mikroorganisme, serta menghasilkan perubahan fisik dan kimia yang diinginkan dalam produk serealia (Ibanoglu & Ercan, 2018).

Penyangraian adalah metode pemanasan kering yang sering digunakan untuk produk seperti sereal sarapan dan kacang-kacangan. Proses ini dapat meningkatkan stabilitas oksidatif dan mengurangi kadar air produk (Zhou et al., 2014). Sementara pemanggangan, seperti dalam pembuatan roti dan produk bakeri lainnya, dapat menghasilkan karakteristik sensorik yang diinginkan melalui reaksi Maillard dan karamelisasi.

3. Penggunaan Bahan Pengawet (Antioksidan, Antimikroba, dll.)

Meningkatkan stabilitas serealia selama penyimpanan, bahan pengawet seperti antioksidan dan antimikroba sering ditambahkan. Antioksidan, seperti BHA, BHT, atau antioksidan alami, dapat menghambat reaksi oksidasi dan memperlambat ketengikan (Chavan & Arya, 2020). Sementara itu, antimikroba seperti asam propionat, asam sorbat, atau natrium benzoat dapat digunakan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan produk serealia (Kilcast & Subramaniam, 2011).

4. Pengemasan (Kemasan Vakum, Kemasan Modifikasi Atmosfer, dll.)

Pengemasan yang tepat dapat berperan penting dalam menjaga stabilitas serealia selama penyimpanan. Kemasan vakum atau kemasan modifikasi atmosfer (MAP) dapat digunakan

untuk mengurangi paparan oksigen dan memperlambat reaksi oksidasi (Ibanoglu & Ercan, 2018). Selain itu, penggunaan bahan pengemas yang memiliki sifat barrier terhadap oksigen, uap air, dan cahaya juga dapat membantu mempertahankan kualitas dan umur simpan produk serealia (Kilcast & Subramaniam, 2011).

10.5 Pengujian dan Analisis Stabilitas Serealia

Untuk memastikan kualitas dan keamanan produk serealia selama penyimpanan, diperlukan pengujian dan analisis stabilitas yang tepat. Berikut adalah penjelasan rinci tentang pengujian dan analisis stabilitas serealia, disertai dengan rumus analisis:

1. Uji Organoleptik (Rasa, Aroma, Tekstur, Warna) Uji organoleptik merupakan evaluasi sensorik yang melibatkan indra manusia (penglihatan, penciuman, pengecapan, dan perabaan) untuk menilai karakteristik sensorik produk serealia seperti rasa, aroma, tekstur, dan warna. Metode uji organoleptik yang sering digunakan antara lain uji mutu hedonik, uji skoring, dan uji deskriptif.

Uji mutu hedonik melibatkan panelis untuk menilai tingkat kesukaan atau ketidaksesuaian terhadap suatu produk dengan menggunakan skala numerik atau kategori tertentu. Contoh rumus untuk perhitungan skor mutu hedonik:

Skor Mutu Hedonik = Σ (Nilai Skala x Jumlah Panelis) Total Panelis.

Uji skoring melibatkan penilaian kuantitatif terhadap atribut sensorik tertentu menggunakan skala numerik. Contoh rumus untuk perhitungan skor atribut tekstur:

Skor Tekstur = Σ (Nilai Skala Tekstur x Jumlah Panelis) Total Panelis.

2. Uji Fisikokimia (Kadar Air, aw, Komposisi Kimia, dll.)

Uji fisikokimia melibatkan analisis kuantitatif terhadap sifat-sifat fisik dan kimia produk serealia yang berkaitan dengan stabilitasnya.

Kadar Air: Kadar air dapat dianalisis dengan metode oven, metode destilasi, atau metode lain yang sesuai dengan standar analisis.

Contoh rumus untuk perhitungan kadar air dengan metode oven:

Kadar Air (%) = (Berat Awal - Berat Akhir) x 100% Berat Awal

- a. Aktivitas Air (aw): Aktivitas air dapat diukur menggunakan alat pengukur aw seperti higrometer atau dengan metode lain yang sesuai dengan standar analisis.
 - b. Komposisi Kimia: Analisis komposisi kimia seperti kadar protein, lemak, karbohidrat, dan senyawa lainnya dapat dilakukan dengan metode yang sesuai, seperti metode Kjeldahl untuk analisis protein, metode Soxhlet untuk analisis lemak, dan metode lainnya.
3. Uji Mikrobiologi (Pertumbuhan Bakteri, Kapang, Khamir)

Uji mikrobiologi dilakukan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir dalam produk serealia. Metode yang sering digunakan adalah teknik hitung cawan (pour plate atau spread plate) dengan media pertumbuhan yang sesuai.

Contoh rumus untuk perhitungan jumlah koloni bakteri:

Jumlah Koloni Bakteri (CFU/g) = Jumlah Koloni x Faktor Pengenceran Berat Sampel (g).

10.6 Studi Kasus Stabilitas Pengolahan Serealia

Serealia, seperti gandum, beras, dan jagung, merupakan sumber makanan utama bagi sebagian besar populasi dunia. Pengolahan serealia menjadi produk akhir yang dapat dikonsumsi melibatkan berbagai proses, seperti penggilingan, fermentasi, dan pemanasan. Stabilitas serealia selama proses pengolahan sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk akhir. Belitz,H.D.,Grosch,W.,& Schieberle, P. (2009).

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi stabilitas serealia selama pengolahan adalah keberadaan enzim. Enzim alami dalam serealia, seperti amilase, protease, dan lipase, dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan dalam sifat fisikokimia dan organoleptik produk akhir jika tidak dikendalikan dengan baik.(Cauvain,S.P.,&Young, L. S. (2007).

Panas merupakan metode umum yang digunakan untuk menginaktivasi enzim selama pengolahan serealia. Namun, paparan panas yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada nutrisi,

perubahan warna, dan penurunan kualitas organoleptik. Oleh karena itu, diperlukan penanganan yang tepat untuk memastikan enzim yang tidak diinginkan diinaktivasi sementara sifat fungsional dan nutrisi serealia tetap terjaga. Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009). Salah satu contoh studi kasus adalah pengolahan tepung gandum. Amilase, enzim yang bertanggung jawab atas pemecahan pati menjadi gula sederhana, dapat menyebabkan tekstur lepek dan rasa pahit jika tidak diinaktivasi dengan benar.

Pemanasan yang terkontrol selama proses pengolahan tepung gandum diperlukan untuk menjaga aktivitas amilase pada tingkat yang diinginkan, sehingga menghasilkan tepung dengan kualitas yang konsisten. Dalam pengolahan beras, enzim lipase dapat menyebabkan ketengikan dan penurunan umur simpan beras olahan. Pengendalian aktivitas lipase melalui pengeringan, pemanasan, atau penggunaan inhibitor enzim merupakan langkah penting untuk mempertahankan kualitas dan rasa beras selama penyimpanan.

Fermentasi merupakan proses penting dalam pengolahan serealia seperti pembuatan roti, bir, dan makanan fermentasi lainnya. Enzim yang terlibat dalam fermentasi, seperti amilase dan protease, harus dikendalikan dengan hati-hati untuk memastikan produk akhir memiliki karakteristik yang diinginkan. Selain panas, ada juga metode lain yang dapat digunakan untuk mengendalikan aktivitas enzim dalam serealia, seperti penggunaan inhibitor enzim alami atau sintetis, serta modifikasi genetik untuk menghasilkan varietas serealia dengan aktivitas enzim yang diinginkan.

Stabilitas serealia selama penyimpanan juga merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan. Kelembaban, suhu, dan paparan oksigen dapat memengaruhi aktivitas enzim dan menyebabkan penurunan kualitas produk selama penyimpanan. Pengemasan yang tepat dan pengendalian kondisi penyimpanan sangat penting untuk mempertahankan stabilitas serealia. Selain enzim, faktor lain seperti mikroorganisme juga dapat memengaruhi stabilitas serealia selama pengolahan dan penyimpanan. Kontaminasi mikroba dapat menyebabkan pembusukan, produksi toksin, dan perubahan organoleptik yang tidak diinginkan. Praktik sanitasi yang baik dan pengendalian kondisi proses sangat penting untuk mencegah

pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan.(Huber, K. C., & BeMiller, J. N. (2017).

Studi kasus stabilitas pengolahan serealia juga mencakup pengembangan metode analisis yang akurat dan efisien untuk memantau aktivitas enzim dan perubahan kualitas serealia selama pengolahan. Metode seperti analisis enzimatik, spektroskopi, dan kromatografi digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan kualitas produk serealia. Dalam industri pangan, penerapan sistem manajemen mutu yang efektif, seperti Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) dan Good Manufacturing Practices (GMP), sangat penting untuk memastikan stabilitas dan keamanan produk serealia selama proses pengolahan dan distribusi. Selain itu, penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk mengeksplorasi teknik pengolahan baru yang dapat meningkatkan stabilitas dan kualitas produk serealia, seperti penggunaan teknologi non-termal (seperti radiasi ultraviolet, tekanan tinggi, dan gelombang mikro) untuk menginaktivasi enzim dan mikroba. (Jideani, V. A., & Vogt, K (2016).

Studi kasus stabilitas pengolahan serealia juga melibatkan pengembangan varietas serealia baru melalui pemuliaan tanaman atau rekayasa genetika untuk meningkatkan stabilitas dan sifat fungsional serealia selama pengolahan dan penyimpanan. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan regulator sangat penting untuk memastikan penelitian dan pengembangan di bidang stabilitas pengolahan serealia terus berkembang, serta untuk menetapkan standar dan regulasi yang memadai untuk memastikan keamanan dan kualitas produk serealia. Secara keseluruhan, studi kasus stabilitas pengolahan serealia melibatkan berbagai aspek, mulai dari pemahaman sifat serealia dan enzim, hingga pengembangan teknik pengolahan dan metode analisis yang lebih efisien dan aman.

1. Stabilitas Tepung Serealia

Produk roti dan pastri merupakan makanan yang sangat populer di seluruh dunia. Namun, produk-produk ini rentan terhadap penurunan kualitas dan kerusakan selama proses produksi, penyimpanan, dan distribusi. Stabilitas produk roti dan pastri sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan

umur simpan yang memadai. (Referensi: Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007).

Salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri adalah aktivitas enzim. Enzim seperti amilase, protease, dan lipase dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan dalam tekstur, rasa, dan umur simpan produk jika tidak dikendalikan dengan baik. (Referensi: Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009)

Enzim amilase, terutama α -amilase, dapat menyebabkan degradasi pati menjadi gula sederhana, yang dapat menghasilkan tekstur lengket dan rasa manis yang berlebihan dalam produk roti dan pastri. Pengendalian aktivitas amilase melalui pemanasan atau penambahan inhibitor enzim sangat penting untuk menjaga stabilitas produk. (Referensi: Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009).

Enzim protease dapat menguraikan protein dalam adonan, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas pembentukan adonan dan tekstur produk akhir. Pengendalian aktivitas protease juga merupakan faktor penting dalam mempertahankan stabilitas produk roti dan pastri. (Referensi: Huber, K. C., & BeMiller, J. N. (2017).

Enzim lipase bertanggung jawab atas hidrolisis lemak dan penurunan umur simpan produk roti dan pastri. Pengendalian aktivitas lipase melalui pengeringan yang tepat atau penggunaan inhibitor enzim diperlukan untuk memastikan stabilitas produk. (Referensi: Lukow, O. M., & Bushuk, W. (2018). Selain aktivitas enzim, kelembaban juga merupakan faktor penting yang memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan kapang dan bakteri, sementara kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan produk menjadi kering dan rapuh. (Referensi: Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2009).

Penyimpanan produk roti dan pastri dalam kondisi yang tepat, seperti suhu dan kelembaban yang terkontrol, dapat membantu memperpanjang umur simpan dan menjaga stabilitas produk. Pengemasan yang baik juga sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan meminimalkan paparan oksigen.

(Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004).

Kontaminasi mikroba, seperti kapang dan bakteri, dapat menyebabkan pembusukan, produksi mikotoksin, dan perubahan organoleptik yang tidak diinginkan dalam produk roti dan pastri. Praktik sanitasi yang baik selama produksi dan penanganan produk sangat penting untuk mencegah kontaminasi mikroba. (Legan, J. D. (1993). Untuk memantau stabilitas produk roti dan pastri, berbagai metode analisis dapat digunakan, seperti analisis aktivitas enzim, pengujian kadar air, uji organoleptik, analisis tekstur, dan analisis mikrobiologi. Metode ini membantu memastikan kualitas dan keamanan produk selama proses produksi dan penyimpanan. (Referensi: Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000).

Penggunaan bahan tambahan pangan, seperti antioksidan, pengawet, dan inhibitor enzim, dapat membantu meningkatkan stabilitas produk roti dan pastri. Namun, penggunaan bahan tambahan ini harus diatur dan diawasi dengan ketat untuk memastikan keamanan produk bagi konsumen. (Sikorski, Z E (Ed.). (2007).

Teknik pengolahan panas, seperti pemanggangan, memainkan peran penting dalam menginaktivasi enzim dan mikroba dalam produk roti dan pastri. Namun, pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan nutrisi dan perubahan organoleptik yang tidak diinginkan. (Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2011). Modifikasi resep dan formulasi produk roti dan pastri juga dapat mempengaruhi stabilitas produk. Penggunaan bahan-bahan seperti gum, pati termodifikasi, dan serat dapat meningkatkan stabilitas tekstur dan memperpanjang umur simpan produk. (Cauvain, S. P., & Young, L S. (2008).

Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk mengeksplorasi teknik pengolahan baru, bahan tambahan pangan yang lebih aman, atau modifikasi genetik untuk meningkatkan stabilitas produk roti dan pastri. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan regulator sangat penting untuk memastikan produk yang berkualitas tinggi dan aman bagi konsumen. (Referensi: Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2016).

Selain faktor-faktor internal, faktor eksternal seperti kondisi distribusi dan penanganan produk juga dapat memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri. Penerapan praktik distribusi dan penanganan yang baik sangat penting untuk meminimalkan kerusakan produk selama proses penjualan dan penyimpanan di toko ritel.

2. Stabilitas Tepung Roti dan Pastri

Produk roti dan pastri merupakan makanan yang sangat populer di seluruh dunia. Namun, produk-produk ini rentan terhadap penurunan kualitas dan kerusakan selama proses produksi, penyimpanan, dan distribusi. Stabilitas produk roti dan pastri sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan umur simpan yang memadai. (Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007). Salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri adalah aktivitas enzim. Enzim seperti amilase, protease, dan lipase dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan dalam tekstur, rasa, dan umur simpan produk jika tidak dikendalikan dengan baik. (Referensi: Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009).

Enzim amilase, terutama α -amilase, dapat menyebabkan degradasi pati menjadi gula sederhana, yang dapat menghasilkan tekstur lengket dan rasa manis yang berlebihan dalam produk roti dan pastri. Pengendalian aktivitas amilase melalui pemanasan atau penambahan inhibitor enzim sangat penting untuk menjaga stabilitas produk. (Referensi: Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009).

Enzim protease dapat menguraikan protein dalam adonan, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas pembentukan adonan dan tekstur produk akhir. Pengendalian aktivitas protease juga merupakan faktor penting dalam mempertahankan stabilitas produk roti dan pastri. (Referensi: Huber, K. C., & BeMiller, J. N. (2017).

Enzim lipase bertanggung jawab atas hidrolisis lemak dalam adonan, yang dapat menyebabkan ketengikan dan penurunan umur simpan produk roti dan pastri. Pengendalian aktivitas lipase melalui pengeringan yang tepat atau penggunaan inhibitor enzim

diperlukan untuk memastikan stabilitas produk. (Referensi: Lukow, O. M., & Bushuk, W. (2018). Selain aktivitas enzim, kelembaban juga merupakan faktor penting yang memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan kapang dan bakteri, sementara kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan produk menjadi kering dan rapuh. (Referensi: Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2009).

Penyimpanan produk roti dan pastri dalam kondisi yang tepat, seperti suhu dan kelembaban yang terkontrol, dapat membantu memperpanjang umur simpan dan menjaga stabilitas produk. Pengemasan yang baik juga sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan meminimalkan paparan oksigen. (Referensi: Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004).

Kontaminasi mikroba, seperti kapang dan bakteri, dapat menyebabkan pembusukan, produksi mikotoksin, dan perubahan organoleptik yang tidak diinginkan dalam produk roti dan pastri. Praktik sanitasi yang baik selama produksi dan penanganan produk sangat penting untuk mencegah kontaminasi mikroba. (Referensi: Legan, J. D. (1993). Untuk memantau stabilitas produk roti dan pastri, berbagai metode analisis dapat digunakan, seperti analisis aktivitas enzim, pengujian kadar air, uji organoleptik, analisis tekstur, dan analisis mikrobiologi. Metode ini membantu memastikan kualitas dan keamanan produk selama proses produksi dan penyimpanan. (Referensi: Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000).

Penggunaan bahan tambahan pangan, seperti antioksidan, pengawet, dan inhibitor enzim, dapat membantu meningkatkan stabilitas produk roti dan pastri. Namun, penggunaan bahan tambahan ini harus diatur dan diawasi dengan ketat untuk memastikan keamanan produk bagi konsumen. (Referensi: Sikorski, Z. E. (Ed.). (2007).

Teknik pengolahan panas, seperti pemanggangan, memainkan peran penting dalam menginaktivasi enzim dan mikroba dalam produk roti dan pastri. Namun, pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan nutrisi dan perubahan

organoleptik yang tidak diinginkan. (Referensi: Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2011).

Modifikasi resep dan formulasi produk roti dan pastri juga dapat mempengaruhi stabilitas produk. Penggunaan bahan-bahan seperti gum, pati termodifikasi, dan serat dapat meningkatkan stabilitas tekstur dan memperpanjang umur simpan produk. (Referensi: Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2008). Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk mengeksplorasi teknik pengolahan baru, bahan tambahan pangan yang lebih aman, atau modifikasi genetik untuk meningkatkan stabilitas produk roti dan pastri. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan regulator sangat penting untuk memastikan produk yang berkualitas tinggi dan aman bagi konsumen. (Referensi: Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2016). Selain faktor-faktor internal, faktor eksternal seperti kondisi distribusi dan penanganan produk juga dapat memengaruhi stabilitas produk roti dan pastri. Penerapan praktik distribusi dan penanganan yang baik sangat penting untuk meminimalkan kerusakan produk selama proses penjualan dan penyimpanan di toko ritel.

3. Stabilitas Makanan Ringan Berbahan Dasar Serealia

Makanan ringan berbahan dasar serealia, seperti keripik, sereal, dan biskuit, sangat populer di kalangan konsumen karena rasanya yang enak dan praktis untuk dikonsumsi. Namun, stabilitas produk ini selama proses produksi, penyimpanan, dan distribusi menjadi perhatian utama untuk memastikan kualitas dan keamanan produk. (Kulp, K., & Lorenz, K. (2003).

Salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia adalah aktivitas enzim. Enzim alami dalam serealia, seperti amilase, protease, dan lipase, dapat menyebabkan perubahan tekstur, rasa, dan aroma yang tidak diinginkan jika tidak dikendalikan dengan baik. (Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009).

Enzim amilase dapat menyebabkan degradasi pati menjadi gula sederhana, yang dapat menghasilkan rasa manis yang berlebihan dan tekstur lengket pada makanan ringan berbahan dasar serealia. Pengendalian aktivitas amilase melalui

pemanasan atau penambahan inhibitor enzim sangat penting untuk menjaga stabilitas produk. (Goesaert, H, Slade, L, Levine, H, & Delcour, J. A. (2009).

Enzim protease dapat menguraikan protein dalam bahan baku serealia, yang dapat memengaruhi kualitas tekstur dan rasa produk akhir. Pengendalian aktivitas protease juga merupakan faktor penting dalam mempertahankan stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia. (Huber, K. C., & BeMiller, J. N. (2017).

Enzim lipase bertanggung jawab atas hidrolisis lemak dalam produk, yang dapat menyebabkan ketengikan dan penurunan umur simpan makanan ringan berbahan dasar serealia. Pengendalian aktivitas lipase melalui pengeringan yang tepat atau penggunaan inhibitor enzim diperlukan untuk memastikan stabilitas produk. (Lukow, O. M., & Bushuk, W. (2018).

Kelembaban juga merupakan faktor penting yang memengaruhi stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan kapang dan bakteri, sementara kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan produk menjadi kering dan rapuh. (Hoseney, R. C. (1994).

Penyimpanan makanan ringan berbahan dasar serealia dalam kondisi yang tepat, seperti suhu dan kelembaban yang terkontrol, dapat membantu memperpanjang umur simpan dan menjaga stabilitas produk. Pengemasan yang baik juga sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan meminimalkan paparan oksigen. (Kilcast, D, & Subramaniam, P. (2000).

Kontaminasi mikroba, seperti kapang dan bakteri, dapat menyebabkan pembusukan, produksi mikotoksin, dan perubahan organoleptik yang tidak diinginkan dalam makanan ringan berbahan dasar serealia. Praktik sanitasi yang baik selama produksi dan penanganan produk sangat penting untuk mencegah kontaminasi mikroba. (Legan, J. D. (1993). Untuk memantau stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia, berbagai metode analisis dapat digunakan, seperti analisis aktivitas enzim, pengujian kadar air, uji organoleptik, analisis tekstur, dan analisis mikrobiologi. Metode ini membantu memastikan kualitas dan

keamanan produk selama proses produksi dan penyimpanan. (Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2011).

Penggunaan bahan tambahan pangan, seperti antioksidan, pengawet, dan inhibitor enzim, dapat membantu meningkatkan stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia. Namun, penggunaan bahan tambahan ini harus diatur dan diawasi dengan ketat untuk memastikan keamanan produk bagi konsumen. (Sikorski, Z E (Ed.). (2007).

Teknik pengolahan panas, seperti penggorengan atau pemanggangan, memainkan peran penting dalam menginaktivasi enzim dan mikroba dalam makanan ringan berbahan dasar serealia. Namun, pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan nutrisi dan perubahan organdoleptik yang tidak diinginkan.(Kilcast,D.,& Subramaniam, P. (2016). Modifikasi resep dan formulasi produk makanan ringan berbahan dasar serealia juga dapat mempengaruhi stabilitas produk. Penggunaan bahan-bahan seperti gum, pati termodifikasi, dan serat dapat meningkatkan stabilitas tekstur dan memperpanjang umur simpan produk. (Cauvain, S. P., & Young, L S. (2008).

Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk mengeksplorasi teknik pengolahan baru, bahan tambahan pangan yang lebih aman, atau modifikasi genetik untuk meningkatkan stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan regulator sangat penting untuk memastikan produk yang berkualitas tinggi dan aman bagi konsumen. (Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2016). Selain faktor-faktor internal, faktor eksternal seperti kondisi distribusi dan penanganan produk juga dapat memengaruhi stabilitas makanan ringan berbahan dasar serealia. Penerapan praktik distribusi dan penanganan yang baik sangat penting untuk meminimalkan kerusakan produk selama proses penjualan dan penyimpanan di toko ritel. (Cauvain, S. P., & Young, L S. (2009).

10.7 Tantangan dan Peluang dalam Menjaga Stabilitas serealia

Tantangan dan Peluang menjaga stabilitas serealia atau bahan pangan berbasis biji-bijian seperti gandum, beras, dan jagung menghadapi beberapa tantangan dan peluang yang signifikan.

1. Tantangan menjaga Stabilitas serealia meliputi beberapa Faktor diantarnya:
 - a. Perubahan Iklim: Perubahan iklim yang ekstrem seperti cuaca kering, banjir, dan suhu tinggi dapat mempengaruhi produksi sereal secara signifikan. Menurut laporan dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), perubahan iklim dapat menurunkan hasil panen sereal global hingga 25% pada tahun 2050 jika tidak ada upaya adaptasi yang memadai. (FAO, 2018)
 - b. Degradasi Lahan: Penggunaan lahan yang intensif, erosi, dan praktik pertanian yang tidak berkelanjutan dapat menyebabkan degradasi lahan dan menurunkan kesuburan tanah. Hal ini dapat berdampak negatif pada produktivitas sereal. Menurut laporan dari *International Resource Panel* (IRP), degradasi lahan telah menyebabkan penurunan produktivitas lahan pertanian sebesar 23% di seluruh dunia. (IRP, 2019)
 - c. Keterbatasan Sumber Daya Air: Sereal membutuhkan air yang cukup untuk pertumbuhan yang optimal. Namun, kelangkaan air akibat perubahan iklim, pertumbuhan populasi, dan industrialisasi dapat mengancam produksi sereal. Menurut laporan dari *World Resources Institute* (WRI), sekitar 70% dari penarikan air global digunakan untuk pertanian, dan sebagian besar digunakan untuk irigasi tanaman sereal. (WRI, 2021)
 - d. Hama dan Penyakit: Hama dan penyakit tanaman dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada tanaman sereal. Menurut laporan dari *International Maize and Wheat Improvement Center* (CIMMYT), penyakit seperti karat gandum dan hawar daun jagung dapat menurunkan hasil panen hingga 60% jika tidak dikendalikan dengan baik. (CIMMYT, 2020)

2. Peluang dalam menjaga stabilitas serealian diantaranya:
- Penelitian dan Pengembangan: Kemajuan dalam penelitian dan pengembangan dapat menghasilkan varietas sereal yang lebih tahan terhadap perubahan iklim, hama, dan penyakit. Teknik bioteknologi seperti rekayasa genetika dan penyilangan juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas sereal. Menurut laporan dari International Rice Research Institute (IRRI), varietas padi yang dihasilkan melalui penelitian telah meningkatkan hasil panen sebesar 60% selama lima dekade terakhir. (IRRI, 2022)
 - Pertanian Presisi: Penerapan teknologi pertanian presisi seperti sistem pemantauan tanah dan tanaman, pemetaan hasil, dan aplikasi input pertanian yang tepat dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi sereal. Menurut laporan dari *Precision Agriculture Association* (PAA), pertanian presisi dapat meningkatkan hasil panen hingga 25% dan mengurangi penggunaan input seperti pupuk dan pestisida hingga 30%. (PAA, 2020)
 - Praktik Pertanian Berkelanjutan: Adopsi praktik pertanian berkelanjutan seperti pertanian organik, pertanian konservasi, dan rotasi tanaman dapat membantu melestarikan kesuburan tanah dan menjaga stabilitas produksi sereal. Menurut laporan dari International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), pertanian organik dapat meningkatkan produktivitas tanaman hingga 180% di daerah tropis dan subtropis. (IFOAM, 2021)
 - Diversifikasi Pangan: Diversifikasi pangan dengan meningkatkan produksi sereal alternatif seperti sorgum, jowar, dan kikiriki dapat memberikan alternatif sumber pangan yang lebih tahan terhadap perubahan iklim dan memperkuat stabilitas pangan secara keseluruhan. Menurut laporan dari *International Center for Biosaline Agriculture* (ICBA), tanaman sorgum yang toleran terhadap kekeringan dan garam dapat menjadi alternatif pangan yang penting di daerah yang terkena dampak perubahan iklim. (ICBA, 2023)

DAFTAR PUSTAKA

- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry (4th ed.). Springer.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007). Technology of breadmaking (2nd ed.). Springer.
- Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009). Enzymes in cereal processing. In K. Kulp & K. Lorenz (Eds.), *Handbook of dough fermentations* (pp. 209–235). CRC Press.
- Huber, K. C., & BeMiller, J. N. (2017). Carbohydrates. In S. Damodaran & K. L. Parkin (Eds.), *Fennema's food chemistry* (5th ed., pp. 83–154). CRC Press.
- Jideani, V. A., & Vogt, K. (2016). Antimicrobial packaging for extending the shelf-life of cereal products. *Cereal Foods World*, 61(1), 10–15.
- Lukow, O. M., & Bushuk, W. (2018). Cereals and their products: A study of their quality. In B. K. Baughen & N. G. Asp (Eds.), *The cereals and cereal products* (pp. 215–275). Elsevier.
- Kulp, K., & Lorenz, K. (2003). *Handbook of dough fermentations*. CRC Press.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry (4th ed.). Springer.
- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology* (2nd ed.). American Association of Cereal Chemists.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf-life of food*. Woodhead Publishing.
- Legan, J. D. (1993). Mould spoilage of bread: The problem and some solutions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 32(1-3), 33–53.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2011). *Food and beverage stability and shelf life*. Woodhead Publishing.
- Sikorski, Z. E. (Ed.). (2007). *Chemical and functional properties of food components*. CRC Press.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2016). *Food and beverage stability and shelf life* (2nd ed.).

- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2008). Bakery food manufacture and quality: Water control and effects. John Wiley & Sons
- FAO. (2018). The State of Food and Agriculture 2018. Tersedia di: <https://www.fao.org/3/I9549EN/i9549en.pdf>
- IRP. (2019). Global Resources Outlook 2019. Tersedia di: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>
- WRI. (2021). Water and Agriculture Facts. Tersedia di: <https://www.wri.org/insights/water-and-agriculture-facts>
- CIMMYT. (2020). Wheat Rust Diseases. Tersedia di: <https://www.cimmyt.org/diseases/wheat-rust-diseases/>
- IRRI. (2022). Rice Production and Productivity. Tersedia di: <https://www.irri.org/rice-production-and-productivity>
- PAA. (2020). Benefits of Precision Agriculture. Tersedia di: <https://www.precisionag.com/digital-farming/benefits-of-precision-agriculture/>
- IFOAM. (2021). Organic Agriculture and Productivity. Tersedia di: <https://www.ifoam.bio/organic-agriculture-and-productivity>
- ICBA. (2023). Sorghum: A Climate-Smart Crop for Dryland Agriculture. Tersedia di: <https://www.biosaline.org/projects/sorghum-climate-smart-crop-dryland-agriculture>

BAB 11

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI STABILITAS

Oleh Nurullia Febriati

11.1 Latar belakang

Pangan herbal merupakan jenis bahan makanan yang berasal dari tanaman atau tumbuhan yang memiliki manfaat bagi kesehatan. Tanaman-tanaman pangan ini secara tradisional maupun modern digunakan untuk sumber pangan yang mampu meningkatkan kesehatan atau sebagai pengobatan. Pangan herbal selain banyak mengandung sumber nutrisi juga memiliki kandungan fitokimia yang berfungsi sebagai antioksidan, anti-inflamasi dan meningkatkan kekebalan tubuh. Pangan herbal dapat berupa produk makanan yang diperkaya dengan produk herbal, minuman dalam bentuk ekstrak, suplemen herbal dan lain sebagainya.

Saat ini konsumsi pangan herbal meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat akan manfaat yang ditawarkan. Namun untuk memastikan bahwa manfaat ini dapat diperoleh secara optimal dibutuhkan stabilitas dalam proses pengolahan pangan herbal. Stabilitas pangan herbal dapat dilihat dari kemampuan produk mempertahankan kualitas dan efektivitas dari periode ke periode. Stabilitas pangan herbal terdiri dari aspek kimia, fisika, mikrobiologi dan organoleptic (warna, aroma dan rasa). Agar stabilitas herbal baik maka, dibutuhkan pemahaman tentang faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi stabilitas sehingga dalam proses pembuatan pangan herbal dilakukan control untuk mejaga hal-hal tersebut. Dalam bab ini akan dijelaskan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi stabilitas pangan herbal.

11.2 Stabilitas Pangan Herbal

11.21 Pengertian Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu produk untuk mempertahankan sifat fisik, kimia, mikrobiologi dan aktivitas terapeutik dan toksikologi dalam batas yang telah ditetapkan selama periode penggunaan dan penyimpanan. Produk yang stabil memiliki konsistensi kualitas saat dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya dan paparan udara (Waney & Abidjulu, 2019). Selain itu stabilitas juga mencakup kemampuan produk mempertahankan kondisinya atau tidak berubah secara signifikan dari periode ke periode sehingga manfaatnya tetap efektif dan efisien sama seperti saat awal pembuatan.

Stabilitas produk dapat dikategorikan menjadi beberapa yaitu stabilitas fisik, kimia dan mikrobiologi. Stabilitas fisik akan mencakup kemampuan sebuah produk dalam mempertahankan bentuk fisiknya seperti warna, bau, rasa tekstur dan vikositas. Perubahan dalam salah satu parameter fisik ini bias menandakan adanya penurunan kualitas produk. Stabilitas kimia, mengacu pada kemampuan produk untuk mempertahankan struktur kimianya tanpa terjadi degradasi atau perubahan signifikan dalam komponen-komponen kimiawi yang ada. Misalnya degradasi bahan aktif dalam obat bisa menyebabkan penurunan efikasi atau potensi produk. Stabilitas mikrobiologi sendiri dilihat melalui kemampuan produk untuk tetap bebas dari kontaminasi mikroorganisme yang dapat merusak produk atau membuatnya tidak aman digunakan (Shabrina, 2017). Selain itu, ada stabilitas biologi yang mencakup keseimbangan komponen organisme atau ekosistem, stabilitas teknik mencakup keamanan, efektifitas dan efisiensi serta stabilitas ekonomi mencakup pertumbuhan berkelanjutan.

Berdasarkan penilaian stabilitas produk, kita dapat secara akurat menentukan berapa lama produk tersebut dapat bertahan dalam konsistensi optimal di tangan konsumen, sehingga memastikan bahwa produk tetap efektif dan aman dikonsumsi sesuai dengan manfaat yang dijanjikan. Penilaian ini mencakup berbagai uji untuk mengidentifikasi potensi degradasi fisik, kimia, atau mikrobiologi yang mungkin terjadi selama penyimpanan dan penggunaan produk. Pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas

mempengaruhi penentapan masa simpan yang realistik dan meminimalkan resiko produk kadaluarsa sebelum digunakan oleh konsumen sepenuhnya. Dengan demikian stabilitas menjadi alat penting dalam memastikan kepuasan konsumen, mejaga kepervcayaan terhadap produk dan mendukung keberlanjutan bisnis melalui pengelolaan rantai pasaok yang efisien.

11.22 Pentingnya Stabilitas dalam Produk

Pentingnya stabilitas dalam suatu produk tidak dapat dilebih-lebihkan karena berhubungan langsung dengan kualitas keamanan dan efektivitas produk tersebut. Sebuah produk yang stabil memastikan bahwa produk tersebut tetap memberikan manfaat sesuai dengan yang diharapkan oleh pengguna selama masa simpannya. Misalnya, dalam konteks produk kesehatan, stabilitas akan memastikan bahwa dosis yang diberikan tetap konsisten dan efektif dalam memberikan efek terapeutik, jika suatu produk tidak stabil, zat aktif di dalamnya mungkin akan terdegradasi, mengurangi efektivitas nya atau bahkan menjadikannya berbahaya bagi konsumen (Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Idah Rosidah, Nizar, 2013). Selain itu, perubahan fisik yang terlihat seperti perubahan warna, bau atau tekstur pada suatu produk dapat menyebabkan penolakan oleh konsumen, meskipun perubahan tersebut tidak secara langsung mempengaruhi keamanan atau efikasi produk.

Stabilitas juga penting dalam konteks penentuan masa simpan atau *shelf-life* produk. Masa simpan adalah periode waktu dimana produk dianggap stabil dan aman untuk digunakan. Produk dengan stabilitas yang baik dapat memiliki masa simpan yang lebih panjang, hal tersebut menguntungkan bagi produsen dari segi ekonomi. Produk dengan stabilitas yang baik dapat memiliki masa simpan yang lebih panjang, uji stabilitas merupakan bagian dari proses pengembangan produk sebab uji ini membantu memastikan bahwa produk dapat bertahan dalam kondisi penyimpanan yang berbeda-beda dan tetap memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan (Oktami et al., 2021). Dalam kegiatan industri stabilitas yang baik artinya nilai kerugian yang timbul akibat produk yang kadaluarsa sebelum digunakan. Hal ini penting dalam rantai pasok, dimana produk harus bertahan dalam berbagai konsisi sebelum sampai konsumen. Oleh karena itu,

dibutuhkan pemahaman lebih mendetail faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas untuk memastikan manfaat produk secara maksimal bagi pengguna sekaligus menjaga efisiensi dan efektivitas produksi serta distribusi.

11.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi Stabilitas Pangan Herbal

11.3.1 Faktor Internal

Stabilitas pangan herbal merupakan aspek kritis yang menentukan kualitas, kemanan dan efektivitas produk selama masa penyimpanan dan penggunaan. Stabilitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor internal yang berkaitan langsung dengan sifat-sifat intrinsik dari bahan baku dan proses produksi. Berberapa faktor internal utama meliputi komposisi kimia bahan baku, interaksi antara komponen bioaktif, serta metode ekstraksi dan formulasi yang digunakan. Komposisi kimia bahan baku seperti kandungan air, senyawa bioaktif dan zat aditif sangat menentukan ketahanan produk terhadap proses degradasi. Interaksi antara komponen bioaktif dapat mempengaruhi stabilitas produk, dengan beberapa kombinasi bahan yang mungkin mempercepat atau memperlambat degradasi. Selain itu, metode ekstraksi dan formulasi yang tepat sangat penting untuk menjaga integritas senyawa bioaktif dan memastikan bahwa produk akhir memiliki stabilitas yang optimal.

1. Komposisi Kimia Bahan Pangan Herbal

Komposisi kimia dari bahan pangan herbal adalah salah satu faktor yang mempengaruhi stabilitas produk herbal. Stabilitas kimia yang baik dapat mencegah degradasi senyawa aktif yang terkandung dalam bahan tersebut. Menurut (Waney & Abidjulu, 2019), menjelaskan bahwa senyawa aktif dalam bahan herbal sangat penting karena berperan dalam manfaat kesehatan yang diberikan oleh produk. Namun, senyawa ini rentan terhadap degradasi akibat pengaruh lingkungan seperti suhu dan cahaya, yang dapat menurunkan efektivitas produk herbal.

a. Kandungan Senyawa Aktif

Kandungan senyawa aktif dalam bahan herbal menentukan efektivitas terapeutik produk tersebut. Waney & Abidjulu (2019), menekankan bahwa stabilitas senyawa aktif

dapat terpengaruh oleh kondisi lingkungan, seperti suhu yang dapat menyebabkan penurunan kadar senyawa dan kualitas produk. Selain itu, Winarti & Nurdjanah (2005), menjelaskan bahwa komponen fitokimia dalam tanaman rempah dan obat seperti kurkumin dalam kunyit dan gingerol dalam jahe, memiliki potensi besar sebagai bahan pangan fungsional karena kemampuan mereka untuk mendekati degradasi selama penyimpanan.

b. Kandungan Air dan Kelembapan

Kelembapan menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap stabilitas pangan herbal. Kandungan yang tinggi dapat meningkatkan resiko pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak kualitas produk. Hal tersebut dinyatakan oleh Rahmawan et al (2022) Kontrol terhadap kelembapan sangat penting dalam produksi pangan herbal untuk menjaga kualitas dan stabilitas produk.

c. pH dan Keasaman

pH atau tingkat keasaman dari bahan herbal juga memainkan peran penting dalam stabilitasnya. pH dalam rentang yang optimal sangat penting untuk mencegah degradasi senyawa aktif selama penyimpanan dan pemrosesan produk herbal (Rahmawan et al., 2022).

2. Metode Pengolahan

Proses pengolahan bahan herbal merupakan faktor yang mempengaruhi stabilitas bahan aktif yang terkandung didalamnya. Pengolahan yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga kondisi tersebut. Metode pengolahan seperti pemanasan harus dilakukan dengan hati-hati karena pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif dalam bahan herbal (Waney & Abidjulu, 2019).

a. Pengaruh pengilahan panas

Pemanasan adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengolah bahan-bahan herbal dengan menggunakan panas, dengan tujuan meningkatkan daya simpan, mengekstraksi senyawa bioaktif, meningkatkan rasa dan tekstur dari produk yang dihasilkan. (Waney & Abidjulu, 2019), menyatakan bahwa pemanasan yang berlebihan dapat

menyebabkan penurunan stabilitas dari senyawa aktif dalam bahan herbal sehingga teknik pemanasan dan pengeringan perlu di atur dengan efektif dan efisien agar kualitas senyawa tetap terjaga. Hal tersebut juga dinyatakan oleh Wnarti & Nurdjanah, (2005), menekankan bahwa beberapa komponen fitokimia dalam tanaman obat, seperti gliserol dalam jahe dapat mengalami degradasi signifikan pada suhu yang tinggi, sehingga mempengaruhi stabilitas dan efektivitas sebagai bahan pangan fungsional.

b. Pengaruh teknik ekstraksi

Teknik ekstraksi yang sangat penting untuk memperoleh senyawa aktif dari bahan herbal tanpa menyeabkan kerusakan. Rahmawan et al., (2022), memaparkan bahwa teknik ekstrasi yang tidak tepat dapat menyebabkan hilangnya senyawa aktif selama proses ekstraksi sehingga mempengaruhi stabilitas produk yang dihasilkan.

c. Penggunaan bahan tambahan

Pengawet atau stabilizer sering diperlukan untuk menjaga produk herbal. Penggunaan bahan tambahan harus dilakukan secara teliti untuk menghindari reaksi yang dapat merusak senyawa aktif dalam produk (Kamaruzaman, 2023).

3. Kualitas Bahan Baku

Kualitas bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk herbal sangat mempengaruhi stabilitas produk akhir. Bahan baku yang memiliki kualitas baik termasuk dalam hal varietas, umur, waktu panen sangat penting untuk memastikan kestabilan hasil akhir produk. Stabilitas ini mencakup berbagai aspek termasuk kualitas fisika, kimia dan mikrobiologi produk yang dapat berubah seiring waktu selama penyimpanan. Waney & Abidjulu, (2019), menjelaskan bahwa kualitas bahan baku, termasuk varietas tanaman, umur tanaman dan waktu panen sangat mempengaruhi stabilitas produk herbal. Tanaman dengan varietas unggul dan yang dipanen pada waktu optimal cenderung memiliki stabilitas lebih baik.

a. Kondisi tananam (umur, varietas dan lain-lain)

Kondisi tanaman seperti umur dan varietas dapat mempengaruhi kandungan senyawa aktif. Tanaman yang

lebih tua atau varietas tetentu memiliki kandungan senyawa aktif yang lebih rendah yang mempengaruhi stabilitas produk (Kamaruzaman, 2023). Pemilihan varietas tanaman yang tepat sangat penting karena setiap varietas memiliki kandungan bioaktif yang berbeda. Tanaman dari varietas unggul biasanya memiliki konsentrasi senyawa aktif yang lebih tinggi dan lebih stabil serta dapat memperbanyak umur simpan produk akhir (Waney & Abidjulu, 2019).

b. Teknik budidaya dan panen

Teknik budidaya dan waktu panen yang tepat sangat penting untuk mendapatkan bahan baku dengan kandungan senyawa aktif yang optimal. Teknik budidaya yang buruk atau panen yang terlambat dapat mengurangi kualitas bahan baku dan stabilitas produk herbal yang dihasilkan (Rahmawan et al., 2022). (Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Idah Rosidah, Nizar, 2013), juga memaparkan bahwa waktu panen yang tepat sangat penting untuk memastikan kandungan senyawa aktif dalam bahan baku berada pada tingkat optimal. Tanaman yang di panen pada waktu yang tidak tepat dapat memiliki kadar air yang tinggi dan meningkatkan pertumbuhan mikroba dan mempercepat degradasi bahan aktif selama waktu penyimpanan.

11.3.2 Faktor Ekternal

Stabilitas pangan herbal sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor internal seperti suhu penyimpanan, kelembapan, paparan cahaya dan resiko kontaminasi mikroba. Suhu yang tidak sesuai dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif atau pengendapan komponen tertentu, sementara kelembapan yang tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme yang merusak produk. Paparan cahaya terutama UV dapat mengakibatkan oksidasi senyawa aktif yang mengurangi efektivitas produk. Selain itu, kurangnya kebersihan dalam proses produksi dan penyimpanan meningkatkan resiko kontaminasi mikroba yang berdampak negative pada kualitas dan stabilitas produk herbal. Faktor-faktor internal tersebut terdiri dari :

1. Suhu penyimpanan

Suhu penyimpanan merupakan salah satu faktor internal yang sangat mempengaruhi stabilitas pangan herbal. Suhu yang tidak tepat dapat menyebabkan berbagai reaksi kimia yang merugikan, seperti degradasi senyawa bioaktif dan perubahan kualitas produk secara keseluruhan. Zaini & Gozali (2020), dalam penelitiannya menunjukkan bahwa peningkatan suhu penyimpanan dapat mempercepat reaksi kimia, yang pada gilirannya mengurangi stabilitas senyawa aktif dalam produk herbal. Senyawa kimia akan stabil pada suhu rendah dan mengalami penurunan stabilitas pada suhu yang lebih tinggi (Rahmawan et al., 2022). Hal tersebut juga dinyatakan Veredn (2022), bahwa suhu yang tidak sesuai kan mempercepat degradasi senyawa bioaktif dalam produk herbal seperti oksidasi fenolik dan hidrolisis yang akan mengurangi efektivitas dan umur simpan. Sehingga, suhu penyimpanan yang baik akan mempertahankan kualitas dan efektivitas produk herbal selama penyimpanan.

Penyimpanan produk herbal yang baik membutuhkan control suhu yang konsisten, sehingga control suhu salah satu faktor penting dalam menjaga stabilitas produk herbal selama penyimpanan. Kontrol suhu yang tepat selama penyimpanan produk herbal dibutuhkan untuk memastikan stabilitas produk sepanjang masa simpannya. (Kim et al., 2019) dalam tulisannya menyatakan bahwa control suhu untuk stabilitas jangka panjang adalah $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ atau $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dalam ruang pada umunya dengan kelembapan $60\% \pm 5\%$ atau $75\% \pm 5\%$, dalam kulkas suhu yang disarankan $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ dan $-20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dalam freezer. Hal tersebut juga dinyatakan oleh (Nofrida et al., 2013), bahwa untuk mempertahankan stabilitas produk herbal penyimpanan suhu ruang sebaiknya pada suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, suhu dingin $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dan suhu beku $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sedangkan penyimpanan dengan suhu 40°C atau suhu ekstrem produk herbal terdegradasi dengan cepat. Semakin tinggi suhu maka, stabilitas pangan herbal seperti kandungan antosianian dan kemampuan antioksidan pada ekstrak daun rosella akan semakin menurun dan sebaliknya (Amperawati et al., 2019).

Produk yang memiliki kompleksitas fisikokimia yang tinggi lebih rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan termasuk

suhu. Oleh sebab itu, regulasi global menekankan pentingnya pengujian stabilitas mencakup Kontrol suhu untuk berbagai bentuk sediaan dari produk herbal (Kim et al., 2019). Fungsi dari control suhu itu sendiri selain memperpanjang masa simpan, menjaga stabilitas kualitas produk, menghindari degradasi kualitas, juga mempertahankan produk dari kontaminasi mikrobiologi.

2. Kelembapan lingkungan

Kelembapak lingkungan memiliki peran penting dalam penyimpanan produk herbal, hal tersebut karena, kelembapan itu sendiri dapat mempengaruhi stabilitas dan kualitas produk. Kelembapan yang tinggi dapat mengakibatkan daya serap air oleh produk herbal menjadi tinggi sehingga memicu reaksi kimia seperti oksidasi atau hidrolisis dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak produk. Apabila pertumbuhan mikroorganisme meningkat selama masa penyimpanan maka, produk tersebut akan mengalami penurunan kualitas, sehingga manfaatnya tidak maksimal atau bahkan tidak dapat digunakan lagi. Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Idah Rosidah, Nizar, (2013), menyatakan suhu dan kelembapan yang tidak terkendali selama masa pengolahan dan penyimpanan dapat mempercepat pertumbuhan mikroba. Mencegah pertumbuhan mikroba dapat dilakukan dengan pengendalian seperti menggunakan kemasan yang kedap udara serta menempatkan produk pada suhu yang sesuai (Dou et al., 2017).

Kontrol kelembapan suatu produk herbal biasanya bersamaan dengan control suhu, kedua hal tersebut menjadi kunci terjaganya kualitas produk herbal selama masa simpan. Nofrida et al., (2013), menyatakan bahwa kemasan produk harus mampu melindungi dari pengaruh lingkungan, termasuk kelembapan untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang umur simpan. Kelembapan lingkungan yang terkontrol dapat membantu mengurangi resiko perubahan fisik dan kimia yang merugikan dalam produk herbal seperti terjadinya perubahan warna dan tektur serta degradasi senyawa aktif. Penyimpanan di tempat yang kering dan suhu yang terkontrol dapat mencegah

pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak kondisi produk (Amperawati et al., 2019).

3. Cahaya

Cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi signifikan terhadap kemampuan stabilitasi dan biosintesis pangan herbal. Hal tersebut biasanya ditunjukan dengan adanya peningkatan kandungan flavonoid, asam romarinat, asam fenolat dalam tanaman. Amperawati et al., (2019), dalam penelitiannya yang menggunakan pangan herbal berupa ekstrak daun rosella menyatakan bahwa cahaya mempengaruhi stabilitas penyimpanan pangan herbal, karena cahaya yang tinggi pada penyimpanan ekstrak daun rosella akan menurunkan kandungan antosianian dan kemampuan entioksidan, sebaliknya untuk penyimpanan dengan suhu dingin dan terhindar dari sinar matahari. Sinar matahari menyebabkan penurunan nilai betasianian yang ditunjukan dengan adanya degradasi pigmen pada ekstrak bunga kenop (Nursyaqilah et al., 2021).

Pengaturan cahaya sendiri memiliki fungsi masing-masing dalam meningkatkan kandungan yang ada dalam pangan herbal. Zhang et al., (2021), menjelaskan bahwa cahaya mempengaruhi stabilitas produk tanaman herbal, namun tanaman yang belum diekstrak menjadi produk memiliki respon yang berbeda seperti prunella vulgaris dan rosmarinus officinalis yang menunjukan peningkatan produksi flavonoid, asam rosmarinat, dan asam caffeic saat terpapar sinar UV-B. Berdasarkan hal tersebut kita dapat mempelajari bahwa cahaya tertentu tergantung jenis tanamannya dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kandungan fisikokimia, agar saat penyimpanan saat telah dilakukan pengolahan kandungan fisikokimia dalam bahan tersebut tidak banyak berkurang.

Metode penyimpanan dan pengemasan yang tepat menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan untuk memastikan kondisi pangan tetap stabil. Berikut ini hal-hal yang perlu diperhatikan seperti menggunakan kemasan yang berlapis, menggunakan

kemasan yang tidak transparan atau gelap, memilih kemasan yang tidak reaktif, menutup kemasan dengan baik seperti sealing/vakum, dan menambahkan bahan pengawet alami, serta mengatur suhu penyimpanan. (Dou et al., (2017), menyatakan bahwa penggunaan kemasan buram atau gelap dapat melindungi produk herbal dari degradasi akibat cahaya terutama UV yang dapat merusak senyawa aktif seperti flavonoid dan pilifenol. Penyimpanan produk herbal di tempat gelap dan suhu ruangan yang terkendali dapat menjaga stabilitas senyawa aktif selama masa simpan (Nursyaqilah et al., 2021). Amperawati et al., (2019), juga menjelaskan bahwa stabilitas fisikokimia seperti antosianian dan kemampuan antioksidan dalam ekstrak tanaman herbal akan terganggu saat terpapar sinar matahari dan sebaliknya tetap terjaga pada suhu rendah dan terhindar dari paparan sinar matahari.

4. Kontaminasi mikroba dan Patogen

Kontaminasi mikroba dan patogen dalam produk tanaman herbal dapat terjadi saat budidaya, pasca panen, pengolahan dan periode penyimpanan. Kontaminasi ini dapat bersumber dari tanah atau lingkungan dinama tanaman di budidaya, air yang digunakan dalam proses pencucian pasca panen, dan peralatan yang digunakan saat pengolahan serta, periode penyimpanan produk yang tidak memperhatikan suhu, kelembapan, kemasan yang digunakan dan pencahayaan saat penyimpanan. Amperawati et al., (2019), sumber kontaminasi utama dari produk herbal berasal dari lingkungan budidaya, alat dan bahan yang digunakan selama panen serta proses pengolahan dan penyimpanannya. Hal ini yang perlu diketahui oleh banyak orang dalam kegiatan proses produksi pangan herbal bahwa penanganan produk herbal bukan hanya saat produk tersebut berasa dimesin pengolahan namun, dilakukan saat mulai budidaya untuk menghindari adanya kontaminasi silang.

Dou et al., (2017), menyatakan bahwa tanah, air dan bahan organic yang digunakan dalam budidaya sering menjadi media berkembangnya bakteri *salmonella* dan *escherichia coli*. Air yang berasal dari irigasi yang tercemar oleh bakteri pathogen, virus

dan parasit dimanfaatkan untuk penyiraman atau pencucian saat proses pemanenan dapat mengakibatkan kontaminasi silang yang membahayakan kesehatan manusia, selain itu peralatan yang tidak sesuai dengan standar kebersihan penanganan bahan dapat menyebarkan bakteri pathogen (Nursyaqilah et al., 2021). Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Idah Rosidah, Nizar, (2013), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa lingkungan tidak higienis, termasuk udara, meja dan perlatan yang digunakan saat pengolahan dapat menyebabkan adanya kontaminasi bakteri pathogen pada produk herbal.

Teknik pengendalian kontaminasi adalah salah satu cara untuk menghindari pencemaran pada bahan herbal, seperti menggunakan air yang tidak tercemar, menggunakan pupuk dari bahan organic yang aman, melakukana pemantauan dan pencucian alat secara konsisten dan teratur, serta menggunakan alat pelindung diri dan memastikan kebersihan diri saat melakukan proses pengolahan bahan. Waney & Abidjulu (2019), menyampaikan bahwa produk herbal harus memiliki standar kebersihan pengolahan baik bagi pekerjanya untuk menghindari adanya kontaminasi seperti mencuci tangan dan menggunakan alat pelindung diri. Oleh sebab itu, pekerja harus mendapatkan pelatihan terkait kebersihan diri dan alat pelindung yang sesuai (Nursyaqilah et al., 2021). Dou et al., (2017), menjelaskan bahwa dalam pengolahan produk herbal harus menerapkan standar operasional (SOP) untuk sterilisasi alat dan lingkungan. Sterilisasi sangat dibutuhkan sebab perlatan dapat menjadi media kontaminasi silang (Amperawati et al., 2019) dan (Waney & Abidjulu, 2019). Selain sterilisasi pengunaan pupuk organic yang telah terdekomposisi dengan baik juga mengurangi adanya pencemaran produk yang berasal dari lingkungan (Amperawati et al., 2019).

11.4 Strategi Peningkatan Produk Pangan Herbal

Pemanaham terhadap faktor yang mempengaruhi stabilitas pangan herbal menjadi salah satu strategi peningkatan pangan herbal. Hal tersebut karena dengan adanya pemahaman pengolahan

pangan herbal mengurangi resiko yang menyebabkan adanya kerusakan pada produk yang dihasilkan, sehingga manfaat dari produk pangan herbal tetap dapat maksimal. Ada beberapa strategi peningkatan produk pangan herbal yang dapat dilakukan, antara lain :

1. Menggunakan teknologi modern dalam proses pengeringan seperti metode pengeringan beku dana metode pengeringan semprot untuk menghilangkan kelembapan produk herbal. Rahmawan et al., (2022), memaparkan bahwa proses ekstrasi dengan teknologi modern lebih efisien dana mencegah degradasi senyawa aktif
2. Menggunakan pengawet alami untuk menjaga stabilitas seperti menggunakan oregano yang memiliki sifat antimikroba untuk mempertahankan produk. Dou et al., (2017) dan VEREND (2022), memerikan antioksidan alami dapat mencegah oksidasi senyawa aktif sehingga stabilitas lebih panjang selama perioder penyimpanan
3. Menggunakan kemasan yang baik untuk menghindari adanya kontaminasi seperti kemasan berlapis, warna gelap atau tidak transparan dan menggunakan vakum/sealing berlapis agar tetap aman. VEREND, (2022) dan Rahmawan et al., (2022), menyatakan penggunaan kemasan aktif melindungi oksidasi dan degradasi produk sehingga memperpanjang umur simpan
4. Mengontrol lokasi penyimpanan seperti memastikan produk tidak terpapar sinar matahari secara langsung, menempatkan produk pada suhu yang rendah untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan mencegah penyerapan air pada produk dengan menjaga kelembapannya. (Dou et al., 2017), penyimpanan dengan suhu dibawah 25°C dapat memperlambat laju reaksi kimia dan pengendalian kelembapan dapat mencegah pertumbuhan jamur dan mikroba yang dapat merusak kualitas produk
5. Menerapkan standar operasional dalam setiap proses pengolahan produk herbal dan memastikan standar tersebut dijalankan sesuai untuk memastikan produk tidak mengalami kontaminasi silang. Menurut Zhang *et al* (2021) dan Kamaruzaman, (2023), menerapkan good manufacturing practices dan standar pengolahan produk herbal yang ketat dapat mengurangi kontaminasi silang

6. Memanfaatkan perkembangan inovasi pengolahan produk dengan formulasi teknologi modern yang dapat memperpanjang masa simpan. Seperti nanopartikel yang dapat digunakan untuk mengatur senyawa bioaktif dapat terserap secara baik ke dalam tubuh dan mengurangi degradasi dalam sistem pencernaan (Zhang et al., 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas Frekuensi Ekstraksi Serta Pengaruh Suhu dan Cahaya Terhadap Antosianin dan Daya Antioksidan Ekstrak Kelopak Rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1), 38–45. <https://doi.org/10.17728/jatp.3527>
- Dou, H., Niu, G., Gu, M., & Masabni, J. G. (2017). Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments. *Horticulturae*, 3(2), 1–11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020036>
- Eriawan Rismana, Susi Kusumaningrum, Idah Rosidah, Nizar, E. Y. (2013). PENGUJIAN STABILITAS SEDIAAN ANTIACNE BERBAHAN BAKU AKTIF NANOPARTIKEL KITOSAN/ EKSTRAK MANGGIS - PEGAGAN. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Kamaruzaman. (2023). *Tradisional di Hinterland Kota Batam Mapping The Position of Traditional Herbal Business*. 02(2), 107–122.
- Kim, J. H., Lee, K., Jerng, U. M., & Choi, G. (2019). Global Comparison of Stability Testing Parameters and Testing Methods for Finished Herbal Products. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7348929>
- Nofrida, R., Warsiki, E., & Yuliasih, I. (2013). Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Perubahan Warna Label Cerdas Indikator Warna Dari Daun Erpa (*Aerva Sanguinolenta*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(3), 232–241.
- Nursyaqilah, Illing, I., & Sukarti. (2021). Uji Stabilitas Senyawa Betasianin Dari Ekstrak Bunga Kenop (*Gomphrena globosa L*) Sebagai Pewarna Alami. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 4(1), 6–12.
- Oktami, E., Lestari, F., & Aprilia, H. (2021). Studi Literatur Uji Stabilitas Sediaan Farmasi Bahan Alam. *Prosiding Farmasi Universitas Islam Bandung*, 7(1), 72–77.
- Rahmawan, A., Ma'rifat, T. N., Muhammad, M., & Pratama, G. R. (2022). Pendampingan Pengembangan Produk Pangan Herbal melalui Lomba Cipta Kreasi oleh Desa Tajug, Ponorogo. *PengabdianMu*:

Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat, 7(2), 342–347.
<https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v7i2.2349>

Shabrina, T. A. (2017). Uji Stabilitas Dipercepat Sediaan Krim Gamma Oryzanol. *Skripsi*.

VEREND, T. M. (2022). *Herbal Untuk Meningkatkan Daya Tahan Tubuh Di Masa Pandemi Covid-19*.

Waney, R., & Abidjulu, J. (2019). Kadar Tablet Furosemida Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis the Effect of Concentration on Stability and Analysis of Furosemide Tablet Using Spectrophotometer Uv-Vis. *Farmasi Fisika*, 2(3), 93–97.

Winarti, C., & Nurdjanah, N. (2005). Peluang_tanaman_rempah_dan_obat_sebagai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(2), 47–55.

Zaini, A. N., & Gozali, D. (2020). Pengaruh Suhu Terhadap Stabilitas Obat Sediaan Suspensi. *Farmaka*, 14(2), 1–15.

Zhang, S., Zhang, L., Zou, H., Qiu, L., Zheng, Y., Yang, D., & Wang, Y. (2021). Effects of Light on Secondary Metabolite Biosynthesis in Medicinal Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12(December).
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.781236>

BAB 12

STABILITAS SENYAWA BIOAKTIF HERBAL SELAMA PENYIMPANAN

Oleh Bambang Kunarto

12.1 Pendahuluan

Secara umum, hasil tanaman pangan, hortikultura, rempah, dan hasil perkebunan mudah rusak karena berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas dan umur simpannya. Beberapa penyebab kerusakan ini adalah faktor biologis, fisik, kimia, dan lingkungan. Penanganan awal pasca panen yang tidak tepat, seperti penumpukan dan pengangkutan, dapat merusak jaringan tanaman dan menyebabkan pembusukan.

Hasil panen tanaman memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga rentan terhadap pembusukan selama penyimpanan. Enzim dalam tanaman dapat menyebabkan pematangan, perubahan warna, dan pembusukan, seperti enzim polifenol oksidase yang menyebabkan kecoklatan pada apel dan pisang. Bakteri, jamur, dan ragi dapat tumbuh pada hasil tanaman, menyebabkan pembusukan dan penyakit. Proses respirasi tanaman menghasilkan panas dan karbon dioksida, yang dapat mempercepat pembusukan jika tidak dikelola dengan baik. Etilen merangsang pematangan, dan beberapa tanaman seperti apel dan tomat menghasilkan etilen dalam jumlah besar yang dapat mempengaruhi tanaman lain yang disimpan berdekatan.

Penyimpanan pada suhu yang tidak tepat juga mempercepat pembusukan. Suhu tinggi mempercepat respirasi, sedangkan suhu terlalu rendah merusak beberapa tanaman tropis. Paparan cahaya mempengaruhi kualitas dan komposisi kimia tanaman, sementara oksigen berlebihan mempercepat respirasi dan pembusukan. Sebaliknya, konsentrasi karbon dioksida yang tepat dapat memperlambat proses ini. Kelembaban tinggi mendorong pertumbuhan jamur dan bakteri, sementara kelembaban rendah menyebabkan dehidrasi dan penurunan kualitas.

Untuk mecegah dan menghambat kerusakan pasca panen perlu pengelolaan kondisi penyimpanan yang tepat. Penyimpanan pangan (bahan segar dan produknya) merupakan aspek penting dalam mempertahankan kualitas, efektivitas, dan keamanannya. Pada bab ini akan dikaji stabilitas senyawa bioaktif herbal selama penyimpanan. Senyawa bioaktif adalah komponen aktif dalam pangan fungsional yang berperan penting dalam mendukung reaksi metabolisme yang bermanfaat bagi kesehatan (Wahjuningsih *et al.*, 2023). Herbal digunakan secara luas dalam pangan, pengobatan tradisional, dan sebagai suplemen kesehatan karena kandungan senyawa bioaktifnya seperti alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, karotenoid, dan fenolik. Senyawa bioaktif ini memiliki berbagai manfaat kesehatan, termasuk efek antioksidan, anti-inflamasi, antimikroba, dan antikanker. Namun, kualitas dan stabilitas senyawa ini sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan.

Tujuan penyimpanan herbal adalah untuk mempertahankan kualitas, kestabilan, dan keamanan senyawa bioaktif sehingga manfaatnya tetap optimal. Kondisi penyimpanan yang mempengaruhi kualitas senyawa bioaktif herbal meliputi suhu, waktu penyimpanan, kelembaban relatif, cahaya, dan oksigen. Suhu tinggi dapat mempercepat degradasi senyawa bioaktif melalui reaksi kimia seperti oksidasi dan hidrolisis. Kelembaban tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kimia seperti hidrolisis. Paparan cahaya, terutama sinar UV, dapat menyebabkan fotodegradasi senyawa yang sensitif terhadap cahaya. Oksigen dapat menyebabkan oksidasi lipid dan senyawa fenolik, yang dapat menurunkan kualitas dan aktivitas biologis herbal.

12.2 Suhu dan Waktu Penyimpanan

Suhu adalah faktor kritis yang mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif dalam herbal. Penyimpanan pada suhu yang tidak tepat dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif, dan mengurangi potensi terapeutiknya. Suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat reaksi oksidasi dan degradasi enzimatik. Suhu rendah secara umum lebih efektif dalam mempertahankan senyawa bioaktif dalam tanaman herbal selama penyimpanan jangka panjang. Penyimpanan biasanya

dilakukan pada 20°C hingga 25°C, tetapi dapat menyebabkan penurunan kandungan senyawa bioaktif seiring meningkatnya waktu penyimpanan.

Semakin lama penyimpanan, senyawa bioaktif dapat mengalami degradasi oksidatif dan hidrolitik sehingga dapat mengurangi efektivitas terapeutiknya. Kombinasi antara suhu dan waktu penyimpanan sangat menentukan kualitas akhir herbal. Penyimpanan pada suhu rendah untuk jangka waktu yang lebih lama umumnya dapat mempertahankan senyawa bioaktif. Beberapa contoh pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap stabilitas senyawa bioaktif dalam herbal antara lain:

1. Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus*)

Penyimpanan pada suhu rendah (15°C) dalam kemasan aluminium foil memberikan retensi tertinggi untuk kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan dibandingkan dengan suhu penyimpanan yang lebih tinggi (25°C dan 35°C). Degradasi senyawa bioaktif mengikuti kinetika orde pertama dengan waktu paruh tertinggi pada suhu 15°C (Klungboonkrong *et al.*, 2018).

2. Herbal *Salvia hispanica*

Suhu dingin (pengeringan beku) paling efektif dalam mempertahankan senyawa polifenol dan karotenoid selama penyimpanan *Salvia hispanica* (sejenis tanaman mint). Penyimpanan jangka panjang hingga 12 bulan menunjukkan penurunan bertahap dalam aktivitas antioksidan serta kandungan polifenol dan karotenoid (Dziadek *et al.*, 2022).

3. Serbuk Ekstrak Kulit Delima

Serbuk yang dienkapsulasi dengan maltodekstrin dan disimpan pada suhu 4°C mempertahankan kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan lebih baik dibandingkan dengan suhu penyimpanan 25°C (Azarpazhooh *et al.*, 2018).

4. Ekstrak Saffron

Ekstrak yang dienkapsulasi menggunakan teknik elektrospinning menunjukkan retensi senyawa bioaktif yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik pengeringan beku selama penyimpanan pada suhu 4°C, 24°C, dan 35°C (Golpira *et al.*, 2021).

12.3 Kondisi Kelembaban Relatif (RH) Penyimpanan

Kelembaban relatif (RH) selama penyimpanan sangat mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif dalam produk herbal dan pangan. Senyawa seperti fenol, flavonoid, dan karotenoid dapat mengalami degradasi yang signifikan ketika kondisi kelembaban tidak tepat. Berikut adalah beberapa hasil penelitian yang menunjukkan bagaimana kelembaban relatif mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif dalam berbagai produk:

1. Irisan pisang kering

Peningkatan RH dari 10% menjadi 30% menyebabkan penurunan stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan, dengan degradasi yang sesuai dengan model kinetika orde pertama (Sarpong *et al.*, 2018).

2. Ekstrak Buah Beri (*Myrciaria dubia*)

Ekstrak yang dienkapsulasi dengan maltodekstrin, inulin, dan oligofruktosa menunjukkan bahwa peningkatan RH dan suhu penyimpanan mengurangi stabilitas senyawa bioaktif secara signifikan. Penggunaan agen enkapsulasi meningkatkan retensi senyawa bioaktif dibandingkan dengan ekstrak yang tidak dienkapsulasi (de Abreu Figueiredo *et al.*, 2020).

3. Kulit Jeruk Kering (*Pericarpium citri*):

Penyimpanan dalam kondisi RH tinggi (80%) dan suhu 35°C menyebabkan penurunan signifikan dalam kandungan fenolik total dan flavonoid total selama periode penyimpanan. Degradasi senyawa bioaktif lebih cepat dibandingkan dengan kondisi RH dan suhu yang lebih rendah (Fu *et al.*, 2018).

4. Serbuk Ekstrak Kulit Delima:

Serbuk yang dienkapsulasi dengan maltodekstrin dan disimpan pada RH 75% menunjukkan penurunan kandungan antosianin dan aktivitas antioksidan lebih cepat dibandingkan dengan RH yang lebih rendah (Azarpazhooh *et al.*, 2018).

12.4 Paparan Cahaya Selama Penyimpanan

Sinar ultraviolet (UV), terutama UV-B (280-315 nm) dan UV-A (315-400 nm), memiliki energi yang cukup untuk memutus ikatan kimia dalam senyawa bioaktif. Hal ini sering menyebabkan

fotodegradasi yang lebih signifikan dibandingkan dengan cahaya tampak atau inframerah. Fotodegradasi yang melibatkan reaksi oksidasi dan dipicu oleh energi cahaya ini dapat menghasilkan radikal bebas yang merusak struktur senyawa bioaktif. Cahaya UV dapat menginduksi pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) yang mempercepat degradasi komponen bioaktif dalam herbal. Berikut ini beberapa contoh hasil penelitian terkait:

1. **Ekstrak jantung pisang kepok**

Jantung pisang kepok mengandung antosianin total $33,20 \pm 0,12$ mg/100 g (wb). Degradasi warna terjadi pada agar-agar yang diberi warna ekstrak jantung pisang kepok 25 % dan mengikuti orde reaksi ke-0. Laju degradasi mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya (Lestario *et al.*, 2014).

2. **Kelopak bunga rosela**

Antosianin kelopak rosela merupakan senyawa flavonoid yang dapat menghasilkan warna merah sampai keunguan. Paparan cahaya dapat mempengaruhi kandungan antosianin dalam ekstrak kelopak rosela. Bila dibandingkan, ekstrak kelopak rosela yang disimpan pada kondisi gelap, kandungan antosianinnya lebih tinggi dibandingkan dengan yang disimpan dalam kondisi terang pada setiap intensitas cahaya yang diberikan, artinya intensitas cahaya yang semakin tinggi dan lama dapat menyebabkan kandungan antosianin semakin menurun. Intensitas dan paparan cahaya yang semakin tinggi dan lama dapat menyebabkan menurunnya kemampuan ekstrak rosella dalam menangkal radikal bebas (Amperawati *et al.*, 2019).

3. **Teh hijau**

Sinar UV dapat menyebabkan degradasi polifenol dalam ekstrak teh hijau, yang berakibat pada penurunan aktivitas antioksidan. Daun teh segar terutama mengandung pigmen fotosensitisasi seperti klorofil (0,2-0,6% berat kering). Klorofil menyerap cahaya pada panjang gelombang 430 dan 660 nm. Cahaya berdampak buruk pada rasa teh hijau ketika teh hijau dipaparkan di bawah cahaya 2000 lux selama satu bulan, infus teh hijau memiliki rasa yang tidak enak (Baek *et al.*, 2021)

4. Wortel

β -karoten terdapat pada wortel dan beberapa hasil tanaman lain seperti ubi, labu, melon, cabe merah, aprikot, kacang polong, dan juga brokoli. Spada dkk. (2012) meneliti parameter kinetika degradasi β -karoten ketika terkena dan tidak terkena sinar UV-vis dan melaporkan bahwa konstanta laju (k/hari^{-1}) β -karoten yang disimpan pada suhu 25 °C di bawah sinar UV-vis lebih tinggi dibandingkan β -karoten yang disimpan pada suhu 25 °C di tempat gelap. Hal ini disebabkan oleh pembentukan oksigen singlet melalui senyawa biologis dengan adanya cahaya. Selanjutnya, oksigen singlet berikatan dengan rantai hidrokarbon karotenoid, menyebabkan degradasi.

12.5 Oksigen dalam penyimpanan

Oksigen merupakan salah satu faktor lingkungan yang berdampak terjadinya degradasi senyawa bioaktif selama penyimpanan.. Senyawa bioaktif seperti vitamin C, vitamin E, flavonoid, polifenol, dan karotenoid sangat rentan terhadap oksidasi yang dapat mengurangi efektivitas dan kualitas produk herbal. Proses oksidasi dapat mengubah struktur kimia senyawa bioaktif, mengurangi bioavailabilitas, dan efektivitas biologis. Beberapa hasil penelitian yang telah membuktikan terkait ketidakstabilan senyawa bioaktif akibat oksidasi selama penyimpanan, antara lain:

2. Teh hijau

Sejumlah 2,5 g daun teh yang diseduh dalam 250 mL air panas selama 3 menit, biasanya mengandung 620–880 mg padatan yang dapat diekstraksi. Polifenol teh, yang dikenal sebagai katekin, biasanya menyumbang 30–42% berat kering padatan dalam teh hijau yang diseduh. Oksidasi senyawa katekin teh terutama epigalokatekin galat yang dapat membentuk ROS (Sang *et al.*, 2011)

3. Jeruk

Reaksi oksidasi vitamin C selama penyimpanan mengakibatkan penurunan kadar vitamin C dalam buah dan sayuran (termasuk buah jeruk). Nakilcioğlu-Taş dan Ötleş (2020) menemukan bahwa degradasi vitamin C dalam jus jeruk segar mengikuti model

kinetika orde pertama, dengan oksigen sebagai faktor utama yang mempercepat proses degradasi.

4. Lada

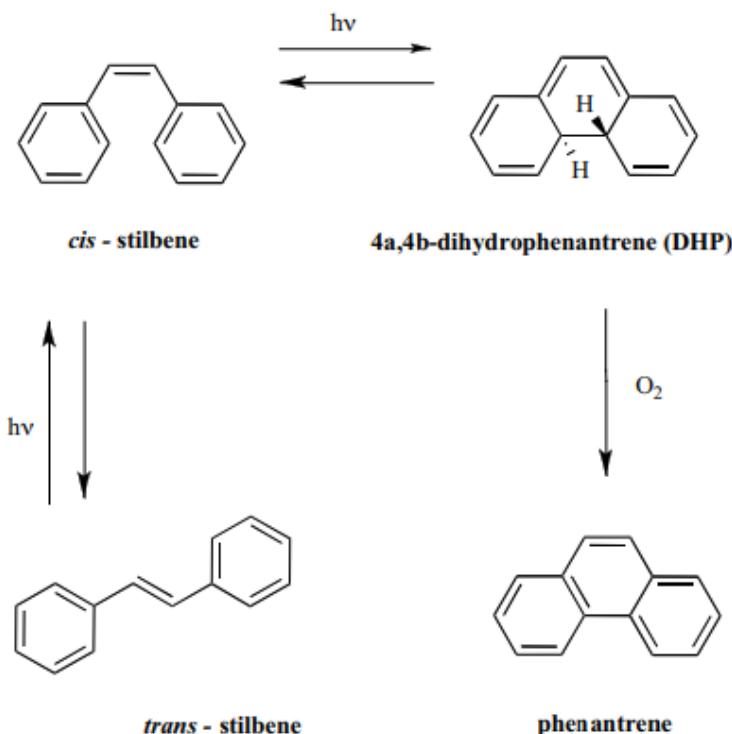
Selama penyimpanan, senyawa piperin lada dapat terdegradasi menjadi piperonal dan produk volatil lainnya melalui reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi ini meningkatkan aroma vanilla pada piperin tetapi juga menunjukkan kerentanan piperin terhadap oksidasi (Krahe *et al.*, 2021)

12.6 Mekanisme Degradasi senyawa bioaktif selama penyimpanan

Penurunan stabilitas senyawa bioaktif herbal selama penyimpanan disebabkan oleh adanya degradasi senyawa bioaktif. Seperti telah disampaikan di atas bahwa stabilitas senyawa bioaktif selama penyimpanan dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, yaitu suhu dan lama simpan, cahaya dan oksigen. Berikut beberapa contoh mekanisme degradasi senyawa bioaktif herbal selama penyimpanan.

12.6.1 Degradasi senyawa resveratrol

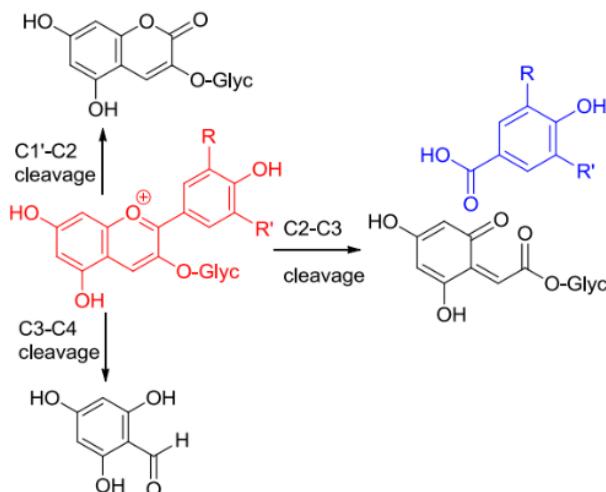
Resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbene) adalah senyawa polifenol dan fitoaleksin alami yang banyak ditemukan dalam anggur, melinjo, kulit kedelai, dan kacang tanah. Resveratrol dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis seperti antioksidan, anti-penuaan, antikarsinogenik, hepatoproteksi, perlindungan jantung dan saraf, anti-inflamasi, anti-obesitas, dan anti-diabetes. Francioso *et al.* (2014) melaporkan bahwa senyawa resveratrol memiliki kemampuan yang sangat kuat untuk menangkal radikal bebas karena terdapat tiga kelompok hidroksil yang terletak pada posisi 3, 5, dan 4', serta adanya cincin aromatik. Namun, trans-resveratrol dapat berubah menjadi cis-resveratrol dan membentuk dihydrophenantrene yang kurang stabil saat terpapar sinar UV. (Gambar 12.1)



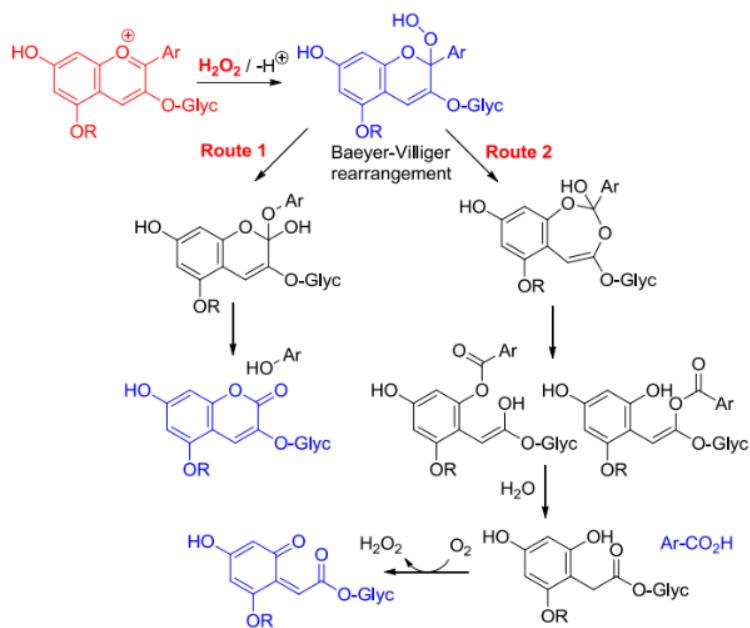
Gambar 12.1. Jalur reaksi resveratrol (Franciosi *et al.*, 2014)

12.6.2 Degradasi senyawa antosianin

Senyawa antosianin merupakan salah satu flavonoid yang sensitif terhadap panas. Antosianidin, yang merupakan aglikon, hanya stabil dalam kondisi yang sangat asam dan akan terurai secara signifikan dalam waktu kurang dari satu jam pada kondisi fisiologis (pH 7,4, 37°C). Struktur produk degradasinya menunjukkan kombinasi jalur hidrolitik dan autoksidatif yang menyebabkan pemutusan ikatan C2–C10, C2–C3, dan C3–C4 (Gambar 12.2). Mekanisme yang melibatkan hidrogen peroksid yang telah terbentuk sebelumnya bertanggung jawab atas pembentukan beberapa produk degradasi (Gambar 12.3) (Dangles & Fenger, 2018).



Gambar 12.2. Jalur degradasi antosianin (Dangles & Fenger, 2018)



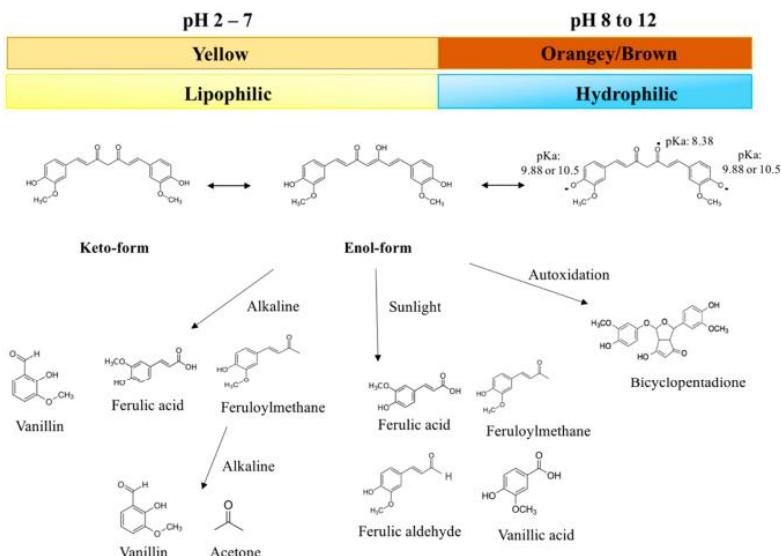
Gambar 12.3. Mekanisme degradasi antosianin dengan hidrogen peroksida yang telah terbentuk sebelumnya (Dangles & Fenger, 2018).

12.6.3 Degradasi senyawa kurkumin

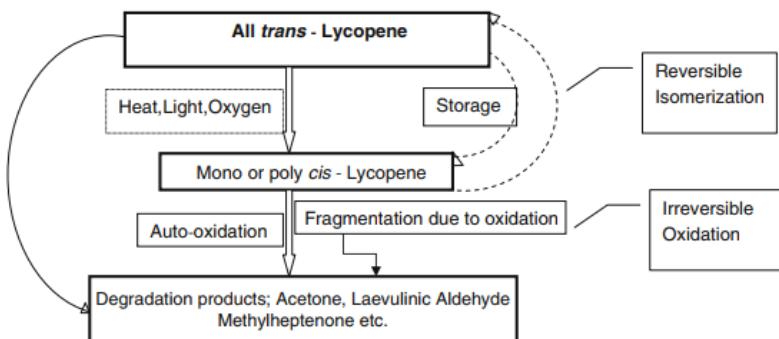
Kurkumin yang banyak terdapat dalam rimpang herbal seperti jahe, temulawak, kunyit dan lainnya memberikan warna dan sifat fungsional yaitu antioksidan, hipokolesteromik, kolagogum, koleretik, bakteriostatik, spasmolitik, antihepatotoksik dan anti-inflamasi. Namun keberadaan gugus metilen aktif (-CH₂-) yang berada di antara dua gugus keton pada molekul kurkumin menyebabkan senyawa ini tidak stabil terhadap cahaya. Fotodegradasi kurkumin juga dimulai pada gugus *α, β-unsaturated β-diketon* dan menghasilkan berbagai produk reaksi, termasuk p-hidroksibenzaldehida, vanilin, asam vanilat, aldehida ferulat, dan asam ferulat (Gambar 12.4.). Produk reaksi tertentu (misalnya vanilin dan asam ferulat) telah dilaporkan memiliki bioaktivitas namun kurang kuat dibandingkan molekul kurkumin. Kurkumin juga dapat terdegradasi secara kimia karena reaksi autooksidasi yang terjadi secara spontan dalam larutan air melalui reaksi berantai radikal. Awalnya, radikal bebas di sekitar larutan memulai autooksidasi hidroksil fenolik pada molekul kurkumin, yang menghasilkan pembentukan zat antara tidak stabil yang terurai melalui serangkaian reaksi untuk membentuk bicyclopentadione. Produk reaksi ini juga menunjukkan beberapa aktivitas antikanker tetapi lebih rendah dibandingkan kurkumin (Zheng & McClements, 2020).

12.6.4 Degradasi Likopen

Likopen umumnya mengalami dua jenis perubahan selama pemrosesan dan penyimpanan. Degradasi likopen akibat isomerisasi dan oksidasi mempengaruhi bioavailabilitas dan stabilitasnya. Isomerisasi likopen dari bentuk *all-trans* menjadi mono atau poli-cis terjadi karena perubahan ikatan rangkap terkonjugasi (Srivasta & Srivasta, 2015). Autooksidasi likopen bersifat ireversibel dan akan menyebabkan fragmentasi molekul, menghasilkan aseton, metilheptenon, aldehida laevulinat, dan mungkin juga glikoksal, yang menyebabkan hilangnya pigmen (Gambar 12.5).



Gambar 12.4. Degradasi Kurkumin (Zheng & McClements, 2020)



Gambar 12.5. Degradasi likopen (Srivasta & Srivasta, 2015)

12.7 Enkapsulasi senyawa bioaktif

Salah satu metode untuk menghambat degradasi senyawa bioaktif herbal selama penyimpanan adalah dengan enkapsulasi ekstrak herbal. Enkapsulasi merupakan teknologi yang melibatkan penyalutan padatan, cairan, dan gas dengan kapsul kecil, yang dirancang untuk melepaskan isinya dalam kondisi spesifik. Bahan penyalut ini disebut *shell*, enkapsulan, atau dinding, dengan jumlah

dan ketebalan yang bervariasi. *Shell* atau enkapsulan berfungsi melindungi senyawa bioaktif dari faktor-faktor kerusakan seperti suhu, oksigen, cahaya, dan kelembaban relatif.

Tujuan dari enkapsulasi adalah melindungi komponen bahan pangan yang sensitif, mengurangi kehilangan nutrisi, memperluas kegunaan komponen yang sensitif, menambahkan komponen tertentu pada pangan lain, melindungi flavor dan aroma, serta mengubah komponen bahan pangan bentuk cair menjadi bentuk padat yang lebih mudah ditangani. Enkapsulasi juga berpotensi mengubah cairan menjadi tepung stabil yang mudah ditangani dan diaplikasikan ke dalam sistem bahan pangan. Enkapsulasi menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan, seperti penyimpanan yang lebih baik dan perlindungan terhadap komponen bioaktif seperti vitamin, antioksidan, pigmen, protein, lipid, dan karbohidrat, sehingga meningkatkan sifat fungsional dan stabilitasnya. Keuntungan lainnya adalah kemudahan dalam proses penanganan, penghematan ruang dengan kompresi dalam pengemasan, dan perlindungan terhadap oksidasi pada suhu ruang penyimpanan.

Enkapsulasi menghasilkan partikel dengan ukuran bervariasi dari mikrometer hingga nanometer. Mikrokapsul memiliki ukuran partikel antara 1-100 μm , sedangkan nanokapsul berukuran di bawah 100 nm. Teknik mikroenkapsulasi menghasilkan sistem pembawa yang kurang ideal karena ukuran partikel yang relatif besar ($> 1 \mu\text{m}$) dan sifatnya yang polidispersi, sehingga tidak stabil secara termodinamika. Untuk mengatasi masalah ini, enkapsulasi komponen bioaktif pada skala nano telah dikembangkan, yang mampu meningkatkan serapan dan stabilitas komponen bioaktif dibandingkan dengan mikroenkapsulasi. Nanokapsul memiliki beberapa kelebihan, termasuk peningkatan bioavailabilitas biomolekul, kontrol pelepasan bahan aktif yang lebih baik, proses pengolahan yang lebih mudah, stabilitas kapsul yang lebih tinggi, perlindungan terhadap oksidasi, dan peningkatan penerimaan organoleptik.

Berbagai metode dapat digunakan untuk enkapsulasi, seperti koaservasi dan ko-kristalisasi (metode kimia), *spray drying*, *spray cooling*, *fluidized bed coating*, ekstrusi, dan *freeze drying* (metode fisik). Maltodekstrin, siklodekstrin, kasein, gum arab, dan sijlodekstrin sering digunakan sebagai bahan penyalut.

Sebagai contoh, mikrokapsulasi oleoresin pala menggunakan gum arabic dan pati sorgum terbukti meningkatkan stabilitas oksidatif dan aktivitas antioksidan selama penyimpanan hingga 60 hari (Arshad *et al.*, 2020). Nanoenkapsulasi ekstrak etanolik kulit melinjo merah menggunakan enkapsulan β -siklodekstrin mempunyai aktivitas reducing power 77,56% (Kunarto & Iswoyo, 2021). Savic-gajic *et al.* (2017) juga melaporkan bahwa fotodegradasi senyawa antioksidan resveratrol dapat dikurangi dengan mengkomplekskan resveratrol dalam β -siklodekstrin. Resveratrol yang dipapar dengan cahaya UV-A mengalami penurunan aktivitas hingga 56,11%, namun resveratrol yang dikomplekskan dalam β -siklodekstrin menunjukkan penurunan yang lebih rendah. Selain itu, β -siklodekstrin juga mampu menstabilkan aktivitas antioksidan trans-resveratrol, dengan peningkatan aktivitas antioksidan dari IC50 sebesar 66,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ menjadi 33,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ setelah dikomplekskan dalam siklodekstrin (Savic-gajic *et al.*, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1).
- Arshad, H., Ali, T. M., & Hasnain, A. (2020). Bioactive properties and oxidative stability of nutmeg oleoresin microencapsulated by freeze drying using native and OSA sorghum starches as wall materials. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 2559–2569.
- Azarpazhooh, E., Sharayei, P., Zomorodi, S., & Ramaswamy, H. S. (2019). Physicochemical and phytochemical characterization and storage stability of freeze-dried encapsulated pomegranate peel anthocyanin and in vitro evaluation of its antioxidant activity. *Food and Bioprocess Technology*, 12(2), 199–210.
- Baek, N., Kim, Y., Duncan, S., Leitch, K., & O'Keefe, S. (2021). (–)-Epigallocatechin gallate stability in ready-to-drink (RTD) green tea infusions in TiO₂ and oleic-acid-modified TiO₂ polylactic acid film packaging stored under fluorescent light during refrigerated storage at 4° C. *Foods*, 10(4), 723.
- Dangles, O., & Fenger, J. A. (2018). The chemical reactivity of anthocyanins and its consequences in food science and nutrition. *Molecules*, 23(8), 1970.
- de Abreu Figueiredo, J., Teixeira, M. A., Campelo, P. H., Lago, A. M. T., de Souza, T. P., Yoshida, M. I., ... & Borges, S. V. (2020). Encapsulation of camu-camu extracts using prebiotic biopolymers: Controlled release of bioactive compounds and effect on their physicochemical and thermal properties. *Food Research International*, 137, 109563.
- Dziadek, K., Kopeć, A., Dziadek, M., Sadowska, U., & Cholewa-Kowalska, K. (2022). The changes in bioactive compounds and antioxidant activity of chia (*Salvia hispanica L.*) herb under storage and different drying conditions: A comparison with other species of sage. *Molecules*, 27(5), 1569.

- Francioso, A., Mastromarino, P., Masci, A., d'Erme, M., & Mosca, L. (2014). Chemistry, stability and bioavailability of resveratrol. *Medicinal Chemistry*, 10(3), 237-245.
- Fu, M., An, K., Xu, Y., Chen, Y., Wu, J., Yu, Y., ... & Ti, H. (2018). Effects of different temperature and humidity on bioactive flavonoids and antioxidant activity in *Pericarpium Citri Reticulata* (*Citrus reticulata* 'Chachi'). *LWT*, 93, 167-173.
- Golpira, F., Mafsoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2021). Evaluation of freeze drying and electrospinning techniques for saffron encapsulation and storage stability of encapsulated bioactives. *Journal of Composites Science*, 5(12), 326.
- Klungboonkrong, V., Lamsal, B. P., & Phoungchandang, S. (2019). Changes and degradation kinetics of some bioactive compounds in dried *Orthosiphon aristatus* (Java tea) leaves during elevated temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 933-940.
- Krahe, N. K., Berger, R. G., Kahlert, L., & Ersoy, F. (2021). Co-Oxidative Transformation of Piperine to Piperonal and 3, 4-Methylenedioxycinnamaldehyde by a Lipoxygenase from *Pleurotus sapidus*. *ChemBioChem*, 22(19), 2857-2861.
- Kunarto, B., & Iswoyo, I. (2021). Nanoenkapsulasi ekstrak kulit melinjo merah (*Gnetum gnemon* L) pada berbagai suhu inlet dan laju alir spray dryer. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(3), 211-220.
- Lestario, L. N., Yoga, M. K. W. C., & Kristijanto, A. I. (2014). Stabilitas Antosianin Jantung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) terhadap Cahaya sebagai Pewarna Agar-Agar. *Agritech*, 34(4), 374-381.
- Nakilcioğlu-Taş, E., & Ötleş, S. (2020). Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(2), e20190328.
- Sang, S., Lambert, J. D., Ho, C. T., & Yang, C. S. (2011). The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacological research*, 64(2), 87-99.
- Sarpong, F., Yu, X., Zhou, C., Amenorfe, L. P., Bai, J., Wu, B., & Ma, H. (2018). The kinetics and thermodynamics study of bioactive compounds and antioxidant degradation of dried banana (*Musa* ssp.) slices using controlled humidity convective air drying.

Journal of Food Measurement and Characterization, 12, 1935-1946.

- Savić, G. I., Savić, I. M., Nikolić, V. D., Nikolić, L. B., Popsavin, M. M., & Rakić, S. J. (2017). The improvement of photostability and antioxidant activity of trans-resveratrol by cyclodextrins. *Advanced Technologies*, 6(2), 18-25.
- Spada, J. C., Noreña, C. P. Z., Marczak, L. D. F. & Tessaro, I. C. (2012). Study on the stability of β -carotene microencapsulated with pinhão (Araucaria angustifolia seeds) starch. *Carbohydrate Polymers*, 89, 1166-1173.
- Srivastava, S., & Srivastava, A. K. (2015). Lycopene; chemistry, biosynthesis, metabolism and degradation under various abiotic parameters. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 41-53.
- Wahjuningsih, S. B., Fitriani, A., Azkia, M. N., & Rahmadhia, S. N. 2023. *Senyawa Bioaktif Dalam Bahan Pangan*. USM Press. Semarang
- Zheng, B., & McClements, D. J. (2020). Formulation of more efficacious curcumin delivery systems using colloid science: enhanced solubility, stability, and bioavailability. *Molecules*, 25(12), 2791.

BAB 13

MAKANAN DAN MINUMAN YANG DIFORTIFIKASI DENGAN FITONUTRIEN (BIOAKTIF HERBAL)

Oleh Abdullah Mutis

13.1 Fitonutrien dan Senyawa Bioaktif Herbal

13.1.1 Definisi Fitonutrien dan Senyawa Bioaktif Herbal

Fitonutrien adalah senyawa bioaktif yang terdapat dalam tumbuhan dan berperan penting dalam kesehatan dengan mengurangi risiko penyakit kronis melalui sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan antikanker yang dimilikinya. Meskipun bukan nutrisi esensial, fitonutrien mendukung fungsi tubuh dan melindungi dari penyakit, terutama dengan aktivitas yang melawan oksidasi dan peradangan. Senyawa ini, yang juga dikenal sebagai fitokimia, ditemukan dalam buah, sayur, dan biji-bijian, dan mencakup berbagai jenis metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan, termasuk yang tidak memiliki manfaat kesehatan secara langsung. Contoh fitonutrien terkenal meliputi karotenoid, flavonoid, polifenol, fitosterol, dan saponin. Efektivitas fitonutrien dalam mencegah berbagai penyakit menjadikannya penting dalam perawatan kesehatan, terutama dalam terapi sindrom metabolismik dan mekanisme terkait. Variabilitas kandungan fitonutrien dalam tanaman pangan dipengaruhi oleh spesies, kondisi lingkungan, metode pertanian, serta ketersediaan musiman dan keterjangkauan sumber daya hayati.

Senyawa bioaktif herbal merupakan senyawa dalam tumbuhan yang memiliki aktivitas biologi dan sering digunakan dalam pengobatan tradisional maupun modern. Fitonutrien dan Senyawa bioaktif herbal seringkali diartikan sama tetapi sebenarnya memiliki perbedaan. Fitonutrien berkaitan dengan kesehatan melalui makanan, sedangkan Senyawa bioaktif herbal berkaitan dengan terapi dan potensi farmakologi. Tumbuhan menghasilkan metabolit sekunder yang penting dalam farmasi. Flavonoid dan asam fenolat adalah

metabolit sekunder dengan berbagai aktivitas biologis, seperti antioksidan dan antitumor. Dalam bab ini kita akan membahas pengetahuan penting yang mendasari fortifikasi makanan dan minuman dengan fitonutrien yang bersumber dari herbal.

13.1.2 Sejarah penggunaan fitonutrien dalam makanan

Fortifikasi makanan dan minuman dengan menggunakan herbal dapat dikatakan sebagai fortifikasi dengan fitonutrien jika herbal yang ditambahkan dimaksudkan untuk memberikan pengayaan fitonutrin atau senyawa aktif yang terkandung dalam herbal tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa sebagian senyawa aktif yang ditambahkan dari herbal tersebut merupakan fitonutrien. Fitonutrien atau fitokimia merupakan senyawa kimia alami yang ditemukan dalam tumbuhan dan memiliki manfaat kesehatan. Jadi, jika herbal yang digunakan untuk fortifikasi mengandung fitonutrien seperti polifenol, flavonoid, karotenoid, dan lain-lain, maka fortifikasi tersebut bisa dianggap sebagai fortifikasi dengan fitonutrien.

Fortifikasi dengan herbal biasanya bertujuan untuk meningkatkan manfaat kesehatan produk makanan atau minuman tersebut. Senyawa fitonutrien dalam herbal dapat memberikan berbagai manfaat yang berkaitan dengan kesehatan, seperti antioksidan, anti-inflamasi, antimikroba, dan lain-lain. Contoh fortifikasi makanan dengan fitonutrien termasuk penambahan ekstrak teh hijau (yang kaya akan flavonoid) ke dalam minuman, atau penambahan bubuk kunyit (yang mengandung kurkumin) ke dalam produk makanan.

13.1.3 Manfaat umum fitonutrien bagi Kesehatan

Fitonutrien dari berbagai kelompok memiliki efek farmakologis. Fitonutrien bermanfaat untuk mengatasi gangguan tidur dan stres. Karotenoid seperti lutein dan zeaxanthin mengurangi kadar kortisol dan gejala stres setelah 6-12 bulan. Flavonoid dan EGCG meningkatkan ketenangan dan suasana hati. Kafein dapat meningkatkan perhatian tetapi juga meningkatkan kecemasan. Antosianin dapat meningkatkan durasi dan efisiensi tidur, sementara flavonoid membantu melawan pilek dan influenza dengan meningkatkan imunitas.

Fitonutrien juga bermanfaat dalam mengatasi masalah pencernaan. Fitonutrien seperti flavonoid memperbaiki transit usus, sementara tanin mengatasi sindrom iritasi usus besar. Konsumsi brokoli dan pasta Ficus carica juga meningkatkan fungsi usus. Fitonutrien memodulasi mikrobiota usus, meningkatkan bakteri menguntungkan dan menghambat bakteri berbahaya.

Fitonutrien diketahui bermanfaat kesehatan sendi. Karotenoid mengurangi risiko artritis reumatoид dan flavonoid meningkatkan kepadatan mineral tulang. Selain itu fitonutrien bermanfaat dalam meningkatkan energi dan vitalitas. Antosianin dan kafein terbukti meningkatkan kinerja fisik dan ketahanan terhadap kelelahan. Kafein juga meningkatkan kekuatan otot dan performa atlet. Tanin menunjukkan efek anti-kelelahan dalam studi terkontrol.

13.2 Jenis-jenis Fitonutrien yang umum digunakan

13.2.1 Polifenol

Polifenol adalah senyawa organik yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil bersama dengan substituen lain pada satu cincin benzena. Polifenol merupakan metabolit sekunder tumbuhan dengan bioaktivitasnya yang luas. Polifenol terdapat dalam sayuran, buah-buahan, dan produk tanaman seperti kakao, teh, dan anggur. Polifenol membantu mengatasi stres oksidatif dan berperan dalam mencegah penyakit kardiovaskular, kanker, diabetes, dan obesitas. Polifenol bermanfaat untuk kesehatan dengan melindungi penghalang usus, memodulasi fungsi kekebalan tubuh, dan meningkatkan mikrobiota dengan memperbanyak bakteri menguntungkan serta menghambat patogen.

Polifenol dapat diklasifikasikan menjadi flavonoid dan non-flavonoid. Flavonoid mencakup subkelompok seperti flavonol, flavon, dan antosianidin, sedangkan non-flavonoid mencakup asam fenolat dan tanin. Flavonoid tersebar luas di tumbuhan dan dapat dikonsumsi dalam jumlah tinggi (sampai 1 gram per hari). Produk sampingan dari pengolahan pertanian dan industri juga kaya polifenol karena bagian tepi buah, seperti kulit, memiliki konsentrasi polifenol yang lebih tinggi dibandingkan daging buahnya. Teknik ekstraksi seperti cairan bertekanan, ultrasound, mikro, dan enzim efektif dalam menghasilkan

polifenol yang stabil dan mudah didistribusikan. Polifenol yang dienkapsulasi dapat dikeluarkan secara bertahap dalam tubuh, terutama di saluran pencernaan.

Produk sampingan dari tanaman seperti jambu biji dan nanas adalah sumber polifenol yang potensial untuk kesehatan usus. Polifenol juga bermanfaat untuk kesehatan testis dengan memodulasi mikrobiota dan meningkatkan bakteri bermanfaat. Antosianin yang merupakan subkelas flavonoid adalah pigmen alami yang memberikan warna pada banyak tumbuhan. Senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antibakteri. Quercetin merupakan flavonoid yang banyak terdapat dalam sayuran seperti bawang bombay dan tomat. Senyawa ini memiliki efek menguntungkan bagi kesehatan. Kurkumin merupakan polifenol dari kunyit. Senyawa ini menunjukkan potensi terapeutik dalam mengobati berbagai penyakit inflamasi dan kronis meskipun bioavailabilitasnya rendah.

Ketersediaan polifenol hidu rendah karena sifat yang rapuh dan stabilitasnya dipengaruhi oleh suhu, pH, cahaya, oksigen, enzim, dan interaksi dengan komponen makanan lainnya. Struktur kimia polifenol, termasuk cincin dengan gugus hidroksil, mempengaruhi kelarutan, aktivitas antioksidan, dan kecenderungan oksidasi. Variasi struktur polifenol tanpa faktor eksternal dapat mengubah stabilitasnya, dengan hidroksilasi sering kali mengurangi stabilitas. Autooksidasi adalah mekanisme utama yang mengurangi stabilitas polifenol, menghasilkan peroksid dan hidroperoksid. Aktivitas antioksidan polifenol terkait dengan jumlah gugus hidroksil, namun semakin banyak gugus ini, semakin tinggi ketidakstabilannya.

Polifenol lebih stabil pada pH dan suhu rendah, sehingga lebih baik disimpan pada suhu rendah. Interaksi dengan komponen lain seperti asam askorbat dan gula juga mempengaruhi stabilitasnya. Cahaya dan oksigen dapat menurunkan kandungan polifenol, dengan pencoklatan enzimatik sebagai indikasi oksidasi. Ion logam juga mempengaruhi sifat antioksidan polifenol, dengan beberapa ion meningkatkan dan lainnya mengurangi aktivitas antioksidan. Konsumsi makanan kaya polifenol secara alami lebih disarankan daripada suplemen yang kurang terkontrol, karena dapat memberikan perlindungan saraf jangka panjang dengan meningkatkan pertahanan adaptif tubuh.

13.2.2 Flavonoid

Flavonoid merupakan metabolit sekunder dengan struktur kimia yang khas dan terdapat dalam berbagai bagian tanaman seperti buah-buahan, herba, dan sayuran. Flavonoid telah diisolasi lebih dari 10.000 jenis dan digunakan dalam berbagai aplikasi medis seperti antikanker dan antioksidan. Senyawa ini juga ditemukan dalam makanan dan minuman seperti anggur dan teh, memberikan manfaat kesehatan seperti pencegahan penyakit kardiovaskular. Asupan flavonoid yang lebih tinggi dikaitkan dengan manfaat kesehatan. Flavonoid juga berfungsi sebagai agen terapeutik dalam pengobatan berbagai penyakit. Asupan flavonoid harian di seluruh dunia rata-rata sekitar 400 mg/hari, dengan variasi yang signifikan antar negara. Data mengenai asupan flavonoid di Indonesia masih terbatas.

Quercetin merupakan flavonoid melimpah yang ditemukan dalam sayuran seperti bawang putih, kubis, dan buah-buahan seperti apel dan jeruk. Penyerapan dan metabolisme quercetin di saluran pencernaan mempengaruhi manfaat kesehatannya. Teh hitam, hijau, oolong, dan putih kaya akan katekin. Senyawa ini dikenal karena sifat antioksidan dan antiinflamasi serta manfaatnya terhadap penyakit kronis. Resveratrol, ditemukan dalam anggur dan kacang tanah, memiliki efek antioksidan, antiinflamasi, dan anti penuaan. Bioavailabilitas resveratrol rendah tetapi cukup efektif dalam saluran pencernaan. Buah jeruk kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid, terpenoid, dan pektin, serta nutrisi seperti vitamin C dan E, yang memiliki manfaat kesehatan termasuk antiinflamasi dan anti-kanker.

13.2.3 Karotenoid

Karotenoid adalah pigmen pada tumbuhan, alga, dan bakteri fotosintetik. Karotenoid adalah pigmen organik alami yang larut dalam lemak yang mengandung struktur poliisoprenoid dengan ikatan rangkap terkonjugasi, yang bertindak sebagai kromofor untuk spektrum serapan. Karotenoid ditemukan secara eksklusif pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Pigmen-pigmen ini menghasilkan warna kuning cerah, merah, dan jingga pada tumbuhan, sayur-sayuran, dan buah-buahan. Karotenoid bertindak sebagai jenis antioksidan bagi manusia.

Karotenoid adalah pigmen penting dalam organ fotosintetik bersama dengan klorofil. Karotenoid juga bertindak sebagai foto-pelindung, antioksidan, atraktan warna, dan prekursor hormon tumbuhan pada organ tumbuhan non-fotosintetik. Karotenoid memberikan sifat antioksidan dengan menyerap cahaya gelombang pendek berenergi tinggi dan membersihkan spesies oksigen reaktif.

Karotenoid memiliki peran biologis lainnya seperti antikanker, imunomodulator, antiinflamasi, dan neuroprotektif. Karotenoid memiliki banyak manfaat kesehatan, terutama karena aktivitas antioksidannya yang melindungi sel dari stres oksidatif. Di lingkungan sel kanker dengan tingkat ROS yang tinggi, karotenoid dapat bertindak sebagai pro-oksidan dan meningkatkan apoptosis yang dimediasi ROS. Selain itu, makanan nabati yang mengandung flavonoid dan karotenoid, seperti buah-buahan, sayuran, telur, produk susu, dan ikan, diketahui mengurangi penyakit kronis seperti penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan kanker saluran usus. Karotenoid merupakan pigmen lipofilik yang disintesis oleh tanaman, alga, dan bakteri fotosintetik, memberi warna kuning, jingga, dan merah pada banyak tanaman. Senyawa ini berfungsi melalui mekanisme seperti transfer elektron dan abstraksi hidrogen.

Karotenoid dapat ditemukan dalam berbagai buah dan sayuran serta memiliki aplikasi dalam industri makanan, nutraceutika, dan farmakologi karena berbagai manfaat kesehatannya. Dalam industri makanan dan pakan, karotenoid digunakan untuk meningkatkan kualitas produk seperti warna kulit dan kuning telur pada unggas. Karotenoid juga dapat meningkatkan produksi antibodi terhadap virus penyakit. Hal yang perlu diperhatikan adalah penyerapan dan bioavailabilitas karotenoid dipengaruhi oleh proses pencernaan dan jenis makanan yang dikonsumsi.

13.2.4 Glukosinolat

Glukosinolat (GS) adalah metabolit sekunder yang merupakan anion organik yang memiliki struktur kompleks terdiri dari rantai samping yang berasal dari asam amino, serta gugus oksim dengan tioglukosa yang terikat-S dan gugus sulfat yang terikat-O. Struktur glukosinolat mencakup domain aldoksim tersulfonasi yang terhubung dengan gugus β -D-tioglukosa, yang kemudian terikat pada rantai

samping atau aglikon yang berasal dari satu atau beberapa asam amino. Glukosinolat biasanya berada dalam vakuola sel tanaman dan dihidrolisis oleh enzim mirosinase menjadi berbagai produk seperti isothiosianat (ITC), tiosianat, dan nitril setelah sel terganggu. Produk hidrolisis ini memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk sifat antimikroba, antikanker, antiinflamasi, dan antioksidan.

Senyawa ini merupakan metabolit sekunder yang ditemukan secara alami dalam tanaman, khususnya dalam famili Brassicaceae. Glukosinolat ditemukan dalam berbagai jenis tanaman dari famili Brassicaceae, seperti brokoli, kubis, kembang kol, rapeseed, mustard, dan lobak. Senyawa ini memiliki sifat antiinflamasi dan antioksidan yang kuat, yang dapat melindungi sel-sel dari kerusakan yang disebabkan oleh penyakit. Konsumsi buah-buahan dan sayuran yang kaya akan glukosinolat secara konsisten dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit jantung dan beberapa penyakit kronis lainnya. Oleh karena itu, glukosinolat tidak hanya berfungsi sebagai senyawa bioaktif dalam tanaman tetapi juga memberikan efek nutrisi penting bagi kesehatan manusia.

Glukosinolat dapat diserap sebagian dalam bentuk utuh melalui mukosa gastrointestinal. Selanjutnya sebagian besar senyawa ini dimetabolisme dalam lumen usus, di mana mereka dipecah menjadi senyawa aktif yang lebih mudah diserap oleh tubuh. Proses metabolisme ini penting untuk mengaktifkan efek biologis glukosinolat. Metabolisme glukosinolat juga memungkinkan senyawa ini untuk berinteraksi dengan sistem kekebalan tubuh, membantu melawan peradangan dan melindungi terhadap stres oksidatif.

Aktivitas biologi glukosinolat bergantung pada kondisi reaksi dan faktor lingkungan. Beberapa glukosinolat dan turunannya juga memiliki potensi dalam pengobatan penyakit manusia, seperti sulforafan yang diisolasi dari kecambah brokoli, yang menunjukkan efek positif pada fungsi kognitif dan resistensi insulin. Untuk menjaga kandungan glukosinolat, penting memperhatikan metode penyimpanan dan persiapan makanan. Metode terbaik untuk mempertahankan kandungan glukosinolat adalah memasak dengan uap. Konsumsi glukosinolat dan metabolitnya melalui makanan dapat mengurangi risiko kanker dan memberikan perlindungan terhadap karsinogenesis dengan menghentikan siklus sel dan menginduksi

apoptosis. Hal ini menjadikan fortifikasi peng dengan herbal yang mengandung senyawa ini menjadi sangat menarik.

13.2.5 Saponin

Saponin adalah senyawa glikosida yang ditemukan di banyak tanaman dan dikenal karena sifatnya yang berbusa. Senyawa ini hadir dalam bentuk triterpenoid dan steroid, dengan sekitar 60 jenis saponin triterpenoid yang telah diidentifikasi. Saponin digunakan dalam sabun dan deterjen karena sifat aktif permukaannya, serta sebagai pengemulsi, pembusa, penstabil, dan agen pengiriman obat di industri makanan dan farmasi. Senyawa ini juga memiliki berbagai sifat biologis, seperti antioksidan, antitumor, hipokolesterolemik, hipoglikemik, dan antiinflamasi, serta memainkan peran dalam mekanisme pertahanan tanaman. Saponin dapat diperoleh dari berbagai bagian tanaman dan digunakan dalam berbagai aplikasi medis dan industri. Misalnya, saponin dari quillaja meningkatkan aktivitas antioksidan dalam makanan, dan saponin dari berbagai tanaman digunakan untuk pengobatan penyakit kardiovaskular dan rematik. Namun, toksisitas saponin tergantung pada dosis dan jenisnya, dan konsumsi berlebih dapat menimbulkan efek samping seperti iritasi saluran pencernaan dan penurunan penyerapan mikronutrien.

Berbagai faktor, seperti asal, spesies tanaman, dan kondisi pengolahan, mempengaruhi kandungan saponin dalam makanan. Proses pengolahan seperti perendaman dan pemanasan dapat mengurangi kandungan saponin dalam makanan. Meskipun saponin dikenal sebagai antinutrisi, saponin juga memiliki potensi sebagai agen bioaktif untuk pengobatan berbagai penyakit. Penelitian terus dilakukan untuk memahami lebih lanjut manfaat dan risiko saponin, serta untuk mengoptimalkan penggunaannya dalam makanan dan obat-obatan.

13.3 Sumber Alami Fitonutrien

13.3.1 Buah-buahan

Buah *black chokeberry* (*Aronia melanocarpa*) segar dan olahannya, seperti jus, sirup, selai, teh, buah kering, atau suplemen makanan, memiliki manfaat kesehatan yang meliputi sifat antioksidan,

hepatoprotektif, antihiperlipidemia, antikanker, antiinflamasi, antimikroba, antidiabetik, dan antiobesitas. Manfaat ini terutama disebabkan oleh kandungan senyawa fenolik yang tinggi, seperti proantosianidin, antosianin, flavonol, dan asam fenolik. Prosianidin polimerik merupakan kelas utama polifenol, sekitar 60–66% dari senyawa fenolik, dan antosianin mencakup sekitar 18–23%. Kandungan fenolik dalam buah chokeberry matang tergantung pada varietas, faktor lingkungan, dan praktik pertanian. Analisis menunjukkan bahwa buah ini kaya akan antosianin, dengan kandungan total dalam kisaran 0,64–3,92 g/100 g DW.

Jus buah dan sayur merupakan sumber penting berbagai vitamin, mineral, serat, dan fitonutrien seperti flavonoid dan karotenoid, yang memberikan berbagai manfaat kesehatan. Konsumsi jus buah 100% dikaitkan dengan peningkatan asupan nutrisi dan penurunan risiko kanker. Buah dan sayur mengandung fitokimia seperti flavonoid, fitosterol, alkaloid, tanin, dan karotenoid, yang memiliki berbagai manfaat kesehatan. Buah tropis, seperti jambu biji, durian, nanas, mangga, dan pepaya, juga kaya akan fitonutrien dengan manfaat kesehatan yang tinggi, termasuk aktivitas antioksidan, antiproliferatif, antiinflamasi, dan neuroprotektif. Penelitian menunjukkan bahwa asupan buah dan sayur lebih dari 600 g/orang/hari dapat mengurangi risiko kanker, sebagian besar karena kandungan fitokimianya. Namun penelitian tentang manfaat kesehatan terkait penghambatan enzim kunci yang relevan dengan obesitas dan diabetes masih terbatas pada beberapa jenis buah. Selain itu, peran ekstrak buah dalam mencegah inisiasi kanker yang didorong oleh mutasi DNA masih belum banyak permintaan.

13.3.2 Sayuran

Amaranth adalah tanaman C4 yang tumbuh cepat dan digunakan sebagai sayuran, tanaman hias, dan biji-bijian. Tanaman ini tumbuh subur di berbagai belahan dunia dan merupakan sumber sayuran murah dengan batang dan daun yang dapat dimakan. Bayam kaya akan protein, termasuk metionin dan lisin, serat yang dapat dicerna, asam askorbat, karotenoid, serta mineral seperti Ca, Cu, Mg, Zn, K, Fe, dan Mn. Daun bayam digunakan dalam obat tradisional untuk sifat antimikroba, antivirus, antiinflamasi, antikanker, hepatoprotektif,

antihiperlipidemia, antidiabetik, antidepresan, antimalaria, dan penawar racun ular. Sayuran ini juga mengandung banyak fitopigmen dan fitokimia yang berperan sebagai antioksidan alami, seperti sianin, karotenoid, dan flavonoid, yang melindungi terhadap berbagai penyakit. Sayuran yang diolah hijau secara umum memiliki manfaat besar untuk kesehatan karena kandungan fitonutrien dan komponen kimianya yang berkualitas terapeutik. Mengkonsumsi fitokimia secara teratur dapat menurunkan prevalensi penyakit menular dan gangguan kronis.

Sayuran hijau merupakan sumber serat, asam amino, vitamin, mineral, protein, dan karbohidrat yang penting. Komponen bioaktif dalam sayuran ini dapat mengelola stres oksidatif dan penyakit terkait usia, serta memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri. Beberapa sayuran hijau, seperti bayam, diketahui memiliki kandungan fitokimia dan bioaktif yang tinggi, yang memberikan manfaat kesehatan seperti efek antikanker, antiobesitas, hipoglikemik, dan hipolipidemik. Bayam juga mengandung berbagai zat gizi mikro, termasuk mineral dan vitamin, yang membantu mencegah penyakit terkait kekurangan gizi. Kangkung Cina, kubis, selada, dan sawi juga dikenal karena kandungan gizi dan fitonutriennya yang tinggi, seperti karotenoid, fenolik, dan glukosinolat, yang memberikan berbagai manfaat kesehatan, termasuk sifat antioksidan dan antikarsinogenik. Secara keseluruhan, sayuran berdaun hijau merupakan sumber makanan yang sangat baik untuk berat manajemen badan dan kesehatan secara keseluruhan karena kandungan kalorinya yang rendah dan kandungan gizi serta fitokimia yang tinggi.

13.3.3 Rempah-rempah dan Herbal

Tanaman obat, herba aromatik, dan rempah-rempah telah digunakan selama ribuan tahun dalam pengobatan tradisional serta untuk meningkatkan rasa, warna, dan aroma makanan. Selain sebagai pengawet, antioksidan, dan antimikroba, rempah-rempah seperti paprika dan cabai juga dikenal memiliki manfaat antioksidan, antiinflamasi, antialergi, antikarsinogenik, dan antimikroba. Paprika misalnya kaya akan vitamin C dan fenol, sementara cabai juga dikenal mampu mengurangi risiko kanker. Rempah-rempah mendapatkan rasa khas dari minyak atsiri alami yang biasanya muncul setelah

pengeringan. Digunakan untuk membumbui makanan, rempah-rempah memberikan aroma dan rasa yang bervariasi, dari hitam hingga merah dengan rasa pedas yang mencolok.

Bagian tanaman yang digunakan bervariasi, seperti daun, bunga, buah, akar, umbi, biji, dan damar. Dalam pengobatan tradisional, rempah-rempah digunakan karena sifatnya sebagai antioksidan, antimikroba, diuretik, antiseprik, anthelmintik, stimulan, antiradang, analgesik, dan karminatif. Rempah-rempah seperti kayu manis, peppermint, kemangi, oregano, lada hitam, rosemary, dan timi memiliki aplikasi dalam bidang farmasi, kosmetik, dan makanan. Jahe, dengan kandungan udara, protein, lemak, karbohidrat, serat, dan abu, serta berbagai vitamin dan mineral, merupakan sumber antioksidan yang baik berkat kandungan polifenolnya. Fenugreek, biji polong-polongan yang banyak digunakan sebagai obat alternatif, mengandung alkaloid, flavonoid, salisilat, dan asam nikotinat yang memberikan efek fisiologisnya.

13.3.4 Biji-bijian dan Kacang-kacangan

Biji kopi hijau kaya akan senyawa fenolik, terutama asam klorogenat, asam kafeat, dan asam ferulat. Teh hitam dan teh hijau juga mengandung flavan-3-ol dan senyawa teroksidasi seperti theaflavin. Kacang-kacangan semakin populer karena nilai gizi, rasa khas, aroma, dan senyawa bioaktifnya yang menyehatkan, termasuk protein berkualitas tinggi, serat, mineral, tokoferol, fitosterol, dan senyawa fenolik. Beberapa kacang dengan produksi tertinggi adalah mede, kenari, almond, kastanye, pistachio, dan hazelnut. Kacang-kacangan dikenal sebagai sumber nutrisi dengan profil asam lemak tak jenuh, vitamin E dan K, mineral seperti magnesium dan selenium, serat, karotenoid, dan fitosterol.

Kacang-kacangan juga memiliki manfaat kesehatan seperti mengurangi risiko penyakit kronis, meningkatkan profil lipid, dan memperbaiki mikrobiota usus. Sebagian besar antioksidan dalam kacang terletak di pelikel, yang hilang saat kulitnya dibuang. Setiap jenis kacang memiliki profil fenolik yang khas, misalnya almond kaya akan katekin dan isorhamnetin, sementara kastanye mengandung asam galat dan asam ellagik. Penelitian menunjukkan konsumsi kacang-kacangan dan biji-bijian dapat menurunkan risiko penyakit

kardiovaskular, meningkatkan fungsi kognitif, dan melindungi kanker tertentu. Kacang-kacangan kaya akan fenolik, karotenoid, dan vitamin B.

13.4 Proses Fortifikasi Makanan dan Minuman

13.4.1 Teknologi dan Metode Fortifikasi

Tren konsumsi pangan beralih ke produk hewani dan makanan olahan, sementara konsumsi buah dan sayur masih rendah. Pola konsumsi berbeda-beda tergantung status sosial ekonomi, geografis, budaya, dan demografi. Di negara berkembang, konsumsi daging dan produk susu meningkat, sedangkan di negara maju terjadi pergeseran ke makanan nabati. Veganisme dan vegetarianisme semakin populer, terutama di negara-negara menengah ke atas, yang juga meningkatkan penjualan produk nabati.

Malnutrisi meliputi kekurangan gizi, mikronutrien, dan obesitas. Defisiensi mikronutrien sering tidak bergejala tetapi berdampak serius pada kesehatan. Hal ini umum di negara berpendapatan rendah dan menengah yang bergantung pada makanan pokok bertepung. Kelompok berisiko tinggi malnutrisi terdiri dari anak-anak di bawah lima tahun dan wanita hamil. Intervensi strategi fortifikasi pangan untuk mengatasi malnutrisi sangat diperlukan untuk mengatasi hal ini. Fortifikasi pangan melibatkan pengenalan makanan pokok yang dapat digunakan sebagai pembawa nutrisi. Contoh makanan yang difortifikasi meliputi gandum, beras, susu, minyak goreng, gula, dan garam.

Fortifikasi pangan melibatkan penambahan vitamin atau mineral pada makanan merupakan contoh umum upaya mengatasi defisiensi mikronutrien. Senyawa seperti sulfat fero, sulfat seng, dan bentuk provitamin A digunakan dalam fortifikasi.

Fortifikasi pangan hemat dianggap sebagai biaya dan efektif dalam jangka panjang. Biofortifikasi meningkatkan kualitas nutrisi tanaman melalui bioteknologi atau pemuliaan tanaman. Nanoteknologi juga telah digunakan untuk meningkatkan bioavailabilitas mikronutrien dalam fortifikasi pangan. Strategi konvensional berbasis pangan seperti diversifikasi pola makan dan fortifikasi pangan-ke-pangan masih relevan. Strategi ini terbukti dapat meningkatkan akses

dan asupan makanan kaya mikronutrien, yang berkelanjutan dan mendukung pertumbuhan ekonomi lokal.

13.4.2 Tantangan dalam Fortifikasi

Kita akan membahas tantangan umum dalam fortifikasi pangan. Hal ini akan menjadi dasar bagi kita membahas tantangan fortifikasi pangan dengan fitonutrien. Fortifikasi pangan menyediakan mikronutrien merupakan contoh fortifikasi pangan secara umum. Beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam upaya ini. Tantangan pertama adalah pemerataan sasaran produk fortifikasi. Produk fortifikasi mungkin hanya dikonsumsi sebagian kelompok sasaran. Aksesibilitasnya lebih tinggi di perkotaan, kaum wanita dan bayi atau anak kecil mungkin tidak mendapatkan asupan yang cukup.

Pengetahuan lebih lanjut tentang interaksi antar zat gizi merupakan tantangan tersendiri. Sebagai contoh ada masalah teknis dalam mencampur zat besi dan seng tanpa mengubah sifat organoleptik makanan. Mikroenkapsulasi dapat membantu mengatasi hal ini, tetapi teknologi ini mahal dan sulit diakses di negara berkembang. Hal ini merupakan tantangan tersendiri dalam fortifikasi pangan dengan mikronutrien.

Fortifikasi massal menimbulkan konflik etika terkait kebebasan memilih dan risiko asupan yang berlebihan. Tantangan sosial ekonomi di negara berkembang, seperti kurangnya industri pengolahan pangan, membuat pangan yang difortifikasi tidak terjangkau bagi kelompok rentan. Pendekatan fortifikasi pangan-ke-pangan yang memanfaatkan bahan lokal dapat menjadi solusi.

Fortifikasi pangan menawarkan manfaat kesehatan tetapi juga menghadapi risiko fortifikasi berlebihan dan stabilitas nutrisi. Mengatasi masalah ini memerlukan formulasi yang tepat dan penelitian berkelanjutan yang diperkuat dengan praktik ramah lingkungan.

13.4.3 Fortifikasi Pangan Dengan Fitonutrien Bioaktif Herbal

Sebelum membahas mengenai produk pangan yang difortifikasi herbal, kita akan sekilas meninjau contoh fortifikasi pangan yang telah dilakukan. Fortifikasi pangan dengan mikronutrien seperti vitamin pada bahan makanan. Secara tradisional, produk yang

difortifikasi dibuat dengan menambahkan vitamin D langsung ke dalam makanan melalui pencampuran atau homogenisasi. Produk ini harus dikonsumsi setiap hari sebagai bagian dari diet rutin, memiliki profil nutrisi baik, rendah lemak, rendah gula, dan rendah garam, serta tinggi zat gizi mikro, tinggi serat, dan nutraceutikal.

Makanan yang difortifikasi paling sering dikonsumsi dari kelompok Lemak dan Minyak, Minuman non-alkohol, Produk susu dan penggantinya. Produk seperti susu, jus buah, teh, kopi, yogurt, saus, olesan, batang sereal, sereal sarapan, dan roti dapat memenuhi persyaratan ini. Produk yang menjadi target fortifikasi ini mungkin berbeda di setiap negara tergantung kebiasaan makan. Program fortifikasi makanan skala besar menggunakan bahan makanan dasar seperti garam, minyak, gula, dan tepung untuk meningkatkan asupan zat gizi mikro dan diakui sebagai intervensi kesehatan masyarakat yang hemat biaya. Beberapa UPP, seperti kubus kaldu dan bumbu lainnya, juga digunakan sebagai kendaraan fortifikasi.

Bagaimana fortifikasi pangan dengan fitonutrien bahan bioaktif herbal? Idealnya fortifikasi dilakukan pada makanan dan minuman yang dikonsumsi setiap hari sebagai bagian dari diet rutin, memiliki profil nutrisi baik, rendah lemak, rendah gula, dan rendah garam, serta tinggi zat gizi mikro dan tinggi serat. Beberapa hal yang penting diperhatikan dalam fortifikasi pangan dengan bahan bioaktif herbal antara: (i) memperhatikan kepentingan kelompok rentan seperti wanita dan anak-anak, (ii) menghindari pencampuran zat gizi yang dapat mengubah stabilitas dan sifat organoleptik makanan, (iii) penggunaan terjangkau, (iv) menghindari kemungkinan risiko asupan berlebih, (iv) Menghindari penggunaan bahan herbal yang mahal atau langka, (v) menggunakan pendekatan pangan-ke-pangan yang memanfaatkan bahan lokal, dan (vi) mengutamakan penelitian dan pengembangan berkelanjutan agar fortifikasi tetap efektif, adil, dan berkelanjutan.

Banyak produk makanan dan minuman yang telah diperkaya dengan bahan herbal. Secara tradisional kita mengenal beberapa masakan yang difortifikasi dengan herbal. Nasi kuning merupakan makanan yang difortifikasi dengan herbal kunyit. Penggunaan tradisional ini utamanya ditujukan untuk meningkatkan cita rasa dan pemanfaatan khasiat herbal dalam makanan. Fortifikasi fitonutrien

dengan herbal dalam makanan modern lebih ditujukan untuk memperoleh manfaat herbal tersebut dalam memelihara kesehatan. Salah satu contoh makanan modern yang difortifikasi dengan herbal adalah Britannia NutriChoice herbs. Produk ini adalah produk biskuit yang mengandung 5 herbal yaitu Ashwagandha, Turmeric, Tulsi, Giloy, dan Amla.

Secara tradisional kita telah lama mengenal produk minuman susu dan kopi yang diperkaya herbal jahe. Tujuan penggunaan herbal jahe dalam minuman tradisional ini untuk meningkatkan cita rasa dan pemanfaatan khasiat herbal dalam minuman ini. Saat ini banyak produk kopi dan susu instan yang difortifikasi dengan herbal jahe yang lebih ditujukan untuk memperoleh manfaat herbal jahe bagi kesehatan. Produk seperti bumbu, penyedap, dan saus merupakan bahan herbal sekaligus bahan makanan dikonsumsi secara teratur. Herbal ini menjadi media fortifikasi fitonutrien yang efektif untuk makanan. Promosi fortifikasi ini akan mendorong pasar sehingga perlu didukung penelitian lebih lanjut untuk menilai potensi risikonya.

13.5 Manfaat Kesehatan makanan dan minuman yang di fortifikasi fitonutrien

13.5.1 Peningkatan sistem imun

Kekebalan tubuh yang optimal melibatkan fungsi koordinasi sel, jaringan, dan organ, serta protein dan berbagai faktor biologis untuk melindungi tubuh dari mikroba dan menghancurkan sel abnormal dan agen asing. Berbagai mikronutrien, seperti vitamin dan mineral, berperan penting dalam setiap tahap respon imun. Selain itu, komponen alami lainnya, termasuk metabolit sekunder tanaman, juga telah diteliti untuk meningkatkan kekebalan tubuh atau sebagai antimikroba. Buah murbei putih misalnya mengandung fitonutrien yang mendukung metabolisme gula dan lemak serta memiliki sifat imunomodulator.

Fitokimia seperti flavanol, karotenoid, dan komponen rempah-rempah (misalnya, kayu manis, bawang putih, jahe) memiliki efek antioksidan dan mengatur respon peradangan, yang dapat mengurangi risiko kanker dan penyakit autoimun. Fitonutrien seperti polifenol, sinamatdehida, eugenol, karvakrol, dan kurkumin dari kunyit

jug menunjukkan potensi imunomodulator dengan berbagai manfaat kesehatan dan antibakteri. Misalnya, kemangi suci memiliki fitur antiperadangan dan penyembuhan luka serta memodulasi imunitas humorai. Kurkumin, komponen utama kunyit, memiliki sifat antioksidan, anti inflamasi, antimikroba, antitumor, dan meningkatkan kekebalan. Fitokimia ini tidak hanya meningkatkan kesehatan tetapi juga membantu dalam produksi makanan berkualitas di industri ayam tanpa mengubah rasa makanan.

13.5.2 Antioksidan dan anti-inflamasi

Obat antiinflamasi yang aman berbasis zat bioaktif seperti flavonoid, ditemukan di banyak tanaman. Tanaman kaya fitokimia seperti polifenol, flavonoid, dan tanin dianggap menjanjikan untuk mengurangi kerusakan oksidatif dan meredakan peradangan. *Zingiber officinale* (jahe) dan *Allium subhirsutum* (sejenis bawang putih) adalah rempah-rempah dengan manfaat kesehatan yang telah digunakan secara medis. Kedua tanaman ini kaya fenolik bioaktif, seperti gingerol, paradol, shogaol, dan zingeron, yang bertanggung jawab atas aktivitas biologisnya, potensi termasuk antioksidan dan antikanker. Meskipun manfaat ini diketahui, sejauh mana ekstrak jahe dan bawang putih dapat meringankan cedera oksidatif peradangan akut yang belum didokumentasikan dengan baik. Flavonoid, yang ditemukan dalam buah dan sayuran, memiliki manfaat kesehatan termasuk efek anti-inflamasi, anti-apoptotik, dan antioksidan. Senyawa ini juga dapat membersihkan spesies oksigen reaktif (ROS) dan mengaktifkan enzim antioksidan, serta mengurangi konsentrasi zat yang memproduksi ROS. Sayuran juga mengandung karotenoid yang meningkatkan kekebalan tubuh dan memiliki sifat antikarsinogenik. Kurkumin dari kunyit, dengan aktivitas antioksidan tinggi, bertindak sebagai anti inflamasi dan termasuk dalam asam fenolik.

13.5.3 Pencegahan penyakit kronis

Flavonoid terbukti secara klinis dapat mencegah diabetes, gangguan kardiovaskular, dan kelainan ginjal berkat potensi antioksidannya. Penyakit kronis seperti penyakit jantung, kanker, dan diabetes sering disebabkan oleh pola makan yang tinggi lemak, gula,

garam, dan kolesterol. Risiko penyakit kronis meningkat pada orang lanjut usia, yang menjadi masalah signifikan seiring bertambahnya usia penduduk dunia. Selain itu, peningkatan harapan hidup dan kualitas hidup, serta efek samping obat-obatan, mendorong pengembangan makanan yang aman dan diperkaya dengan nutrisi. Mengonsumsi makanan yang diperkaya dengan bahan fungsional seperti vitamin, probiotik, mineral, serat, dan antioksidan dapat mengurangi risiko penyakit kronis dan meningkatkan kesejahteraan.

Makanan fungsional, termasuk buah-buahan, sayuran, ikan berminyak, minyak zaitun, kacang-kacangan, dan polong-polongan, memiliki bahan aktif atau nutrisi yang bermanfaat untuk kesehatan. Herbal kaya polifenol seperti kopi, teh hijau, teh hitam, dan yerba maté terbukti efektif dalam menurunkan kolesterol dan glukosa puasa, serta memiliki sifat anti-inflamasi dan antioksidan. Peptida bioaktif dalam protein makanan atau diformulasikan sebagai nutraceutical juga berkontribusi pada respon fisiologis terkait imunologi, antimikroba, kardiovaskular, gastrointestinal, neurologi, dan aktivitas hormonal.

13.5.4 Peningkatan Kesehatan pencernaan

Pencernaan adalah area terapi yang penting dalam kesehatan keluarga, mencakup kondisi dan gejala seperti sembelit, mual, diare, dan penyakit hati kronis. Penelitian pada tahun 2016 menunjukkan bahwa ekstrak kaya flavonoid memiliki efek menguntungkan pada sembelit, dengan mempercepat waktu transit di usus besar, meningkatkan kualitas tinja, dan mengurangi ketidaknyamanan perut. Flavonoid dalam jus anggur juga dapat mengurangi mual dan muntah selama kemoterapi. Penelitian lain menemukan bahwa flavonoid, seperti EGCG, secara signifikan meningkatkan remisi pada kolitis ulceratif. Flavonoid dan tanin juga memiliki nilai terapeutik dalam penanganan patologi hati dan pencernaan.

13.6 Peraturan dan Standar Keamanan

13.6.1 Regulasi global dan nasional tentang fortifikasi fitonutrien

Pemantauan regulasi makanan yang difortifikasi dalam program fortifikasi wajib meliputi pelacakan kualitas dan kuantitas

produk untuk memastikan peningkatan asupan vitamin dan mineral esensial. Pemantauan dilakukan dalam empat tingkat, pertama di tingkat internal oleh produsen melalui jaminan kualitas dan kendali mutu, eksternal oleh badan pengawas pemerintah melalui audit dan pengujian produk, di tingkat impor oleh bea cukai, dan di tingkat pasar melalui verifikasi pengemasan dan pelabelan. Fortifikasi pangan dapat dilakukan dalam skala besar (LSFF) atau skala kecil (SSF), skala besar umumnya menghasilkan dampak terbesar. Fortifikasi tepung jagung telah diwajibkan di 16 negara dan sebanyak 32% tepung jagung di produksi oleh pabrik besar. Penguatan program fortifikasi dapat bersifat wajib atau sukarela, dengan pengaturan yang memastikan kualitas dan keberlanjutan program. Negara-negara dengan peraturan fortifikasi memberikan kesempatan untuk menambahkan beragam mikronutrien setelah studi kelayakan. Integrasi pemantauan fortifikasi dengan mekanisme keamanan pangan nasional juga penting untuk efektivitas program. Pemantauan standar iodisasi garam di Indonesia telah dilakukan dan produsen yang tidak melakukan iodisasi akan dikenakan denda.

13.6.2 Standar keamanan pangan dalam proses fortifikasi

Mayoritas tepung terigu di produksi oleh industry besar, 80% tepung terigu digiling di pabrik industri besar dan 32% diantaranya telah difortifikasi dengan kualitas fortifikasi diawasi oleh standar internasional dan inspeksi pemerintah. Fortifikasi tepung terigu dengan zat besi dianggap paling maju dan berdampak tinggi. Fortifikasi tidak hanya dilakukan pada tepung terigu, tepung jagung juga merupakan salah satu tepung yang telah menerapkan fortifikasi. Fortifikasi tepung jagung hanya diwajibkan di 16 negara, dengan 32% digiling di pabrik besar, di mana 54% di antaranya difortifikasi. Keamanan dalam memfortifikasi setiap produk makanan perlu dipastikan dengan melakukan riset lebih lanjut. Umumnya hal ini diabaikan pada awal riset dikarenakan bahan-bahan penelitian yang digunakan merupakan bahan yang biasa di konsumsi sehari-hari. Salah satu solusi dalam memastikan keamanan produk pangan fortifikasi di pasaran contohnya melakukan pengambilan sampel secara acak untuk di uji. Di Indonesia, produsen yang terbukti tidak memenuhi standar iodisasi garam wajib dikenakan denda. Secara

umum, pencegahan pertama yang dapat dilakukan oleh produsen adalah memperhatikan angka konsumsi nutrisi tertentu di masyarakat sehingga tidak terjadi kelebihan pada nutrisi tertentu yang dapat menyebabkan efek samping. Selain itu regulasi juga sangat diperlukan dan harus disesuaikan dengan strategi nasional. Badan Pengawasan Obat dan Makanan di setiap negara juga perlu mengawasi dan memastikan regulasi tersebut berjalan.

13.6.3 Labeling dan klaim kesehatan pada produk

Pola makan yang buruk merupakan faktor risiko utama obesitas dan penyakit degeneratif lain. Pola makan yang tidak sehat mencakup makanan tinggi natrium, gula, dan lemak jenuh. Salah satu intervensi yang diusulkan untuk mengatasi masalah ini adalah pelabelan nutrisi. Meskipun banyak negara mewajibkan informasi nutrisi pada label makanan, konsumen sering kesulitan memahaminya, terutama konsumen dengan literasi kesehatan yang rendah. Selain itu, beberapa klaim nutrisi pada label makanan sering tidak membantu konsumen dalam membuat pilihan yang sehat. Oleh karena itu, pelabelan bagian depan kemasan (FOP) diperkenalkan untuk membantu konsumen mengidentifikasi makanan dengan kualitas gizi yang buruk dan mendorong produsen untuk merancang ulang produknya. Sistem FOP seperti peringkat bintang kesehatan dan pelabelan lampu lalu lintas dapat membantu konsumen menilai produk. Pelabelan FOP terbukti lebih berguna daripada klaim nutrisi dalam membantu konsumen menilai dan membeli produk, terutama bagi konsumen yang tidak menggunakan atau memahami tabel Fakta Nutrisi. Sehingga ketika diterapkan pada produk fortifikasi, akan lebih banyak konsumen yang mulai mengetahui tentang produk pangan fortifikasi.

Berbeda dengan Jepang, di Amerika Serikat, FDA tidak memiliki kategori regulasi formal untuk makanan fungsional. Jepang memiliki sistem FOSHU mengatur pelabelan makanan fungsional untuk memastikan klaim kesehatan yang jelas dan efektif. Regulasi FOSHU memerlukan bukti ilmiah yang signifikan tentang keamanan dan efektivitas bahan aktif, serta kontrol kualitas yang ketat. Sistem ini juga sedang dikembangkan untuk meningkatkan standarnya dengan menambahkan studi epidemiologi dan penelitian pasca-

pemasaran untuk memastikan dampak jangka panjang dari fungsional produk. Pesan pada label produk pangan fungsional penting untuk membantu konsumen memahami manfaat kesehatan produk. Ada tiga jenis klaim kesehatan yang diakui, yakni klaim kandungan nutrisi, klaim struktur/fungsi, dan klaim kesehatan. Klaim kandungan nutrisi menginformasikan kadar nutrisi dalam produk, klaim struktur/fungsi yang menggambarkan efek nutrisi pada tubuh, dan klaim kesehatan menyatakan hubungan antara komponen makanan dan penyakit. Klaim ini harus jelas, mudah dipahami, dan berdasarkan bukti ilmiah yang kuat untuk memastikan perlindungan konsumen dan mempromosikan pilihan makanan yang sehat.

13.7 Tantangan dan Prospek Masa Depan

13.7.1 Hambatan dalam produksi dan pemasaran

Fortifikasi pangan merupakan strategi untuk mencegah defisiensi mikronutrien, namun UMKM menghadapi kendala besar, seperti kekurangan data, keterbatasan dana, dan tantangan regulasi. Biaya fortifikasi lebih tinggi dibandingkan makanan non-fortifikasi. Program fortifikasi pangan di negara berkembang sering terganggu oleh kurangnya sumber daya, infrastruktur, dan pendanaan yang memadai. Berikutnya, perlakuan termal dan paparan UV mempercepat oksidasi fitonutrien. Mempertahankan fitonutrien sensitif selama ekstraksi merupakan tantangan utama. Fitonutrien dalam minyak kelapa sawit mentah dan produk sampingannya sulit diekstraksi karena viskositas tinggi dan sifat semipadatnya. Ekstraksi fitonutrien terhambat oleh sifat hidrofobik, seperti pada kasus β -karoten. Metode ekstraksi modern berusaha mengatasi degradasi akibat kondisi ekstraksi ekstrem. Kendala lain termasuk kesulitan rantai pasokan dan rendahnya penerimaan konsumen terhadap produk pangan fortifikasi. Beberapa orang juga mungkin takut dengan makanan baru atau makanan yang diolah dengan teknologi baru, sehingga menolak biofortifikasi tanaman dengan sifat nutrisi yang terlihat. Hal ini dapat disebut sebagai neofobia makanan. Pengetahuan dan pendidikan terkait biofortifikasi, efek visibilitas sifat nutrisi, dan peran informasi nutrisi dapat menjadi solusi dalam mengurangi neofobia.

13.7.2 Inovasi dan tren masa depan

Minuman fungsional menjadi fokus utama dalam penelitian dan pengembangan makanan fungsional. Namun, minuman siap minum memiliki keterbatasan dalam masa simpan, penyimpanan, dan transportasi. Tren masa depan cenderung mengarah pada minuman bubuk dan campuran instan siap-larut, yang berpotensi sebagai pengganti makanan. Tren terkini juga menunjukkan pergeseran dari minuman susu ke minuman berbahan dasar tanaman yang menghasilkan beragam produk inovatif. Minuman multigrain memiliki potensi besar karena menyediakan asam amino yang seimbang, protein berkualitas tinggi, serat, dan berbagai mikronutrien. Fortifikasi dengan vitamin dan mineral dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan harian, contohnya penggunaan biomassa kering mikroalga C. sorokiniana untuk memperkaya produk tepung dengan fitonutrien aktif seperti protein, klorofil, dan karotenoid. Fortifikasi pangan memungkinkan terciptanya produk alami tanpa aditif sintetis. "Multi-fortifikasi" dan teknologi baru seperti pengemasan yang dapat dimakan dan 3D food printing juga sedang menjadi tren masa depan. Di masa mendatang, penelitian akan banyak berfokus pada menciptakan produk pangan fungsional dan fortifikasi produk pangan yang ada sehingga bisa dikategorikan sebagai produk pangan fungsional. Kemudian, tidak menutup kemungkinan berkembangnya teknologi seperti 3d food printer yang dapat digunakan oleh rumah tangga dalam menyajikan makanan yang sudah difortifikasi.

13.7.3 Prospek pasar dan penerimaan konsumen

Produk susu yang difortifikasi merupakan bagian besar dari pasar makanan, karena susu merupakan pembawa populer untuk senyawa fungsional seperti vitamin dan asam lemak. Keju fortifikasi merupakan salah satu produk fortifikasi andalan. Fortifikasi keju harus mempertahankan kualitas sensori agar diterima konsumen. Pengembangan produk keju dengan karakteristik organoleptik, teknologi, nutraceutical, dan sensorial yang seimbang merupakan suatu hal yang sangat diharapkan oleh konsumen. Contoh lainnya adalah konsumen premium bersedia membayar lebih untukereal instan yang difortifikasi. Salah satu peluang lain seperti permintaan terhadap komoditi daging analog yang semakin meningkat.

Daging analog dibuat mirip dengan daging dalam hal tekstur, warna, rasa, dan bentuk. Sayuran, sereal, dan kacang-kacangan telah dijadikan bahan analog daging, yang dapat meningkatkan karakteristik nutrisi dan fungsionalnya. Daging analog dapat di fortifikasi untuk semakin meningkatkan potensi fungsionalnya. Pasar untuk produk pangan fortifikasi masih terbatas pada beberapa jenis produk saja. Keterbatasan ini dipengaruhi berbagai faktor termasuk neofobia. Namun, peningkatan pasar atau konsumsi produk fortifikasi akan terus terjadi seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan pendidikan terkait fortifikasi.

13.8 Kesimpulan

Nutrisi menyediakan energi, mendukung struktur tubuh, dan mengatur proses kimia, sementara fitonutrien, seperti karotenoid, flavonoid, dan polifenol, memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi yang mendukung kesehatan dan melindungi dari penyakit. Fitonutrien dan bioaktif herbal, yang juga penting dalam pengobatan tradisional dan modern, dapat mencegah penyakit kardiovaskular, kanker, diabetes, dan obesitas melalui berbagai mekanisme. Fitonutrien terdapat dalam buah, sayur, dan biji-bijian, serta rempah-rempah seperti paprika dan cabai, dan konsumsi fitonutrien melalui makanan alami lebih disarankan daripada suplemen. Fortifikasi pangan dapat meningkatkan asupan vitamin dan mineral esensial, contohnya dengan minuman fungsional berbasis tanaman dan produk makanan seperti daging analog dan produk susu yang difortifikasi. Strategi seperti fortifikasi, biofortifikasi, dan diversifikasi makanan penting dilakukan untuk mengatasi kekurangan zat gizi mikro Masyarakat. Edukasi tentang biofortifikasi pada Masyarakat juga penting untuk penerimaan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N., Cahyarani Puspita, N., Saraswati, & Średnicka-Tober, D. (2021). Antioxidants such as flavonoids and carotenoids in the diet of Bogor, Indonesia residents. *Antioxidants*, 10(4), 587.
- Alkhatib, A. (2020). Antiviral functional foods and exercise lifestyle prevention of coronavirus. *Nutrients*, 12(9), 2633.
- Alkhatib, D. H., Jaleel, A., Tariq, M. N. M., Feehan, J., Apostolopoulos, V., Cheikh Ismail, L., ... & Dhaheri, A. S. A. (2021). The role of bioactive compounds from dietary spices in the management of metabolic syndrome: An overview. *Nutrients*, 14(1), 175.
- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., & Leggette, H. R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217.
- Bazarnova, J., Nilova, L., Trukhina, E., Bernavskaya, M., Smyatskaya, Y., & Aktar, T. (2021). Use of microalgae biomass for fortification of food products from grain. *Foods*, 10(12), 3018.
- Cao, H., Saroglu, O., Karadag, A., Diaconeasa, Z., Zoccatelli, G., Conte-Junior, C. A., ... & Xiao, J. (2021). Available technologies on improving the stability of polyphenols in food processing. *Food Frontiers*, 2(2), 109-139.
- Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: from plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2), 153-177. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-012-9242-8>
- Cormick, G., Betrán, A. P., Metz, F., Palacios, C., Beltrán-Velazquez, F., García-Casal, M. D. L. N., ... & Belizán, J. M. (2020). Regulatory and policy-related aspects of calcium fortification of foods. Implications for implementing national strategies of calcium fortification. *Nutrients*, 12(4), 1022.
- Costa-Pérez, A., Núñez-Gómez, V., Baenas, N., Di Pede, G., Achour, M., Manach, C., ... & Domínguez-Perles, R. (2023). Systematic review on the metabolic interest of glucosinolates and their bioactive derivatives for human health. *Nutrients*, 15(6), 1424.
- da Fonseca Machado, A. P., Geraldi, M. V., do Nascimento, R. D. P., Moya, A. M. T. M., Vezza, T., Diez-Echave, P., ... & Júnior, M. R. M.

- (2021). Polyphenols from food by-products: An alternative or complementary therapy to IBD conventional treatments. *Food research international*, 140, 110018.
- Dakuyo, R., Konaté, K., Sanou, A., Kaboré, K., Sama, H., Bazié, D., ... & Dicko, M. H. (2022). Comparison of Proximate and Phytonutrient Compositions of Cashew Nuts and Apples from Different Geographical Areas of Burkina Faso. *BioMed Research International*, 2022(1), 1800091.
- De Groote, H., Mugalavai, V., Ferruzzi, M., Onkware, A., Ayua, E., Duodu, K. G., ... & Hamaker, B. R. (2020). Consumer acceptance and willingness to pay for instant cereal products with food-to-food fortification in Eldoret, Kenya. *Food and nutrition bulletin*, 41(2), 224-243.
- de Jong, M. H., Nawijn, E. L., & Verkaik-Kloosterman, J. (2022). Contribution of voluntary fortified foods to micronutrient intake in The Netherlands. *European Journal of Nutrition*, 61(3), 1649-1663.
- Desire, M. F., Blessing, M., Elijah, N., Ronald, M., Agather, K., Tapiwa, Z., ... & George, N. (2021). Exploring food fortification potential of neglected legume and oil seed crops for improving food and nutrition security among smallholder farming communities: A systematic review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, 100117.
- Díaz, L. D., Fernández-Ruiz, V., & Cámaras, M. (2020). An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 68, 103896.
- Diniz do Nascimento, L., Barbosa de Moraes, A. A., Santana da Costa, K., Pereira Galúcio, J. M., Taube, P. S., Leal Costa, C. M., ... & Guerreiro de Faria, L. J. (2020). Bioactive natural compounds and antioxidant activity of essential oils from spice plants: New findings and potential applications. *Biomolecules*, 10(7), 988.
- Doymaz, I. (2017). Fortification of dairy products with plant extracts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(9), 1873-1884. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2014.993006>

- Ekalu, A., & Habila, J. D. (2020). Flavonoids: isolation, characterization, and health benefits. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9, 1-14.
- eMediHealth. (2023). Are Phytonutrients Different From Phytochemicals?. eMediHealth. Retrieved from <https://www.emedihealth.com/nutrition/phytonutrients-vs-phytochemicals>
- Fanzo, J., McLaren, R., Bellows, A., & Carducci, B. (2023). Challenges and opportunities for increasing the effectiveness of food reformulation and fortification to improve dietary and nutrition outcomes. *Food Policy*, 119, 102515.
- Ferruzzi, M. G., Tanprasertsuk, J., Kris-Etherton, P., Weaver, C. M., & Johnson, E. J. (2020). Perspective: the role of beverages as a source of nutrients and phytonutrients. *Advances in Nutrition*, 11(3), 507-523.
- Franco-Arellano, B., Vanderlee, L., Ahmed, M., Oh, A., & L'abbé, M. (2020). Influence of front-of-pack labelling and regulated nutrition claims on consumers' perceptions of product healthfulness and purchase intentions: A randomized controlled trial. *Appetite*, 149, 104629.
- Freeman, S., Clarke, E., & Hepburn, E. (2023). Investigation of Sustainability Challenges Faced by Food Fortification Programs Targeting Pregnant Women and Children in Developing Countries. *Journal of Food Science and Human Nutrition*, 2(1), 10-18.
- Frontiers Editorial Team. (2022). Phytonutrients: Sources, bioavailability, interaction with gut microbiota, and their impacts on human health. *Frontiers in Nutrition*. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.816123/full>
- Ghasemzadeh, A., & Ghasemzadeh, N. (2011). Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(31), 6697-6703.
- Gomez de Cedron, M., Navarro del Hierro, J., Reguero, M., Wagner, S., Bouzas, A., Quijada-Freire, A., ... & Molina, A. R. D. (2020). Saponin-rich extracts and their acid hydrolysates

- differentially target colorectal cancer metabolism in the frame of precision nutrition. *Cancers*, 12(11), 3399.
- Gonçalves, B., Pinto, T., Aires, A., Morais, M. C., Bacelar, E., Anjos, R., ... & Cosme, F. (2023). Composition of nuts and their potential health benefits—An overview. *Foods*, 12(5), 942.
- Gupta, C., Prakash, D., & Gupta, S. (2014). Significance of Phytochemicals in Food and Human Health. *Pharmacognosy Review*, 8(15), 46-48. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4129919>
- Hoe, B. C., Chan, E. S., Nagasundara Ramanan, R., & Ooi, C. W. (2020). Recent development and challenges in extraction of phytonutrients from palm oil. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(6), 4031-4061.
- Hurrell, R. F. (2022). Ensuring the efficacious iron fortification of foods: a tale of two barriers. *Nutrients*, 14(8), 1609.
- Khan, A., Ikram, M., Hahm, J. R., & Kim, M. O. (2020). Antioxidant and anti-inflammatory effects of citrus flavonoid hesperetin: Special focus on neurological disorders. *Antioxidants*, 9(7), 609.
- Kaur, N., Agarwal, A., & Sabharwal, M. (2022). Food fortification strategies to deliver nutrients for the management of iron deficiency anaemia. *Current Research in Food Science*, 5, 2094-2107.
- Kaur, R., Shekhar, S., & Prasad, K. (2024). Functional beverages: recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, 4(1).
- Kroker-Lobos, M. F., Mazariegos, M., Guamuch, M., & Ramirez-Zea, M. (2022). Ultraprocessed products as food fortification alternatives: a critical appraisal from Latin America. *Nutrients*, 14(7), 1413.
- Kruger, J., Taylor, J. R., Ferruzzi, M. G., & Debelo, H. (2020). What is food-to-food fortification? A working definition and framework for evaluation of efficiency and implementation of best practices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3618-3658.

- Li, H., Li, F., & Wang, S. (2018). The role of bioactive compounds in health and disease. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 122-130.
- Liu, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *Journal of Nutrition*, 134(12), 3479S-3485S. Retrieved from <https://academic.oup.com/jn/article/134/12/3479S/4688737>
- Maina, S., Misinzo, G., Bakari, G., & Kim, H. Y. (2020). Human, animal and plant health benefits of glucosinolates and strategies for enhanced bioactivity: A systematic review. *Molecules*, 25(16), 3682.
- Makkar, R., Behl, T., Bungau, S., Zengin, G., Mehta, V., Kumar, A., ... & Oancea, R. (2020). Nutraceuticals in neurological disorders. *International journal of molecular sciences*, 21(12), 4424.
- Manhivi, V. E., Sultanbawa, Y., & Sivakumar, D. (2020). Enhancement of the phytonutrient content of a gluten-free soup using a composite of vegetables. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1051-1065.
- Martirosyan, D., Lampert, T., & Ekblad, M. (2022). Classification and regulation of functional food proposed by the Functional Food Center. *Functional Food Science-Online ISSN: 2767-3146*, 2(2), 25-46.
- Maurya, V. K., Shakya, A., Bashir, K., Jan, K., & McClements, D. J. (2023). Fortification by design: A rational approach to designing vitamin D delivery systems for foods and beverages. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(1), 135-186.
- Miekus, N., Marszałek, K., Podlacha, M., Iqbal, A., Puchalski, C., & Świergiel, A. H. (2020). Health benefits of plant-derived sulfur compounds, glucosinolates, and organosulfur compounds. *Molecules*, 25(17), 3804.
- Mkambula, P., Mbuya, M. N., Rowe, L. A., Sablah, M., Friesen, V. M., Chadha, M., ... & Gorstein, J. (2020). The unfinished agenda for food fortification in low-and middle-income countries: quantifying progress, gaps and potential opportunities. *Nutrients*, 12(2), 354.

- Monjotin, N., Amiot, M. J., Fleurentin, J., Morel, J. M., & Raynal, S. (2022). Clinical Evidence of the Benefits of Phytonutrients in Human Healthcare. *Nutrients*, 14(9), 1712. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/nu1409171>
- Monroy-Gomez, J., Ferraboschi, C., van Zutphen, K. G., Gavin-Smith, B., Amanquah, D., & Kraemer, K. (2022). Small and medium enterprises' perspectives on food fortification amid the growing burden of malnutrition. *Nutrients*, 14(18), 3837.
- Nabi, F., Arain, M. A., Rajput, N., Alagawany, M., Soomro, J., Umer, M., ... & Liu, J. (2020). Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(6), 1809-1818.
- Nguyen, L. T., Färcaş, A. C., Socaci, S. A., Tofană, M., Diaconeasa, Z. M., Pop, O. L., & Salanță, L. C. (2020). An overview of saponins-a bioactive group.
- Nguyen, T. H., Vu, D. C., Alvarez, S., Nguyen, K. D., Nguyen, T. L., Tuan, N. N., ... & Vo, X. T. (2022). Comparative examination of phytonutrients and antioxidant activity of commonly consumed nuts and seeds grown in Vietnam. *Horticulturae*, 8(6), 521.
- Oh, S., Cave, G., & Lu, C. (2021). Vitamin B12 (Cobalamin) and micronutrient fortification in food crops using nanoparticle technology. *Frontiers in Plant Science*, 12, 668819.
- Ohanenye, I. C., Emenike, C. U., Mensi, A., Medina-Godoy, S., Jin, J., Ahmed, T., ... & Udenigwe, C. C. (2021). Food fortification technologies: Influence on iron, zinc and vitamin A bioavailability and potential implications on micronutrient deficiency in sub-Saharan Africa. *Scientific African*, 11, e00667.
- Olson, R., Gavin-Smith, B., Ferraboschi, C., & Kraemer, K. (2021). Food fortification: The advantages, disadvantages and lessons from sight and life programs. *Nutrients*, 13(4), 1118.
- Palacios, C., Cormick, G., Hofmeyr, G. J., Garcia-Casal, M. N., Peña-Rosas, J. P., & Betrán, A. P. (2021). Calcium-fortified foods in public health programs: considerations for implementation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1485(1), 3-21.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2009, 1-10.

- and Cellular Longevity, 2(5), 270-278. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2009/897484>
- Picciotti, U., Massaro, A., Galiano, A., & Garganese, F. (2022). Cheese fortification: Review and possible improvements. *Food Reviews International*, 38(sup1), 474-500.
- Prabha, K., Ghosh, P., Abdullah, S., Joseph, R. M., Krishnan, R., Rana, S. S., & Pradhan, R. C. (2021). Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology. *Future Foods*, 3, 100019.
- Pratap-Singh, A., & Leiva, A. (2021). Double fortified (iron and zinc) spray-dried microencapsulated premix for food fortification. *Lwt*, 151, 112189.
- Puvača, N. (2022). Bioactive compounds in dietary spices and medicinal plants. *J. Agron. Technol. Eng. Manag.*, 5, 704-711.
- Razzaq, A., Tang, Y., & Qing, P. (2021). Towards sustainable diets: Understanding the cognitive mechanism of consumer acceptance of biofortified foods and the role of nutrition information. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1175.
- Rehman, M. S. U., Rehman, S. U., Yousaf, W., Hassan, F. U., Ahmad, W., Liu, Q., & Pan, H. (2021). The potential of toll-like receptors to modulate avian immune system: exploring the effects of genetic variants and phytonutrients. *Frontiers in Genetics*, 12, 671235.
- Rizwan, M., Zhu, Y., Qing, P., Zhang, D., Ahmed, U. I., Xu, H., ... & Tariq, A. (2021). Factors determining consumer acceptance of biofortified food: Case of zinc-fortified wheat in pakistan's punjab province. *Frontiers in nutrition*, 8, 647823.
- Rocha, H. R., Coelho, M. C., Gomes, A. M., & Pintado, M. E. (2023). Carotenoids diet: Digestion, gut microbiota modulation, and inflammatory diseases. *Nutrients*, 15(10), 2265.
- Rowe, L. A. (2020). Addressing the fortification quality gap: a proposed way forward. *Nutrients*, 12(12), 3899.
- Saini, R. K., Ranjit, A., Sharma, K., Prasad, P., Shang, X., Gowda, K. G. M., & Keum, Y. S. (2022). Bioactive compounds of citrus fruits: A review of composition and health benefits of carotenoids, flavonoids, limonoids, and terpenes. *Antioxidants*, 11(2), 239.

- Sarker, U., Rabbani, M. G., Oba, S., Eldehna, W. M., Al-Rashood, S. T., Mostafa, N. M., & Eldahshan, O. A. (2022). Phytonutrients, colorant pigments, phytochemicals, and antioxidant potential of orphan leafy Amaranthus species. *Molecules*, 27(9), 2899.
- Sarma, U., & TR, B. (2024). Dietary phytonutrients in common green leafy vegetables and the significant role of processing techniques on spinach: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 10.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464615002156>
- Sharma, K., Kaur, R., Kumar, S., Saini, R. K., Sharma, S., Pawde, S. V., & Kumar, V. (2023). Saponins: A concise review on food related aspects, applications and health implications. *Food Chemistry Advances*, 2, 100191.
- Silva, R. F., & Pogačnik, L. (2020). Polyphenols from food and natural products: Neuroprotection and safety. *Antioxidants*, 9(1), 61.
- Sosnowska, D., Kajszczak, D., & Podścdek, A. (2022). The effect of different growth stages of black chokeberry fruits on phytonutrients, anti-lipase activity, and antioxidant capacity. *Molecules*, 27(22), 8031.
- Sulistia, Y., Dinalia, D., Sumule, A. W., & Lestari, A. D. (2022). A Status Kelayakan Fortifikasi Vitamin A Minyak Goreng Sawit Tahun 2016–2020 di Wilayah Stunting. *Eruditio: Indonesia Journal of Food and Drug Safety*, 3(1), 38–46.
- Sumera, W., Goc, A., Niedzwiecki, A., & Rath, M. (2020). The micronutrient combination with immune-enhancing effects. *J Cellular Medicine and Natural Health*.
- Temviriyankul, P., Kittibunchakul, S., Trisonthi, P., Inthachat, W., Siriwan, D., & Suttisansanee, U. (2021). Analysis of phytonutrients, anti-mutagenic and chemopreventive effects of tropical fruit extracts. *Foods*, 10(11), 2600.

- Tiwari, U., & Cummins, E. (2013). Bioactive compounds from edible plants in chronic disease prevention: Evidence from laboratory to clinical studies. *Phytochemistry Reviews*, 12(2), 511-527.
- Tiwari, P., Ramachandran, P., Arshad, N., & Rehman, A. Fortified Beverages.
- Ullah, A., Munir, S., Badshah, S. L., Khan, N., Ghani, L., Poulson, B. G., ... & Jaremko, M. (2020). Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules*, 25(22), 5243.
- Williams, A. R., Andersen-Civil, A. I., Zhu, L., & Blanchard, A. (2020). Dietary phytonutrients and animal health: regulation of immune function during gastrointestinal infections. *Journal of Animal Science*, 98(4), skaa030.
- Williams, J. R. (2022). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 21(1), 15. *Nutrition Journal*. Retrieved from <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-022-00748-6>.
- Zammel, N., Saeed, M., Bouali, N., Elkahoui, S., Alam, J. M., Rebai, T., ... & Badraoui, R. (2021). Antioxidant and anti-Inflammatory effects of Zingiber officinale roscoe and Allium subhirsutum: In silico, biochemical and histological Study. *Foods*, 10(6), 1383.



BIODATA PENULIS



Astri Iga Siska, S.Pi., M.P
Dosen Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri
Politeknik Negeri Banyuwangi

Penulis lahir di Lamongan, tanggal 23 April 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Banyuwangi. Lulus S1 di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya (FPIK UB) tahun 2015, lulus S2 di Program Magister Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya (FTP UB) tahun 2019. Saat ini penulis mengampu mata kuliah Penanganan Pasca Panen, Quality Control, Penanganan Limbah Hasil Pertanian, Kebijakan Pembangunan Pertanian, Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Standardisasi, Pengantar Bisnis. Penulis pernah menjadi staf dosen di Program Studi Ilmu Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram pada tahun 2019 – 2021. Di tahun 2022 mengikuti Pelatihan Peningkatan Kompetensi Berstandar Industri bagi Dosen Politeknik dan/atau Perguruan Tinggi Penyelenggara Pendidikan Vokasi Program Keahlian Agriteknologi Pengolahan Hasil Pertanian yang diselenggarakan oleh Balai Besar Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Pertanian bekerja sama dengan Roti Ganep Tradisi Solo, Surakarta.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: astri.igasiska@poliwangi.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. apt. Eka Prasasti Nur Rachmani, M.Sc.

Dosen Program Studi Jurusan Farmasi
Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan
Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Pasuruan tanggal 29 Januari 1979. Penulis menamatkan SDN Puro 1 Karangmalang Sragen tahun 1991, SMPN 5 Sragen tahun 1994 dan SMAN 1 Sragen tahun 1997. Penulis melanjutkan S1 di Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran lulus tahun 2002 dan menamatkan Program Profesi Apoteker tahun 2003. Penulis menamatkan S2 dan S3 di Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada tahun 2009 dan 20019. Penulis menjadi pengajar tetap di Jurusan Farmasi Universitas Jenderal Soedirman sejak 2005 dan mengajar pada bidang Farmasi Bahan Alam. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: eka.rachmani2901@unsoed.ac.id.

BIODATA PENULIS



Dr. Paini Sri Widyawati, S.Si., M.Si.
Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala
Surabaya

Penulis lahir di Klaten, 23 April 1973. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 Program Studi Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Selanjutnya penulis melanjutnya pendidikan S3 di Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Saat ini Penulis menjabat sebagai Ketua Laboratorium Kimia, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Penulis menekuni bidang ilmu pangan yang terkonsentrasi pada kimia komponen bioaktif pangan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: paini@ukwms.ac.id atau wiwiedt@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Dodi Darmakusuma, S.Si, M.Si

Lahir di Curup 2 Juli 1971, Menyelesaikan pendidikan hingga SMA di Kota Bengkulu. Melanjutkan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya. Pada tahun 2001 menyelesaikan pendidikan Magister Kimia dengan Bidang Kajian Utama Kimia Organik pada Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran. Pada tahun 2014 menyelesaikan Pendidikan Doktor dalam Bidang Ilmu Faal dan Khasiat Obat pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Penulis adalah staf pada Program Studi Teknik pembuatan Tenun Ikat dan Program Studi Kimia FST Universitas Nusa Cendana. Bidang keahlian penulis adalah Kimia Kosmetik. Penulis mengampu beberapa mata kuliah, antara lain: Kimia Dasar, Biokimia, Biokimia Lanjut, Kimia Obat, Psikotropika dan Kosmetik, Kimia Medisinal, Kimia Zat Warna dan Kimia Bahan Alam. Saat ini penulis masih aktif meneliti dan telah menghasilkan beberapa patent sederhana dan produk pangan fungsional. Ekstraksi bahan herbal alah salah satu bidang kajian yang mendukung bidang keahlian penulis. Penulis dapat dihubungi melalui email dodidarmakusuma@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Anna Permatasari Kamarudin, S.MBA
Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian
Universitas Gajah Putih

Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 4 Maret. S1 diselesaikan di Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta pada 1995. Telah menyelesaikan S2, *Master of Bussiness Administration* pada tahun 1999 dari FPP Universiti Kebangsaan Malaysia. S3 diselesaikan pada tahun 2008 setelah *convert* dari S2 ke S3 pada tahun 2003 di *School of Chemistry and Food Science*, Fakulti Sains dan Teknologi Universiti Kebangsaan Malaysia. Penulis adalah Dekan Fakultas Pertanian Universitas Gajah Putih, Takengon Aceh Tengah. Beberapa bukunya telah diterbitkan dan banyak berfokus pada bidang teknologi pengolahan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: annapermatasari83@com.

BIODATA PENULIS



Dr. Santi Dwi Astuti, STP., M.Si.
Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Purwokerto, tanggal 23 April 1978. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) dan mengampu mata kuliah seperti Pengetahuan Bahan Pangan, Teknologi Pengolahan Pangan, Pengembangan Produk Pangan, Pangan Fungsional, Bahan Tambahan Pangan, Teknologi Pengolahan Buah dan Sayur, dan Evaluasi Sensori. Penulis menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian UNSOED pada Tahun 2000. Penulis menyelesaikan studi S2 dan S3 di Program Studi Ilmu Pangan IPB pada Tahun 2010 dan Tahun 2017. Saat ini, penulis menjabat sebagai Koordinator Pusat Inovasi dan Hilirisasi LPPM UNSOED. Bidang kajian riset dan hilirisasi riset penulis adalah terkait pengembangan produk pangan lokal fungsional, khususnya dari komoditas umbi-umbian, buah-buahan, dan rempah-rempah. Penulis menuangkan hasil riset dan pengalaman hilirisasi riset melalui artikel yang dipublikasi di jurnal, buku, dan *book chapter*. Beberapa buku yang telah diterbitkan diantaranya adalah Ilmu Bahan Pangan dan Teknik Evaluasi Sensori Produk Pangan yang diterbitkan oleh Hei Publishing.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: santi.astuti@unsoed.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof.Dr.Ir. I Ketut Budaraga,M.Si.CIRR
Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, MSi. CIRR lahir di Desa Bulian Kecamatan Kubutambahan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali pada tanggal 22 Juli 1968. Menamatkan SD No.1 Bulian tahun 1982, SMP 1 Singaraja tahun 1984. SMA Lab Uhud Singaraja tahun 1987. Melanjutkan ke Fakultas Pertanian Universitas Mataram tahun 1987 dan tamat 1992. Melanjutkan pendidikan S2 tahun 1995 Ke Pasca sarjana program studi Teknik Pasca Panen IPB tamat 1998. Diberikan kesempatan lanjut ke S3 Ilmu pertanian tamat tahun 2016. Diangkat sebagai Dosen PNSD di Kopertis Wilayah X Padang di tempatkan di Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Pernah menjabat mulai wakil Wakil dekan III Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Dekan Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, sekarang diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas EkaSakti. Terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2023 diberikan kepercayaan oleh pemerintah menjadi guru besar bidang ilmu Teknologi Pengolahan. Punya semboyan hidup kembali ke alam (*back to nature*), banyak kajian-kajian yang sudah dipublikasi dijurnal Internasional terindeks scopus, jurnal nasional terindeks sinta seperti pemanfaatan hasil samping kelapa menjadi produk yang memiliki nilai tambah, penggunaan

pengawet alami asap cair pada pengolahan pangan, serta pengolahan pangan yang lain seperti pengolahan pisang, pembuatan keju cottage dengan penggumpal alami. Selama ini sudah pernah memperoleh paten sederhana pada tahun 2010 tentang kompor briket tahan panas, Pada tahun 2022 memperoleh paten sederhana berjudul Keju Cottage Dari Susu Sapi Dengan Penambahan Belimbing Wuluh. Informasi lebih lanjut bisa menghubungi email iketutbudaraga@unespadang.ac.id.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Elmeizy Arafah, M.S.

Dosen Program Studi Agribisnis dan Program Studi Ilmu Perikanan
Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Selatan

Penulis lahir di Palembang tanggal 23 Mei 1969. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis dan Program Studi Ilmu Perikanan Universitas Sumatera Selatan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sriwijaya dan melanjutkan S2 dan S3 pada Program Studi Ilmu Pangan Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang teknologi hasil pertanian dan pangan fungsional serta makanan tradisional. Penulis berperan aktif sebagai anggota Perhimpunan Ahli Pangan Indonesia (PATPI) sejak 1995 dan Sejak 2021 Penulis menjadi wakil ketua PATPI Cabang Palembang. Pada akhir bulan Juni 2024, bersama rekan seprofesi ahli pangan Indonesia penulis menerbitkan buku Pengembangan Pangan Fungsional. Penulis juga dioercaya menjadi wakil Koordinator Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan (MHPI) Wilayah Sumatera Selatan periode 2023-2028. Penulis juga anggota Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (Perheppi). Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: elmeizyrafah@uss.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof.Dr.Ir. Elisa Julianti, MSi
Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

Penulis lahir di Medan tanggal 16 Juni 1967. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, S2 di Program Studi Teknologi Pascapanen IPB University dan S3 di program Studi Ilmu Pangan IPB University. Penulis menekuni bidang Menulis. Bidang penelitian yang digeluti adalah *modified atmosphere packaging*, teknologi pengeringan kemoreaksi, serta pengembangan pangan fungsional dari tepung berbasis umbi-umbian lokal. Menulis lebih dari 200 publikasi nasional maupun internasional. Aktif sebagai mitra bestari pada beberapa jurnal nasional dan internasional, serta sebagai reviewer penelitian dan pengabdian masyarakat yaitu di LPDP, Kemenristek Dikti dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat USU. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: elisa1@usu.ac.id; elizayulianti31@gmail.com

BIODATA PENULIS



Abd. Syukur Lumbessy, STP., M.Sc.
Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Khairun

Penulis lahir di Desa Waitina, Kabupaten Kapulauan Sula tanggal 09 Juli 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Khairun. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Khairun Tahun dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Hasil Perkebunan Universitas Gadjah Mada Tahun. Penulis menekuni bidang Menulis.

Beberapa tulisan ilmiah populer yang dimuat di Malut Post adalah Peran pengawasan mutu dalam industri pangan, Identifikasi penggunaan senyawa toksik dalam produk olahan pangan, Pengolahan tepung biji - bijian berbasis tanaman kayu, Pengaruh lama fermentasi biji terhadap karakteristik lemak kakao. Penulis anggota dalam Buku Potensi dan Strategi Pengembangan Tanaman Aneka Kacang Sebagai Bahan Baku Industri, Teknologi Pengolahan Unggas, Sistem Sanitasi dan Keamanan Pangan Teori dan Aplikasi.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: abdulsyukurthaclib@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nurullia Febriati, S.Pt., M.Si
Dosen Program Studi Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Penulis lahir di Bandarlampung tanggal 10 Februari 1986. Penulis adalah dosen pada Program Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Peternakan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Penulis menekuni bidang menulis tentang pengolahan hasil pertanian. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurullia.febriati@fp.unila.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Bambang Kunarto, MP
Dosen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Semarang

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Semarang. Menyelesaikan pendidikan S1 sampai S3 pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (bidang Teknologi Hasil Pertanian/ilmu dan teknologi pangan). Topik buku yang telah diterbitkan antara lain: Teknologi Pengolahan Teh Hitam sistem Orthodoks, Teknologi Pengolahan Kopi dan Dekafeinasi, Teknologi Pengolahan Panili dan Pemanfaatan Kulit Durian. Beberapa penelitian yang telah dihasilkan penulis bertopik ekstraksi dan enkapsulasi serta evaluasi sifat antioksidatif ekstrak tanaman.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: bbkunarto@gmail.com

BIODATA PENULIS



Abdullah Mutis, BSc (Hons)
Pemilik dan Konsultan Pengembangan Produk Makanan
The Moetis Original

Penulis lahir di Bengkulu tanggal 21 September 2001. Penulis adalah pemilik dan konsultan pengembangan produk makanan dari merek The Moetis Original. Menyelesaikan pendidikan Bachelor Degree pada Jurusan Food Technology di Universiti Malaysia Terengganu. Penulis menekuni bidang pengembangan produk makanan dan pengembangan Micro-factory. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: mutisabdullah1@gmail.com