

TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN



PENULIS :

Rissa Megavitry, Dwi Ari Cahyani, Faidha Rahmi
Asmanur Jannah, Nurul Fadillah Arshy
Anis Khairunnisa, Rissa Megavitry
Ira Gusti Riani

TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN

**Rissa Megavitry
Dwi Ari Cahyani
Faidha Rahmi
Asmanur Jannah
Nurul Fadillah Arshy
Anis Khairunnisa
Rissa Megavitry
Ira Gusti Riani**



GET PRESS INDONESIA

TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN

Penulis :

Rissa Megavitry
Dwi Ari Cahyani
Faidha Rahmi
Asmanur Jannah
Nurul Fadillah Arshy
Anis Khairunnisa
Rissa Megavitry
Ira Gusti Riani

ISBN : 978-623-125-217-3

Editor : Mila Sari, M.Si.

Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd.

Penerbit: GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juni 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 hidayah-Nya, maka Penulisan Buku dengan judul Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian dapat diselesaikan dengan kerjasama tim penulis. Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian merupakan buku yang berisikan bahasan mengenai Pengenalan Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian, Prinsip dan Metode Pengerinan, Prinsip dan Metode Penggorengan, Prinsip Pengawetan Menggunakan Suhu Rendah, Prinsip Pengolahan Menggunakan Suhu Tinggi, Prinsip Pengolahan Menggunakan Garam, Asam, Gula, dan Bahan Kimia, Prinsip Teknologi Pengawetan Dengan Iradiasi, dan Prinsip Teknologi Pemangangan.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Mei 2024
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENGENALAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Ruang Lingkup Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian	2
1.3 Komponen Penyusun Bahan Pangan	3
1.3.1 Karbohidrat	3
1.3.2 Protein	4
1.3.3 Lemak	5
1.4 Kerusakan Bahan Pangan	5
1.3.1 Kerusakan Mikrobiologis	6
1.3.2 Kerusakan Biologis	7
1.3.3 Kerusakan Fisik	7
1.3.4 Kerusakan Kimiawi	9
1.3.5 Kerusakan Mekanis	9
1.4 Metode Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian	10
1.4.1 Pemanasan	10
1.4.2 Pendinginan	11
1.4.3 Pengeringan	11
1.4.4 Pengemasan	12
1.4.5 Pengalengan	12
1.4.6. Penggunaan Bahan Kimia	13
1.4.7. Fermentasi	13
1.4.8. Iradiasi	14
DAFTAR PUSTAKA	15
BAB 2 PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN	17
2.1 Pendahuluan	17
2.2 Prinsip Pengeringan	18
2.2.1 Kadar Air Bahan	19
2.2.2 Laju Pengeringan Bahan	21
2.3 Metode Pengeringan	23
2.3.1 Pengeringan Secara Alami	24
2.3.2 Pengeringan Secara Mekanis	25
2.3.3 Klasifikasi Mesin Pengering	28
DAFTAR PUSTAKA	34
BAB 3 PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN	37
3.1 Pendahuluan	37
3.2 Prinsip dan Metode Penggorengan	38
3.2.1 Prinsip Penggorengan	39

3.2.2 Metode Penggorengan.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	46
BAB 4 PRINSIP PENGAWETAN MENGGUNAKAN SUHU RENDAH.....	47
4.1 Pendahuluan	47
4.2 Mekanisme Pengawetan Suhu Rendah	48
4.2.1 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Proses Respirasi	49
4.2.2 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Mikroorganisme	49
4.2.3 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Reaksi Enzim	52
4.3 Klasifikasi Pengawetan Suhu Rendah.....	52
4.3.1 Suhu Dingin (<i>Chilling</i>).....	52
4.3.2 Suhu Beku (<i>Freezing</i>).....	53
4.4 Aplikasi Pengawetan Suhu Rendah	54
4.4.1 Pengawetan Daging Dan Produk Dairy Dengan Suhu Rendah	54
4.4.2 Pengawetan Tumbuhan Dan Sayuran Dengan Suhu Rendah.....	57
4.4.3 Pengawetan Produk Laut Dengan Suhu Rendah	59
4.4.4 Pengawetan Produk Unggas Dengan Suhu Rendah	60
4.5 Masalah pada Pengawetan Suhu Rendah.....	61
4.6 Kesimpulan.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
BAB 5 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU TINGGI.....	67
5.1 Pendahuluan	67
5.2 Pemanasan.....	68
5.2 Pasteurisasi	69
5.3 Sterilisasi	70
5.4 Perubahan Fisika dan Kimia	72
5.5 Dampak Pada Nutrisi	74
5.6 Kontrol Proses.....	75
5.7 Efisiensi Energi dan Lingkungan	77
5.8 Penutup.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80
BAB 6 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA, DAN BAHAN KIMIA.....	83
6.1 Pendahuluan	83
6.2 Pengolahan Pangan dengan Garam	84
6.2.1 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Garam	84
6.2.2 Jenis Garam.....	86
6.2.3 Metode Penggaraman	89
6.3 Pengolahan Pangan dengan Asam.....	91
6.3.1 Tujuan Penambahan Asam dalam Pengolahan Pangan.....	91
6.3.2 Jenis Asam.....	92
6.3.3 Kemampuan Ionisasi Asam	93
6.3.4 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Asam Kuat	94
6.3.5 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Asam Lemah	95
6.3.4 Kombinasi Penggaraman dan Pengasaman	

dalam Teknologi Pengolahan Pangan	96
6.4 Pengolahan Pangan dengan Gula	97
6.4.1 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Gula	97
6.4.2 Parameter Laju Osmotik dalam Proses Penggulaan	98
6.4.3 Golongan Produk Manisan Hasil Penggulaan	100
6.5 Pengolahan Pangan dengan Bahan Kimia	101
6.5.1 Bahan Tambahan Pangan (BTP)	101
6.5.2 Istilah dalam BTP	101
6.5.3 Persyaratan Penggunaan BTP	102
6.5.4 Golongan BTP	103
6.5.5 Bahan Tambahan yang Dilarang	109
DAFTAR PUSTAKA	110
BAB 7 PRINSIP TEKNOLOGI PENGAWETAN DENGAN IRADIASI	113
7.1 Pendahuluan	113
7.2 Konsep Dasar Iradiasi Pangan	114
7.3 Mekanisme Kerja Iradiasi	116
7.3.1 Dosis Iradiasi	117
7.3.2 Aplikasi Iradiasi dalam Bidang Pangan	118
7.4 Aspek Keamanan Pangan Iradiasi	120
7.4.1 Nilai pH	120
7.4.2 Kadar Air	120
7.4.3 Aspek Kimia	120
7.4.4 Aspek Mikrobiologi	121
7.4.5 Aspek Gizi	121
7.4.6 Aspek Toksikologi	122
7.4.7 Aspek Pengemasan	122
7.4.9 Aspek Legalitas dan Pemantauan	123
DAFTAR PUSTAKA	124
BAB 8 PRINSIP TEKNOLOGI PEMANGGANGAN	127
8.1 Pendahuluan	127
8.2 Jenis Teknik Pemanggangan	128
8.2.1 Baking	128
8.2.2 Grilling	128
8.2.3 Toasted	129
8.2.4 Broiling	129
8.2.5 <i>Roasted</i>	129
8.3 Alat Pemanggangan	130
8.3.1 Pemanasan Secara Langsung	130
8.3.2 Pemanasan Secara Tidak Langsung	131
8.3.3 Batch Oven	132
8.3.4 Continuous-Semi Continuous Oven	133
8.4 Pengaruh Pemanggangan	133
8.4.1 Tekstur	133
8.4.2 Aroma	134

8.4.3 Warna.....	134
8.4.4 Gizi.....	135
8.4 Produk Pemanggangan	135
8.4.1 Roti.....	136
8.4.2 <i>Cookies</i>	138
8.4.1 Biskuit.....	139
DAFTAR PUSTAKA.....	140
BIODATA PENULIS.....	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Hubungan Kadar Air Bahan Dengan Waktu Pengeringan	22
Gambar 2. 2 Kurva Laju Pengeringan	23
Gambar 2. 3 Penjemuran Kopi	25
Gambar 2. 4 Pengering Sistem Batch	26
Gambar 2. 5 Pengering Sistem Kontinyu.....	27
Gambar 2. 6 Skema Diagram Kabinet <i>Dryer</i>	29
Gambar 2. 7 Skema <i>Rotary Dryer</i>	31
Gambar 2. 8 Skema <i>Spray Dyer</i>	32
Gambar 2. 9 Skema <i>Freeze Dryer</i>	33
Gambar 3. 1Proses <i>deep frying</i>	41
Gambar 3. 2 <i>Air Fryer</i>	43
Gambar 6. 1 Analogi disosiasi asam	93
Gambar 6. 2 Golongan, Fungsi, dan Contoh BTP.....	103
Gambar 7. 1 Prinsip Pengawetan Iradiasi	115
Gambar 7. 3 Ruangan Iradiasi Dan Sumber Iradiasi Saat Digunakan	117
Gambar 8. 1 Oven Pemanasan Secara Langsung	131
Gambar 8. 2 Oven pemanasan secara tidak langsung	132
Gambar 8. 3 Produk <i>Bakery Roti</i>	137
Gambar 8. 4 Cookies Kering.....	138
Gambar 8. 5 Biskuit	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Macam Alat Pengering Yang Biasa Digunakan	28
Tabel 4. 1 Suhu Optimal Dan Lama Simpan Berbagai Jenis Daging	56
Tabel 4. 2 Komoditi dan perkiraan umur simpan produk <i>dairy</i>	57
Tabel 4. 3 Komoditi Dan Umur Simpan Produk Buah Dan Sayur.....	58
Tabel 4. 4 Masalah pada Pengawetan Suhu Rendah	61
Tabel 7. 1 Golongan Dosis Iradiasi	117
Tabel 7. 2 Dosis Iradiasi Untuk Berbagai Tujuan Pengawetan.....	118

BAB 1

Pengenalan Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian

Oleh Rissa Megavitry

1.1 Pendahuluan

Bahan hasil pertanian umumnya mudah mengalami kerusakan sebelum dikonsumsi, diperkirakan kerusakan yang terjadi berkisar 30-40% dan selebihnya dijual dalam bentuk pangan segar. Penanganan hasil panen yang tidak benar dapat mengakibatkan tingginya kerusakan terutama pada golongan sayur dan buah-buahan (Wardah dan Tatang, 2016). Selain itu bahan pangan lain seperti telur, ikan, susu, daging, umbi-umbian atau produk pertanian lainnya hanya sebagian yang dapat dimanfaatkan disebabkan mengalami kerusakan baik mikrobiologis, mekanik, kimiawi atau fisik. Oleh sebab itu penanganan untuk mencegah, menghambat atau mengurangi kerusakan pada hasil pertanian perlu dilakukan sehingga dapat memperpanjang umur simpan dan juga untuk menambah ragam pangan (Muntikah dan Razak, 2017).

Pengolahan dan pengawetan dengan metode tradisional dari beragam jenis bahan pangan hasil peternakan dan perikanan telah lama dilakukan di Indonesia. Pengolahan tradisional ini mencakup pengolahan dan pengawetan dengan metode fermentasi, perebusan, penggaraman, pengeringan,

pengasapan, penambahan gula atau kombinasi metode-metode lainnya (Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010). Sejak awal tahun 1960, pengolahan dan pengawetan pangan secara komersil dalam industri pangan Indonesia mulai diaplikasikan. Hal ini tampak dari banyaknya hasil olahan yang pasarkan.

1.2 Ruang Lingkup Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian

Pengolahan pangan merupakan metode atau teknik yang dilakukan untuk mengubah bahan pangan mentah menjadi bentuk lain, sementara pengawetan pangan merupakan metode untuk menambah masa simpan makanan dan tetap mempertahankan sifat fisik maupun kimia makanan tersebut (Purwanto, 2009). Berdasarkan lamanya pengawetan, maka pengawetan pangan dapat bersifat jangka pendek atau jangka panjang. Menurut (Koeswardhani, 2008), pengolahan merupakan tindakan mengubah hasil tanaman menjadi bentuk lain agar dapat lebih tahan lama, mencegah terjadinya perubahan yang tidak diinginkan atau untuk meragamkan kondisi bahan pangan. Dalam (Winarno, 2002), prinsip dasar penanganan pasca panen produk pertanian adalah:

- a. Mengenali sifat biologis hasil tanaman yang akan ditangani:
 - Proses respirasi dan transpirasi hasil pertanian yang telah dipanen
 - Karakteristik sifat biologi setiap hasil pertanian
 - Karakteristik bagian tanaman yang akan dimanfaatkan (buah, bunga, batang, daun, akar).
 - Karakteristik sruktur dan komposisi hasil tanaman dari tiap bagian tanaman.
- b. Mengenali perubahan yang terjadi pada bagian tanaman setelah panen:
 - Perubahan fisik seperti daun menjadi kuning, bunga menjadi layu, batang yang memanjang atau mengeras,

kematangan dan keranuman buah hingga umbi yang bertunas atau berakar.

- Perubahan komposisi seperti perubahan kadar air, perubahan pati, terurainya protein, ketengikan lemak, berkurangnya kadar vitamin dan mineral hingga timbul aroma atau bau.

1.3 Komponen Penyusun Bahan Pangan

Umumnya bahan pangan mengandung empat komponen utama yaitu karbohidrat, protein, lemak, dan air. Selain itu, terkandung komponen anorganik dan organik lainnya dalam jumlah yang relatif sedikit. Komponen anorganik berupa mineral, dan komponen berupa vitamin, enzim, asam, oksidan, pigmen, dan cita rasa (Muchtadi, Sugiyono dan Ayustaningwarno, 2013).

1.3.1 Karbohidrat

Karbohidrat disebut sebagai sumber energi utama bagi tubuh manusia sebab 60-80% energi yang digunakan oleh tubuh diperoleh dari karbohidrat. Pati atau karbohidrat terbentuk melalui proses asimilasi atau fotosintetis dan tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Berdasarkan gugus gulanya, karbohidrat diklasifikasikan kedalam monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

Monosakarida merupakan golongan karbohidrat yang paling sederhana dan merupakan hasil akhir dari pemecahan karbohidrat secara sempurna. Contoh monosakarida yang penting dan banyak ditemukan yaitu glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Glukosa umum ditemukan dalam buah dan sayuran. Fruktosa banyak terdapat dalam buah, sayur dan madu. Galaktosa atau gula susu hanya ditemukan dalam susu. Di dalam tubuh, monosakarida diserap dengan cepat oleh dinding usus halus dan diedarkan melalui aliran darah. Disakarida merupakan

gabungan dari dua jenis monosakarida yaitu sukrosa, laktosa, dan maltosa. Sukrosa merupakan hasil gabungan dari glukosa dan fruktosa. Laktosa banyak ditemukan dalam susu dan dipecah menjadi glukosa dan galaktosa. Maltosa merupakan gabungan dari dua molekul glukosa (Rauf, 2015).

Polisakarida merupakan golongan karbohidrat dengan susunan molekul yang lebih kompleks seperti pati, glikogen, dan selulosa. Polisakarida dapat berupa rantai lurus atau bercabang dan dapat dipecah melalui proses hidrolisis dengan bantuan enzim-enzim yang berkerja secara spesifik. Pati merupakan bentuk umum karbohidrat dalam tanaman. Dekstrin memiliki struktur yang lebih sederhana dibanding tepung, mudah dicerna dan mudah larut dalam air sehingga baik digunakan sebagai makanan bayi. Glikogen adalah cadangan karbohidrat yang disimpan di dalam hati dan otot dalam jumlah yang terbatas. Glikogen akan diubah menjadi glukosa bila akan digunakan tubuh. Selulosa merupakan polisakarida yang tidak dapat dicerna namun berperan penting dalam proses pencernaan (Winarno, 2004).

1.3.2 Protein

Protein merupakan zat pembangun, pengatur dan penghasil kalori. Berdasarkan sumbernya, protein dapat diperoleh dari protein hewani dan protein nabati. Kadar protein dari sumber hewani lebih tinggi dibanding sumber nabati, sebab susunan asam aminonya lebih lengkap dan mendekati nilai protein tubuh. Protein sebagai sumber asam amino yang tersusun atas oksigen, karbon, hidrogen, dan nitrogen. Asam amino digolongkan kedalam asam amino esensial dan non-esensial (Rauf, 2015).

1.3.3 Lemak

Lemak dikenal sebagai sumber zat tenaga kedua bagi manusia. Lemak tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Berdasarkan wujudnya, lemak dapat berbentuk padat dan cair. Lemak dapat bersumber dari lemak nabati dan lemak hewani. Selain sebagai zat tenaga, lemak juga berfungsi dalam melarutkan vitamin dan merupakan sumber asam lemak esensial. Sama seperti asam amino, lemak juga tergolong menjadi asam lemak esensial dan asam lemak non-esensial (Rauf, 2015).

1.4 Kerusakan Bahan Pangan

Menurut (Dwiari *et al.*, 2008), bahan pangan akan segera mengalami kerusakan sesaat setelah dipanen atau disembelih yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu bahan pangan. Kecepatan proses kerusakan yang terjadi tergantung dari jenis bahan pangannya. Terdapat 3 golongan bahan pangan berdasarkan tingkat kecepatan rusaknya (Adhiguna, 2013), yaitu:

- a. bahan pangan yang tidak mudah rusak (*nonperishable*), merupakan bahan pangan yang dapat disimpan pada suhu kamar dalam rentang waktu relatif lama
- b. bahan pangan yang agak mudah rusak (*semi perishable*),
- c. bahan pangan yang mudah rusak (*perishable*), merupakan yang tidak dapat disimpan lama pada suhu kamar tanpa perlakuan lebih lanjut.

Bahan pangan dapat disebut rusak apabila terdapat perubahan yang melewati batasan normal panca indra atau parameter lain seperti perubahan konsistensi dan tekstur normalnya. Munculnya memar pada beberapa bahan pangan dapat dijadikan sebagai tanda terjadinya kerusakan. Kerusakan tepung ditandai dengan munculnya kutu atau terjadinya penggumpalan. Minyak goreng disebut mengalami kerusakan apabila muncul bau tengik disebabkan terjadinya oksidasi.

Perubahan warna bahan pangan yang dikeringkan menjadi hitam dan ditumbuhi kapang (Muchtadi dan Sugiyono, 2013).

Kerusakan fisik dapat dilihat pada hasil pertanian yang mengalami serangan serangga, kepompong, ulat atau hewan pengerat seperti tikus sehingga mempengaruhi bentuk asli bahan pangan tersebut. Kerusakan telur ditandai dengan adanya retakan pada cangkang, isi menjadi encer atau kerusakan lain yang dapat dilihat menggunakan metode *candling*. Daging yang rusak akan mengeluarkan bau busuk, berulat dan berubah warna. Munculnya lendir pada daging dianggap sebagai awal terjadinya kerusakan. Kerusakan pada ikan ditandai apabila warna insang berubah pucat, mata tenggelam, tekstur ikan menjadi lebih lunak, berlendir dan berbau. Namun seringkali kerusakan pada bahan pangan tidak dapat dikenali dari luar seperti munculnya ulat pada petai sebab dari tampak luar biji petai tetap tampak utuh seperti tidak mengalami kerusakan (Koeswardhani, 2008).

Dilihat dari penyebabnya, kerusakan makanan dapat digolongkan kedalam kerusakan mikrobiologis, biologis, fisik, kimia dan mekanis (Muntikah dan Razak, 2017).

1.3.1 Kerusakan Mikrobiologis

Disebut kerusakan mikrobiologis sebab kerusakan ini melibatkan aktivitas mikroorganisme. Golongan bakteri lebih mudah merusak bahan dengan kandungan protein dan kadar air yang tinggi. Khamir merusak bahan dengan kandungan gula yang tinggi. Adapun kapang merusak bahan yang mengandung pati, selulosa dan pektin yang tinggi. Kerusakan mikrobiologis ditandai dengan munculnya kapang, kebusukan, lendir, hingga perubahan warna pada bahan pangan melalui proses hidrolisis atau degradasi makromolekul menjadi mikromolekul. Karbohidrat pada bahan pangan dihidrolisis menjadi gula sederhana atau asam-asam dengan jumlah atom karbon yang lebih kecil sehingga bahan pangan menjadi lebih lunak, terjadi

penurunan pH, serta munculnya gas yang mempengaruhi bau dan cita rasa. Protein dihidrolisis menjadi gugus peptida, senyawa amida dan gas amoniak. Adapun lemak dipecah menjadi asam-asam lemak dan gliserol (Megavitry, 2023).

Selain merusak bahan pangan, kerusakan mikrobiologis juga dapat membahayakan kesehatan manusia akibat toksin yang diproduksi dari aktivitas mikroba, kecepatan penularan dan penjararan kerusakan. Makanan kaleng dapat rusak dan menghasilkan toksin yang dapat menjadi sumber kontaminasi bagi bahan lain yang belum terkontaminasi. Bahan yang mengalami proses pembusukan mengandung mikroba-mikroba yang masih dalam fase pertumbuhan ganas (*log phase*) dan dapat dengan cepat menular ke bahan lain disekitarnya (Rorong dan Wilar, 2020).

1.3.2 Kerusakan Biologis

Kerusakan biologis dapat disebabkan oleh kerusakan fisiologis bahan pangan itu sendiri, serangga atau hewan pengerat. Reaksi metabolisme atau enzim-enzim dalam bahan pangan menyebabkan terjadinya reaksi autolisis yang berakibat pada kerusakan dan pembusukan. Saat hewan ternak disembelih maka sirkulasi darah yang membawa oksigen ke jaringan terhenti yang mengakibatkan metabolisme aerob menjadi terbatas. Karena keadaan ini, metabolisme yang tadinya aerob berubah menjadi metabolisme anaerob dan menghasilkan asam laktat yang disertai dengan penurunan pH menjadi 5,6-5,8 dan jumlah ATP menurun sehingga daging menjadi lunak dan rusak (Knechtges, 2011).

1.3.3 Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik disebabkan karena perlakuan fisik seperti:

- a. terjadinya *case hardening* selama proses pengeringan

- b. terjadinya *chilling injuries* atau *freezing injuries* dan *freezing burn* selama proses pendinginan
- c. terjadinya kegosongan selama proses penggorengan atau pembakaran yang terlalu lama

Penyebab terjadinya *chilling injuries* kemungkinan diakibatkan oleh toksin yang berada dalam jaringan hidup. Pada proses pendinginan terjadi peningkatan produksi toksin yang tidak diimbangi dengan proses detoksifikasi sehingga sel-sel akan keracunan, mati lalu membusuk. Dalam kondisi netral, toksin dapat dinetralkan oleh senyawa lain. Terjadinya *freezing injuries* disebabkan oleh berubahnya air diantara sel-sel jaringan tubuh menjadi kristal es saat mencapai suhu pembekuan. Kristal es ini makin membesar dengan cara menyerap air dari sel-sel di sekitarnya sehingga sel-sel tersebut menjadi kering dan mengakibatkan enzim kehilangan fungsinya dan metabolisme berhenti (Muntikah dan Razak, 2017).

Penyimpanan produk hasil pertanian dalam gudang yang lembab dapat menyebabkan penyerapan air yang tinggi pada bahan pangan, seperti terjadinya *hardening* pada tepung yang menyebabkan tepung mengeras atau kehilangan daya buih dan penurunan daya rehidrasi pada tepung akibat proses pengeringan yang tidak sempurna. Selain kerusakan diatas, penyimpanan bahan pangan dalam keadaan lembab juga memberi peluang terjadinya kerusakan mikrobiologis.

Penggunaan suhu yang terlalu tinggi selama proses pengolahan dapat mengakibatkan perubahan cita rasa dan kerusakan vitamin dalam bahan pangan yang berujung pada penurunan mutu bahan pangan (*thermal degradation*). Bahan pangan yang dikeringkan dapat mengalami *case hardening*, perubahan warna dan karamelisasi akibat penggunaan suhu dan waktu pengeringan yang tidak tepat. Adanya cahaya juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan produk, misalnya pada lemak (Aimanah dan Vandalisna, 2019).

1.3.4 Kerusakan Kimiawi

Kerusakan kimiawi lazim dibarengi dengan jenis kerusakan lain, seperti oksidasi lemak dan lunturnya warna bahan pangan. Kerusakan minyak seperti perubahan bau (tengik) dapat dicegah dengan penambahan senyawa antioksidan seperti BHA dan BHT. Noda-noda hitam pada makanan kaleng merupakan kerusakan akibat terjadinya reaksi antara lapisan bagian dalam kaleng yang kurang baik bereaksi dengan H_2S yang dihasilkan dari bahan pangan tersebut. Terjadinya reaksi *browning* pada bahan pangan yang mengakibatkan perubahan warna yang tidak diinginkan pada bahan pangan, reaksi ini dapat berlangsung secara enzimatis maupun non-enzimatis (Rauf, 2015).

1.3.5 Kerusakan Mekanis

Buah-buahan berkulit lunak, sayuran, telur dan umbi-umbian merupakan jenis bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan mekanis. Kerusakan mekanis disebabkan karena adanya benturan baik benturan antar bahan pangan, benturan antara bahan pangan dengan alat panen, atau benturan antara bahan pangan dengan wadah pengolahan. Contoh kerusakan mekanis akibat benturan bahan pangan dengan alat panen seperti memar pada buah mangga saat dipanen menggunakan galah bambu dan umbi-umbian yang cacat atau terpotong oleh cangkul atau alat gali lain. Contoh kerusakan mekanis akibat benturan bahan pangan dengan wadah pengolahan seperti bahan pangan yang diangkut secara *bulk transportation* mengakibatkan bahan pangan menjadi memar, retak, sobek/terpotong, gepeng, pecah, dan lain-lain (Dwiari *et al.*, 2008).

1.4 Metode Pengolahan dan Pengawetan Hasil Pertanian

Dalam (Muchtadi dan Sugiyono, 2013), metode pengolahan dan pengawetan hasil pertanian dengan tujuan untuk memperpanjang umur simpan mencakup beberapa prinsip seperti:

- a. pengurangan air yaitu pengeringan, dehidrasi, dan pengentalan
- b. aplikasi suhu tinggi yaitu *blanching*, pasteurisasi, dan sterilisasi
- c. aplikasi suhu rendah yaitu pendinginan dan pembekuan
- d. pengendalian makanan yaitu fermentasi dan aditif asam
- e. berbagai macam zat kimia
- f. iradiasi

1.4.1 Pemanasan

Metode pemanasan menggunakan suhu tinggi bertujuan untuk mematikan mikroorganisme sehingga dapat memperpanjang umur simpan. Penggunaan suhu panas sangat berpengaruh terhadap mutu bahan pangan. Susu, kapri, dan daging sangat sensitif terhadap suhu tinggi sebab dapat menyebabkan perubahan warna dan rasa. Akan tetapi, jagung dan kedelai relatif tahan terhadap suhu tinggi tanpa mengalami banyak perubahan mutu (Wardah dan Tatang, 2016). Pemanasan pasteurisasi bertujuan untuk mematikan sejumlah besar mikroorganisme pembusuk. Mikroorganisme yang tertinggal dan masih hidup maka pertumbuhannya akan dihambat dengan penyimpanan pada suhu rendah atau aplikasi bahan pengawet. Vegetatif bakteri umumnya akan mati pada suhu 82-94°C, sedangkan spora bakteri dapat bertahan hingga suhu 100°C selama 30 menit. Proses sterilisasi mikroba dilakukan pada suhu 121°C selama 15 menit atau lebih

tergantung dari jumlah substrat menggunakan uap panas, misalnya dalam autoklaf atau reactor (Megavitry, 2023).

1.4.2 Pendinginan

Dalam (Aimanah dan Vandalisna, 2019), pendinginan dilakukan dengan menggunakan suhu rendah antara -2 sampai 10°C, sedangkan pembekuan dilakukan dengan menggunakan suhu 12 sampai -24°C. Beberapa perbedaan antara pendinginan dan pembekuan, yaitu:

- a. Masa simpan bahan pangan. Makanan yang disimpan pada suhu pendinginan dapat bertahan beberapa hari atau beberapa minggu tergantung dari jenis bahan pangan, sedangkan makanan yang disimpan pada suhu pembekuan dapat bertahan selama beberapa bulan hingga beberapa tahun.
- b. Perbedaan terhadap keaktifan mikroorganisme bahan pangan. Penyimpanan suhu rendah tidak dapat membunuh mikroba, sehingga apabila pangan beku dilelehkan dalam suhu ruang (*thawing*) maka pertumbuhan mikroba pembusuk akan berjalan kembali.
- c. Perbedaan terhadap pengaruh tekstur, rasa, nutrisi dan sifat-sifat lainnya. Beberapa jenis bahan pangan dapat rusak apabila suhu penyimpanan terlalu rendah.

1.4.3 Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pengeluaran air dari bahan pangan dengan menggunakan energi panas. Dalam keadaan normal, mikroba mengandung 80% air yang diperoleh dari tubuh inangnya. Apabila air dalam bahan pangan berkurang hingga batas tertentu maka air dalam tubuh mikroba juga akan berkurang dan tidak dapat berkembang biak (Asiah dan Djaeni, 2021). Pengeringan bertujuan untuk menghambat pembusukan akibat mikroba

namun tidak membunuh seluruh mikroba dalam bahan pangan sehingga bahan pangan yang dikeringkan tidak steril dan butuh pengolahan lebih lanjut sebelum dikonsumsi. Faktor yang mempengaruhi dalam proses pengeringan bahan pangan ialah luas permukaan bahan pangan, suhu, waktu, aliran udara, dan tekanan uap di udara (Setyawan *et al.*, 2022).

1.4.4 Pengemasan

Pengemasan bertujuan untuk mengawetkan bahan pangan, mencegah kerusakan mekanis, dan perubahan mutu bahan pangan. Teknologi pengemasan berkembang dengan pesat seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan bahan pangan. Jenis bahan kemasan seperti tetrapak, tetrabrik, dan tetraking merupakan kemasan berbagai produk cair seperti susu dan jus yang di kemas secara aseptis steril. Proses sterilisasi umumnya dilakukan dengan pemberian cairan atau uap hidrogen peroksida, sinar UV atau radiasi sinar gama (Muntikah and Razak, 2017).

1.4.5 Pengalengan

Pengalengan merupakan metode pengawetan makanan yang dikemas secara hermetis dan disterilkan. Pengalengan secara hermetis memungkinkan makanan dapat terhindar dari kerusakan akibat oksidasi, perubahan nutrisi, perubahan cita rasa, dan kebusukan. Akan tetapi, poses sterilisasi dalam pengalengan menggunakan sterilisasi komersial maka kemungkinan masih terdapat spora atau mikroba yang tahan suhu tinggi sehingga dapat merusak makanan dalam kemasan kaleng apabila kondisinya sesuai (Aimanah dan danalisna, 2019).

1.4.6. Penggunaan Bahan Kimia

Penggunaan bahan kimia sebagai bahan pengawet bertujuan membantu mempertahankan makanan dari serangan mikroba pembusuk, memberi tambahan citarasa dan sebagai pewarna. Penggunaan nitrogen cair umum digunakan sebagai agen pembeku buah dan sayur sehingga kesegarannya dapat dipertahankan. Zat kimia lain seperti asam asetat, cuka, antioksidan, fungisida, penyerap etilen, *wax emulsion*, *growth regulatory*, dan *inpackage desiccant* berfungsi melindungi sayuran dan buah dari kerusakan pasca panen sehingga dapat memperpanjang kesegaran selama proses pemasaran.

1.4.7. Fermentasi

Fermentasi sebagai salah satu metode pengawetan makanan tidak hanya berfungsi untuk memperpanjang umur simpan namun dapat meningkatkan kandungan nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan. Salah satu mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi adalah bakteri asam laktat. Fermentasi dengan bakteri asam laktat menyebabkan pH bahan pangan turun hingga dibawah 5.0 sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri fekal dengan menghasilkan laktobasilin yang merupakan sejenis antibiotik serta senyawa lain yang mampu menonaktifkan reaksi kimia dari bakteri fekal dalam tubuh. Asam laktat dengan pH 3,5–4 dapat menghambat pertumbuhan bakteri perusak dan pembusuk. Sejumlah vitamin juga diproduksi selama proses fermentasi, khususnya vitamin B12 (Megavitry, 2023).

1.4.8. Iradiasi

Iradiasi merupakan proses penyinaran bahan pangan menggunakan sumber radiasi buatan. Metode ini secara efektif mampu mengurangi mikroba patogen, mencegah serangan serangga, memperlambat proses pematangan sayur dan buah, serta mencegah perkecambahan. Iradiasi juga mampu mempertahankan mutu, nutrisi dan sifat sensori lainnya pada bahan pangan tanpa mengubah struktur kimianya sebab iradiasi tidak menggunakan suhu tinggi dalam prosesnya (Megavitry, 2023).

Pada proses iradiasi terjadi eksitasi dan ionisasi yang akan menghambat sintesis DNA yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan mikroba. Radiasi menggunakan sinar gamma mampu memperpanjang masa simpan *dairy-like product*. Kombinasi metode iradiasi dengan penyimpanan suhu rendah mampu memperpanjang umur simpan produk *seafood* tanpa mengubah kualitas sensorinya. Dosis radiasi yang diberikan ke bahan pangan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas bahan pangan sebab tiap jenis bahan pangan memiliki dosis khusus iradiasi (Asiah, Kusaumantara dan Annisa, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiguna, R.T. (2013) *Karakteristik Teknik Sifat Reologi pada Produk Pertanian*. Jakarta: Erlangga.
- Aimanah, U. dan Vdanalisna (2019) *Teknologi Penanganan dan Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Asiah, N. dan Djaeni, M. (2021) *Konsep Dasar Proses Pengeringan Pangan, Malang: AE Publishing*. Malang: AE Publishing.
- Asiah, N., Kusaumantara, K.N. dan Annisa, A.N. (2019) 'Iradiasi Bahan Pangan: Antara Peluang dan Tantangan untuk Optimalisasi Aplikasinya (Food Irradiation: Between Opportunity dan Challanges for Optimizing Applications)', *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 15(1), pp. 25–36.
- Dwiari, S.R. *et al.* (2008) *TEKNOLOGI PANGAN Untuk Sekolah Menengah Kejuruan Kelompok Teknologi Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Knechtges, P. (2011) *Keamanan Pangan Teori dan Praktek*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Koeswardhani, M. (2008) *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Megavitry, R. (2023) *Dasar-Dasar Mikrobiologi Pangan*. Makassar: Mitra Ilmu.
- Muchtadi, T.R. dan Ayustaningwarno, F. (2010) *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. Bdanung: Alfabeta.
- Muchtadi, T.R. dan Sugiyono (2013) *Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Bdanung: Alfabeta.
- Muchtadi, T.R., Sugiyono dan Ayustaningwarno, F. (2013) *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bdanung: Alfabeta.
- Muntikah dan Razak, M. (2017) *Ilmu Teknologi Pangan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Purwanto, H. (2009) 'Teknologi Pengolah Hasil Pertanian', *Mediagro*, 5(1), pp. 15–19.
- Rauf, R. (2015) *Kimia Pangan*. Yogyakarta: DANI.

- Rorong, J.A. dan Wilar, W.F. (2020) 'Keracunan Makanan Oleh Mikroba', *Techno Science Journal*, 2(2), pp. 47–60.
- Setyawan, D.L. *et al.* (2022) *Teknik Pengeringan, Teknik Pengeringan*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Wardah dan Tatang, S. (2016) *Teknologi Hasil Pertanian*. Solok: PT Revka Petra Media.
- Winarno, F. (2002) *Fisiologi Lepas Panen Produk Holtikultura*. Bogor: M-BRIO Press.
- Winarno, F. (2004) *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

BAB 2

PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN

Oleh Dwi Ari Cahyani

2.1 Pendahuluan

Pengeringan merupakan suatu upaya untuk mempertahankan mutu bahan pangan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas tertentu sehingga produk yang dikeringkan aman disimpan dalam waktu yang lebih lama. Pengeringan yaitu kegiatan mengeluarkan air dengan jumlah tertentu yang ada dalam bahan pangan dengan bantuan panas yang diberikan. Air yang dikeluarkan dalam proses pengeringan dilakukan hingga mencapai batas keseimbangan lingkungan mikroorganisme tertentu tidak dapat tumbuh berkembang dan merusak produk. Kadar air bahan pangan menjadi faktor yang dapat mempercepat kerusakan. Tingginya kadar air bahan pangan menyebabkan produk cepat busuk yang diakibatkan oleh proses respirasi, aktifitas enzim tetap berlangsung.

Menurut (Hariyadi, 2018), mekanisme pengeringan berperan penting dalam mengetahui berapa banyak perkiraan energi panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu dan memindahkan air dalam bahan pangan keluar serta berapa lama waktu yang optimum laju pengeringan serta tingkat kerusakan bahan kaitannya dengan pengawetan bahan pangan sehingga bahan pangan yang dikeringkan masih aman. Dalam

mekanisme pengeringan panas yang dibutuhkan diperlukan untuk menaikkan suhu bahan atau yang dikenal dengan panas sensibel dan panas yang dibutuhkan untuk menguapkan massa uap air atau panas laten penguapan. Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan menurut (Hasibuan dan Alfikri Ridhatullah, 2019), faktor yang berasal dari udara pengering yang digunakan dan faktor yang berasal dari sifat bahan yang akan dikeringkan. Menurut (Wahyudin, Tosida dan Danria, 2019), pengeringan bahan pangan mencakup 3 hal penting yaitu laju pengeringan, energi pengeringan dan mutu produk akhir yang dikeringkan. Laju pengeringan bahan yang semakin cepat pada proses pengeringan akan mengakibatkan kemungkinan kerusakan produk dan dapat meminimalisir biaya. Energi pengeringan diupayakan menggunakan energi dengan jumlah sedikit sehingga dapat mengurangi biaya produksi serta diupayakan menggunakan sumber energi yang dapat diperbarui. Mutu produk yang dihasilkan dari proses pengeringan diharapkan tidak jauh berbeda atau mendekati dengan mutu produk segar baik secara fisik, kimia maupun sensorisnya.

2.2 Prinsip Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam bahan pangan dan menurunkan aktifitas air (A_w) yang dapat menghambat aktifitas organisme yang dapat merusak bahan pangan, inaktiivasi enzim dan mencegah rekasi biokimia yang berpotensi terhadap kerusakan dan penurunan mutu produk. Pengeringan pada prinsipnya yaitu mengeluarkan kadar air bahan dengan proses penghantaran panas dan massa yang dilakukan secara serempak. Air yang ada didalam bahan pangan dapat dihilangkan karena adanya perbedaan kelembaban antara bahan yang akan dikeringkan dengan udara pengering. Mekanisme penghantaran panas pada proses pengeringan melalui perpindahan panas secara konduksi dan radiasi sedangkan perpindahan massa melalui perpindahan secara

konveksi. Penghantaran panas dalam pengeringan sebagai berikut :

1. Konduksi yaitu perpindahan panas secara langsung dengan perantara media pemanasnya. Adanya kontak langsung bahan yang dikeringkan dengan plat panas contohnya pada pengeringan menggunakan oven, drum drier
2. Konveksi yaitu perpindahan panas suatu bahan yang diberikan oleh zat lain seperti gas atau zat cair yang bergerak dan mengandung panas dalam jumlah besar. Penghantaran panas secara konveksi melalui udara panas pada mesin pengering. Contoh perpindahan panas secara konveksi terdapat pada pengeringan dengan menggunakan kabinet drier, spray drier
3. Radiasi yaitu perpindahan panas suatu bahan dengan tanpa menggunakan perantara contohnya pada penggunaan sinar infra merah maupun energi gelombang mikro yang digunakan pada microwave.

2.2.1 Kadar Air Bahan

Air dalam suatu bahan pangan merupakan faktor penting yang dapat menentukan tingkat kesegaran pangan, mempengaruhi tekstur dan cita rasa dalam bahan pangan. Menurut (Purwasih *et al.*, 2022), air dalam bahan pangan terbagi menjadi :

1. Air bebas (Aw) yang merupakan air yang berada dalam ruang antar sel, pori-pori bahan serta pada permukaan bahan pangan. Nilai Aw dinyatakan dalam angka decimal pada skala 0-1,-1,0.
2. Air terabsorpsi dimana air tersebut terserap pada permukaan koloid makromolekul bahan pangan. Air terabsorpsi relatif mudah dibekukan dan relative bergerak bebas serta merupakan zat pelarut dalam sel.
3. Air terikat kuat merupakan air yang jumlahnya sangat kecil dan susah untuk diuapkan dan dibekukan,

merupakan air yang membentuk hidrat dengan beberapa molekul lain dan ikatan bersifat ionic.

Kadar air dalam bahan pangan sebagai gabungan antara air bebas dan air teradsorbsi didalam bahan pangan tersebut. Dimana hubungan antara kadar air dan air bebas (A_w) ditunjukkan dengan kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi pula nilai A_w . Kadar air bahan merupakan sejumlah air yang terkandung didalam suatu bahan pangan. Semakin tinggi kadar air suatu bahan pangan akan semakin tinggi pula tingkat kemungkinan kerusakan yang terjadi pada bahan pangan tersebut. Menurut (Cicilia *et al.*, 2018), kadar air dalam bahan pangan merupakan persentase banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan. Pengaturan kadar air dalam bahan pangan menjadi penting terkait dengan keberlangsungan mikroorganisme serta aktifitas biokimia yang berlangsung dalam bahan pangan yang menentukan umur simpan dan mutu bahan yang dikeringkan. Menurut (Daud, Suriati dan Nuzulyanti, 2020), pengukuran kadar air dalam bahan pangan dapat ditentukan dengan metode yaitu :

1. Metode pengeringan (*thermogravimetri*), yang menunjukkan adanya perubahan berat susut bobot bahan yang berkaitan dengan suhu pengeringan dan perubahan suhu
2. Metode destilasi (*Thermovulometri*), merupakan metode dengan cara menurunkan tekanan permukaan menjadi lebih rendah 1 atm yang mengakibatkan titik didih juga menjadi lebih rendah
3. Metode Fisis dan Kimiawi (*Karl Fischer Method*), menggunakan prinsip reaksi bunsen antara iodium dan sulfordioksida dalam satu medium yang mengandung air

Menurut (Purwasih *et al.*, 2022), metode analisis kadar air dalam bahan pangan harus memiliki sifat yang dapat digunakan untuk kisaran bahan pangan secara luas, pelaksanaannya cepat akurat serta mempunyai tingkat ketepatan dan ketelitian yang baik, tidak bahaya, murah dan dapat digunakan oleh siapa saja. Penentuan kadar air bahan pangan secara umum yang paling mudah dilakukan yaitu dengan menggunakan pengeringan yaitu metode thermogravimetri yaitu dengan mengeringkan bahan dalam suhu oven 105 – 110 °C selama 3 jam atau sampai diperoleh berat konstan yang mengacu pada SNI 01-2891-1992. Menurut (Nadia, 2010), pengukuran kadar air dengan metode thermogravimetri menggunakan perhitungan basic basah maupun basic kering dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar air (basis kering)} = \frac{b - (c - a)}{(c - a)} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air (basis basah)} = \frac{b - (c - a)}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat konstan cawan kering beserta tutupnya sebelum digunakan.

b = berat bahan awal (segar) yang digunakan sebelum diuapkan dan dikeringkan.

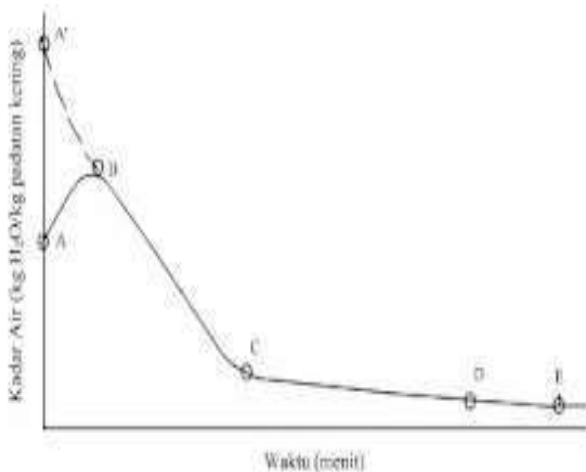
c = berat konstan cawan berisi bahan kering beserta tutup cawan.

2.2.2 Laju Pengeringan Bahan

Laju pengeringan merupakan suatu kecepatan penguapan atau hilangnya air dalam bahan pada proses pengeringan. Kecepatan laju pengeringan dipengaruhi oleh bahan yang dikeringkan, suhu pengering, humiditas dan alat pengering yang digunakan. Laju pengeringan bahan bergantung pada kadar air bahan dan keseimbangan suhu pengeringan. Semakin besar perbedaan antara suhu

pengeringan dengan media dan bahan yang dikeringkan maka laju pengeringan akan semakin besar.

Menurut (Ulfa Shabrina dan Hadi Susanto, 2017), semakin lama waktu pengeringan dan semakin tinggi suhu yang digunakan untuk mengeringkan manisan apel akan mengakibatkan semakin besar energi panas yang dibawa udara sehingga jumlah massa cairan yang diupkan dari permukaan semakin banyak. Faktor yang berpengaruh dalam pengeringan bahan yaitu suhu, kelembaban udara, laju aliran udara dan kadar air bahan. Kurva hubungan antara kadar air bahan dengan lama waktu pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kurva laju Pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kurva Hubungan Kadar Air Bahan Dengan Waktu Pengeringan

(Sumber: <https://derryariadi.blogspot.com/2009>)



Gambar 2. 2 Kurva Laju Pengeringan

(Sumber : <https://teknik-pengeringan.tp.ugm.ac.id/2017>)

2.3 Metode Pengeringan

Metode pengeringan merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk melepaskan kadar air dalam bahan pangan. Menurut (Yani irma Eva, Nursalim, Euis Nurlaela, 2023), pengeringan merupakan suatu cara pengawetan bahan pangan yang dapat memperpanjang umur simpan bahan yang dikeringkan, mengurangi volume dan berat bahan, mempermudah pengemasan dan pendistribusian barang serta dapat menekan biaya produksi. Namun pengeringan juga dapat mengakibatkan perubahan baik sifat fisik maupun kimia dan biologis bahan yang dikeringkan. Menurut (teti estiasih, 2009), metode pengeringan dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe yaitu pengeringan sinar matahari, pengeringan atmosferik dan pengeringan subatmosferik. Tipe pengeringan dengan sinar matahari merupakan pengeringan yang umum dilakukan sejak dahulu. Pengeringan secara atmosferik merupakan suatu proses pengeringan menggunakan alat pengering mekanis pada kondisi tekanan 1 atm tanpa adanya perlakuan vakum. Pengeringan

subatmosferik merupakan pengeringan dengan menggunakan tekanan udara rendah sampai tekanan udara vakum. Penerapan pengeringan subatmosferik terdapat pada pengeringan beku dan pengeringan vakum. Penerapan metode pengeringan dapat dilakukan dengan cara alami maupun dengan metode pengeringan mekanis atau buatan.

2.3.1 Pengeringan Secara Alami

Pengeringan secara alami merupakan metode pengawetan bahan pangan yang paling awal dan paling lama dilakukan oleh manusia dari sejak jaman dahulu. Pengeringan secara alami dapat dilakukan dengan cara penjemuran secara langsung memanfaatkan sinar matahari langsung. Menurut (Fransiska, Radam dan Sari, 2023), metode pengeringan secara alami merupakan pengeringan yang dilakukan dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari yang ada dengan alat yang sederhana. Pengeringan secara alami mempunyai keuntungan antara lain hemat biaya, murah dan energi yang digunakan untuk proses pengeringan tersedia melimpah ruah di alam.

Pengeringan secara alami juga mempunyai kekurangan yaitu tergantung dengan kondisi cuaca, suhu pengeringan tidak dapat dikontrol, membutuhkan tempat yang luas, tidak semua bahan dapat dikeringkan menggunakan pengeringan alami, bahan yang dikeringkan juga mudah terkontaminasi, lama waktu pengeringan tidak dapat terukur sesuai cuaca serta membutuhkan proses pembalikan pada bahan yang dikeringkan. Hasil pengeringan secara alami terkadang tidak merata keringnya. Metode pengeringan secara alami juga membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak. Menurut (Yosika, Hawa dan Hendrawan, 2020), pengeringan dengan menggunakan sinar matahari langsung merupakan pengeringan yang ramah lingkungan yang dapat menghasilkan produk kering sesuai standar pada pengeringan cabai Puyang. Contoh pengeringan alami dengan penjemuran dapat dilihat pada Gambar 2.3.



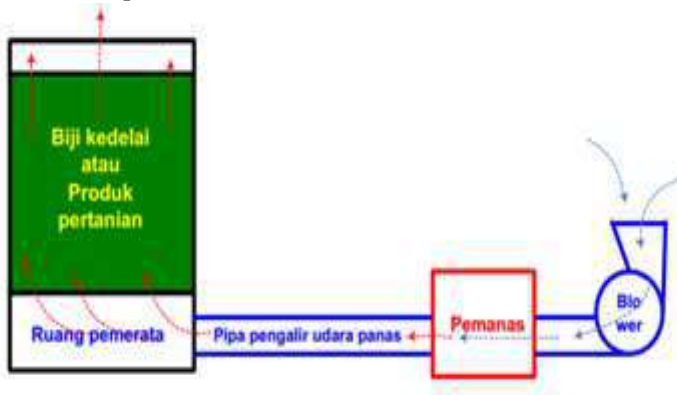
Gambar 2. 3 Penjemuran Kopi
(Sumber : <https://ottencoffee.co.id>)

2.3.2 Pengeringan Secara Mekanis

Pengeringan secara mekanis yaitu pengeringan yang dilakukan menggunakan alat pengering buatan manusia. Pengeringan secara mekanis mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pengeringan secara alami yaitu tidak tergantung cuaca, suhu dan lama waktu pengeringan dapat diatur, dapat menghemat tempat dan tenaga serta hasil yang didapatkan kering merata dan terhindar dari kontaminasi. Pengeringan secara mekanis juga dapat dibuat skala besar/ kecil menyesuaikan dengan komoditas yang dikeringkan. Namun pengeringan secara mekanis membutuhkan biaya yang tidak murah untuk membuat alat pengering serta konsumsi bahan bakar yang besar dibandingkan dengan pengeringan secara alami. Pengeringan menggunakan cara mekanis memanfaatkan panas yang dihembuskan melalui udara ataupun

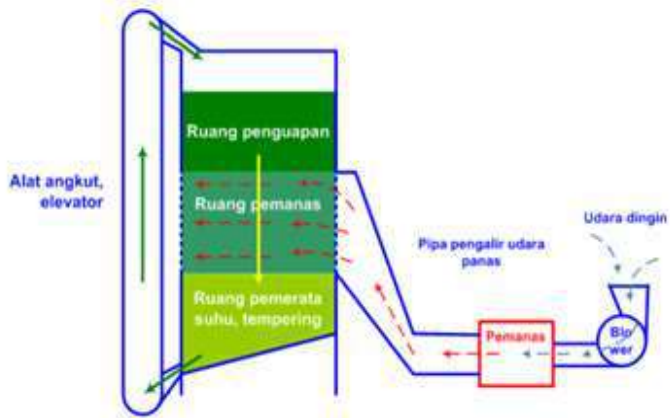
bersentuhan langsung dengan mesin pengering. Menurut (Rahayoe, 2017), pemanasan udara pada pengeringan mekanis pada dasarnya dibagi menjadi 2 sistem yaitu :

1. Pengering sistem batch, yaitu pengeringan dimana komoditas yang akan dikeringkan ditaruh diatas tray atau wadah dengan kontak udara panas dengan komoditas yang akan dikeringkan berlangsung lama berulang kali. Penerapan pengering sistem batch terdapat pada pengering klin, tower, pengering kabinet. Mesin pengering dengan sistem batch dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Pengering Sistem Batch
(Sumber : Rahayoe, 2017)

2. Pengering sistem kontinyu dimana komoditas yang akan dikeringkan mengalir secara kontinyu dan terkena udara panas hanya berlangsung satu kali. Penerapan pengering sistem kontinyu terdapat pada pengering terowongan (*tunnel dryer*), ban berjalan (*conveyor dryer*), *spray dryer*, pengering drum (*drum dryer*) atau rotary berputar. Mesin pengering dengan sistem kontinyu dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Pengering Sistem Kontinyu
(Sumber : Rahayoe, 2017)

Menurut (Muchtadi, 2010), pengeringan secara mekanis atau buatan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu pengeringan adiabatik dan pengeringan isothermik. Pengeringan adiabatik merupakan suatu proses pengeringan yang menggunakan panas yang dibawa oleh udara panas ke alat pengering untuk mengeringkan bahan atau komoditas yang dikehendaki. Sedangkan pengeringan secara isothermik merupakan suatu proses pengeringan dimana komoditas yang dikeringkan kontak langsung dengan logam atau plat yang panas sehingga komoditas tersebut bisa kering. Mesin pengering banyak sekali diciptakan untuk mempermudah manusia dan meminimalisir kerusakan komoditas yang dikeringkan baik secara fisik, kimia maupun biologi. Pemilihan jenis mesin pengering harus disesuaikan dengan bahan yang akan dikeringkan baik dari segi jenis dan karakteristik bahan, jumlah bahan serta aspek ekonomis dari bahan yang akan dikeringkan itu sendiri. Selain itu juga disesuaikan dengan hasil akhir dari produk yang diinginkan (tetapi estiasih, 2009).

Jenis alat pengering dengan bentuk bahan pangan yang dapat dikeringkan dapat dilihat pada tabel 2.6.

Jenis Alat Pengering	Bentuk Bahan Pangan
Klin, Tunnel, Belt trough Cabinet, Tray Continous belt Air lift, Flindizet bed Spray	Potongan Potongan, bubur atau cairan Bubur, cairan Potongan kecil, granula Cairan, bubur
Alat penegring drum atau roller: Atmosferic Vakum	Bubur, cairan Bubur, cairan
Alat pengering vakum: Vaccum sheaf Vaccum belt Haize dryer	Potongan, bubur, cairan Bubur, cairan Potongan, cairan

Tabel 2. 1 Macam Alat Pengering Yang Biasa Digunakan
(Sumber : Muchtadi, 2010)

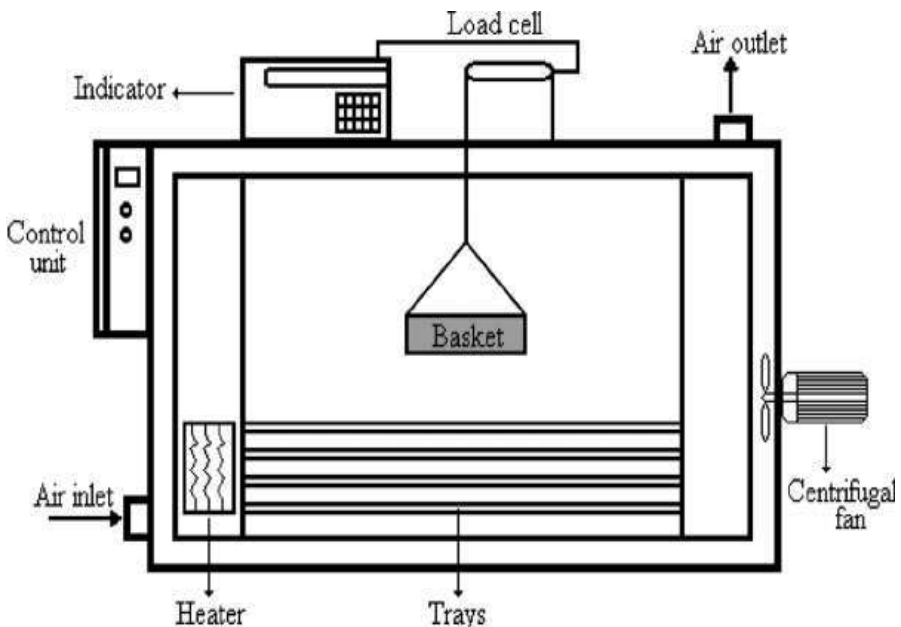
2.3.3 Klasifikasi Mesin Pengering

Mesin pengeringan yang biasa digunakan dalam proses pengeringan antara lain :

1. Tray dryer

Pengering menggunakan tray atau rak atau sering disebut dengan sistem kabinet yang dilengkapi dengan tray atau rak yang berlubang, unit pemanas dan kipas yang digunakan untuk mendorong udara pengering melewati bahan yang dikeringkan. Menurut (Purnamasari, Meidinariasty dan Hadi, 2019), tray dyer

menggunakan perpindahan panas secara konveksi melalui hembusan udara panas yang keluar disamping mesin pengering dengan bantuan kipas atau blower. Bahan yang akan dikeringkan pada pengering tipe rak ditata sedemikian rupa pada rak untuk dapat dikeringkan secara sempurna. Perpindahan panas juga dapat terjadi secara konduksi dengan perantara rangka besi mesin pengering yang bersentuhan dengan tray atau rak yang digunakan untuk mengeringkan bahan. Mesin pengering tipe rak biasanya juga dilengkapi dengan cerobong dibagian atas untuk sirkulasi udara panas. Skema pengering tipe tray dapat dilihat pada Gambar 2.6.



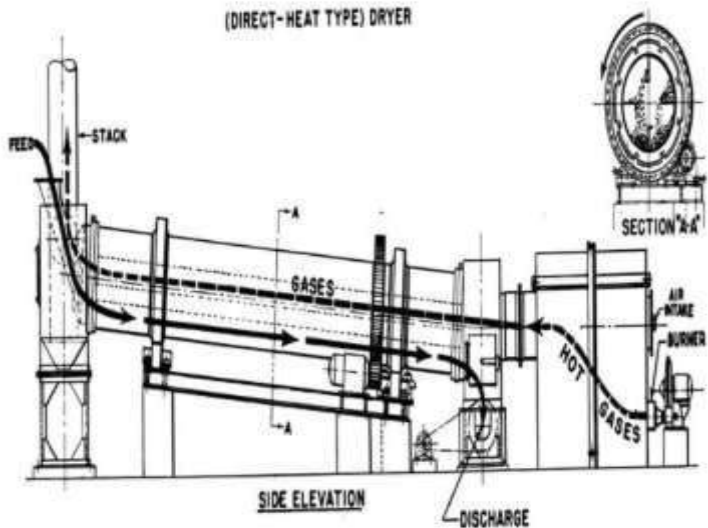
Gambar 2. 6 Skema Diagram Kabinet Dryer
(Sumber : <https://www.researchgate.net>)

2. Rotary dryer

Pengering rotary merupakan suatu alat pengering yang menggunakan drum yang berputar secara kontinyu dengan pemanasan menggunakan gasifier ataupun tunggu yang berada dibawah mesin pengering. Pengeringan menggunakan sistem rotary dapat digunakan untuk bahan yang berbentuk granula ataupun bubuk. Pengeringan berlangsung secara konduksi dimana terjadi kontak bahan dengan alat pengering dan secara konveksi dimana terjadi kontak bahan dengan aliran panas yang mengalir didalam mesin pengering. Pengeringan menggunakan sistem rotary lebih merata dibandingkan dengan tipe tray. Menurut (Effendy *et al.*, 2018), pada pengering rotary terdiri dari silinder yang berputar pada bantalan dan bahan yang akan dikeringkan dimasukkan melalui ujung atas mesin pengering.

Arah aliran dalam mesin pengering disesuaikan dengan bahan yang dikeringkan. Aliran counter current digunakan untuk mendapatkan efisiensi panas yang lebih tinggi sedangkan aliran cocurrent untuk bahan dengan suhu gas yang tinggi dan mudah panas. Pengeringan rotary menggunakan putaran secara kontinyu dapat menyebabkan kerusakan atau pecahnya bahan yang dikeringkan. Menurut (Yerizam *et al.*, 2019), pengering rotary mempunyai kelebihan dapat digunakan untuk mengeringkan bahan padatan dari lapisan dalam maupun lapisan luar, pengeringan terjadi secara merata dan seragam. Kecepatan putaran pada pengeringan tipe rotary dan waktu pengeringan sangat berpengaruh terhadap kestabilan perpindahan panas pada silinder secara merata (Rizki Romadhon,

Aris Zainul Muttaqin, 2020). Skema pengering tipe rotary dapat dilihat pada Gambar 2.7.



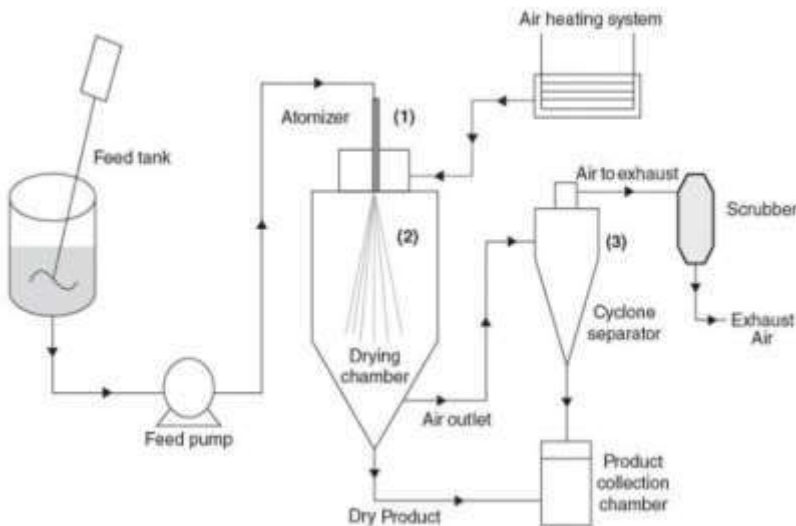
Gambar 2. 7 Skema Rotary Dryer

(Sumber : <https://www.tcpel.com/id>)

3. Spray dryer

Pengeringan dengan menggunakan sistem spray digunakan untuk mengeringkan bahan cair menjadi serbuk dalam waktu yang cepat. Spray dryer memisahkan zat terlarut sebagai padatan dan zat pelarut menjadi uap. Bahan yang dikeringkan berupa cairan yang disemprotkan kedalam aliran uap panas melalui nosel yang berlangsung cepat sehingga padatan terbentuk. Menurut penelitian (Dewi dan Satibi, 2015), tinggi suhu pengeringan akan mengakibatkan bahan menjadi lebih cepat kering dan tidak ada yang menempel pada permukaan mesin pengering. Menurut (Septevani, Sondari dan Ghozali, 2013), hasil pengeringan menggunakan spray dryer

menghasilkan partikel yang lebih besar dan tidak menggumpal dibandingkan pengering lain pada pengeringan ekstrak jahe. Skema mesin spray dryer dapat dilihat pada Gambar 8.



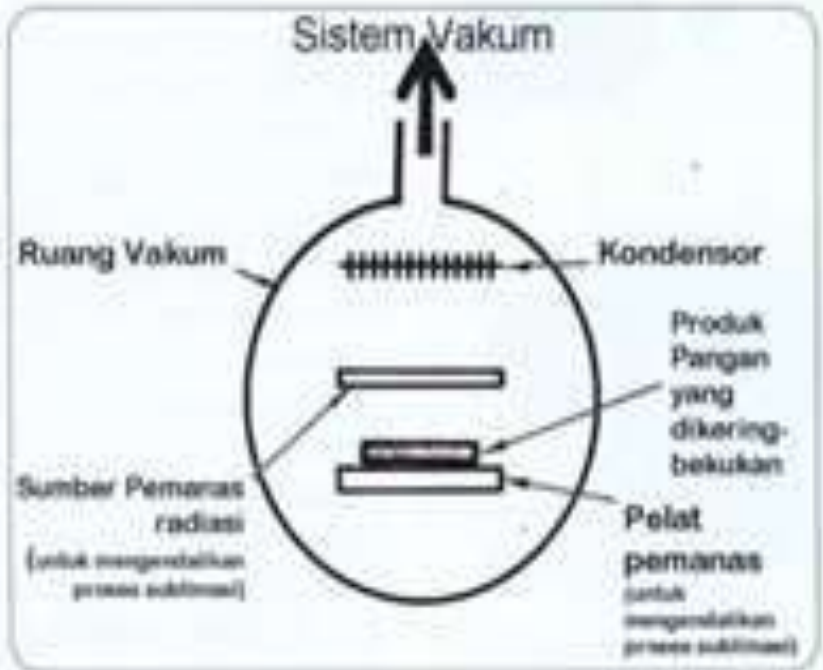
Gambar 2. 8 Skema Spray Dyer

(Sumber : <https://www.aeroengineering.co.id/2021>)

4. Freeze dryer

Freeze dryer merupakan suatu pengeringan beku dimana proses perpindahan panas yang terjadi terdapat dinding pembatas antara bahan yang akan dipanaskan dengan media pemanas. Perpindahan panas dalam pengeringan beku berlangsung secara konduksi. Pengeringan beku mempunyai keunggulan dapat menjaga kestabilan produk yang dikeringkan, dapat meningkatkan daya rehidrasi produk sehingga produk yang dikeringkan dapat kembali seperti pada awal sebelum dikeringkan. Menurut (Suhesti, 2019), pengeringan beku menghasilkan produk padat tanpa

air yang berasal dari produk awal yang berfase liquid dengan cara dibekukan kemudian disublimasikan dengan menggunakan cara vakum. Skema freeze dryer dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 2. 9 Skema Freeze Dryer
(Sumber : Hariyadi, 2013)

DAFTAR PUSTAKA

- Cicilia, S. *et al.* (2018) 'The Effect of Wheat Flour Substitution with *Coleus tuberosus* Flour on Chemical dan Organoleptic Properties of Cookies', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 4(1), pp. 304–310.
- Daud, A., Suriati, S. dan Nuzulyanti, N. (2020) 'Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air Metode Thermogravimetri', *Lutjanus*, 24(2), pp. 11–16. Available at: <https://doi.org/10.51978/jlpp.v24i2.79>.
- Dewi, A.K. dan Satibi, L. (2015) 'Kajian Pengaruh Temperatur Pengeringan Semprot (Spray dryer) Terhadap Waktu Pengeringan dan Rendemen Bubuk Santan Kelapa (Coconut Milk Powder)', *Konversi*, 4(1), pp. 25–31.
- Effendy, S. *et al.* (2018) 'Kajian Prototipe Rotary Dryer Berdasarkan Kecepatan Putaran Silinder Pengering Dan Laju Alir Udara Terhadap Efisiensi Thermal Pengeringan Biji Jagung', *Jurnal Kinetika*, 9(02), pp. 43–49. Available at: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>.
- Fransiska, Y., Radam, R. dan Sari, M. (2023) 'Metode Green House Degan Teknik Penyusunan Horizontal (Rebah) Dan Vertikal (Sdanar) Drying Rubber Wood (Hevea brasiliensis) Using the Green House Method with horizontal (falling) dan vertical (leaning) arrangement techniques Program Studi Kehuta', 06(3), pp. 375–383.
- Hariyadi, P. (2013) 'Freeze Drying Technology :for Better Quality & Flavor of Dried Products', *Foodreview Indonesia*, VIII(2), pp. 52–57.
- Hariyadi, T. (2018) 'Pengaruh Suhu Operasi terhadap Penentuan Karakteristik Pengeringan Busa Sari Buah Tomat Menggunakan Tray Dryer', *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), p. 46. Available at: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.39019>.

- Hasibuan, R. dan Alfikri Ridhatullah, M. (2019) 'Pengaruh Ketebalan Bahan Dan Jumlah Desikan Terhadap Laju Pengeringan Jahe (*Zingiber Officinale* Roscoe) Pada Pengering Kombinasi Surya dan Desikan', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), pp. 61–66. Available at: <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i2.1882>.
- Muchtadi, T.R. dan F.A. (2010) *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. 4th edn. Edited by Alfabeta. Bogor.
- Nadia, L. (2010) 'Analisis Kadar Air Bahan Pangan', *Bahan Ajar*, p. 218. Available at: www.ut.ac.id.
- Purnamasari, I., Meidinariasty, A. dan Hadi, R.N. (2019) 'Prototype Alat Pengering Tray Dryer Ditinjau Dari Pengaruh Temperatur Dan Waktu Terhadap Proses Pengeringan Mie Kering', *Jurnal Kinetika*, 10(03), pp. 25–28.
- Purwasih, R. *et al.* (2022) *1 / Analisis Pangan*. Available at: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/J8V9P>.
- Rahayoe, S. (2017) 'Teknik Pengeringan', *Artikel* [Preprint].
- Rizki Romadhon, Aris Zainul Muttaqin, H.S. (2020) 'Pengaruh Putaran Rotary Dryer dan Waktu Proses Terhadap Laju Pengeringan Daun Teh Hijau', 4(2), pp. 12–18.
- Septevani, A.A., Sondari, D. dan Ghozali, M. (2013) 'Pengaruh Teknik Pengeringan Semprot (Spray Drying) dalam Mikroenkapsulasi Asiaticoside dan Ekstrak Jahe', *Indonesian Journal of Materials Science*, 14(4), pp. 248–252.
- Suhesti, I. (2019) 'Pengaruh Metode Pengeringan Beku (Freeze Drying) Terhadap Nilai Total Fenol Dan Nilai Sun Protection Factor (SPF) Ekstrak Etanol Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierr A. Froehner)', *Jurnal FARMASINDO Politeknik Indonusa Surakarta*, 3(2), pp. 19–25.
- Teti estiasih, ahmadi (2009) *Teknologi Pengolahan Pangan*. 1st edn. Malang: Bumi Aksara.

- Ulfa Shabrina, Z. dan Hadi Susanto, W. (2017) 'Karakteristik Manisan Kering Apel Varietas Anna-Shabrina, dkk', *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(3), pp. 60–71.
- Wahyudin, I., Tosida, E. dan Danria, F. (2019) *Konsep Dasar Proses Pengeringan Pangan, Quality*.
- Yani irma Eva , Nursalim, Euis Nurlaela, D. (2023) *Teknologi Pangan*. 1st edn. Padang: Get Press.
- Yerizam, M. *et al.* (2019) 'Performance of Rotary Dryer on Manihot Esculenta Chips Drying for Mocaf Production Based on Various Time, Temperatur dan Drying Rate', *Jurnal Kinetika*, 10(02), pp. 24–28. Available at: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>.
- Yosika, N.I.W., Hawa, L.C. dan Hendrawan, Y. (2020) 'Characteristics dan Drying Rate of Cabya (Piper retrofractum Vahl.) with Natural Drying Method (Open Sun Drying)', *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(3), pp. 165–174.

BAB 3

PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN

Oleh Faidha Rahmi

3.1 Pendahuluan

Metode penggorengan, merupakan salah satu teknik pengawetan pangan. Teknologi pengawetan pangan adalah serangkaian metode atau proses yang digunakan untuk memperpanjang masa simpan makanan dengan tujuan untuk mencegah kerusakan, pembusukan, dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat mengakibatkan bahaya bagi kesehatan manusia. Teknologi ini penting dalam industri makanan untuk mempertahankan kualitas, keamanan, dan ketersediaan makanan di pasar.

Teknologi pengawetan dengan proses penggorengan sering digunakan untuk mengawetkan makanan dengan mengurangi kadar air di permukaan dan melindungi dari pertumbuhan mikroorganisme. Proses penggorengan ini memanfaatkan panas tinggi untuk mempercepat proses penghilangan air dari permukaan makanan dan membentuk lapisan luar yang kering dan renyah yang membuat sulit bagi mikroorganisme untuk tumbuh. Pengolahan pangan yang sering dilakukan untuk menyiapkan makanan dengan cara memanaskan makanan dalam pan yang berisi minyak disebut dengan proses penggorengan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang

mengembang dan renyah, selain itu untuk meningkatkan citarasa, warna, gizi dan daya awet produk akhir. (Ketaren, 1986).

Menurut Pujiastuti, dkk (2019), Penggorengan dapat diartikan sebagai proses pengeringan produk dengan minyak sebagai media pindah panas. Saat proses penggorengan menggunakan minyak panas maka akan banyak reaksi kompleks terjadi di dalam minyak dan pada saat ini minyak mengalami kerusakan. Seiring berkembangnya zaman, manusia dituntut untuk menjadi lebih praktis dan lebih efisien dalam menjalankan kehidupannya. Salah satu akibatnya adalah terjadinya perubahan pola konsumsi pangan.

3.2 Prinsip dan Metode Penggorengan

Prinsip dan metode penggorengan merupakan dasar-dasar dalam proses memasak yang melibatkan penggunaan minyak panas untuk mengolah makanan. Penggorengan yang tepat membutuhkan perhatian terhadap suhu minyak, waktu penggorengan yang tepat, dan penggunaan minyak yang cukup untuk menutupi makanan yang digoreng. Produk yang dihasilkan juga cenderung lebih awet karena pada saat menggoreng terjadi proses destruksi mikro organisme dan perpindahan panas dan massa pada penyangraian dan penggorengan bahan pangan (Jamaludin, 2018)

Penggorengan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis minyak atau lemak, termasuk minyak sayur, minyak kedelai, minyak jagung, minyak kelapa, atau lemak hewani seperti lemak babi atau mentega. Beberapa makanan yang sering digoreng meliputi kentang goreng, ayam goreng, ikan goreng, gorengan seperti bakwan atau tempe goreng, dan berbagai jenis camilan lainnya. Metode ini populer karena dapat memberikan rasa yang kaya dan tekstur yang krispi pada

makanan. Namun, konsumsi makanan yang sering digoreng dalam minyak yang berlebihan juga bisa berdampak negatif pada kesehatan karena tingginya kandungan lemak dan kalori.

3.2.1 Prinsip Penggorengan

Berikut adalah beberapa prinsip dasar penggorengan:

Panas dan Penetrasi: Minyak yang dipanaskan dengan baik memungkinkan makanan untuk cepat memasak dari luar ke dalam. Ini membentuk lapisan luar yang renyah dan mencegah makanan menyerap terlalu banyak minyak. Hal tersebut sejalan dengan apa yang disampaikan oleh (Arafat, 2014; Teruel et al, 2015) bahwa untuk menghasilkan panas yang merata pada suatu produk, diperlukan perpindahan yang sangat tinggi pada permukaannya.

Kontrol Suhu: Penggorengan yang efektif membutuhkan suhu minyak yang tepat. Terlalu rendah, makanan akan menyerap terlalu banyak minyak; terlalu tinggi, akan membakar makanan sebelum matang sempurna di dalamnya. Penggorengan dengan suhu yang lebih rendah cenderung menghasilkan warna produk yang lebih cerah daripada penggorengan dengan suhu yang lebih tinggi. Hal ini karena suhu yang rendah memungkinkan proses pematangan yang lebih lambat dan lebih merata di dalam bahan makanan, sehingga warna asli dari bahan makanan tersebut dapat dipertahankan lebih baik. Ketika bahan makanan digoreng pada suhu rendah, permukaannya tidak akan terlalu cepat menggelap atau gosong, sehingga warnanya tetap cerah. Proses penggorengan yang lebih perlahan juga memungkinkan kelembaban dalam bahan makanan untuk tetap terjaga, yang bisa membantu dalam mempertahankan warna cerahnya. Dengan demikian, penggorengan dengan suhu rendah sering kali dipilih untuk

menghasilkan produk akhir yang memiliki penampilan yang lebih menarik secara visual, terutama pada makanan seperti sayuran dan daging yang ingin dipertahankan warna aslinya. Penggorengan dengan suhu yang lebih tinggi akan memberikan hasil yang sebaliknya, yaitu warna yang gelap, cenderung terbentuk aroma gosong (*over cooked*), waktu penggorengan yang lebih cepat, dan sedikit penyerapan minyak juga dapat menghasilkan proses pembentukan kerak (*crust*) yang sangat cepat, proses perpindahan massa terhambat, proses *bubbling* lebih cepat terhenti. Pada suhu tinggi, minyak atau lemak yang digunakan untuk menggoreng bisa menghasilkan senyawa berbahaya seperti aldehida dan akrolein, terutama jika minyak tersebut dipanaskan berulang kali. Senyawa-senyawa ini dapat berkontribusi pada risiko penyakit jantung, kanker, dan masalah kesehatan lainnya jika dikonsumsi secara berlebihan. (*under cooked*) di bagian dalamnya (Jamaludin, 2018).

Pola Penggorengan: Makanan harus diletakkan dengan jarak yang cukup di antara satu sama lain untuk memastikan udara panas dapat mengalir dengan baik di sekitarnya. Hal ini memastikan bahwa makanan matang merata.

Penyaringan Minyak: Minyak yang digunakan dalam penggorengan harus secara teratur disaring atau diganti untuk mencegah penumpukan kotoran dan rasa terlalu berlebihan pada makanan.

3.2.2 Metode Penggorengan

Ada beberapa metode penggorengan yang umum digunakan dalam memasak. Berikut adalah beberapa di antaranya:

Penggorengan dalam Minyak (*Deep Frying*):

Metode ini melibatkan pencelupan makanan dalam minyak panas yang cukup banyak dalam wajan atau penggorengan. Makanan kemudian digoreng hingga matang dan cokelat keemasan. Contoh makanan yang sering digoreng dalam minyak adalah kentang goreng, ayam goreng, dan donat dan kentang goreng.



Gambar 3. 1Proses *deep frying* (Datamaya, 2023)

Suhu deep frying umumnya berkisar antara 350°F (177°C) hingga 375°F (190°C), tergantung pada jenis makanan yang dimasak dan minyak yang digunakan. Suhu ini penting untuk mencapai hasil terbaik dalam deep frying. Jika suhu terlalu rendah, makanan akan menyerap terlalu banyak minyak dan menjadi berminyak, sedangkan jika suhu terlalu tinggi, makanan bisa gosong di luar sebelum matang di dalam. Menggunakan termometer minyak yang

sesuai adalah cara terbaik untuk memastikan suhu yang tepat dan konsisten selama proses deep frying.

Penggorengan dengan Sedikit Minyak (*Shallow Frying*):

Shallow frying adalah metode memasak di mana bahan makanan dicelupkan ke dalam minyak yang sudah dipanaskan sedikit di atas dasar wajan atau penggorengan. Minyaknya tidak cukup banyak untuk menyelimuti seluruh bahan makanan, melainkan hanya cukup untuk mencapai sebagian bawah bahan makanan tersebut. Tujuannya adalah untuk memberikan bahan makanan warna kecokelatan yang menarik dan rasa gurih, sementara bagian luar menjadi renyah. Metode ini melibatkan penggunaan sedikit minyak dalam wajan atau penggorengan. Makanan direndam dalam minyak panas sebagian, sehingga hanya bagian bawahnya yang terendam dalam minyak. Contoh makanan yang digoreng dengan metode ini adalah telur dadar, ikan, dan tempe goreng.

Menurut (Oke *et al* 2017), *shallow frying* merupakan metode yang tepat untuk memasak makanan dengan luas permukaan yang besar. Perpindahan panas terjadi secara konduksi, dan konveksi. Suhu yang tepat untuk *shallow frying* biasanya berkisar antara 325°F (165°C) hingga 375°F (190°C). Suhu ini penting untuk mencapai hasil yang optimal dalam memasak makanan. Suhu minyak yang terlalu rendah dapat menyebabkan makanan menyerap terlalu banyak minyak dan hasil akhir menjadi berminyak, sementara suhu yang terlalu tinggi dapat membuat makanan terlalu cepat gosong di luar sementara bagian dalamnya masih mentah.

Proses *shallow frying* ini berbeda dengan *deep frying*, di mana dalam *deep frying*, bahan makanan benar-benar tenggelam dalam minyak yang dalam dan jumlahnya lebih

besar. *Shallow frying* sering digunakan untuk menggoreng makanan seperti ayam, ikan, kentang, atau sayuran yang tidak memerlukan waktu lama untuk memasak dan biasanya memiliki permukaan yang cukup besar untuk menghasilkan lapisan renyah.

Penggorengan dengan Sedikit atau Tanpa Minyak (*Stir-frying*):

Metode ini melibatkan memasak makanan dengan cepat dalam wajan atau penggorengan panas dengan sedikit atau tanpa minyak. Makanan biasanya dipotong kecil dan digoreng dalam waktu singkat dengan terus-menerus diaduk. Contoh makanan yang cocok untuk metode ini adalah tumis sayuran, mie goreng.

Penggorengan Udara (*Air Frying*):

Metode ini menggunakan alat yang disebut penggoreng udara atau fryer tanpa minyak. Alat ini menggunakan panas konveksi untuk memasak makanan, memberikan hasil yang mirip dengan penggorengan dalam minyak namun dengan sedikit atau tanpa minyak sama sekali. Contoh makanan yang cocok untuk metode ini adalah kentang goreng, ayam goreng, dan camilan yang biasanya digoreng. Air Fryer merupakan alat yang biasa digunakan dalam penggorengan model ini.



Gambar 3. 2 Air Fryer (Tokopedia, 2024)

Saat ini, metode penggorengan yang paling populer adalah air frying. Proses penggorengan dapat menghasilkan produk yang rendah lemak, sehingga digemari oleh masyarakat. (Habibi dan Utami, 2022). Air frying adalah metode memasak makanan menggunakan perangkat yang disebut air fryer. Meskipun disebut "*frying*" atau penggorengan, prosesnya sebenarnya melibatkan mengalirkan udara panas di sekitar makanan untuk menghasilkan efek seperti digoreng, tanpa menggunakan minyak dalam jumlah besar atau bahkan tanpa minyak sama sekali.

Air fryer adalah perangkat elektrik yang bekerja dengan cara menghasilkan udara panas yang sangat panas dan mengalirkannya secara cepat di sekitar makanan yang diletakkan di dalam keranjang atau tray. Udara panas ini mengeringkan dan menghasilkan lapisan renyah di luar makanan, sementara bagian dalamnya tetap lembut dan matang dengan baik. Keuntungan utama dari metode air frying adalah sebagai berikut: Lebih Sehat: Karena menggunakan sedikit atau tanpa minyak, air frying dapat mengurangi jumlah lemak dan kalori dalam makanan dibandingkan dengan penggorengan tradisional dalam minyak dan dilengkapi pengatur suhu dan waktu..

Penggorengan dalam Panci (*Pan Frying*):

Metode ini mirip dengan penggorengan dalam minyak, namun jumlah minyak yang digunakan lebih sedikit dan makanan biasanya digoreng di kedua sisi. Contoh makanan yang cocok untuk metode ini adalah steak, burger, dan pisang goreng. *Pan frying* adalah proses penggorengan dengan menggunakan sedikit minyak goreng, sehingga proses penggorengan terjadi pada minyak yang dangkal (*Shallow*). Suhu ideal untuk *pan frying* bervariasi tergantung pada bahan makanan yang di masak. Namun,

secara umum, suhu yang tepat untuk *pan frying* adalah sekitar 350°F (sekitar 175°C) hingga 400°F (sekitar 205°C). Suhu ini cukup tinggi untuk memastikan makanan bisa matang dengan cepat dan permukaannya bisa menjadi renyah tanpa membakar bagian luar makanan. (Wibowo dan Perangiangan, 2004).

Teknik *pan frying* adalah salah satu metode menggoreng yang tepat untuk dilakukan oleh pemula. Di samping itu, teknik ini juga cocok bagi seseorang yang ingin memasak menu makanan sehat.

Setiap metode penggorengan memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri tergantung pada jenis makanan yang dimasak dan preferensi pribadi. Penting untuk memilih metode yang sesuai dengan makanan yang akan dimasak serta memperhatikan kesehatan dan keamanan dalam proses penggorengan. Meskipun proses penggorengan dapat membantu mengawetkan makanan dengan mengurangi kadar air dan membunuh mikroorganisme, penting untuk diingat bahwa penggunaan minyak yang berlebihan atau pemanasan yang tidak tepat dapat menghasilkan senyawa berbahaya seperti *acrylamide*. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan teknik penggorengan yang aman dan sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat MS. 2014. *Air frying a new technique for produce of healthy fried potato strips*. Journal of Food dan Nutrition Sciences 2(4): 200. DOI : <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20140204.26>
- Atmoko, T. Prasetyo Hadi dan Hery Krestanto. 2017. *Profesionalisme Chef Dalam Pengolahan Dan Meningkatkan Kualitas Makanan Di Cavinton Hotel Yogyakarta*. Jurnal Khasanah Ilmu. 8 (2) : 60-69.
- Datamaya. 2023. *Pusat Peralatan Restoran Terlengkap di Indonesia*. Crown Horeca, Jakarta
- Habibi, N. A dan Utami, C.T, 2022. *Pengolahan Pangan Menggunakan Teknik Air Frying : Studi Pustaka*. J. Sains dan Teknologi Pangan Vol. 7, No. 4, P. 5308-5319. Universitas Halu Oleo, Maluku
- Oke, E.K., Idowu, M.A., Sobukola, O.P., Adeyeye, S.A.O., Akinsola, A.O., 2017. Frying of Food: A Critical Review. Journal of Culinary Science dan Technology 16, 107–127. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936>
- Teruel M. del R, Gordon M., Linares MB, Garrido MD, Ahromrit A, Niranjana K. 2015. A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying dan air frying. Journal of Food Science 80(2): E349–E358. DOI : <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12753>

BAB 4

PRINSIP PENGAWETAN

MENGUNAKAN SUHU RENDAH

Oleh Asmanur Jannah

4.1 Pendahuluan

Setelah dipanen, bahan hasil pertanian akan terus melangsungkan kegiatan fisiologi lanjutan yang disebut respirasi. Respirasi merupakan proses metabolisme peruraian senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana secara enzimatis di intraseluler. Respirasi dapat mempengaruhi warna, tekstur, dan rasa bahan pangan. Dengan adanya respirasi, beberapa bahan pangan seperti buah klimakterik seperti pisang, mangga, pepaya dapat mencapai kondisi yang optimal untuk dikonsumsi. Namun, jika respirasi terus berlanjut, maka bahan pangan akan mengalami kondisi terlalu masak (*overripe*) dan mengalami pembusukan. Kondisi *overripe* juga mengundang mikroorganisme untuk tumbuh, sehingga mempercepat proses pembusukan.

Respirasi akan terus berlanjut selama substrat respirasi tersedia. Substrat tersebut antara lain adalah karbohidrat, lemak, protein dan turunannya. Bahan hasil pangan mengandung substrat tersebut, sehingga memiliki karakteristik mudah rusak (*perishable*). Oleh karena itu, pengawetan perlu dilakukan agar bahan pangan dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu panjang. Salah satu metode pengawetan bahan pangan yang populer adalah pengawetan dengan suhu

rendah.(Augustyńska-Prejsnar et al., 2023; Brummell & Toivonen, 2018)

Pengawetan suhu rendah merupakan metode pengawetan bahan pangan atau bahan hasil pertanian dengan suhu dingin (kurang lebih 4 °C sampai dengan 15°C) dan suhu beku (kurang lebih 0°C sampai dengan -40 °C) (Kumar, 2020). Pada umumnya pengawetan suhu rendah digunakan untuk bahan pangan segar dan atau pangan olahan. Penggunaan suhu rendah untuk mengawetkan bahan pangan dan pangan olahan sudah banyak digunakan baik di rumah tangga maupun industri. Suhu dingin lebih banyak digunakan untuk bahan pangan yang dikonsumsi segar seperti buah apel, pir, jeruk dan lain-lain, walaupun ada beberapa pangan yang tidak cocok disimpan pada suhu dingin (contoh pisang), sedangkan suhu beku banyak digunakan untuk mengawetkan daging, ikan dan bahan pangan olahan (Leng et al., 2022). Akhir-akhir ini banyak dijumpai produk-produk frozen di pasaran seperti: pangan olahan ayam, kentang iris beku (French fries), bakso, sosis dan lain-lain. Alat yang digunakan untuk pengawetan dengan suhu rendah adalah kulkas (refrigerator) dan freezer.

Prinsip dasar pengawetan suhu rendah adalah dengan 1) memperlambat terjadinya reaksi respirasi; 2) menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak bahan pangan; 3) menghambat sifat katalis enzim. Dengan terhambatnya respirasi dan pertumbuhan mikroorganisme, bahan pangan dapat tersedia dalam waktu lebih panjang dibandingkan penyimpanan dengan menggunakan suhu kamar.

4.2 Mekanisme Pengawetan Suhu Rendah

Kegiatan respirasi pada komoditas pertanian secara aerobik dicirikan oleh konsumsi oksigen, pelepasan karbon dioksida, dan uap air, serta pembentukan adenosin trifosfat (ATP) dari adenosin difosfat (ADP). Kegiatan respirasi merupakan titik

awal dari perubahan tahapan bahan pangan dari mentah, matang fisiologis, dan berakhir dengan pembusukan. Kerusakan bahan pangan bukan hanya disebabkan oleh proses respirasi, namun juga dipengaruhi oleh mikroorganisme, respirasi, reaksi enzimatik, dan reaksi kimia. Pengawetan suhu rendah adalah salah satu metode pengawetan dengan menekan laju respirasi, mencegah perkembangan mikroorganisme, menurunkan reaksi enzimatik, dan reaksi kimia. (Amit et al., 2017)

Teknik pengawetan digunakan untuk mencegah terjadinya perubahan pada bahan pangan yang disebabkan oleh respirasi, mikroorganisme, dan reaksi enzimatik.

4.2.1 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Proses Respirasi

Buah, sayur, atau daging yang baru dipanen masih aktif melakukan respirasi. Laju respirasi diukur dengan menentukan laju konsumsi oksigen atau pelepasan karbon dioksida. Respirasi merupakan salah satu faktor penyebab pembusukan pada buah atau sayur yang disimpan. Laju respirasi sangat erat berhubungan dengan suhu. Laju respirasi dapat meningkat 2-4 kali setiap kenaikan 10°C suhu simpan. (Goswami et al., 2019)

4.2.2 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Mikroorganisme

Mikroorganisme adalah organisme mikro yang dapat dijumpai di tanah, air maupun udara. Mikroorganisme (mikroba) dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan peran mereka di biosfer yaitu mikroorganisme yang berbahaya (patogen) dan mikroorganisme yang bermanfaat. Mikroba yang berbahaya bisa menyebabkan pembusukan makanan dan penyakit pada makhluk lain. Namun, tidak semua mikroba berbahaya; banyak juga yang memberikan manfaat bagi kehidupan. Mikroba yang menguntungkan memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satunya adalah dalam pembuatan

makanan atau minuman fermentasi seperti tempe, roti, yogurt dan anggur. Proses fermentasi ini tidak hanya mengawetkan makanan tetapi juga meningkatkan nilai gizinya. Selain itu, mikroba juga berperan sebagai dekomposer alami. Mereka membantu dalam mengurai bahan organik menjadi senyawa sederhana, mendukung kesuburan tanah dan keseimbangan ekosistem. (Asiah et al., 2020)

Namun, terkait dengan penyimpanan makanan segar atau olahan, mikroorganisme yang terlibat umumnya adalah yang merugikan karena kemampuannya dalam menyebabkan pembusukan makanan. Jenis mikroba ini meliputi berbagai bakteri, ragi, dan kapang. Setiap jenis mikroorganisme tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga mereka akan tumbuh pada berbagai jenis makanan, dipengaruhi baik oleh komposisi makanan itu sendiri maupun lingkungan sekitarnya.

Mikroorganisme, baik secara individu maupun dalam kelompok, memiliki rentang suhu yang memungkinkan pertumbuhan mereka. Suhu terendah di mana mikroorganisme dapat tumbuh adalah sekitar -34°C , sementara suhu tertinggi melebihi 100°C . Pertumbuhan mikroba pada dasarnya terjadi melalui reaksi enzimatik. Setiap kenaikan suhu sebesar 10°C (50°F) akan menggandakan laju katalitik enzim, sedangkan penurunan suhu sebesar 10°C akan mengurangi laju reaksi enzimatik menjadi separuhnya. Karena suhu memengaruhi aktivitas enzim, ini menjadi faktor penting dalam pertumbuhan mikroba. Terdapat lima klasifikasi mikroorganisme berdasarkan suhu lingkungan di mana mereka tumbuh yaitu : Bakteri Psikrofilik, Psikrotrofik, Mesofilik, Termofilik dan Hipertermofilik

Psikrofilik. Organisme ini berkembang baik pada suhu antara 7 hingga 15°C, dengan rentang suhu yang dapat diterima berkisar dari -5 hingga 20°C. Psikrofilik bisa tumbuh pada suhu lemari es atau penyimpanan dingin (4,4°C).

Psikrotrofik. Ini adalah deskripsi mikroorganisme yang mampu berkembang pada makanan yang disimpan dalam lemari es, baik jenisnya psikrofilik maupun mesofilik. Rentang suhunya berkisar antara -2 hingga 35°C. Mikroba ini dapat menyebabkan pembusukan pada makanan pada suhu 5 hingga 7°C, seperti daging, ikan, unggas, telur, dan makanan lain yang sering disimpan pada suhu tersebut. Ini menunjukkan bahwa mikroorganisme masih dapat berkembang pada suhu lemari es, bahkan lebih tahan terhadap suhu rendah daripada suhu tinggi.

Mesofilik. Untuk mikroorganisme dalam rentang suhu 15 hingga 45°C, dengan optimal tumbuh antara 30 hingga 40°C, ciri khasnya adalah dapat berkembang pada suhu tubuh manusia (37°C) dan tidak mampu tumbuh pada suhu di atas 45°C.

Termofilik. Mikroorganisme ini memiliki puncak pertumbuhan pada suhu 45°C dengan rentang suhu antara 40 hingga 80°C. Jenis bakteri seperti *Bacillus*, *Clostridium*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, dan *Lactobacillus* termasuk dalam kategori ini. Bakteri termofilik biasanya hidup di lingkungan yang panas dan ekstrem, di mana mereka dapat hidup dan berkembang biak.

Hipertermofilik. Bakteri ini mampu berkembang pada suhu antara 70°C hingga 105°C, yang dianggap sebagai batas atas untuk kinerja enzim dan struktur sel. Sebagian besar dari mikroba ini berasal dari domain Archaea, terutama dari Kingdom Crenarchaeota, sementara sebagian lainnya berasal dari domain bakteri. Mikroorganisme ini

biasanya ditemukan hidup di lingkungan dengan suhu rata-rata yang tinggi.

4.2.3 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Reaksi Enzim

Enzim adalah protein yang berfungsi untuk membantu reaksi biologis, contohnya konversi substrat organik menjadi substrat yang lebih sederhana. Ketika hewan disembelih, hewan tersebut masih memiliki enzim yang intak. Enzim tersebut dapat mengkonversi substrat menjadi komponen yang lebih sederhana atau lebih kecil. Hal ini akan mempengaruhi rasa, bau, dan tekstur. Beberapa jam setelah penyembelihan, kaku mayat (*rigor mortis*) akan terjadi, sehingga daging mengeras. Dalam beberapa saat, kaku akan menghilang dan daging akan menjadi lembut kembali akibat reaksi enzim (*autolisis*) (Amit et al., 2017; Goswami et al., 2019; Noviyanti et al., 2012)

Suhu dapat mempengaruhi kerja enzim untuk mempercepat proses respirasi. Enzim bekerja sebagai katalis proses respirasi hingga dapat berjalan lebih cepat. Enzim harus bekerja di suhu yang tepat, sehingga suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat kemampuan fungsi enzim, sehingga proses respirasi akan terhambat.

4.3 Klasifikasi Pengawetan Suhu Rendah

4.3.1 Suhu Dingin (*Chilling*)

Penggunaan suhu dingin (0-15°C) pada pengawetan bahan hasil pertanian bertujuan untuk menghambat aktivitas respirasi melalui penonaktifan enzim-enzim yang terlibat dalam proses respirasi. Sebagaimana diketahui bahwa penyimpanan bahan hasil pertanian pada suhu rendah (-2°C - 15°C) efektif mengurangi laju metabolisme, sehingga umur simpannya meningkat. (Muchtadi &

Sugiyono, 2014) menyatakan bahwa setiap penurunan suhu 8°C akan menurunkan kecepatan metabolisme setengah dari semula. Disamping itu penggunaan suhu dingin juga ditujukan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme khususnya mikroorganisme patogen yang bersifat mesofilik dan termofilik.

4.3.2 Suhu Beku (*Freezing*)

Suhu beku biasanya digunakan untuk mengawetkan daging, ikan, udang dan beragam pangan olahan lainnya. Tujuan utama pengawetan dengan suhu beku sama dengan tujuan pengawetan suhu dingin yaitu untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Berdasarkan suhu yang digunakan, pengawetan dengan suhu beku dibagi 2 yaitu *slow freezing* (pembekuan lambat) dan *quick freezing* (pembekuan cepat). Pembekuan lambat menggunakan suhu -12 °C sampai dengan -24 °C, proses pembekuan biasanya berlangsung 3-72 jam sedangkan pembekuan cepat menggunakan suhu -24 °C sampai dengan -40 °C dan proses pembekuannya berlangsung kurang dari 30 menit dalam jangka 5 jam post persembelihan. Kelebihan dari pembekuan cepat antara lain kristal es yang terbentuk kecil-kecil, sehingga kerusakan sel pada saat *thawing* (pencairan) dapat diminimalisir. Disamping itu mutu produk yang diawetkan dengan pembekuan cepat lebih baik apabila dibandingkan dengan pembekuan lambat. Kekurangan dari pembekuan cepat adalah biaya listrik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pembekuan lambat.

4.4 Aplikasi Pengawetan Suhu Rendah

4.4.1 Pengawetan Daging dan Produk *Dairy* dengan Suhu Rendah

Daging merupakan produk yang bersifat perishable, sehingga perlu dikonsumsi atau diolah secara cepat sebelum terjadi pembusukan. Daging adalah salah satu contoh umum penggunaan pengawetan suhu rendah untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme dan menginaktivasi enzim untuk menurunkan perubahan kimia. Daging umumnya disimpan di suhu -15°C sehingga menghambat tumbuhnya mikroorganisme seperti *Salmonella*, *Staphylococcus sp.*, dan *Clostridium perferingens*. Lama simpan dan suhu optimal penyimpanan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Daging umumnya ingin disajikan dalam bentuk pre-rigor, atau sebelum terjadinya kaku otot setelah penyembelihan. Daging yang disajikan pre-rigor memiliki rasa yang lebih segar dan tekstur lembut. Namun, tidak semua daging dapat disajikan dalam waktu singkat, sehingga perlu dilakukan pengawetan sebaik mungkin sehingga karakteristik daging pre-rigor masih tetap terjaga saat proses thawing. Teknik pembekuan cepat dapat mengurangi penguapan air, mengontrol proses rigor pada daging postmortem, dan menjaga kualitas daging seperti saat kondisi pre-rigor. Namun, pada beberapa sumber, dikatakan bahwa teknik pembekuan cepat dapat mempengaruhi tingkat kelembutan daging. Beberapa peneliti mengatakan teknik ini dapat menyebabkan pemendekan dan pengerasan tekstur daging dibandingkan metode konvensional; sehingga masih banyak diteliti.(Goswami et al., 2019).

Pengawetan suhu rendah dapat menyebabkan beberapa perubahan pada daging, antara lain:

1. **Perubahan fisik.** Pada metode pengawetan suhu rendah, struktur daging tidak banyak berubah. Namun pada suhu beku, produk yang dibekukan sering mengalami *freeze cracking* (patah saat dibekukan), perpindahan kelembaban, rekristalisasi es pada *thawing*.
2. **Perubahan kimia.** Pada metode beku, terjadi konversi air ke es, sehingga meningkatkan konsentrasi substrat lainnya. Enzim yang terkandung pada daging meningkatkan kesempatan air untuk kontak dengan banyak substrat, sehingga terjadi oksidasi lipid (dapat mempengaruhi kualitas daging, bau, dan rasa), denaturasi protein, dan reaksi enzim hidrolitik masih dapat terjadi pada kondisi beku.
3. **Perubahan komponen nutrisi.** Pada kondisi beku, daging umumnya tidak mengalami perubahan nutrisi (selain vitamin A, B dan E). Protein dan lemak tidak mengalami perubahan, namun masih berisiko mengalami oksidasi dan terjadi pembusukan (*rancidity*).
4. **Perubahan tekstur dan rasa.** Daging sebaiknya disimpan dalam kondisi beku sebelum mengalami rigor mortis. Karena masih ada kemungkinan terjadinya oksidasi lipid dan asam amino, daging yang dibekukan masih dapat mengalami perubahan rasa dan tekstur (pemendekan, keras).

Tabel 4. 1 Suhu Optimal Dan Lama Simpan Berbagai Jenis Daging

Komoditi	Perkiraan lama simpan (bulan)		
	Suhu (°C)		
	-12°C	-18°C	-23°C
Daging sapi	4-12	6-18	12-24
Daging babi	2-6	4-12	8-15
Daging Domba	3-8	6-16	12-18
Daging sapi muda	3-4	4-14	8

sumber: (Espinoza et al., 2022)

Penelitian membandingkan metode pembekuan cepat dan metode konvensional yaitu menggunakan suhu dingin. Penelitian oleh Li melaporkan bahwa pembekuan cepat tidak berpengaruh pada kelembutan daging sapi. (Liu et al., 2020) melaporkan bahwa pembekuan cepat dapat menghambat proses pematangan daging, sehingga mempertahankan kualitas pre-rigor. Jika dibandingkan dengan *controlled freezing/supercooling*, yaitu metode pembekuan dengan mempertahankan suhu seluruh bagian daging di bawah 0°C setiap saat, kualitas daging tetap terjaga di pre-rigor dibandingkan dengan pembekuan cepat. Namun, metode *controlled freezing* masih sulit diterapkan.

Produk *dairy* memiliki daya simpan yang berbeda dibandingkan daging. Komoditas produk *dairy* dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Komoditi dan perkiraan umur simpan produk *dairy*

Komoditi	Suhu (°C)	RH (%)	Perkiraan Umur Simpan
Keju segar (<i>fresh cheese</i>)	4-8	85-90	7-9 hari
Keju (<i>matured cheese</i>)	8-12	65-80	10 bulan
Susu	≤4	85-90	3-4 hari
Mentega	0-8	80-85	7-6 minggu
Yoghurt	3-5	80	4 minggu

Sumber: (Kurmanov et al., 2015)

4.4.2 Pengawetan Buah dan Sayuran dengan Suhu Rendah

Pengawetan suhu rendah yang dipilih untuk buah dan sayuran adalah suhu dingin. Penggunaan kulkas (0-10°C) atau *freezing storage* (<-20°C) tidak hanya dapat memberikan konsumen berbagai macam produk, namun juga bisa meningkatkan ketersediaan buah/sayuran yang musiman (Liberty et al., 2013; Muhamed & Rahman, 2020). Pengawetan suhu rendah memiliki keuntungan dibandingkan pembekuan, antara lain pada kesegaran produk, mengurangi kerusakan produk, lebih mudah diolah/dimasak, dan tekstur lebih baik. Namun, produk buah/sayur yang didinginkan memiliki waktu umur simpan yang lebih cepat dibandingkan dalam kondisi beku. Penyimpanan suhu dingin dapat menjaga sel dan struktur jaringan pasca panen sehingga menjaga kualitas produk. Masing-masing komoditas memiliki suhu optimal dan daya simpan tersendiri. Hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Komoditi Dan Umur Simpan Produk Buah Dan Sayur

Komoditi	Suhu (°C)	RH (%)	Perkiraan umur simpan	Sumber
Apel	-1 - 0	85 - 90	3-8 bulan	Lal Basediya 2013
Apel	(8-10°C)		6-8 minggu	(Prange & Wright, 2023)
Pisang	14,5	95	8-10 hari	Muchtadin dan sugiyono, 2013)
Pisang	13,3-14,4	90-95	4 -10 hari	(Mangaraj et al., 2018)
Alpukat	4,4 -12,8	85 -90	2- 5 minggu	Mangaraj 2018
Stroberi	0	90-95	5 -7 hari	Mangaraj 2018
lemon	0-15	85-90	1-6 bulan	Mangaraj 2018
Pear	-1,7 -0,6	90-95	2-7 bulan	Mangaraj 2018
Asparagus	0 -2,2	95	2-3 minggu	(Pathak et al., 2018)
Buah anggur	-0,5	85-90	3-8 minggu	(Mangaraj et al., 2018)
Tomat	7-10	85-90	2-4 minggu	(Mangaraj et al., 2018)
Brokoli	5,5	90	24 hari	Ding et al, 2016
Cabe besar, cabe kriting, cabe rawit	10 ±1	-	(24,48 hari) (19, 76 hari) (18,03 hari)	(Musaddad et al., 2019)

Komoditi	Suhu (°C)	RH (%)	Perkiraan umur simpan	Sumber
Kurma	-18 - 0	75%	6-12 bulan	Liberty (2013)
Bawang putih	0	65-70	6-7 bulan	Liberty (2013)

Musaddad et al., 2019, dalam penelitiannya menemukan bahwa cabe merah besar, cabe keriting dan cabe rawit yang dikemas dengan Styrofoam yang dilengkapi plastik *stretch film* meningkat umur simpannya menjadi 2,5 – 3 kali pada penyimpanan suhu dingin (10 ± 1 °C) yaitu masing-masing menjadi 25 hari, 24 hari dan 18 hari dibandingkan pada penyimpanan suhu ruang ($(20 \pm 3^\circ\text{C})$).

Brokoli. Pendinginan vakum ditemukan sebagai metode yang paling efektif untuk memperpanjang umur simpan brokoli pascapanen, karena menghasilkan laju pendinginan yang lebih baik, penurunan laju respirasi, kandungan klorofil yang dipertahankan, kandungan vitamin C yang diawetkan, dan meningkatkan sifat sensorik. ((Ding et al., 2016).

4.4.3 Pengawetan Produk Laut Dengan Suhu Rendah

Produk laut merupakan komponen penting terutama pada kuliner Jepang dan Korea. Sashimi dan sushi adalah makanan tradisional Jepang yang terdiri atas ikan yang segar. Untuk menjaga kualitas produk laut, umumnya digunakan metode pengawetan suhu dingin. Kualitas yang dinilai dari produk laut adalah warna merah (lebih mahal dibandingkan daging ikan yang sudah berubah warna), keamanan untuk dikonsumsi, dan es kristal yang minimal.

Ikan yang tidak disimpan dengan baik dapat mengalami oksidasi (perubahan warna), tekstur menjadi keras, dan permukaan ikan kering.

Perubahan warna pada produk ikan disebabkan oleh suhu simpan dan periode simpan yang tidak sesuai. Perubahan warna ini disebabkan oleh oksidasi lipid dari ikan, sehingga masalah simpan dan pengemasan, vakum, antioksidan sangat penting dipertimbangkan.

Sejak pandemi, masyarakat lebih memperhatikan kepada keamanan makanan (*food safety*). Ikan yang dikonsumsi segar dan mentah memiliki rasa yang lebih enak dan tekstur lembut dibandingkan dengan ikan yang dimasak.. Namun, ikan tersebut memiliki risiko penyebaran penyakit karena tidak disterilisasi dengan suhu panas. Oleh karena itu, kombinasi pengawetan suhu rendah dan sterilisasi perlu dilakukan. Metode yang sering digunakan adalah *nonthermal sterilization* (NTS) meliputi x-ray, ultraviolet, dan ultrasound. Metode kombinasi penyimpanan suhu rendah dan sterilisasi terbukti mengurangi jumlah bakteri pada tuna dan salmon (Fan 2021 dan Holck 2018) dibandingkan dengan ikan yang hanya disimpan dalam suhu rendah saja.

4.4.4 Pengawetan Produk Unggas Dengan Suhu Rendah

Untuk mencegah pembusukan, produk unggas umumnya disimpan dalam suhu rendah (0-7°C). Penyimpanan pada suhu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kimia. Anna dkk (2020) melaporkan bahwa penyimpanan daging ayam dalam suhu 6°C masih menunjukkan pertumbuhan mikroorganisme dan perubahan tekstur, sehingga disarankan untuk dikonsumsi pada waktu 3-4 hari. Produk unggas yang telah dimasak dapat bertahan pada suhu

dingin sekitar 3-4 hari, sedangkan pada suhu beku dapat bertahan hingga 4 bulan. Produk telur dapat bertahan di suhu dingin sekitar 3-5 minggu dan tidak disarankan untuk dibekukan.

4.5 Masalah pada Pengawetan Suhu Rendah

Sensitivitas terhadap suhu ekspose pada komoditi yang tidak sesuai dapat menyebabkan kerusakan fisiologis yang bervariasi, termasuk: (1) *Freezing injuries* karena produk disimpan di bawah suhu bekumannya; (2) *Chilling injuries* yang umum terjadi pada produk tropis yang disimpan di atas suhu beku atau di antara 5 hingga 15 derajat Celsius, tergantung pada sensitivitas komoditi; (3) *Heat injuries* yang terjadi karena paparan sinar matahari atau panas berlebihan. Terdapat dua jenis sensitivitas terhadap suhu yang dikenal, yaitu yang bersifat sensitif terhadap penurunan suhu (*chilling sensitive*) dan yang tidak bersifat sensitif terhadap penurunan suhu (*non-chilling sensitive*).

Selain itu, perubahan pada bahan pangan dapat pula terjadi berkaitan dengan suhu tertentu. Hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Masalah pada Pengawetan Suhu Rendah

Perubahan Kimia	Produk	Suhu (°C)	Perubahan
Agregasi lipoprotein	Kuning telur	-6	proses pengenceran menyebabkan tingginya plastisitas kuning telur
Alterasi protein	Produk laut, daging, kerang	0	Terjadi degradasi oleh mikroba
	Ikan	>-15	kualitas protein ikan

Perubahan Kimia	Produk	Suhu (°C)	Perubahan
			rusak dalam jangka waktu cepat
Oksidasi lipid	Daging	>-15	autooksidasi asam lemak tidak jenuh
	ikan	-10	peningkatan peroksida dalam 6 minggu
	Sayuran	beku	muncul bau akibat oksidasi lipid

Sumber: Kumar 2020

Sebagai contoh proses pengolahan udang beku *Vanname* (*Litopenaeus Vannamei*) Head Less Easy Peel di PT. Indokom Samudera Persada, Lampung Selatan menggunakan suhu dingin pada setiap tahapannya (Safitri et al., 2022) Suhu yang digunakan selama penanganan sampai dengan penyimpanan paling rendah 2,5 °C dan disimpan pada suhu -18,5 °C. Hal ini telah sesuai dengan SNI tentang pengolahan udang beku yakni SNI 2705 : 2014 suhu produk dibawah 5 °C.

4.6 Kesimpulan

Pengawetan dengan suhu rendah, baik suhu dingin maupun suhu beku dapat memperpanjang umur simpan produk dengan cara memperlambat terjadinya kerusakan melalui penonaktifan enzim-enzim yang terlibat dalam metabolisme respirasi dan atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme sedemikian sehingga tidak berkembang (dorman).

DAFTAR PUSTAKA

- Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. M. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms dan commercial aspects of food preservation dan processing. In *Agriculture dan Food Security* (Vol. 6, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8>
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, H. S. (2020). *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah*. Penerbit Nas Media Pustaka.
- Augustyńska-Prejsnar, A., Hanus, P., Ormian, M., Kacaniova, M., Sokołowicz, Z., & Topczewska, J. (2023). The Effect of Temperature dan Storage Duration on the Quality dan Attributes of the Breast Meat of Hens after Their Laying Periods. *Foods*, 12, 4340. <https://doi.org/10.3390/foods12234340>
- Brummell, D. A., & Toivonen, P. M. A. (2018). Postharvest Physiology of Vegetables. In *Hdanbook of Vegetables dan Vegetable Processing* (pp. 223–245). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119098935.ch9>
- Espinoza, H., Schnake, F., Gádícke, P., Melin Marin, P., Bruna, P., & Letelier, R. (2022). Factors Determining Meat Quality dan Cold Preservation Methods to Extend Shelf Life. In *Open Access Journal of Biomedical Science* (Vol. 4). <https://doi.org/10.38125/OAJBS.000377>
- Goswami, M., Bharti, S., Chappalwar, A., Ojha, S., Singh, S., & Singh, D. (2019). *Effect of Low Temperature Preservation on Quality Characteristics of Meat*. 7, 41–45. <https://doi.org/10.21088/jafst.2321.1628.7119.7>
- Kumar, K. (2020). *Cold Preservation dan Processing* (pp. 23–35).

- Kurmanov, N., Tolysbayev, B., & Abilmazhinov, Y. (2015). THE LIMITING STORAGE LIFE OF PERISHABLES DURING JOINT TRANSPORTATION. *CBU International Conference Proceedings*, 3, 495.
<https://doi.org/10.12955/cbup.v3.644>
- Leng, D., Zhang, H., Tian, C., & Xu, H. (2022). Low temperature preservation developed for special foods in East Asia: A review. *Journal of Food Processing dan Preservation*, 46(1), e16176.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.16176>
- Liberty, J., Okonkwo, W., & Echiegu, E. (2013). *Evaporative Cooling: A Postharvest Technology for Fruits dan Vegetables Preservation*. 4.
- Liu, D.-K., Xu, C.-C., Guo, C.-X., & Zhang, X.-X. (2020). Sub-zero temperature preservation of fruits dan vegetables: A review. *Journal of Food Engineering*, 275, 109881.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109881>
- Mangaraj, S., Pradhan, P., Pradhan, S., & Guru, A. (2018). *Carbon Sequestration: An Antidote for Climate Change*.
- Muchtadi, T. R., & Sugiyono. (2014). *Prinsip proses dan teknologi pangan* (Kedua). Alfabeta.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:155503304>
- Muhammed, A., & Rahman, M. (2020). *Optimal Temperature in Cold Storage for Perishable Foods*.
- Musaddad, D., Tri Rahayu, S., & Poetry Sari Levianny. (2019). Perubahan Atribut Mutu dan Umur Simpan Beberapa Jenis Cabai Pada Berbagai Kemasan dan Suhu Penyimpanan (The Quality Attribute Change dan Shelf Life of Several Types of Chili on Various Packaging dan Storage Temperature). *J. Hort. Vol. 29 No. 1, Juni 2019 : 111-11829*, 29(1), 111–118.

- Noviyanti, T., Ardiningsih, P., Rahmalia, W., Studi Kimia, P., Mipa, F., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. H. (2012). *PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP AKTIVITAS ENZIM PROTEASE DARI DAUN SANSAKNG (Pycnarrhena cauliflora Diels)*. 1(1), 31–34.
- Pathak, T., Maskey, M., Dahlberg, J., Kearns, F., Bali, K., & Zaccaria, D. (2018). Climate Change Trends dan Impacts on California Agriculture: A Detailed Review. *Agronomy*, 8, 25. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030025>
- Prange, R. K., & Wright, A. H. (2023). A Review of Storage Temperature Recommendations for Apples dan Pears. In *Foods* (Vol. 12, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12030466>
- Safitri, S., Salampessy, R. B., & Maulid, D. Y. (2022). PROCESSING OF HEAD LESS EASY PEEL VANNAMEI SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) FROZEN AT PT INDOKOM SAMUDERA PERSADA, TANJUNG BINTANG, SOUTH LAMPUNG. *Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam*, 4(1), 11–21. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JSJ/index>

BAB 5

PRINSIP PENGOLAHAN MENGUNAKAN SUHU TINGGI

Oleh Nurul Fadillah Arshy

5.1 Pendahuluan

Pengolahan dan pengawetan hasil pertanian dengan prinsip penggunaan suhu tinggi merupakan bagian integral dari industri pangan modern. Teknologi ini, dikenal sebagai pengolahan panas dengan berbagai macam suhu dan waktu yang telah membantu meningkatkan kualitas dan daya simpan produk pertanian.

Dalam era industri yang semakin berkembang, pengolahan menggunakan suhu tinggi menjadi semakin relevan dan vital dalam berbagai sektor, mulai dari makanan hingga farmasi. Memahami prinsip-prinsip dasar di balik proses ini tidak hanya penting untuk menghasilkan produk yang berkualitas, tetapi juga untuk menjaga keamanan dan keberlanjutan proses produksi. Dengan landasan tersebut dapat menjelajahi dengan cermat perubahan fisika dan kimia yang terjadi selama pengolahan menggunakan suhu tinggi, kontrol proses yang diperlukan untuk mencapai hasil yang diinginkan, serta dampaknya pada nutrisi dan lingkungan.

Proses pengolahan menggunakan suhu tinggi seperti proses pemanasan, pasteurisasi, dan sterilisasi, memiliki tujuan utama untuk menghancurkan mikroorganisme patogen dan merusak enzim yang dapat merusak produk. Pemanasan juga membantu mengurangi kadar air dalam produk, menghasilkan tekstur yang lebih baik, dan meningkatkan daya tahan produk terhadap kerusakan mikroba (Chiozzi et al., 2022; Yuswita, 2014). Dengan demikian, pemahaman tentang prinsip-prinsip pengolahan menggunakan suhu tinggi menjadi kunci dalam mengoptimalkan praktik-produksi dan menciptakan produk yang berkualitas, aman, dan sesuai dengan kebutuhan konsumen modern.

5.2 Pemanasan

Pemanasan, seperti yang sering disebut, adalah langkah pertama dalam proses pengolahan dengan suhu tinggi. Konsep dasar ini mencakup peningkatan suhu produk pertanian untuk mengurangi aktivitas mikroorganisme patogen dan merusak enzim yang dapat memengaruhi kualitas produk. Pemanasan tidak hanya tentang meningkatkan suhu, tetapi juga tentang mengatur suhu dengan cermat untuk meminimalkan kerusakan pada struktur produk. Ini adalah fondasi yang perlu dipahami sebelum melangkah lebih jauh dalam proses pengolahan (Aryadnyani, 2020; Septyani, 2021; Zarwinda & Sartika, 2019).

Pada prinsipnya pemanasan merupakan langkah awal dalam pengolahan dengan suhu tinggi dengan mengatur suhu yang tepat sesuai dengan jenis produk dan tujuan pengolahan. Suhu yang tidak mencukupi memungkinkan tidak dapat membunuh semua mikroorganisme, sedangkan suhu yang terlalu tinggi malah akan merusak kualitas produk. Contoh pengaplikasian pemanasan yaitu pada jagung yang di proses sangrai pada suhu 110°C dapat meningkatkan kualitas fisik dari jagung dan menurunkan konsentrasi alfatoksin pada jagung yang telah berjamur (Rozaqi et al., 2024). Selain suhu, adanya

waktu pemanasan juga memberikan pengaruh pada produk yang diolah, penelitian Septyani (2021) memaparkan bahwa penggunaan waktu pemanasan yang semakin lama maka semakin banyak vitamin C yang teroksidasi sehingga jumlah vitamin C pada produk dapat berkurang. Pemanasan dengan waktu tertentu juga dapat mempengaruhi mikroba yang terdapat dalam produk, diketahui bahwa lama pemanasan berpengaruh terhadap perubahan nilai angka lempeng total bakteri pada produk kombucha tetapi tidak adanya perubahan karakteristik seperti warna, aroma ataupun rasa pada teh kombucha yang telah diberikan perlakuan pemanasan dengan waktu berbeda (Lestari & Sa'diyah, 2020; Sadiyah & Puji Lestari, 2020).

5.2 Pasteurisasi

Salah satu prinsip utama dalam pengolahan dengan suhu tinggi adalah pasteurisasi. Louis Pasteur menemukan bahwa pemanasan pada suhu tertentu selama periode waktu tertentu dapat mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dalam produk tanpa menghilangkan nutrisi atau merusak kualitas organoleptiknya. Suhu yang digunakan biasanya berkisar antara 60-85°C tergantung pada jenis produk yang akan diberikan perlakuan pengolahan dengan periode waktu tertentu, dimana suhu tersebut cukup untuk membunuh Sebagian besar mikroorganisme pathogen tetapi tidak cukup panas untuk merusak sepenuhnya nutrisi atau kualitas organoleptic makanan. Pada dasarnya pasteurisasi merupakan pemanasan fisik tanpa penambahan bahan kimia sehingga merupakan metode pengawetan atau pengolahan pangan yang lebih alami dan ramah lingkungan tanpa meninggalkan residu kimia pada produk makanan (Kristanti, 2017; Sugiyanto et al., 2020).

Memahami prinsip pasteurisasi adalah kunci untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara keamanan pangan dan kualitas produk. Proses ini banyak diterapkan pada produk susu, jus buah, dan makanan kaleng (Cahyaningtyas et al., 2016; Chiozzi et al., 2022; Kristanti, 2017; Sugiyanto et al., 2020)

5.3 Sterilisasi

Langkah terakhir dalam proses pengolahan dengan suhu tinggi adalah sterilisasi. Ini melibatkan pemanasan produk pada suhu yang jauh lebih tinggi untuk jangka waktu yang lebih lama, dengan tujuan menghancurkan semua mikroorganisme, termasuk spora bakteri yang tahan panas. Suhu yang digunakan lebih tinggi dari pada pasteurisasi dan biasanya di atas 121°C yang efektif menghancurkan semua jenis mikroorganisme termasuk spora bakteri yang tahan panas. Waktu pemanasan juga biasanya lebih lama dibandingkan dengan pasteurisasi sehingga dapat menciptakan produk makanan dengan umur simpan yang sangat panjang dengan menghilangkan semua mikroorganisme dari produk dan mencegah adanya pertumbuhan mikroba yang dapat menyebabkan kerusakan atau pembusukan produk.

Sterilisasi menciptakan produk dengan umur simpan yang lebih panjang dan tingkat keamanan yang optimal, meskipun dapat memengaruhi sedikit rasa dan nutrisi. Hal ini umumnya digunakan dalam produksi makanan kaleng atau *retort pouch* yang merupakan kemasan berlapis (laminat) dengan sifat kemasan yang fleksibel dan tahan terhadap suhu tinggi yang memungkinkan produk memiliki umur simpan yang lebih lama tanpa kehilangan kualitas (Ningrum et al., 2021; Nurhikmat et al., 2016; Pachira et al., 2021).

Pada penelitian Pachira et al. (2021) dan Maherawati et al., (2022) mengenai sterilisasi pacri nanas diketahui bahwa analisis fisikokimia pacri nanas tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kecerahan, pH, tekstur, kadar lemak, vitamin C serta *total plate count* (TPC) sehingga dapat disimpulkan bahwa sterilisasi tetap mempertahankan nilai produk.

Secara garis besar sterilisasi merupakan proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa produk akhir, baik itu makanan, farmasi, atau peralatan medis, bebas dari mikroorganisme yang berpotensi merugikan. Proses sterilisasi memerlukan perlakuan khusus yang mencakup penggunaan suhu tinggi, tekanan, atau bahan kimia tertentu untuk menghancurkan atau menginaktivasi mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan fungi, serta spora bakteri yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Metode sterilisasi yang paling umum digunakan adalah sterilisasi dengan uap, di mana produk atau bahan dipaparkan pada uap air bertekanan tinggi pada suhu yang telah ditentukan. Tekanan dan suhu yang tinggi ini berperan penting dalam memastikan bahwa mikroorganisme patogen dihancurkan secara efektif.

Selain itu, ada juga sterilisasi dengan pemanasan kering yang menggunakan panas tanpa kelembaban, seperti oven sterilisasi, dan penggunaan bahan kimia sterilan seperti gas etilen oksida. Setiap metode sterilisasi memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri, tergantung pada jenis produk, material, dan persyaratan keamanan yang diinginkan. Misalnya, sterilisasi dengan uap umumnya dianggap lebih ramah lingkungan dan tidak meninggalkan residu, tetapi mungkin membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai sterilisasi yang efektif dibandingkan dengan metode lainnya. Pemahaman yang mendalam tentang proses sterilisasi dan pemilihan metode sterilisasi yang tepat adalah kunci dalam memastikan keamanan dan kualitas produk akhir. Dengan menjalankan proses

sterilisasi dengan cermat dan efektif, produsen dapat memastikan bahwa produk mereka memenuhi standar keamanan dan kebersihan yang tinggi, sehingga dapat dipercaya oleh konsumen dan digunakan dengan percaya diri dalam berbagai aplikasi (Chiozzi et al., 2022).

5.4 Perubahan Fisika dan Kimia

Suhu tinggi tidak hanya mempengaruhi mikroorganisme, tetapi juga menyebabkan perubahan fisika dan kimia pada bahan yang diolah. Misalnya, pemanasan dapat mengubah struktur protein, memecah senyawa kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana, dan mengubah tekstur makanan. Perubahan kimia seperti karamelisasi gula atau reaksi Maillard juga dapat terjadi, memberikan produk dengan aroma dan rasa yang diinginkan.

Perubahan fisika yang terjadi saat pengolahan menggunakan suhu tinggi mencakup sejumlah proses yang kompleks namun kritis. Salah satu yang paling mencolok adalah penguapan, di mana molekul cairan mendapatkan energi tambahan dari pemanasan yang menyebabkan mereka melampaui energi ikatan dengan zat tersebut dan berubah menjadi fase gas. Proses ini terjadi pada suhu di bawah titik didih zat. Selanjutnya, pada titik tertentu, energi tambahan dari pemanasan dapat menyebabkan peleburan, di mana ikatan antar-molekul dalam zat padat dilewati, dan zat padat berubah menjadi cairan. Begitu zat dalam fase cair, pemanasan lebih lanjut dapat mengubahnya menjadi gas melalui proses penguapan. Sementara itu, energi tambahan yang diserap oleh bahan juga menyebabkan ekspansi termal, di mana molekul dalam bahan bergerak lebih cepat dan menyebabkan bahan tersebut memuai atau membesar.

Pada penelitian Utami (2018) efek dari pengolahan pada kakao dengan proses penyangraian suhu tinggi atau diatas 100 °C menyebabkan adanya perubahan pada senyawa antioksidan serta flavor, sehingga semakin tinggi suhu dan waktu penyangraian untuk mengurangi kandungan air menyebabkan menurunnya atau hilangnya kandungan polifenol.

Di sisi kimia, suhu tinggi juga memicu serangkaian reaksi penting. Proses ini seringkali memicu pembentukan senyawa baru yang memberikan karakteristik unik pada produk akhir, seperti aroma dan rasa. Contohnya pada penelitian Zulisyanto et al. (2016) mengenai kerupuk ikan lele dumbo yang diproses dengan menggunakan suhu tinggi mengalami proses gelatinisasi yang menyebabkan larutnya komponen kimia dalam sel sehingga memungkinkan terjadinya reaksi maillard dan menghasilkan pigmen berwarna coklat.

Reaksi maillard tersebut merupakan interaksi antara asam amino dan gula saat dipanaskan menghasilkan senyawa-senyawa yang memberikan cita rasa dan aroma khas pada makanan yang dipanggang. Selain itu, suhu tinggi juga dapat menyebabkan pecahnya ikatan kimia dalam molekul kompleks, menghasilkan senyawa yang lebih sederhana. Proses ini terjadi dalam pirolisis, di mana bahan organik dipanaskan tanpa oksigen, menghasilkan senyawa karbon, hidrogen, dan senyawa organik lainnya. Namun, suhu tinggi juga dapat memiliki dampak negatif, seperti degradasi nutrisi. Pemanasan pada suhu tinggi dapat mengakibatkan kerusakan atau penghancuran nutrisi seperti vitamin dan antioksidan dalam makanan, yang dapat mengurangi nilai gizi produk akhir, serta adanya penyusutan asam amino lisin karena adanya kerusakan tersebut (Zulisyanto et al., 2016).

Dengan memahami perubahan fisika dan kimia yang terjadi dengan detail ini, produsen dapat mengelola proses pengolahan dengan lebih efektif, memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan.

5.5 Dampak Pada Nutrisi

Dampak sterilisasi pada nutrisi bahan pangan dan produk farmasi dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk metode sterilisasi yang digunakan, suhu dan waktu sterilisasi, serta karakteristik nutrisi dalam bahan tersebut. Proses pemanasan yang tinggi dalam sterilisasi dapat mengakibatkan degradasi nutrisi, terutama vitamin dan senyawa lain yang sensitif terhadap panas. Misalnya, vitamin C, vitamin B kompleks, dan beberapa antioksidan dapat rusak atau hilang sebagian selama pemanasan. Proses sterilisasi juga dapat mempengaruhi aktivitas enzim, yang dapat mengakibatkan perubahan nutrisi dan perubahan rasa pada produk akhir (Septyani, 2021).

Metode sterilisasi tertentu, seperti pemanasan kering atau panas, dapat menyebabkan kehilangan kelembaban dari bahan, yang dapat mengubah tekstur dan kualitas nutrisi produk. Misalnya, produk makanan yang mengalami dehidrasi selama sterilisasi dapat mengalami perubahan tekstur dan konsistensi. Namun, perlu dicatat bahwa beberapa nutrisi, seperti protein, lemak, dan karbohidrat, biasanya lebih stabil terhadap pemanasan dan mungkin tidak terpengaruh secara signifikan oleh proses sterilisasi.

Penting untuk diingat bahwa dampak pengolahan dengan suhu tinggi pada nutrisi tidak selalu negatif. Proses sterilisasi misalnya dapat membantu menghancurkan mikroorganisme patogen yang berbahaya, sehingga memungkinkan produk bertahan lebih lama dan aman untuk dikonsumsi. Dalam

beberapa kasus, metode sterilisasi dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dengan merusak dinding sel atau struktur lainnya, sehingga membuat nutrisi lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh.

Untuk mengatasi kerugian nutrisi selama proses pengolahan, produsen sering melakukan penyesuaian formulasi produk atau menambahkan nutrisi tambahan setelah proses tersebut. Misalnya, mereka dapat menambahkan vitamin atau mineral yang hilang selama pemanasan kembali ke produk untuk meningkatkan kandungannya (Ahmad Danra Wahyuda et al., 2023; Augustyn et al., 2017; Rahim et al., 2020). Dengan demikian, sambil mempertimbangkan dampak suhu tinggi pada nutrisi, penting untuk mempertimbangkan manfaat keseluruhan dalam menjaga keamanan dan kualitas produk akhir

5.6 Kontrol Proses

Kontrol proses dalam pengolahan menggunakan suhu tinggi adalah elemen sentral yang memastikan konsistensi dan kualitas produk akhir. Ini melibatkan serangkaian langkah yang terintegrasi, dimulai dengan pemantauan yang cermat terhadap parameter-proses kunci seperti suhu, waktu, tekanan, dan kelembaban menggunakan sensor dan instrumen yang akurat (Aryadnyani, 2020; Nurhikmat et al., 2016; Septyani, 2021; Sugiyanto et al., 2020).

Pengaturan suhu yang tepat sangat penting, karena suhu adalah faktor utama yang memengaruhi hasil proses, seperti sterilisasi yang efektif atau pencapaian reaksi kimia yang diinginkan. Kontrol waktu pemanasan juga sangat penting untuk menghindari overcooking atau undercooking produk. Selain itu, beberapa proses mungkin memerlukan pengendalian kelembaban dan tekanan untuk mencapai kondisi optimal.

Penting juga untuk terus memonitor kualitas produk selama proses, baik dengan menggunakan sensor atau tes laboratorium, untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Validasi dan verifikasi proses merupakan tahap penting untuk memastikan bahwa proses yang digunakan efektif dalam mencapai tujuan yang diinginkan, seperti sterilisasi mikroorganisme patogen atau pembentukan senyawa kimia tertentu. Dengan menerapkan strategi kontrol proses yang tepat, produsen dapat memastikan bahwa pengolahan menggunakan suhu tinggi dilakukan dengan cermat dan efektif, menghasilkan produk akhir yang aman, berkualitas, dan sesuai dengan standar yang ditetapkan (Rehman et al., 2022).

Dalam industri pengolahan menggunakan suhu tinggi, kontrol proses menjadi landasan penting dalam mencapai hasil yang konsisten dan berkualitas. Pada dasarnya, kontrol proses ini melibatkan serangkaian tindakan yang dirancang untuk memantau dan mengatur parameter-proses utama dengan cermat.

Pertama-tama, pemantauan parameter-proses kunci seperti suhu, waktu, tekanan, dan kelembaban dilakukan secara terus-menerus menggunakan sensor dan instrumen yang sensitif. Pengaturan suhu menjadi fokus utama, karena suhu adalah faktor penentu dalam sebagian besar proses pengolahan. Pengendalian suhu yang tepat sangat penting untuk mencapai tujuan tertentu, seperti sterilisasi yang efektif atau pencapaian reaksi kimia yang diinginkan (Chiozzi et al., 2022).

Selain suhu, kontrol waktu pemanasan juga menjadi perhatian utama. Durasi pemanasan harus diatur dengan cermat untuk menghindari kondisi seperti overcooking atau undercooking produk. Pengendalian waktu ini sering kali bergantung pada jenis produk yang diolah dan karakteristik

prosesnya (Nilasari et al., 2017; Ningrum et al., 2021; Nurhikmat et al., 2016).

Selain pemantauan parameter-proses, pemantauan kualitas produk juga sangat penting. Ini dapat dilakukan melalui penggunaan sensor atau tes laboratorium yang mengevaluasi atribut kualitas seperti rasa, tekstur, atau keamanan pangan (Augustyn et al., 2017).

Terakhir, validasi dan verifikasi proses merupakan tahapan kunci dalam memastikan keefektifan dan keamanan proses yang digunakan. Dengan melakukan validasi, produsen dapat memastikan bahwa proses tersebut memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan.

Dengan menerapkan strategi kontrol proses yang komprehensif dan terperinci ini, produsen dapat memastikan bahwa operasi pengolahan menggunakan suhu tinggi dilakukan dengan cermat, efektif, dan efisien. Hal ini tidak hanya memastikan kualitas produk yang tinggi, tetapi juga menciptakan lingkungan produksi yang aman dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.

5.7 Efisiensi Energi dan Lingkungan

Dalam pengolahan menggunakan suhu tinggi, efisiensi energi dan dampak lingkungan menjadi perhatian utama bagi produsen. Hal ini mendorong mereka untuk mengadopsi teknologi peralatan yang efisien secara energi, seperti pemanasan induksi atau oven yang diisolasi dengan baik, untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Selain itu, strategi pengoptimalan proses, seperti pengaturan suhu dan tekanan yang tepat serta pemantauan yang cermat, digunakan untuk mengurangi waktu pemanasan dan konsumsi energi keseluruhan.

Pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti energi surya atau biomassa, juga menjadi fokus dalam upaya mengurangi jejak karbon dari operasi pengolahan. Produsen juga memanfaatkan panas sisa dari proses pengolahan untuk tujuan seperti pemanasan kembali bahan mentah atau proses lainnya, yang membantu meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan (Naibaho et al., 2022; Tumbal & Ludong, 2022).

Selain itu, evaluasi dampak lingkungan dari seluruh siklus hidup produk dilakukan untuk memahami dampak keseluruhan dari pengolahan menggunakan suhu tinggi. Dengan menganalisis faktor-faktor ini, produsen dapat mengidentifikasi area-area di mana peningkatan efisiensi energi dapat dicapai dan dampak lingkungan dapat dikurangi.

Dengan pendekatan yang holistik dan inovatif ini, diharapkan bahwa pengolahan menggunakan suhu tinggi dapat menjadi lebih berkelanjutan. Ini tidak hanya akan membantu dalam menjaga lingkungan, tetapi juga memastikan bahwa produk yang dihasilkan tetap berkualitas tinggi dan memenuhi kebutuhan konsumen dengan cara yang bertanggung jawab.

5.8 Penutup

Teknologi pengolahan suhu tinggi membantu dalam menghasilkan produk pangan yang lebih aman dan terjamin kebersihannya. Proses ini memastikan bahwa mikroorganisme patogen yang mungkin ada dalam bahan baku atau lingkungan produksi dapat dieliminasi, mengurangi risiko kontaminasi. Memahami dasar-dasar pengolahan dengan suhu tinggi tidak hanya penting dalam teori, tetapi juga dalam praktik industri pangan. Dengan menerapkan prinsip-prinsip ini dengan cermat, produsen dapat menciptakan produk pertanian yang tidak hanya aman dikonsumsi tetapi juga mempertahankan nilai gizi dan kualitas organoleptiknya. Ini adalah langkah penting dalam

menjaga keamanan pangan global dan memenuhi kebutuhan konsumen akan produk yang berkualitas (Chiozzi et al., 2022).

Selain itu juga, dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang meliputi perubahan fisika dan kimia, kontrol proses, sterilisasi, dan dampak pada nutrisi, dapat disimpulkan bahwa pengolahan menggunakan suhu tinggi memegang peran sentral dalam industri makanan, farmasi, dan berbagai bidang lainnya. Meskipun tantangan dan kompromi tertentu harus dihadapi, pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip ini memungkinkan produsen untuk mengoptimalkan proses mereka, menghasilkan produk akhir yang aman, berkualitas, dan sesuai dengan kebutuhan konsumen modern. Dengan menggabungkan inovasi teknologi dengan pertimbangan lingkungan yang bijaksana, masa depan pengolahan menggunakan suhu tinggi diharapkan akan terus menawarkan solusi yang lebih efisien, berkelanjutan, dan berkualitas tinggi bagi masyarakat global.

Dengan demikian, penggunaan suhu tinggi dalam pengolahan dan pengawetan hasil pertanian bukan hanya meningkatkan keamanan pangan tetapi juga mempertahankan nilai nutrisi dan kualitas organoleptik produk. Melalui integrasi teknologi ini, industri pangan dapat memenuhi tuntutan konsumen akan produk yang lebih aman, lebih awet, dan tetap mempertahankan nilai gizi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Danra Wahyuda, Dadik Pantaya, Gayuh Syaikhullah, & Niati Ningsih. (2023). Profil Lemak Darah Ayam Gaok dengan Penambahan Vitamin C pada Kondisi Cekaman Panas. *JURNAL TRITON*, 14(2), 285–294.
- Aryadnyani, N. P. (2020). Pengaruh Suhu Dan Waktu Pemanasan Terhadap Ketahanan Telur *Ascaris lumbricoides*. *Meditory : The Journal of Medical Laboratory*, 8(1), 40–45.
- Augustyn, G. H., Tuhumury, H. C. D., & Dahoklory, M. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG DAUN KELOR (*Moringa Oleifera*) TERHADAP KARAKTERISTIK ORGANOLEPTIK DAN KIMIA BISKUIT MOCAF (Modified Cassava Flour). *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(2), 52–58.
- Cahyaningtyas, A. A., Pudjiastuti, W., & Ramdhan, I. (2016). Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Organoleptik, Derajat Keasaman dan Pertumbuhan Bakteri Coliform pada Susu Pasteurisasi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(1), 13–23.
- Chiozzi, V., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2022). Advances, Applications, dan Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, dan Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. *Applied Sciences*, 12(4), 2202.
- Kristanti, N. (2017). Daya Simpan Susu Pasteurisasi Ditinjau Dari Kualitas Mikroba Termoturik Dan Kualitas Kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 12(1), 1–7.
- Lestari, K. A. P., & Sa'diyah, L. (2020). Karakteristik Kimia dan Fisik Teh Hijau Kombucha pada Waktu Pemanasan yang Berbeda. *Journal of Pharmacy dan Science*, 5(1), 15–20.

- Maherawati, M., Nurhikmat, A., Santoso, A., Rahayuni, T., & Hartanti, L. (2022). Pengaruh Proses Termal terhadap Karakteristik Fisikokimia Pacri Nanas Kaleng. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(1), 34–39.
- Naibaho, R. H., Purba, J. S., & Naibaho, W. (2022). Analisa Perbdaningan Laju Pengeringan Biji Kakao Dengan Menggunakan Energi Listrik Dan Tenaga Surya. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(2), 121–126.
- Nilasari, O. W., Susanto, W. H., & Maligan, J. M. (2017). Pengaruh Suhu Dan Lama Pemasakan Terhadap Karakteristik Lempok Labu Kuning (Waluh). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(3), 15–26.
- Ningrum, F., Susanti, S., & Legowo, A. M. (2021). Pengaruh Waktu Sterilisasi terhadap Mutu Nasi Kuning Kemasan Retort Pouch. *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(2), 57–63.
- Nurhikmat, A., Suratmo, B., Bintoro, N., & Suharwadi, S. (2016). Pengaruh Suhu Dan Waktu Sterilisasi Terhadap Nilai F Dan Kondisi Fisik Kaleng Kemasan Pada Pengalengan Gudeg. *Jurnal Agritech*, 36(01), 71.
- Pachira, P., Maherawati, M., Hartanti, L., & Syamsi, W. W. (2021). Sterilisasi Pacri Nanas Menggunakan Kemasan Retort Pouch. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 4(2), 50.
- Rahim, E. M., Fadhilla, R., Ronitawati, P., Swamilaksana, P. D., & Harna, H. (2020). Penambahan Ekstrak Serai (*Cymbopogon citratus*) dan Ekstrak Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Nilai Gizi, Kandungan Fe, dan Vitamin C pada Permen Jelly. *JURNAL NUTRISIA*, 21(2), 75–82.
- Rehman, H. M. M. ur, Khan, M., Rehman, M. M., Khan, S. A., & Kim, W. Y. (2022). High-performance humidity sensor for multipurpose applications by recycling of potato peel bio-waste. *Sensors dan Actuators A: Physical*, 343(113662), 1–10.

- Rozaqi, M. R., Haryuni, N., & Alam, Y. (2024). Pengaruh Suhu Pemanasan Metode Sangrai Terhadap Peningkatan Kualitas Fisik Dan Penurunan Konsentrasi Aflatoksin Pada Jagung. *Journal of Science Nusantara*, 3(3), 112–119.
- Sadiyah, L., & Puji Lestari, K. A. (2020). Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Nilai ALT Bakteri Teh Kombucha. *Journal of Pharmacy dan Science*, 5(1), 21–24.
- Septyani, L. V. (2021). Pengaruh Waktu dan Suhu Pemanasan terhadap Stabilitas Sediaan Vitamin C Diukur dengan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5(2), 74–81.
- Sugiyanto, M. K., Sumual, M. F., & Djarkasi, G. (2020). Pengaruh Suhu Pasteurisasi Terhadap Profil Dan Aktivitas Antioksidan Puree Buah Naga Merah. *Jurnal Teknologi Pertanian (Agricultural Technology Journal)*, 11(2).
- Tumbal, N., & Ludong, D. P. M. (2022). Modifikasi Alat Pengering Energi Surya Tipe Rak Untuk Pengeringan Bahan Pangan. *COCOS*, 14(4).
- Utami, R. R. (2018). Antioksidan Biji Kakao: Pengaruh Fermentasi Dan Penyangraian Terhadap Perubahannya (Ulasan). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(2), 75.
- Yuswita, E. (2014). Optimasi Proses Termal untuk Membunuh *Clostridium botulinum*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3).
- Zarwinda, I., & Sartika, D. (2019). Pengaruh Suhu Dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kafein Dalam Kopi. *Lantanida Journal*, 6(2), 180.
- Zulisyanto, D., Riyadi, P. H., & Amalia, U. (2016). Pengaruh Lama Pengukusan Adonan Terhadap Kualitas Fisik Dan Kimia Kerupuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(4), 26–33.

BAB 6

PRINSIP PENGOLAHAN MENGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA, DAN BAHAN KIMIA

Oleh Anis Khairunnisa

6.1 Pendahuluan

Salah satu tujuan pengolahan pangan dalam industri pangan ialah sebagai upaya memperpanjang umur simpan bahan atau produk pangan sehingga jangkauan pendistribusiannya lebih luas dengan kualitas yang sama hingga sampai ke tangan konsumen. Pengolahan pangan juga merupakan upaya memperbaiki mutu sensori produk sehingga sesuai dengan preferensi konsumen. Terkait tujuan tersebut, terdapat berbagai teknik dan prinsip pengolahan pangan yang sudah lama diterapkan dalam industri pangan yang akan dibahas dalam *bab* ini, yaitu penggunaan garam (*salting*), asam (*pickling* atau *marinading*), gula, dan bahan kimia. Hal-hal yang dibahas dalam *chapter* ini antara lain prinsip, metode, mekanisme, dan proses pengolahan produk dengan penggaraman, pengasaman, penggulaan, dan penambahan bahan kimia.

Setelah mempelajari *Chapter* ini diharapkan pembaca dapat memahami prinsip dasar, metode, mekanisme, dan contoh pengolahan pangan dengan penggaraman, pengasaman, penggulaan, dan penambahan bahan kimia. Melalui pemahaman tersebut, para pembaca diharapkan dapat mengembangkan

produk pangan inovatif dengan menerapkan prinsip penggaraman, pengasaman, penggulaan, dan penambahan kimia.

6.2 Pengolahan Pangan dengan Garam

6.2.1 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Garam

Penggaraman merupakan salah satu teknik pengawetan makanan tertua yang telah digunakan sejak zaman dahulu. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuan garam yang bersifat bakteriostatik dalam menghambat pertumbuhan mikroba patogen dan pembusuk sehingga menurunkan laju kerusakan produk pangan yang membuat umur simpan produk lebih panjang. Sifat bakteriostatik garam berasal dari penguraian senyawa garam (NaCl) menjadi ion natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-). Jika kedua ion tersebut tidak saling berikatan, maka keduanya akan bersifat racun (toksik) terhadap mikroorganisme (Novianti, 2020).

Kemampuan garam dalam mengawetkan produk berhubungan dengan efek osmosis yang terjadi antara garam dengan sel mikroba, khususnya bakteri. Garam diketahui memiliki tekanan osmotik yang tinggi. Saat bahan pangan ditambahkan (direndam atau dilumuri) garam dengan konsentrasi 3-20% (Desrosier, 1988), akan terjadi mekanisme dialisis oleh garam yang menyebabkan peningkatan tekanan osmotik sehingga air yang berada di sekitar sel bakteri akan berdifusi keluar dari sel menuju larutan garam, melalui membran semi permeabel (hanya jenis air yang bisa lewat, tanpa partikel terlarut). Proses ini dinamakan proses osmosis, dimana terjadi pergerakan air dari larutan dengan konsentrasi lebih rendah (hipotonis) ke konsentrasi yang lebih tinggi (hipertonis).

Proses osmosis yang terjadi antara garam dengan sel bakteri menyebabkan cairan sel (sitoplasma) bakteri tertarik keluar (plasmolisis), sehingga terjadi kekurangan air (dehidrasi) atau penurunan aktivitas air (*water activity*) bagi kelangsungan aktifitas metabolisme bakteri dan proses enzimatik (autolisis) dan akhirnya proses hidup bakteri terhambat bahkan mengalami kematian. Proses osmosis yang disebabkan oleh garam ini umum terjadi pada mikroba patogen.

Beberapa jenis bakteri pembusuk yang pertumbuhannya dapat dihambat dengan proses penggaraman ialah *Pseudomonas* sp., *Sarcina* sp., *Serratia* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp., dan *Vibrio* sp. (Kresnasari, 2021). Beberapa bakteri yang bertahan (*survive*) dalam proses ini mengalami dormansi resisten pada bagian endosporanya. Meskipun demikian, terdapat pula bakteri spesies *Lactobacillus* sp. dan *Leuconostoc* sp., yang tergolong jenis Bakteri Asam Laktat, memiliki sifat pertumbuhan yang semakin meningkat dengan penambahan garam (diikuti dengan kondisi asam). Pada konsentrasi garam di atas 10%, jenis bakteri yang bersifat halofilik atau halotoleran yang masih dapat mengkontaminasi produk hasil penggaraman (Azka *et al.*, 2018; Saskia, *et al.*, 2017).

Contoh genus bakteri halotoleran yang mampu tumbuh pada kadar garam 10-15% ialah *Streptococcus*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Mikrococcus* dan *Corynebacterium*, sementara contoh genus bakteri halofilik yang mampu tumbuh pada kadar garam 5-20%, *Vibrio*, *Bacillus*, *Mikrococcus*, *Vibro*, *Acinetobacter*, dan *Moraxella* (Salosa, 2013). Untuk meminimalisir pertumbuhan bakteri halofilik diperlukan kombinasi proses pengolahan setelah dilakukan

penggaraman, misalnya pengeringan, pengasaman, dan pengasapan.

Efek osmosis dari hasil penggaraman juga terlihat dari perubahan tekstur bahan. Dehidrasi yang terjadi pada sel bahan yang digarami karena efek osmosis mengakibatkan penurunan cairan dalam jaringan bahan (Buckle, *et al.*, 2009). Penurunan cairan tersebut disebabkan karena penetrasi garam ke dalam jaringan bahan sehingga terjadi pertukaran antara garam dengan cairan dalam jaringan bahan. Pertukaran tersebut terus berlangsung hingga terjadi keseimbangan antara konsentrasi garam di luar dan di dalam jaringan bahan. Hal ini menyebabkan pengentalan cairan yang masih tersisa di dalam jaringan bahan dan penggumpalan protein (denaturasi), penurunan turgor sel sehingga ketegangan jaringan dan fleksibilitas bahan menurun (Lestari dan Suhaidi, 2017). Hal tersebut juga menyebabkan penurunan volume dan berat relatif bahan. Perubahan tekstur bahan ini dapat terlihat dari terbentuknya seperti kerutan atau layu pada bahan yang telah digarami.

6.2.2 Jenis Garam

Sebagai bahan utama dalam proses penggaraman, jenis garam perlu diperhatikan untuk menghasilkan produk hasil penggaraman yang bermutu. Garam yang umumnya digunakan sebagai garam rakyat mengandung NaCl sebesar 95% yang terdiri dari 39,39% Na^+ dan 60,69% Cl^- . Semakin murni garam, maka semakin cepat penetrasi garam dalam bahan.

Kemurnian garam dipengaruhi oleh kehadiran unsur magnesium (Mg) dan kalsium (Ca). Garam yang mengandung kedua unsur tersebut akan mengalami perlambatan kecepatan penetrasi ke dalam bahan yang

digarami sehingga bahan mengalami pembusukan sebelum proses penggaraman berakhir. Kandungan magnesium dan kalsium pada garam juga menyebabkan bahan yang digarami bersifat higroskopis (mudah menyerap air), memiliki rasa yang agak pahit, warna daging (hewani) putih, dan tekstur kaku. Selain unsur magnesium dan kalsium, kehadiran unsur besi (Fe) dan tembaga (Cu) dalam garam juga menyebabkan bahan yang dikeringkan berwarna kuning bahkan cokelat kotor. Jenis senyawa lain yang juga dapat menurunkan tingkat kemurnian garam ialah natrium sulfat, karbonat.

Berdasarkan asal pembuatannya, jenis garam dibedakan menjadi empat (4) jenis yakni :

1. *Solar salt* yang diperoleh dari hasil evaporasi (penguapan) air laut menggunakan matahari dan angin. Proses evaporasi terus dilakukan hingga air laut mengering dan menyisakan garam. Jenis garam ini memiliki tingkat kemurnian yang rendah karena banyak mengandung jenis mineral lain selain NaCl, dan umumnya terkontaminasi oleh pasir yang bersumber dari air laut.
2. *Brine-evaporated salt* merupakan jenis garam berasal dari tambang sebagai hasil penerapan panas untuk mengevaporasi larutan garam kuat dari tambang. Jenis garam ini memiliki tingkat kemurnian dipengaruhi oleh alam namun tingkat kontaminasi yang lebih rendah dibanding *solar salt*.
3. *Rock salt* diperoleh sebagai hasil penambangan dengan tingkat kemurnian 80-99%.
4. *Manufactured salt* (garam pabrik, garam rakyat) sebagai hasil olahan dan turunan dari jenis *solar salt*, *brine-evaporated salt*, dan *rock salt*. Jenis garam ini umumnya mengandung 99,9% NaCl.

Selain tingkat kemurnian, beberapa faktor lain yang mempengaruhi kecepatan penetrasi garam dalam bahan yang digarami, antara lain :

1. Kadar lemak bahan. Semakin tinggi kadar lemak bahan, maka semakin lambat penetrasi garam dalam bahan.
2. Ketebalan daging bahan. Semakin tebal daging bahan, maka semakin lambat penetrasi garam, semakin banyak pula jumlah garam yang dibutuhkan.
3. Kesegaran bahan. Semakin layu bahan, maka semakin cepat penetrasi garam ke dalam bahan, semakin cepat asin pula bahan tersebut.
4. Suhu bahan. Semakin tinggi suhu bahan, maka semakin cepat penetrasi garam ke dalam bahan.
5. Konsentrasi larutan garam. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin cepat penetrasi garam ke dalam bahan. Konsentrasi penggaraman yang diberikan dalam proses pengolahan produk didasarkan oleh jenis bahan, proses pengolahan tambahan yang diberikan, jenis mikroba yang akan dihambat, dan mutu sensori yang diinginkan. Penggaraman dengan konsentrasi yang tinggi (>30%) yang ditambahkan dalam proses pengolahan bahan tidak selalu efektif memberikan kualitas yang baik dalam produk yang dihasilkan. Ahillah *et al.*, (2017) menyebutkan semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan maka pertumbuhan bakteri asam laktat akan semakin terhambat sehingga kemampuan menghasilkan asam laktat dan proses fermentasi tidak optimal. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, maka semakin meningkat pH lingkungan di sekitar produk pangan tersebut (Yuliana, 2007; Hayati *et al.*, 2017), sementara BAL lebih efektif menghasilkan asam laktat pada pH rendah (Anggraeni *et al.*, 2021).

6. Jenis garam. Proses penggaraman kering (*dry salting*) menggunakan garam kristal dapat mempercepat penetrasi garam ke dalam bahan.

6.2.3 Metode Penggaraman

Berdasarkan komposisi dan ukuran bahan yang digarami, proses penggaraman dibagi menjadi penggaraman kering (*dry salting*) dan penggaraman basah (*wet salting*). Metode penggaraman kering menggunakan garam dalam bentuk kristal (konsentrasi 30-50%) sebagai medianya tanpa menambahkan air. Garam ditaburkan pada setiap lapisan bahan, lalu bahan yang digarami ditumpuk atau disusun secara berlapis. Pada proses ini dihasilkan pula larutan garam sebagai hasil ekstraksi cairan sel bahan, karena itu metode ini disebut pula "*Blood pickle*". Metode penggaraman kering umumnya menyebabkan kebusukan pada bahan yang terbuka dan tidak terselimuti garam, selain itu warna bahan mudah berubah karena proses oksidasi udara dalam lemak. Cara penambahan garam yang kurang terkontrol juga menyebabkan kadar garam dalam bahan tidak seragam.

Metode penggaraman basah menggunakan garam yang sebelumnya telah dilarutkan dengan air sehingga menghasilkan larutan garam berkonsentrasi 18-40%. Metode ini membuat kadar garam bahan lebih seragam dibandingkan penggaraman kering.

Suparyanta (2018) menambahkan bahwa selain metode penggaraman kering dan basah, terdapat pula metode penggaraman kombinasi dan penggaraman perebusan. Metode penggaraman kombinasi merupakan perpaduan antara penggaraman kering dan basah. Mulanya, seluruh permukaan bahan ditaburi garam kristal lalu disusun dalam suatu wadah yang kemudian ditumpuk oleh

pemberat. Secara perlahan, dituangkan larutan garam jenuh hingga bahan tersebut terendam. Proses kombinasi ini menghasilkan bahan dengan kadar garam tinggi.

Metode penggaraman perebusan merupakan sebuah metode perendaman bahan dalam larutan garam lalu dilanjutkan dengan perebusan. Salah satu contoh produk hasil metode penggaraman perebusan adalah ikan pindang.

Menurut Horner (1997), terdapat empat (4) jenis metode penggaraman. Metode penggaraman ini umumnya diaplikasikan untuk mengolah hasil perikanan, meskipun demikian penggunaannya dapat pula diterapkan untuk bahan non hasil perikanan. Keempat jenis metode tersebut yakni :

1. *Brining*, proses penggaraman dengan larutan garam (konsentrasi 25%) yang bertujuan untuk pemberian *flavour* (waktu perendaman tidak lama), sementara tujuan pengawetan diperoleh dari hasil kombinasi dengan teknik pengolahan pangan lain, misalnya pengasapan.
2. *Pickling*, proses penggaraman dengan menumpuk bahan yang digarami dalam suatu wadah tertutup di permukaan bawah kemudian bahan dilakukan penggaraman kering. Proses ini menyebabkan molekul garam menembus bahan sehingga terekstraksinya air dalam sel bahan. Air yang terekstraksi (larutan garam) tersebut ditampung dalam wadah sehingga larutan tidak mengalir terbuang melainkan menjadi media penggaraman. Selama proses ini, akses oksigen yang diterima bahan akan terbatas sehingga memperlambat reaksi ketengikan pada bahan tersebut. Metode ini banyak digunakan untuk menggarami bahan dengan kadar lemak tinggi.

3. *Kench curing*, proses penggaraman yang mirip seperti metode *Pickling* namun jenis wadah yang digunakan berupa keranjang atau lantai, sehingga air yang terekstraksi dari sel bahan dibiarkan mengalir dan terbuang. Untuk mengimbangi larutan garam yang terbuang, maka jumlah garam yang diperlukan juga harus lebih banyak. Metode ini banyak digunakan untuk menggarami ikan atau bahan non perikanan yang memiliki kadar lemak rendah.
4. *Gaspe (light) curing*, proses penggaraman yang melibatkan perendaman bahan dalam campuran garam dengan tambahan bahan lain, seperti rempah-rempah. Metode ini mengkombinasikan proses penggaraman dengan proses pengasapan sehingga bahan yang dikeringkan memberikan rasa dan flavor khas.

6.3 Pengolahan Pangan dengan Asam

6.3.1 Tujuan Penambahan Asam dalam Pengolahan Pangan

Asam merupakan suatu senyawa baik organik maupun anorganik yang memiliki rasa asam. Tersedianya asam dalam bahan pangan dapat berasal dari kandungan bahan, kesengajaan penambahan, atau hasil fermentasi komponen karbohidrat dalam bahan. Salah satu contoh asam yang dihasilkan dari proses fermentasi adalah asam asetat sebagai hasil fermentasi karbohidrat menjadi alkohol oleh *Acetobacter* sp. Penambahan bahan pengasam (*acidulant*) dalam pengolahan pangan umumnya bertujuan untuk menambah cita rasa asam, mengurangi rasa manis, memberikan aroma tertentu, meningkatkan intensitas flavor tertentu, membantu pembentukan sifat koloidal dan struktur gel dari makanan yang mengandung pektin, membantu ekstraksi pigmen dan pektin dari buah dan sayur, menciptakan lingkungan yang optimal untuk

pertumbuhan bakteri dalam proses fermentasi, mengkelat logam (*chelating agent* unsur tembaga dan besi), penghilang buih (*defoaming*), koagulasi protein, dan sebagainya.

6.3.2 Jenis Asam

Berdasarkan tingkat keasamannya, asam terbagi menjadi dua jenis yakni asam lemah dan asam kuat. Asam lemah merupakan senyawa asam yang sulit melepaskan ion H^+ dalam air (tidak terionisasi sempurna dalam air) dan umumnya berada pada kisar pH 4-7. Asam kuat ialah senyawa asam yang mudah melepaskan ion H^+ dalam air sehingga terjadi ionisasi sempurna.

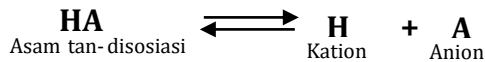
Berdasarkan asalnya, zat asam dibedakan menjadi asam organik dan asam anorganik. Asam organik (termasuk jenis asam lemah) umumnya banyak digunakan sebagai pengawet, sementara asam anorganik banyak digunakan untuk mengatur pH produk pangan. Asam organik memiliki derajat disosiasi yang lemah, dimana hanya sebagian kecil asam yang menjadi anion A^- , sementara sebagian besar berada dalam bentuk asam tan-disosiasi (HA). Beberapa contoh asam organik ialah asam asetat, asam sitrat (pengasam dalam pembuatan selai, jeli), asam laktat, asam benzoat, asam fosfat (pengasam dalam minuman berkarbonasi), asam tartarat, dan sebagainya.

Asam anorganik memiliki derajat disosiasi yang tinggi, yang berarti memiliki anion A^- yang tinggi dengan jumlah asam tan-disosiasi yang rendah (kesetimbangan bergeser ke kanan). Hal ini yang menyebabkan asam anorganik tidak efektif digunakan sebagai pengawet. Selain itu, penambahan asam anorganik berpengaruh terhadap sifat organoleptik pangan dan adanya resiko kesehatan. Meskipun tidak efektif sebagai pengawet, asam anorganik dapat digunakan untuk mengatur pH produk pangan (Soekarto, 2021).

6.3.3 Kemampuan Ionisasi Asam

Untuk menggambarkan banyaknya asam yang mengionkan dalam suatu larutan dapat diketahui melalui nilai K_a dan pK_a . Nilai K_a merupakan konstanta keseimbangan untuk reaksi disosiasi asam, sementara nilai pK_a adalah logaritma negatif dari nilai K_a . Semakin rendah nilai pK_a suatu asam, maka semakin kuat asam tersebut karena cenderung lebih mudah melepaskan proton dan lebih mudah mengionkan. Begitu pula sebaliknya, semakin tinggi nilai pK_a suatu asam, maka semakin lemah asam tersebut karena cenderung lebih mudah mempertahankan proton dan sulit mengionkan dalam larutan.

Pada proses disosiasi, terjadi penguraian ion-ion dalam keadaan setimbang, dimana zat asam yang mengalami disosiasi (asam tan-disosiasi) akan terurai ionnya menjadi kation (H^+) dan anion (A^-) (Gambar 6.1). Ketiga komponen dalam proses disosiasi asam tersebut memiliki fungsinya masing-masing dalam mekanisme pengawetan pangan dan selalu berada dalam proporsi yang tetap dan seimbang dengan nilai ketetapan disosiasi sebesar K_t . Nilai ketetapan disosiasi asam dipengaruhi oleh jenis asam yang digunakan dan suhu lingkungan. Semakin tinggi suhu, maka semakin besar pula nilai K_t , semakin rendah daya pengawetannya.



Gambar 6. 1 Analogi disosiasi asam

Perbedaan sifat ionisasi dari kedua jenis asam tersebut mempengaruhi mekanisme keduanya terhadap sifat antimikrobanya. Secara umum, mekanisme pengasaman sebagai salah satu teknik pengolahan sekaligus pengawetan pangan berkaitan dengan dua (2) sifat antimikrobanya

yakni (1) kemampuan asam yang mempengaruhi pH lingkungan dalam mendenaturasi protein bakteri (kerusakan membran sel sehingga komponen intraseluler keluar dan menyebabkan kematian sel bakteri) dan (2) sifat meracun yang khas dari jenis asam yang tidak terurai (tidak berdisosiasi). Asam yang tidak terdisosiasi ini berdifusi secara pasif ke dalam membran sel mikroba sehingga mengganggu kestabilan pH sel mikroba.

6.3.4 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Asam Kuat

Dengan pK_a yang sangat rendah, asam kuat akan terdisosiasi sempurna dalam larutan yang menyebabkan komponen asam terdisosiasi menjadi kation (H^+) dan anion (A^-). Dihasilkannya kation H^+ menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi proton H^+ dan menurunkan pH lingkungan di luar sel (eksternal) mikroba. Penurunan pH eksternal sel mikroba tersebut menyebabkan terganggunya metabolisme mikroba, mencegah germinasi spora, dan meningkatkan sensitifitas mikroba terhadap agen pengawet.

Terganggunya metabolisme mikroba disebabkan terjadinya denaturasi enzim ekstraseluler mikroba karena penurunan pH lingkungan eksternal sel mikroba. Proses ini menyebabkan hilangnya kemampuan katalitik membran sel mikroba sehingga metabolisme mikroba terhenti.

Mulanya, asam yang terdisosiasi ini hanya mengganggu pH eksternal sel mikroba dan tidak dapat masuk ke internal sel mikroba. Namun, dikarenakan gradien pH yang terlalu besar antara lingkungan eksternal dan internal sel mikroba, maka terjadi permeasi proton H^+ ke dalam internal sel mikroba. Proses tersebut menurunkan pH internal sel mikroba sehingga terjadi penurunan aktivitas sistem transpor ion dan mengganggu penyerapan ion-ion esensial

oleh mikroba dan menyebabkan kematian mikroba tersebut.

Selain fungsi dari kation H^+ , unsur anion A^- juga ikut berperan toksik terhadap mikroba meskipun efektifitas kerjanya lemah untuk sekadar menahan pertumbuhan mikroba. Peningkatan efektifitas kerja anion A^- dapat ditingkatkan melalui penambahan garam atau adanya asam anorganik lain. Hal ini menyebabkan unsur anion A^- bergerak secara reversible membentuk asam tan-disosiasi (HA) kembali.

6.3.5 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Asam Lemah

Asam lemah (dan asam organik) yang berada dalam larutan akan mengalami disosiasi sebagian, dimana hanya sebagian dari molekulnya (komponen yang larut air) yang melepaskan proton H^+ , sementara sebagian molekul yang tidak larut air tidak mengalami disosiasi dan berada dalam kondisi tan-disosiasi (HA).

Komponen asam tan-disosiasi dalam konsentrasi tinggi mampu berperan sebagai mikrobiosidal atau pembunuh mikroba karena sifatnya yang sangat toksik bagi mikroba, sementara jika komponen ini berada dalam konsentrasi rendah hanya berperan sebagai penahan pertumbuhan mikroba (mikrobiostatik). Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas asam tan-disosiasi dipengaruhi oleh lingkungannya. Jenis produk pangan yang berbeda memberikan efektifitas pengawetan yang berbeda pula untuk tiap jenis asam.

Asam yang tidak terdisosiasi ini khususnya molekul asam lemah yang tidak bermuatan akan berdifusi secara pasif ke dalam membran plasma sel mikroba. Di dalam sel mikroba, akan terbentuk kembali anion A^- dan proton H^+ . Jumlah proton H^+ yang berlebih dalam sitoplasma

dikeluarkan oleh enzim ATP-ase untuk menjaga homeostatis pH internal sel. Peningkatan jumlah proton H^+ di dalam sitoplasma menyebabkan penurunan pH sitoplasma sehingga mempengaruhi struktur dan fluiditas membran, pengkelatan ion-ion dinding sel mikroba, penghambatan reaksi metabolisme esensial, toksisitas dari akumulasi sisa anion A^- . Proses tersebut menyebabkan kerusakan membran sel mikroba dan mengganggu sistem sintesis protein (DNA/RNA) mikroba. Lambat laun, mikroba akan mengalami kehabisan ATP karena terus menerus memompa proton H^+ keluar sel. Apabila ATP habis, maka mikroba akan mengalami kematian.

6.3.4 Kombinasi Penggaraman dan Pengasaman dalam Teknologi Pengolahan Pangan

Kombinasi penggaraman dan pengasaman dalam teknologi pengolahan pangan berkaitan dengan proses fermentasi. Pengaruh peningkatan penambahan garam berbdaning lurus dengan tingkat keasaman lingkungan. Semakin banyak penambahan garam maka semakin tinggi nilai pH lingkungan. Meskipun demikian, penambahan garam yang terlalu banyak mampu menghambat fermentasi, membuat warna bahan menjadi gelap, dan menyebabkan kebusukan karena penumbuhan kapang.

Bakteri Asam Laktat (BAL) sebagai bakteri yang berperan penting dalam proses fermentasi, memerlukan kombinasi garam dan kondisi pH yang sesuai (asam rendah) agar proses fermentasi berjalan optimal. Penambahan garam pada konsentrasi yang tepat pada suatu bahan juga bertujuan untuk mengekstrak gula dan nutrisi lain dari dalam bahan sehingga dapat dimanfaatkan BAL untuk pertumbuhannya. Kehadiran BAL selama proses fermentasi dapat menguraikan karbohidrat dan senyawa gizi lainnya sehingga lebih mudah dicerna tubuh. Beberapa

jenis BAL juga mampu menghasilkan CO₂, alkohol, ester, dan asam organik lain yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba patogen dan pembusuk yang mengkontaminasi produk fermentasi.

Selain pengawetan, teknik kombinasi penggaraman dan pengasaman mampu menghasilkan mutu sensori yang khas sehingga mampu menghasilkan inovasi produk pangan. Beberapa contoh produk hasil kombinasi pengolahan penggaraman dan pengasaman ialah *Sauerkraut* (sayur acar kubis), *pickle* (acar mentimun), bekasam (fermentasi ikan), tempoyak (fermentasi durian), dan sebagainya.

6.4 Pengolahan Pangan dengan Gula

6.4.1 Mekanisme Pengawetan Pangan dengan Gula

Penambahan gula sebesar 40-70% (b/v) mampu berperan sebagai pengawet dalam pengolahan pangan. Penambahan gula dengan konsentrasi 40% dapat menyebabkan sebagian air dalam bahan terikat dan a_w menurun sehingga tidak cukup untuk pertumbuhan mikroba. Penambahan gula dengan konsentrasi 70% menyebabkan aktivitas mikroba terhenti.

Sama seperti garam, kemampuan gula sebagai pengawet berkaitan dengan sifat osmotiknya, dimana terjadi perpindahan air dari daerah dengan konsentrasi zat terlarut lebih rendah (hipotonik) menuju daerah dengan konsentrasi zat terlarut lebih tinggi (hipertonik). Hal ini dapat terjadi antara lingkungan internal dan eksternal sel bakteri serta lingkungan internal dan eksternal bahan.

Perpindahan air yang terjadi di lingkungan internal dan eksternal sel bakteri menyebabkan penurunan jumlah air yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri (nilai aktivitas air atau a_w menurun) sehingga aktivitas metabolisme dan enzimatis bakteri terhambat bahkan mengalami kematian. Penambahan gula dengan konsentrasi lebih besar dari 75% dapat menyebabkan proses osmosis cepat, dimana terjadi pengeluaran air dari dinding sel bahan. Pengeluaran air (cairan) dari dinding sel bahan terus terjadi hingga diperoleh keseimbangan antara konsentrasi di luar dan di dalam jaringan bahan. Proses ini disebut pula plasmolisis. Plasmolisis menyebabkan terjadi perubahan struktur jaringan bahan dari semipermeabel menjadi permeabel. Hal ini terlihat dari perubahan tekstur produk manisan menjadi lebih layu, perubahan warna bahan menjadi lebih gelap, dan terbentuknya kerutan pada bahan. Untuk mencegah plasmolisis yang berlebihan, maka bahan yang akan diproses penggulaan dapat direndam terlebih dahulu dalam larutan kalsium klorida (CaCl_2).

Meskipun mampu menghambat pertumbuhan bakteri, namun produk dengan kadar gula tinggi umumnya terkontaminasi oleh kapang dan khamir. Hal tersebut berkaitan dengan kisaran nilai a_w . Kisaran nilai a_w minimum bakteri pada umumnya adalah 0,90 (a_w halofilik 0,75; a_w xerofilik 0,65) , kapang sebesar 0,62, dan khamir sebesar 0,88-0,94, sementara kisaran nilai a_w untuk produk dengan kadar gula tinggi (contoh : dodol) adalah 0,70-0,85.

6.4.2 Parameter Laju Osmotik dalam Proses Penggulaan

Proses penggulaan bahan pangan dipengaruhi oleh parameter proses dan parameter produk. Kedua parameter ini juga berpengaruh terhadap nilai *water loss* (WL) dan *sugar/solid gain* (SG) produk yang dilakukan penggulaan. Nilai *water loss* menunjukkan tingkat kehilangan air dari

dalam bahan selama proses penggulaan yang keluar dari membran dan jaringan bahan menuju media larutan. *Sugar/solid gain* menunjukkan banyaknya massa padatan terlarut yang masuk ke dalam bahan selama proses penggulaan. Peningkatan nilai *water loss* tidak selalu diikuti dengan peningkatan nilai *sugar/solid gain* (Spetriani *et al.*, 2020).

Beberapa faktor yang mempengaruhi parameter proses penggulaan adalah sebagai berikut :

1. Konsentrasi larutan, semakin tinggi konsentrasi gula yang diberikan, maka akan semakin banyak air yang terikat (*water loss* meningkat), semakin rendah a_w bahan, dan semakin meningkat padatan (*solid gain* meningkat).
2. Jenis gula, penggunaan larutan sukrosa lebih tinggi menyebabkan peningkatan jumlah *water loss* dan *solid gain* dibanding penggunaan larutan sirup jagung.
3. Suhu larutan, semakin tinggi suhu larutan gula maka semakin tinggi pula tingkat kehilangan air yang terjadi (*water loss* meningkat).
4. Perlakuan awal, perendaman bahan (buah) dalam larutan CaCl_2 atau kapur sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) mampu mencegah proses plasmolisis yang berlebihan sehingga memperbaiki tekstur buah dari kerutan.
5. Lama perendaman. Nilai *water loss* terjadi dengan cepat di awal proses dan semakin lama akan terjadi penurunan laju *water loss* karena air yang terikat dalam bahan sudah cukup sulit dikeluarkan dari membran dan jaringan bahan.
6. Proses tambahan (pengeringan, dehidrasi-osmotik), mampu memperpanjang umur simpan produk yang

telah melalui proses penggulaan namun beresiko tinggi terhadap kontaminasi khamir. Kombinasi antara proses osmotik dari penggulaan dan dehidrasi dari proses pengeringan bertujuan untuk memperoleh pangan semi basah yang berkualitas tinggi dengan mencegah kerusakan bahan yang diprosesnya.

Beberapa faktor yang mempengaruhi parameter produk proses penggulaan ialah sebagai berikut :

1. Bentuk dan ukuran bahan, bahan dengan bentuk kubus dan cincin mengalami *water loss* (WL) dan *sugar/solid gain* (SG) lebih besar dibanding bahan dengan bentuk *slice* atau stik.
2. Karakteristik bahan, untuk menghasilkan produk manisan yang berkualitas, maka mutu awal bahan baku pun harus berkualitas pula. Perbedaan karakteristik bahan akan mempengaruhi mutu sensori produk manisan yang dihasilkan.

6.4.3 Golongan Produk Manisan Hasil Penggulaan

Berdasarkan cara pengawetannya, produk manisan hasil penggulaan dapat digolongkan menjadi empat (4) golongan, yakni :

1. Golongan I, manisan buah basah dengan larutan gula encer.
2. Golongan II, manisan buah dengan larutan gula kental yang menempel pada buah.
3. Golongan III, manisan kering dengan gula pasir utuh yang menempel pada buah, misalnya manisan mangga, pala, dan sebagainya.
4. Golongan IV, manisan kering asin karena adanya kombinasi gula dan garam dalam prosesnya.

6.5 Pengolahan Pangan dengan Bahan Kimia

6.5.1 Bahan Tambahan Pangan (BTP)

Menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019, Bahan Tambahan Pangan (BTP) atau bahan aditif pangan adalah bahan atau campuran bahan yang ditambahkan ke dalam pangan untuk mempengaruhi sifat atau bentuk pangan. Umumnya, BTP bukan secara alami berasal dari bagian (komponen khas) bahan dan biasanya tidak digunakan sebagai makanan tetapi sengaja ditambahkan untuk mempengaruhi atau memperbaiki mutu suatu produk.

Berdasarkan sumbernya, BTP dapat dibedakan menjadi BTP alami dan sintetis. BTP alami bersumber dari bahan-bahan alami seperti lesitin kacang kedelai, asam sitrat, dan sebagainya, sementara BTP sintetis diperoleh sebagai hasil sintesis bahan kimia dengan sifat yang serupa dengan bahan alami sejenis. Umumnya, BTP sintetis lebih stabil, lebih pekat, dan lebih murah.

6.5.2 Istilah dalam BTP

Penambahan BTP ke dalam pangan harus didasarkan atas jumlah Asupan Harian yang Dapat Diterima atau *Acceptable Daily Intake* (ADI). ADI (mg/kg berat badan) menunjukkan jumlah maksimal BTP yang dapat dikonsumsi **setiap harinya selama hidup** tanpa menimbulkan efek merugikan terhadap kesehatan. Setiap jenis golongan BTP memiliki nilai ADI yang berbeda. Terdapat pula istilah ADI *not specified* atau ADI *not limited* atau ADI *acceptable* yang digunakan untuk menunjukkan jenis BTP dengan toksisitas yang sangat rendah sehingga dapat digunakan dalam takaran yang diperlukan selama proses pengolahan tanpa menimbulkan bahaya terhadap kesehatan. Selain itu, istilah '*No ADI allocated*' atau '*No ADI Necessary*' terkadang

ditemukan untuk beberapa jenis BTP yang menunjukkan BTP dengan informasi atau data keamanan yang masih terbatas.

Selain ADI, istilah yang menunjukkan batasan-batasan penggunaan BTP menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019, yakni MTDI dan PTWI. MTDI atau *Maximum Tolerable Daily Intake* menunjukkan jumlah maksimal BTP dalam satuan mg per kg berat badan yang dapat dikonsumsi **dalam sehari**, sementara PTWI atau *Provisional Tolerable Weekly Intake* merupakan jumlah maksimal sementara dari BTP dalam satuan mg per kg berat badan yang dapat dikonsumsi selama **seminggu** tanpa menimbulkan efek yang merugikan terhadap kesehatan. Terdapat pula istilah GRAS atau *Generally Recognized as Safe* yang menunjukkan BTP yang aman dan tidak berefek toksik, misalnya gula (glukosa).

6.5.3 Persyaratan Penggunaan BTP

Beberapa persyaratan penggunaan BTP menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 adalah sebagai berikut :

1. BTP dapat digunakan dalam bentuk tunggal maupun campuran.
2. Penggunaan BTP dibuktikan dengan sertifikat analisis kuantitatif yang diterbitkan oleh laboratorium yang ditunjuk oleh Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan dan/atau telah memperoleh akreditasi dari lembaga akreditasi nasional.
3. BTP yang diproduksi, dimasukkan, dan diedarkan di wilayah Indonesia wajib memiliki izin edar dari Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan.

4. BTP harus memenuhi spesifikasi BTP sebagaimana tercantum dalam Kodeks Makanan Indonesia atau *Compendium of Food Additive Specifications, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) atau standar lain setelah melalui pengkajian.
5. BTP tidak digunakan untuk menyembunyikan penggunaan bahan yang tidak memenuhi persyaratan dalam pengolahan.
6. BTP tidak digunakan untuk menyembunyikan cara kerja yang bertentangan dengan Cara Produksi Pangan yang Baik.
7. BTP tidak digunakan untuk menyembunyikan kerusakan pangan.

6.5.4 Golongan BTP

Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019, BTP memiliki 27 golongan yang dikelompokkan berdasarkan fungsi teknologinya saat ditambahkan ke dalam pangan. Setiap BTP memiliki tujuan dan fungsinya tersendiri dalam produk pangan. Golongan, fungsi, contoh, dan batas penggunaan setiap BTP dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Gambar 6. 2 Golongan, Fungsi, dan Contoh BTP*

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
1	Antibuih (<i>antifoaming agent</i>)	Mencegah atau mengurangi pembentukan buih	Kalsium alginat, mono dan digliserida asam lemak
2	Antikempal (<i>anticaking agent</i>)	Mencegah mengempalnya produk pangan	Kalsium karbonat, natrium karbonat,

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
			magnesium karbonat, magnesium oksida, dst.
3	Antioksidan (<i>antioxidant</i>)	Mencegah atau menghambat kerusakan pangan akibat oksidasi	Asam askorbat, tokoferol, dst.
4	Bahan pengkarbonasi (<i>carbonating agent</i>)	Membentuk karbonasi di dalam pangan	Karbondioksida
5	Garam pengemulsi (<i>emulsifying salt</i>)	Mendispersikan protein dalam keju sehingga mencegah pemisahan lemak	Mononatrium fosfat, gelatin, natrium/kalium tripolifosfat, natrium/kalium/kalsium polifosfat
6	Gas untuk kemasan (<i>packaging gas</i>)	Untuk mempertahankan mutu pangan dan melindungi pangan dari kerusakan	Karbondioksida, nitrogen
7	Humektan (<i>humectant</i>)	Mempertahankan kelembaban pangan	Natrium/kalium laktat, gliserol, dst.
8	Pelapis (<i>glazing agent</i>)	Melapisi permukaan pangan sehingga memberikan efek perlindungan	Malam (<i>beeswax</i>), dst.

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
		dan/atau penampakan mengkilap	
9	Pemanis (<i>sweetener</i>)	Memberikan rasa manis pada produk pangan	
	a. Pemanis alami (<i>Natural sweetener</i>)		Sorbitol, manitol, isomalt, laktitol, dst.
	b. Pemanis buatan (<i>Artificial sweetener</i>)		Asesulfam-K, aspartam, asam siklamat, sakarin, sukralosa, neotam.
10	Pembawa (<i>carrier</i>)	Memfasilitasi penanganan atau penggunaan BTP lain dengan cara melarutkan, mengencerkan, mendispersikan, atau memodifikasi BTP secara fisik tanpa mengubah fungsinya	Sukrosa asetat isobutirat, trietil sitrat, propilen glikol, polietilen glikol.
11	Pembentuk gel (<i>gelling agent</i>)	Membentuk gel	Asam/natrium/ kalium/ kalsium alginat, agar-agar, karagenan, rumput laut, dst.
12	Pembuih (<i>foaming</i>)	Membentuk dan	<i>Xanthan gum</i> ,

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
	<i>agent</i>)	memelihara homogenitas dispersi fase gas dalam pangan berbentuk cair atau padat	selulosa mikrokristalin, etil metil selulosa, dst.
13	Pengatur keasaman (<i>acidity regulator</i>)	Mengasamkan, menetralkan, dan/atau mempertahankan derajat keasaman pangan	Asam asetat, kalsium karbonat, asam laktat, asam malat, asam fumarat, asam sitrat, dst.
14	Pengawet (<i>preservative</i>)	Mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman, penguraian, dan kerusakan lain yang disebabkan oleh mikroba	Asam sorbat dan garamnya, asam benzoat dan garamnya, dst.
15	Pengembang (<i>raising agent</i>)	Melepaskan gas sehingga meningkatkan volume adonan	Natrium karbonat, dekstrin, dst.
16	Pengemulsi (<i>emulsifier</i>)	Membantu terbentuknya campuran homogen antara dua atau lebih fase yang tidak tercampur	Lesitin, natrium laktat, kalsium laktat, kalsium karbonat, dst.
17	Pengental	Meningkatkan	Kalsium asetat,

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
	(<i>thickener</i>)	viskositas pangan	natrium/kalsium laktat, asam alginat, agar-agar, dst.
18	Pengeras (<i>firming agent</i>)	Memperkeras atau mempertahankan jaringan buah dan sayuran atau memperkuat gel	Kalsium laktat, kalsium/kalium klorida, dst.
19	Penguat rasa (<i>flavor enhancer</i>)	Memperkuat atau memodifikasi rasa dan/atau aroma tanpa memberikan rasa dan/atau aroma tertentu	Asam L-glutamat dan garamnya, mononatrium L-glutamat, dst.
20	Peningkat volume (<i>bulking agent</i>)	Meningkatkan volume pangan	Natrium laktat, asam/ natrium alginat, agar-agar, karagenan, dst.
21	Penstabil (<i>stabilizer</i>)	Menstabilkan sistem dispersi yang homogen pada pangan	Asam fumarat, lesitin, natrium/kalsium laktat, kalsium karbonat, dst.
22	Perentensi warna (<i>colour retention agent</i>)	Mempertahankan, menstabilkan, atau memperkuat intensitas warna tanpa menimbulkan	Magensium karbonat, magnesium hidroksida, besi (II) glukonat

No	Golongan BTP	Fungsi	Contoh
		warna baru	
23	Perisa (<i>flavuring</i>)	Memberi flavour dengan pengecualian rasa asin, manis, dan asam	Citronellyl acetat, benzyl acetat, dst.
24	Perlakuan tepung (<i>flour treatment agent</i>)	Memperbaiki warna, mutu adonan dan/atau mutu pemanggangan	L-amonium laktat, amonium klorida, kalsium sulfat, kalsium oksida, dst.
25	Pewarna (<i>colour</i>)	Memberi atau memperbaiki warna pangan	
	a. Pewarna alami (<i>Natural colour</i>)		Kurkumin, riboflavin, karmin, klorofil, karamel, dst.
	b. Pewarna sintetis (<i>Synthetic colour</i>)		Tartrazin Cl. No. 19140, kuinolin Cl. No. 47005, dst.
26	Propelan (<i>propellant</i>)	Mendorong pangan keluar dari kemasan	Nitrogen, butana, propana, dinitrogen monooksida
27	Sekuesteran (<i>sequestrant</i>)	Mengikat ion logam polivalen untuk meningkatkan stabilitas dan kualitas pangan	Kalsium dinatrium etilen diamin tetraasetat, isopropil sitrat, dst.

*) Sumber : Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019

6.5.5 Bahan Tambahan yang Dilarang

Berdasarkan Permenkes RI Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan, bahan-bahan tambahan yang **dilarang** penggunaannya untuk pangan adalah asam borat (*boric acid*) dan senyawanya, asam salisilat (*salicylic acid*) dan garamnya, dietilpirokarbonat, dulsin, kalium klorat, kalium bromat, kloramfenikol, minyak nabati yang dibrominasi (*brominated vegetable oils*), nitrofurazon, dulkamara, kokain, formalin (*formaldehyde*), nitrobenzen, sinamil antranilat, dihidrosafrol, biji tonka (*tonka bean*), minyak kalamus, minyak tansi, dan minyak sasafras.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahillah, N., Rusdanillah, A., Afiana, W., Sulistiani, R., & Mail, RPL. 2017. *Pengaruh Konsentrasi Garam pada Fermentasi Ikan Wader (Rasbora lateristriata)*. *Bioedukasi*, 10(2), 12-17.
- Anggraeni, L., Lubis, N., & Junaedi, E.C. 2021. *Review: Pengaruh Konsentrasi Garam terhadap Produk Fermentasi Sayuran*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(6), 891-899. DOI: 10.25026/jsk.v3i6.459
- Azka, ABF., Santriadi, T., & Kholis, MN. 2018. *Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Fermentasi terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Kimchi*. *Agroindustrial Technol J*, 2(1), 91-97. DOI: 10.21111/atj.v2i1.2818
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2019. *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Ikan Asin Kering – Bagian 3: Penanganan dan Pengolahan*. SNI 2721.3:2009. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Ikan Asin Kering*. SNI 8273:2016. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Ikan Asin Jambal Roti*. SNI 8376:2017. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Buckle, KA., Edwards, RA., Fleet, GH., & Wootton, M. 2009. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- Hayati, R., Fadhil, R., & Agustina, R. 2017. *Analisis Kualitas Sauerkraut (Asinan Jerman) dari Kol (Brassica oleracea) selama Fermentasi dengan Variasi Konsentrasi Garam*. *Rona Tek. Pertan*, 10(2), 18-34. DOI: 10.17969/rtp.v10i2.8937

- Horner, WFA. 1997. *Preservation of Fish by Curing (Drying, Salting, dan Smoking)*. Dalam Hall, G.M. United Kingdom: Blackie Academic dan Professional.
- Kresnasari, D. 2021. *Pengaruh Pengawetan dengan Metode Penggaraman dan Pembekuan terhadap Kualitas Ikan Bdaneng (Chanos chanos)*. *Sci. Line*, 1(1), 001-008.
- Lestari, C., & Suhaidi, I. 2017. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam dan Suhu Fermentasi terhadap Mutu Kimchi Lobak*. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 5(1), 34-41.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2012. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan. Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Novianti, T. 2020. *Kajian Pemanfaatan Daging Ikan Kembung (Rastrelliger spp.) sebagai Bahan Penyedap Rasa Alami Non MSG dengan Pendekatan Bioekonomi Perikanan*. *Barakuda*, 2(2), 56-68.
- Salosa, Y. 2013. *Uji Kadar Formalin, Kadar Garam, dan Total Bakteri Ikan Asin Tenggiri Asal Kabupaten Sarmi Provinsi Papua*. *Depik*, 2(1), 10-15.
- Saskia, R., Pato, U., & Rahmayuni. 2017. *Pengaruh Konsentrasi Garam terhadap Kadar HCN dan Penilaian Sensori Pikel Rebung*. *Jom FAPERTA*, 4(1), 1-11.
- Soekarto, ST. 2021. *Ilmu Pengawetan Pangan*. Bogor: IPB Press.
- Spetriani, Fathurahmi, S., & Ifall. 2020. *Kehilangan Air dan Penambahan Padatan yang Terjadi selama Proses Dehidrasi Osmotik Buah Naga*. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 5(1), 15-20.
- Suparyanta, A. 2018. *Teknologi Pengawetan Makanan*. Kalimantan Barat: PT Maraga Borneo Tarigas.

BAB 7

PRINSIP TEKNOLOGI PENGAWETAN DENGAN IRADIASI

Oleh Rissa Megavitry

7.1 Pendahuluan

Upaya penyediaan pangan tidak cukup hanya dengan meningkatkan produksi, namun harus ditunjang dengan sistem penanganan pascapanen yang baik. Teknologi pascapanen bertujuan untuk membuat bahan pangan lebih awet atau tahan lama serta dalam keadaan aman, sehat, dan menarik untuk dikonsumsi. Umumnya, setiap teknologi pengolahan pangan memiliki kelemahan dan keunggulan tertentu, sehingga para pakar terus berupaya untuk menemukan cara baru yang lebih unggul dan dapat menutupi kelemahan cara-cara sebelumnya.

Salah satu teknologi pascapanen untuk pengawetan bahan makanan yang tergolong baru adalah proses iradiasi. Iradiasi termasuk dalam proses fisika yang sejenis dengan pemanasan, pendinginan, atau iradiasi infra merah. Aplikasi iradiasi dilakukan dengan menggunakan radiasi tinggi energi yang menyebabkan ionisasi pada bahan makanan sehingga disebut radiasi pengion. Sumber energi yang digunakan berasal dari sumber radioaktif seperti kobalt 60 (Co-60) atau berkas elektron energi tinggi hingga *X-ray*. Saat ini penggunaan teknologi iradiasi untuk pengawetan bahan pangan semakin meluas dan makin diminati sebab produk hasil iradiasi terbukti aman dari mikroorganisme patogen dan umur simpan produk segar lebih

lama (Sedeh *et al.*, 2007). Selain itu, produk bahan segar hasil iradiasi tidak mengalami perubahan rasa, tekstur, dan aroma serta tidak mengalami pemasakan (Satin, 2002).

7.2 Konsep Dasar Iradiasi Pangan

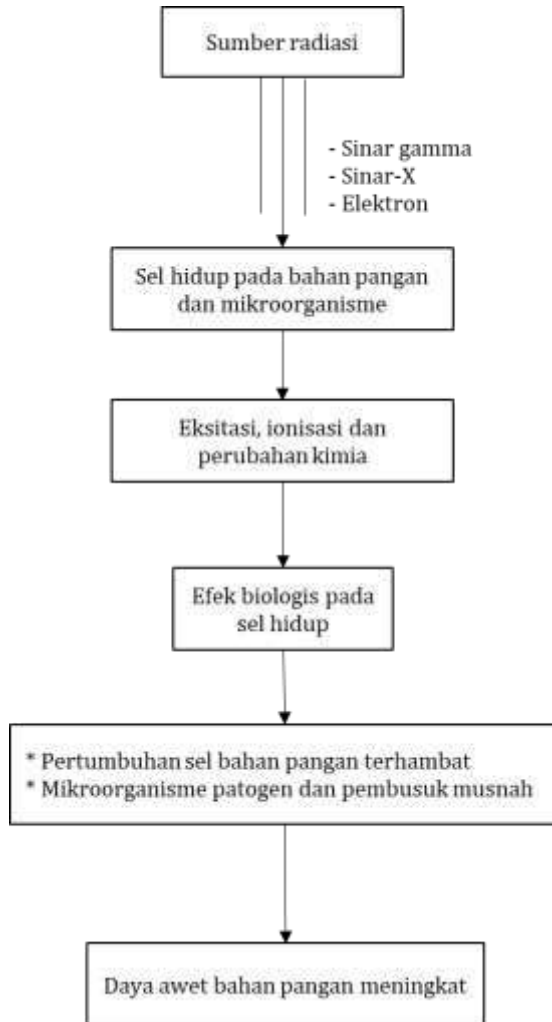
Menurut aturan standar internasional *Codex General Standard*, sumber iradiasi yang bisa digunakan untuk proses iradiasi pangan adalah berkas elektron, sinar x, atau sinar gamma (Riganakos, 2010). Iradiasi berkas elektron 10 MeV dapat menembus bahan pangan hingga 3 cm. Sementara iradiasi gamma menggunakan Cesium 137 (^{137}Cs) atau Cobalt 60 (^{60}Co) dapat menembus bahan pangan hingga 20 cm (Tritsch, 1992). Sumber iradiasi gamma ^{60}Co memiliki energi radiasi yang lebih besar dan lebih melimpah dibandingkan iradiasi gamma ^{137}Cs sehingga lebih sering digunakan untuk pengawetan bahan pangan (Aquino, 2012).

Energi serap digunakan untuk menentukan derajat perubahan fisik dan kimiawi pada bahan pangan yang terpapar energi iradiasi yang tinggi. Total energi iradiasi yang terserap dalam bahan makanan per satuan massa disebut sebagai dosis serap dan dinyatakan dalam satuan gray (Gy). Kemampuan nuklida untuk memancarkan sinar gamma, sinar x atau partikel-partikel menjadi nuklida lain yang stabil selama proses peluruhan disebut sebagai radioaktivitas dan dinyatakan sebagai becquerel (Bq) (Barbosa-Cánovas *et al.*, 1998). Terdapat tiga prinsip proses iradiasi berdasarkan dosis yang digunakan untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan (Blank dan Cumming, 2001), yaitu:

- a. Dosis tinggi (radapertisasi). Dosis yang digunakan antara 30 – 50 kGy dan umumnya diaplikasikan untuk sterilisasi sebab dapat membunuh seluruh mikroorganisme dalam makanan.
- b. Dosis sedang (radisidasi). Dosis yang digunakan antara 1-10 kGy dan biasanya diaplikasikan pada produk *frozen food*. Penggunaan dosis ini sama seperti proses pasteurisasi

termal dan dapat membunuh bakteri patogen non spora termasuk *Lysteria* dan *Salmonella*.

- c. Dosis rendah (radurisasi). Dosis yang digunakan antara 0.40 – 2.50 kGy dan diaplikasikan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme serta menunda pematangan. Penggunaan dosis ini sama seperti proses pasteurisasi panas.

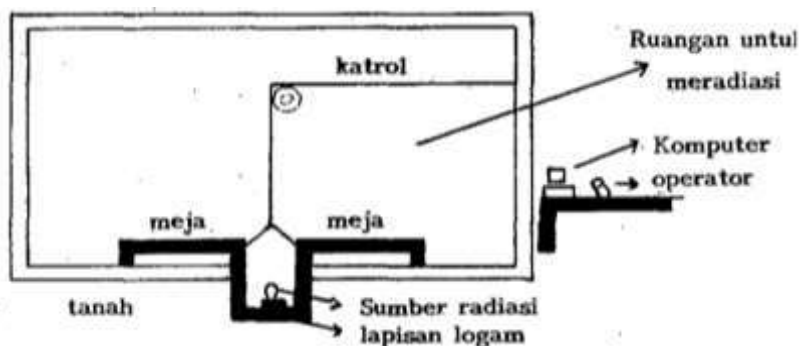


Gambar 7. 1 Prinsip Pengawetan Iradiasi

7.3 Mekanisme Kerja Iradiasi

Pengawetan bahan makanan menggunakan iradiasi sinar x, sinar gamma atau berkas elektron dapat menimbulkan ionisasi, eksitasi dan perubahan kimia pada bahan yang dilaluinya. Ionisasi adalah proses terurainya makromolekul menjadi ion radikal bebas. Eksitasi merupakan sel hidup dalam keadaan sangat peka terhadap pengaruh dari luar. Sedangkan perubahan kimia merupakan efek yang terjadi akibat ionisasi, eksitasi, dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi baik sesaat atau setelah proses iradiasi berlangsung. Proses sintesis DNA dapat terhambat apabila terdapat perubahan kimia dalam sel hidup, akibatnya proses pembelahan sel dapat terganggu dan terjadi efek biologis (Dwiloka, 2002).

Interaksi yang lebih kompleks terjadi antara radiasi dengan molekul yang letaknya berdekatan dengan materi genetik. Iradiasi dapat merusak materi genetik pada mikroorganisme sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme tersebut. Kerusakan yang ditimbulkan dapat berupa putusnya rantai DNA menjadi *single strdan* ataupun merusak kedua rantai DNA tersebut. Kerusakan DNA dalam jumlah besar akan menyulitkan mikroorgansime untuk melakukan pembelahan sel dan mengakibatkan kematian sel (Molins, 2001). Hal inilah yang dimanfaatkan dalam pengawetan pangan menggunakan iradiasi.



Gambar 7. 2 Ruang Iradiasi Dan Sumber Iradiasi Sebelum Digunakan



Gambar 7.3 Ruang Iradiasi Dan Sumber Iradiasi Saat Digunakan

7.3.1 Dosis Iradiasi

Total energi iradiasi yang diserap oleh bahan per satuan massa disebut sebagai dosis serap dan dinyatakan dalam satuan gray (Gy). Dosis iradiasi yang digunakan merupakan faktor kritis dalam proses iradiasi sebab seringkali setiap jenis bahan pangan memerlukan dosis khusus agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Penentuan dosis iradiasi dilakukan melalui pengukuran dosis atau dosimeter, salah satunya adalah dengan dosimeter kimia dimana pengukuran didasarkan pada perubahan kimia sebagai efek dari penyerapan energi iradiasi (Hermana, 1991). Dalam Tabel 7.1, dosis iradiasi dapat digolongkan kedalam 3 dosis.

Tabel 7.1 Golongan Dosis Iradiasi

Dosis (kGy)	Dampak	Penerapan pada Bahan Pangan
Dosis rendah (s/d 1 kGy)	Menghambat pertunasan	Bawang putih, bawang merah, kentang
	Menunda kematangan	Pisang
	Disinfektasi serangga	Produk segar dan <i>dried food</i>

	Inaktivasi parasit	Daging babi
	Mengurangi organisme pembusuk	Ikan yang dikeringkan, jamur, strawberi
Dosis sedang (1 – 10 kGy)	Mengurangi patogen non-spora	Rempah, daging, dan kerang
Dosis tinggi (10-50 kGy)	Mengurangi patogen (sterilisasi)	Rempah dan makanan untuk pasien rumah sakit dan bencana alam

Melalui pengaturan dosis iradiasi, pengaruh kimia atau biologi terhadap bahan pangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Dalam Tabel 7.2 merupakan dosis iradiasi yang efektif digunakan baik untuk pengawetan maupun perbaikan mutu makanan

Tabel 7. 2 Dosis Iradiasi Untuk Berbagai Tujuan Pengawetan

No.	Tujuan Pengawetan	Dosis (kGy)
1.	Pasteurisasi	1-5
2.	Menghilangkan mikroba patogen	1-10
3.	Menghilangkan serangga	0.2-0.8
4.	Sterilisasi	10-60
5.	Menunda kematangan buah dan sayur	0.10-0.12
6.	Menghambat pertunasan pada umbi-umbian	0.20-3.00

7.3.2 Aplikasi Iradiasi dalam Bidang Pangan

Aplikasi iradiasi pada bahan makanan bertujuan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme dalam bahan makanan sehingga bahan makanan menjadi lebih awet, memiliki masa simpan yang lama, dan rentan tercemar mikroorganisme walaupun tanpa pengolahan lebih lanjut. Dalam *Food dan Drug Administration* (FDA) telah dijabarkan mengenai berbagai jenis bahan makanan yang

telah disetujui untuk proses iradiasi. Proses iradiasi dapat mencegah proses pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan bahan makanan dengan cara mengubah susunan struktur genetiknya dan dapat mencegah serangan serangga (Dwiloka, 2002).

a. Memperbaiki mutu bahan pangan

Efek iradiasi dapat mempengaruhi struktur molekul bahan pangan, antara lain:

- sayuran kering yang diiradiasi dengan dosis 30 kGy menjadi lebih cepat empuk saat dimasak sebab pengaruh iradiasi pada struktur polisakarida yang dapat merubah konsistensinya.
- Buah anggur yang diiradiasi dengan dosis 4-5 kGy dapat menghasilkan sari buah 10-20% lebih banyak karena perubahan permeabilitas dinding selnya akibat efek iradiasi.
- Kacang yang diiradiasi dapat menghambat pertunasan dan sintesis klorofil serta solanin.

b. Memperbaiki higiene bahan pangan

Iradiasi dapat menghilangkan *Salmonella* secara efektif dalam bahan pangan seperti pada daging, telur, atau udang baik dalam bahan makanan segar atau yang telah dibekukan.

c. Memberantas serangga perusak bahan pangan

Penggunaan iradiasi pada dosis rendah antara 0,2 – 0,8 kGy dapat mematikan serangga yang umum ditemukan pada bahan makanan.

d. Menurunkan residu zat kimia pada bahan pangan

Penggunaan iradiasi telah terbukti efektif dalam mengawetkan bahan pangan sehingga penggunaan zat kimia sebagai bahan pengawet dapat berkurang.

e. Sterilisasi untuk aplikasi tertentu

Iradiasi dengan dosis tinggi telah digunakan untuk mensterilkan makanan hewan percobaan penelitian.

Makanan para astronot juga merupakan makanan yang telah diproses menggunakan iradiasi sehingga dapat tetap awet walaupun disimpan lama dalam suhu kamar.

7.4 Aspek Keamanan Pangan Iradiasi

7.4.1 Nilai pH

Salah satu indikator dalam menentukan kesegaran ikan secara kimiawi adalah nilai pH (Nurilmala *et al.*, 2021). Perubahan nilai pH pada bahan pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cara memanen atau menangkap, pemberian nutrisi, lingkungan tumbuh, dan kondisi lainnya (Sakaguchi, 1990). Ikan hidup umumnya memiliki pH 7,0 (netral) dan setelah mati maka nilai pH menjadi menurun (Jaya dan Ramadhan, 2006). Ikan yang tidak segar memiliki pH lebih basa diakibatkan diproduksinya senyawa-senyawa basa seperti trimethylamine, amoniak, dan senyawa volatile lainnya (Hadiwiyoto, 1993).

7.4.2 Kadar Air

Kadar air menyatakan jumlah air yang terdapat dalam bahan makanan. Kadar air dalam suatu bahan makanan mempengaruhi tekstur, cita rasa, penampakan hingga tingkat kesegaran bahan pangan tersebut. Pengukuran kadar air dalam bahan makanan sangat diperlukan sebelum pemberian perlakuan pengawetan lebih lanjut seperti iradiasi maupun metode pengawetan lainnya (Apriyantono, 1989).

7.4.3 Aspek Kimia

Proses penyinaran iradiasi digolongkan kedalam proses dingin karena tidak mengakibatkan kenaikan suhu pada bahan makanan yang dilaluinya. Senyawa kimia yang

terbentuk akibat aplikasi iradiasi sangat bergantung pada dosis yang digunakan dan komposisi bahan makanan. Perubahan kimia ini dapat diminimalisir melalui pengaturan suhu dan kadar air bahan serta mengurangi oksigen disekililing bahan yang akan diiradiasi. Pada dosis sterilisasi, senyawa kimia yang terbentuk hanya sedikit. Pada dosis yang sangat rendah, senyawa kimia yang timbul tidak mengakibatkan pengaruh apapun sebab jumlahnya hanya sedikit (Liberty *et al.*, 2013).

7.4.4 Aspek Mikrobiologi

DNA pada sel hidup termasuk mikroba yang bersifat patogen dapat rusak apabila terpapar radiasi pengion. Penggunaan iradiasi dosis sedang (1-10 kGy) tidak menyebabkan mutasi pada mikroba yang resisten atau bersifat lebih patogen. Umumnya bakteri patogen vegetatif, tidak berspora termasuk gram negative lebih sensitive terhadap radiasi, sementara bakteri yang berspora lebih resisten dan harus diiradiasi menggunakan dosis tinggi (>10 kGy) (Dwiloka, 2002).

7.4.5 Aspek Gizi

Umumnya, terdapat penurunan kadar vitamin dalam bahan makanan akibat iradiasi. Vitamin B2 (riboflavin), vitamin B3 (niacin), dan vitamin D cukup tahan terhadap iradiasi, dibandingkan dengan vitamin A, B, C, dan E. Penurunan kadar vitamin pada proses iradiasi hampir sama dengan penurunan akibat proses pemanasan. Pada sterilisasi panas kadar vitamin B1 (thiamin), vitamin B3 (niacin), dan vitamin B6 (piridoksin) mengalami penurunan kadar sebesar 80%, 35%, dan 16% dan pada iradiasi dosis 45 kGy menggunakan suhu -79°C mengalami penurunan kadar sebesar 15%, 22%, dan 2% (Putri, Wardani dan Harsojo, 2015).

7.4.6 Aspek Toksikologi

Uji toksikologi pada pangan iradiasi menggunakan prosedur yang lebih lengkap dibandingkan pengujian terhadap pangan dengan pengawetan umumnya. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan oleh *International Food Irradiation Project* (IFIP) pada tahun 2008, bahwa aplikasi pengawetan pangan menggunakan iradiasi lebih aman dibandingkan dengan pangan yang diawetkan menggunakan teknik pengawetan konvensional lainnya.

7.4.7 Aspek Pengemasan

Pengemasan bahan pangan dilakukan sebelum proses iradiasi dilaksanakan untuk menghindari terjadinya kontaminasi ulang maupun silang. Kemasan yang digunakan harus mampu melindungi produk dan tidak akan mengalami perubahan komponen yang dapat mempengaruhi kualitas produk. Kemasan berbahan kaca dapat berubah warna menjadi cokelat akibat iradiasi sehingga kemasan kaca dianggap kurang cocok sebagai kemasan pangan iradiasi. Adapun kemasan kayu atau bahan selulosa lain dapat rusak apabila terpapar radiasi berulang-ulang. Selain bahan kemasan, hal lain yang perlu diperhatikan adalah sistem pengangkutan produk dan sumber iradiasi sebab dapat mempengaruhi kecepatan distribusi dosis dalam wadah. Proses iradiasi lebih mudah untuk dilakukan jika wadah yang digunakan berbentuk geometris terutama memiliki sisi yang rata. *International Consultative Group on Food Irradiation* (ICGFI) telah merilis daftar bahan kemasan yang diizinkan untuk digunakan sebagai kemasan pangan iradiasi di beberapa negara (BPOM, 2004).

7.4.8 Aspek Dosimetri

Dosimetri bertujuan untuk penetapan keseragaman dosis agar bahan pangan yang akan diiradiasi menerima jumlah dosis yang sesuai dengan tujuan iradiasi (Kuntz dan Strasser, 2016). Pengawetan iradiasi bertujuan untuk merusak DNA bakteri tanpa mengubah sifat-sifat bahan pangan yang dilaluinya sehingga pemberian dosis yang tepat untuk setiap jenis bahan pangan sangat penting. Dianjurkan sebelum bahan pangan diberikan iradiasi, dosis tujuan pengawetan pangan iradiasi telah diketahui (Putri, Wardani dan Harsojo, 2015).

7.4.9 Aspek Legalitas dan Pemantauan

Berdasarkan rekomendasi dari *Joint Expert Committee on Food Irradiation* (JECFI) pada tahun 1980, bahwa makanan yang diiradiasi sampai dosis 10 kGy aman untuk dikonsumsi manusia. Di Indonesia, ketentuan mengenai iradiasi pangan diatur menurut Perarutan Menteri Kesehatan RI No. 826 tahun 1987 dan No. 152 tahun 1995. Adapun hal-hal pokok yang diatur dalam peraturan tersebut berupa pengawasan iradiasi makanan dan peredaran bahan makanan iradiasi. Peraturan tersebut dilengkapi dengan lampiran berisi Ketentuan Tentang Makanan Iradiasi dan Ketentuan Umum Cara Kerja Fasilitas Iradiasi. Lampiran kedua dalam peraturan tersebut disesuaikan dengan pedoman yang disetujui oleh *Codex Alimentarius Commission* (CAC) tahun 1983. Peraturan tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Undang-Undang Pangan No.7 tahun 1996 (Irawati, 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono, A. (1989) *Petunjuk Analisis Laboratorium Pangan*. Bogor: IPB Press.
- Barbosa-Cánovas, G.V. *et al.* (1998) *Nonthermal Preservation of Foods*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- BPOM (2004) *Cara Iradiasi Yang Baik Untuk Mengendalikan Patogen Dan Mikroflora Lain Pada Bumbu, Rempah-Rempah Dan Ramuan Lain Yang Berasal Dari Sayuran*, Direktorat Standardisasi Produk Pangan. Jakarta.
- Dwiloka, B. (2002) 'Bahan Kuliah Iradiasi Pangan'. Semarang: Universitas Semarang, p. 62.
- Hadiwiyoto, S. (1993) *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Jilid I*. Yogyakarta: Liberty.
- Hermana (1991) *Iradiasi Pangan*. Bdanung: ITB.
- Irawati, Z. (2007) 'Pengembangan Teknologi Nuklir Untuk Meningkatkan Keamanan Dan Daya Simpan Bahan Pangan', *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 3(2), pp. 41–52.
- Jaya, I. dan Ramadhan, D.K. (2006) 'APLIKASI METODE AKUSTIK UNTUK UJI KESEGARAN IKAN', *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, IX(2), pp. 1–13.
- Kuntz, F. dan Strasser, A. (2016) 'The Specifics of Dosimetry for Food Irradiation Applications', *Radiation Physics dan Chemistry*, 129, pp. 46–49.
- Liberty, J.T. *et al.* (2013) 'An Overview of the Principles dan Effects of Irradiation on Food Processing & Preservation', *International Journal of Multidisciplinary dan Current Research*, Nov/Dec(Who 1994), pp. 236–243. Available at: <http://ijmcr.com>.
- Molins, R.. (2001) *Food Irradiation: Principles dan Application*. Canada: John Wiley & Sons Inc.

- Nurilmala, M. *et al.* (2021) 'KEMUNDURAN MUTU IKAN BARONANG (*Siganus javus*) PADA PENYIMPANAN SUHU CHILLING', *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 12(1), pp. 93–101. Available at: <https://doi.org/10.24319/jtpk.12.93-101>.
- Putri, F.N.A., Wardani, A.K. dan Harsojo (2015) 'Aplikasi Teknologi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku Sebagai Upaya Penurunan Bakteri Patogen Pada Seafood : Kajian Pustaka', *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), pp. 345–352. Available at: <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/150>.
- Sakaguchi, M. (1990) *Sensory dan Non Sensory Methods for Measuring Freshness of Fish dan Fishery Products. Science of Processing Marine Food Product*. Japan: International Agency.
- Satin, M. (2002) 'Use of irradiation for microbial decontamination of meat: Situation dan perspectives', *Meat Science*, 62(3), pp. 277–283. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00129-8).
- Sedeh, F.M. *et al.* (2007) 'Using gamma irradiation dan low temperature on microbial decontamination of red meat in Iran', *Indian Journal of Microbiology*, 47(1), pp. 72–76. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12088-007-0013-y>.
- Tritsch, G.L. (1992) *Food Irradiation, Nutrition Reviews*. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1992.tb02474.x>.

BAB 8

PRINSIP TEKNOLOGI PEMANGGANGAN

Oleh Ira Gusti Riani

8.1 Pendahuluan

Pemanggangan merupakan proses termal secara kering yang dilakukan untuk mengubah sifat dan karakter organoleptik untuk memperbaiki citarasa, aroma dan warna suatu produk pangan. Perubahan tersebut menyebabkan produk pangan lebih disukai oleh konsumen. Proses pemanggangan melibatkan perpindahan panas dan massa. Perpindahan panas berasal dari media pemanas ke bahan pangan yang dipanggang. Sedangkan perpindahan massa terjadi pergerakan air dari bahan ke udara. Panas yang diberikan ke berlangsung melalui 3 tahapan perpindahan panas yaitu (1) proses radiasi yang terjadi melalui dinding alat pemanggangan, (2) proses konveksi melalui aliran sirkulasi udara dalam alat pemanggangan, (3) proses konduksi melalui *pan* panas yang digunakan. Besarnya energi yang digunakan selama proses pemanggangan sekitar 450-650 kJ/kg produk pangan. Panas yang dihasilkan dari alat pemanggangan digunakan untuk mengurangi kadar air dengan menguapkan air, memanaskan produk dan permukaan produk sehingga terbentuk kulit produk yang kering. Proses pemanggangan terjadi pada tekanan atmosfir sehingga air dapat terlepas dari produk pangan. Pada produk pangan temperature tidak akan melebihi suhu 100°C sedangkan temperatur udara panas pada

produk pangan meningkat hingga 110-240°C. Proses pemanggangan akan merubah kualitas sensorik pada makanan terutama tekstur makanan. Kualitas sensorik dipengaruhi oleh reaksi Maillard dan karamelisasi yang menyumbang rasa dan aroma yang khas. Tekstur produk makanan dengan proses pemanggangan menghasilkan tekstur renyah dan *crunchy*.

8.2 Jenis Teknik Pemanggangan

Teknik pemanggangan terdiri dari 5 teknik yaitu (1) *baking*, (2) *grilling*, (3) *toasted*, (4) *broiling*, (5) *roasted*.

8.2.1 Baking

Baking merupakan teknik memanggang dengan menggunakan suhu panas. Teknik *baking* biasanya digunakan untuk pembuatan roti dan kue. *Baking* menggunakan oven secara *direct* maupun *indirect*. Oven pemanggangan pada *baking* menggunakan oven tertutup sehingga makanan tidak bersentuhan langsung dengan api namun matang sempurna karena adanya suhu panas yang menyebar pada dinding oven. Suhu untuk *baking* biasanya sekitar 160 hingga 180°C. Teknik *baking* tidak menggunakan minyak maupun air.

8.2.2 Grilling

Grilling adalah teknik pemanggangan dengan menggunakan bara api agar makanan matang secara merata. Teknik memanggang secara *grilling* biasa digunakan untuk memanggang sate dan *barbeque*.

8.2.3 Toasted

Toasted merupakan teknik memanggang dengan menggunakan suhu rendah dengan oven atau wajan. Teknik memanggang *toasted* biasanya digunakan untuk memanggang roti tawar.

8.2.4 Broiling

Broiling merupakan teknik memanggang menggunakan radiasi panas dengan menggunakan suhu tinggi dan langsung mengarah ke makanan. Teknik *broilling* harus sering membalikkan makanan. Teknik *broilling* biasanya digunakan untuk memanggang ikan dan daging.

8.2.5 Roasted

Roasted merupakan teknik memanggang dengan menggunakan suhu tinggi hingga 150°C hingga 205°C dengan alumunium foil agar makanan menjadi panas sempurna. Teknik *roasted* menggunakan oven secara langsung dengan bara api. *Roasted* akan menghasilkan rasa karamelisasi yang lebih kuat. Teknik memasak dengan *roasting* bersentuhan langsung dengan api sehingga citarasa menjadi lebih kuat. Pan yang digunakan biasanya merupakan terbuka. Teknik *roasted* biasanya digunakan untuk daging dengan ukuran yang lebih tebal. Tidak hanya daging, namun *roasting* juga dapat digunakan untuk sayur (ubi jalar, brokoli, kol) dengan menggunakan sedikit garam dan minyak. Tujuan utama memanggang dengan teknik *roasting* adalah agar masakan berubah menjadi cokelat dan terkaramelisasi.

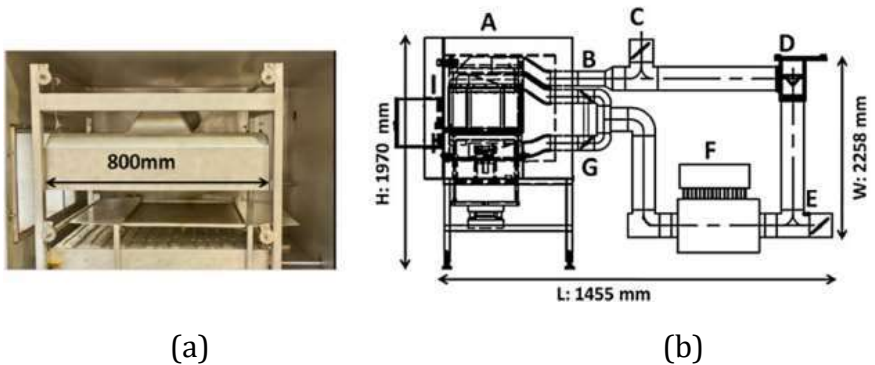
8.3 Alat Pemanggangan

Alat pemanggangan menggunakan oven. Oven dapat menggunakan sumber panas dari energi listrik ataupun dari gas LPG. Oven dibagi menjadi dua berdasarkan proses pemanasnya yakni pemanasan secara langsung (*direct*) menggunakan sumber pemanas yang langsung bisa memanaskan bahan. Sedangkan pada proses pemanasan tidak langsung (*indirect*) menggunakan sumber panas secara tidak langsung melainkan melalui sumber pemanas lainnya yang memancarkan udara panas atau uap panas guna memanaskan bahan. Pemanasan tidak langsung (*indirect*) dapat dilakukan secara *batch*, semi kontinyu dan kontinyu.

8.3.1 Pemanasan Secara Langsung

Oven pemanasan secara langsung (*direct*) atau dikenal dengan *Direct Gas Fired Oven (DGF oven)* merupakan pemanggangan dengan menggunakan bahan bakar gas secara langsung. *DGF oven* menggunakan sumber bahan bakar alami seperti minyak, propane, butane. *DGF oven* juga dapat menggunakan sumber panas seperti listrik. Pada oven pemanasan secara langsung menggunakan temperatur yang dapat diatur secara otomatis. Oven pemanasan tipe *direct* memiliki tipe oven kontinu maupun *batch*. Pada oven tersebut dilengkapi pita pembakar dibagian atas dan bawah pada sabuk konveyor. Sumber panas memancarkan energi kedalam ruang pemanggangan dengan kombinasi campuran gas dan udara. Tipe perpindahan panas pada *DGF oven* menggunakan radiasi langsung oleh permukaan panas. *DGF oven* banyak digunakan untuk membuat biskuit dan pizza. Oven *direct* menggunakan suhu diatas 300°C. Oven ini menggunakan sumber panas yang tidak bersentuhan langsung dengan dengan ruang pemanggangan. Beberapa keuntungan oven tipe langsung (*DGF oven*) ini adalah memiliki waktu yang lebih singkat, memiliki pengaturan

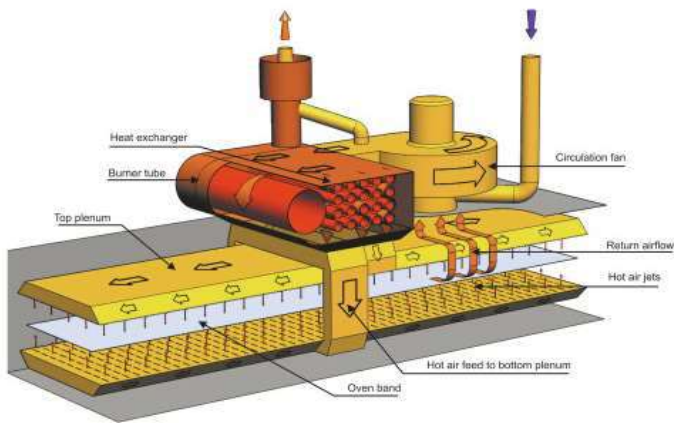
yang baik, efisiensi panas yang baik. Namun demikian pada oven ini harus melakukan perawatan berkala baik pada alat pembakar gas maupun komponen alat lainnya.



Gambar 8. 1 Oven Pemanasan Secara Langsung, (a) Oven Tampak Depan; (b) Oven Tampak Samping
(Sumber : Endersen *et al*, 2013)

8.3.2 Pemanasan Secara Tidak Langsung

Oven pemanasan secara tidak langsung (*indirect*) yang di kenal dengan *Indirect Gas Fired Oven* (IGF Oven) memiliki bahan bakar yang berasal dari udara atau pipa uap. Udara panas dilairkan melalui tabung uap dengan di resikulasi sehingga menyebar. Sumber pemanas ini kemudian digunakan untuk ruangan pada pemanggangan. Pada alat pemanggangan elektrik pemanasan dilakukan melalui induksi pemanas pada radiator. Radiator terletak dibawah, diatas dan disepanjang sabuk konvenyor pada oven tipe kontinu, sedangkan pada oven *batch* terletak di di dinding dan di dasar.



Gambar 8. 2 Oven pemanasan secara tidak langsung
(Sumber : Davidson, 2023)

Oven memiliki dua tipe oven pengoperasian yakni tipe dalam bentuk terputus (*batch oven*) dan bentuk berkesinambungan (*continuous-semi continuous oven*).

8.3.3 Batch Oven

Oven yang dioperasikan dengan tipe batch memiliki *tray* atau loyang yang panjang dan dilengkapi dengan alat berbentuk panjang untuk membantu proses keluar masuk dari oven. Pada *multi-deck oven* memiliki ruang yang lebih besar yang dilengkapi *space* bertingkat sehingga kapasitas produksinya menjadi lebih banyak. *Multi-deck oven* digunakan untuk memanggang produk bakery seperti roti, *crackers*, dan biskuit. *Batch oven* memiliki kelemahan yakni membutuhkan tenaga kerja yang banyak untuk memasukkan dan mengeluarkan loyang dari oven. Selain itu tipe *batch oven* juga menghasilkan produk yang kurang seragam karena loyang dimasukkan dan dikeluarkan secara manual menggunakan tenaga kerja manusia sehingga kecepatan dalam pengoperasian mempengaruhi hasil keseragaman produk. Pada oven tipe *batch* harus dilengkapi dengan *tray* atau loyang yang terpisah yang

tahan terhadap panas. Sumber panas akan menyebarkan panas secara konduksi yakni menyebarkan panas dari *tray* atau loyang ke permukaan produk pangan.

8.3.4 Continuous-Semi Continuous Oven

Oven yang dioperasikan dengan tipe *continuous-semi continuous oven* tidak memiliki *tray* terpisah seperti batch oven. Produk pangan diletakkan di *tray* yang berjalan secara otomatis melalui satu pintu input dan output. Contoh oven yang menggunakan tipe *continuous-semi continuous oven* adalah *revolving-hearth ovens*, *reel ovens* dan *multy-cycle tray ovens*. Oven tipe ini memiliki distribusi sistem pemanasan dengan temperature yang konstan sehingga proses pemanggangan menjadi lebih efektif dan lebih seragam. Kelemahan dari *continuous-semi continuous oven* perawatan yang cukup sulit dan harus berkala.

8.4 Pengaruh Pemanggangan

Proses pemanggangan akan merubah kualitas sensorik pada makanan terutama tekstur makanan. Kualitas sensorik dipengaruhi oleh reaksi Maillard dan karamelisasi yang menyumbang rasa dan aroma yang khas. Tekstur produk makanan dengan proses pemanggangan menghasilkan tekstur renyah dan *crunchy*.

8.4.1 Tekstur

Proses pemanggangan pada dasarnya untuk menghasilkan produk pangan dengan tekstur yang lebih renyah. Permukaan produk pangan menjadi lebih kering akibat proses pemanggangan. Selain permukaan pangan menjadi kering, pembentukan kerak juga akan terjadi dikarenakan adanya proses koagulasi, degradasi maupun pirolisis parsial. Selain itu pembentukan tekstur renyah

disebabkan karena kadar air yang rendah. Panas yang tinggi menyebabkan gula pereduksi dan protein mempropagasi pembentukan warna coklat sebagai hasil reaksi maillard dan karamelisasi gula. Pada akhir proses pemanggangan terbentuk tekstur *crush* (remah) yang terdapat pada permukaan akibat penggumpalan gluten. Tekstur inilah yang diharapkan untuk produk pemanggangan.

8.4.2 Aroma

Aroma untuk produk hasil proses pemanggangan dihasilkan karena reaksi pencokelatan Maillard dan juga karamelisasi. Reaksi Maillard merupakan reaksi kimia antara protein dan gula pereduksi sedangkan karamelisasi merupakan reaksi kimia antar gula pereduksi. Aroma dihasilkan dari asam amino yang menghasilkan aldehid spesifik aromatik yang spesifik, sehingga asam amino yang berbeda akan menghasilkan aroma yang berbeda pula. Selain menghasilkan aroma yang spesifik, reaksi Maillard dan karamelisasi menghasilkan warna cokelat yang diharapkan.

8.4.3 Warna

Warna yang dikehendaki dalam proses pemanggangan adalah warna keemasan yang diakibatkan karena proses pencokelatan (browning). Perubahan warna menjadi sedikit gosong terkadang juga diharapkan dalam produk yang melalui proses pemanggangan. Warna kecokelatan diakibatkan karena adanya reaksi Maillard dan karamelisasi. Kedua reaksi tersebut menghasilkan warna cokelat yang diakibatkan karena adanya reaksi antara gula, protein dan air. Warna tersebut disumbangkan oleh adanya gugus furfural dan hidroksimetil furfural. Warna coklat keemasan sangat diharapkan untuk produk baking seperti

roti, Perubahan mencolok pada warna didalam produk baking menjadi daya tarik tersendiri bagi produk baking.

8.4.4 Gizi

Proses pemanggangan mengakibatkan nilai gizi pada produk mengalami perubahan. Nutrisi yang pertama hilang karena proses pemanggangan terjadi pada permukaan produk karena permukaan tersebut mengalami perubahan karena reaksi kimia yang terjadi. Pada reaksi Maillard terjadi penurunan kuantitas dan kualitas protein. Vitamin yang paling mudah rusak adalah thiamin. Thiamin merupakan jenis vitamin yang paling mudah rusak karena panas terutama untuk produk sereal dan daging. Tidak hanya pada jenis vitamin, namun proses pemanggangan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang lama menyebabkan kehilangan sejumlah asam amino seperti lisin, triptofan, dan metionin. Namun demikian, kehilangan beberapa nutrisi dapat diatasi dengan cara melakukan fortifikasi agar produk memiliki standar gizi yang baik.

8.4 Produk Pemanggangan

Produk pangan yang menggunakan proses pemanggangan yang paling dikenal adalah produk *bakery* seperti roti, *cookies*, biskuit, dan lain-lain. Produk *bakery* tersebut memiliki komposisi yang berbeda-beda walaupun melewati prinsip proses pemanggangan yang sama. Umumnya, produk *bakery* menggunakan alat pemanggangan sesuai dengan skala pembuatannya. Untuk produk dengan skala produksi besar biasanya menggunakan alat pemanggangan tidak langsung dengan tipe *continuous-semi continuous oven*. Prinsip pemanggangan pada dasarnya sama baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pindah panas yang terjadi selama proses pemanggangan melewati tiga jenis pindah panas yakni radiasi, konduksi dan konveksi. Peristiwa radiasi berlangsung dari dinding oven yang digunakan. Selanjutnya sumber panas akan memanaskan oven hingga suhu tertentu sehingga terdapat sirkulasi udara panas didalam oven. Pergerakan dan perpindahan sirkulasi udara panas dalam oven tersebut berlangsung secara konveksi. Tray atau loyang yang sudah terdapat adonan produk diatasnya akan menjadi panas karena adanya sirkulasi udara panas yang terdapat didalam oven. Hal ini menyebabkan tray menjadi panas. Tray atau loyang yang panas kemudian menghantarkan panas ke adonan diatasnya dan hal ini terjadi secara konduksi. Oven dilengkapi dengan kipas angin yang dapat meningkatkan sirulasi udara panas didalam oven sehingga panas menjadi lebih merata. Air yang terkandung dalam adonan perlahan mulai berkurang karena adanya aliran udara panas. Temperatur oven yang terus meningkat akan mendukung terjadinya lapisan kering pada permukaan adonan. Hal ini dikarenakan kelembaban udara didalam oven menjadi lebih rendah sehingga air menguap dan air bergerak keatas permukaan produk pangan. Hal ini mengakibatkan air menguap dan akhirnya permukaan adonan menjadi kering dan menghasilkan lapisan kerak. Sehingga permukaan adonan menjadi lebih garing sedangkan adonan didalam lebih lembut,

8.4.1 Roti

Produk pangan yang paling dikenal karena proses pembuatannya menggunakan teknik pemanggangan adalah roti. Roti dibuat dengan adonan utama berasal dari tepung terigu, air, telur, margarin, gula dan garam. Pembuatan roti membutuhkan ragi untuk mengembangkan adonan. Ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cereviceae*. Ragi akan adonan roti dengan proses fermentasi. Gas karbondioksida hasil fermentasi yang dihasilkan oleh *Saccharomyces*

cereviceae akan memuai ketika dipanggang didalam oven sehingga roti dapat mengembang dengan baik. Ragi dapat dibedakan menjadi ragi basah, ragi aktif kering, dan ragi instan. Ketiga ragi memiliki bentuk yang berbeda dengan daya tahan yang berbeda. Ragi aktif kering memiliki daya tahan yang lebih lama. Berbeda dengan ragi basah, ragi aktif kering harus diaktifkan sebelum menggunakan dengan cara melarutkan ke dalam air dan gula. Sedangkan ragi instan dapat digunakan langsung dicampur ke dalam adonan tepung namun ragi instan rentan rusak dan harus segera disimpan di dalam wadah kedap udara.



Gambar 8. 3 Produk *Bakery* Roti
(Sumber : Arwini, 2021)

Tepung terigu yang digunakan untuk pembuatan roti adalah tepung terigu dengan tinggi protein. Tepung terigu mengandung gluten yang memiliki fungsi sebagai pembentuk struktur pada roti. Gluten dapat menahan udara sehingga roti menjadi lebih mengembang, kenyal dan elastis. Berdasarkan kandungan gluten, tepung dibedakan menjadi tepung protein rendah, tepung protein sedang, dan tepung protein tinggi. Tepung protein rendah memiliki kandungan gluten yang paling rendah dengan kandungan protein berkisar 5 hingga 9%. Tepung protein sedang memiliki kadar protein 9,5 hingga 11%. tepung protein tinggi memiliki kandungan gluten paling tinggi dengan kadar protein 11,4 hingga 14%. Pembuatan roti

menggunakan oven pemanasan langsung (*direct*). Beberapa jenis roti yang dikenal yakni roti gandum, *baguette*, *croissant*, *bagel*, *crumpet*, *corn bread*, *sourdough*, *pita* (roti arab)

8.4.2 Cookies

Cookies atau yang dikenal dengan sebutan kue kering merupakan produk pangan dengan karakteristik tekstur yang renyah , memiliki ukuran kecil dengan rasa manis. *Cookies* memiliki tekstur yang berongga karena memiliki kadar air yang rendah. Bahan dasar pembuatan *cookies* adalah tepung terigu, susu, telur, gula, baking powder dan air.



Gambar 8. 4 Cookies Kering
(Sumber : BPOM, 2022)

Cookies melewati proses pemanggangan pada suhu 180 hingga 200°C selama 16 hingga 20 menit. Tepung terigu yang digunakan dalam pembuatan *cookies* adalah tepung terigu rendah protein dengan kandungan gluten sebesar 8% hingga 8%. Gluten yang rendah menghasilkan adonan yang membutuhkan daya pengembangan rendah sehingga *cookies* yang dihasilkan memiliki tekstur yang renyah. Tekstur permukaan *cookies* lebih garing dan bagian dalam *cookies* lebih lembut dan *chewy*.

8.4.1 Biskuit

Biskuit berasal dari bahasa Yunani yakni *biscotum* (panen). Biskuit merupakan produk pemanggangan dengan bahan dasar terigu protein rendah. Ukuran biskuit kecil dan tipis sehingga tekstur lebih renyah dan mudah untuk dipatahkan. Berbeda dengan *cookies* yang memiliki adonan lebih padat karena terkandung bahan yang beragam, biskuit memiliki komposisi material yang lebih sederhana seperti gula, butter dan tepung.



Gambar 8. 5 Biskuit
(Sumber : BPOM, 2022)

Tekstur biskuit lebih renyah karena mengalami dua kali proses pemanggangan. Umumnya, oven yang digunakan untuk membuat biskuit adalah oven tidak langsung (*indirect*) dengan tipe *continuous-semi continuous oven*. Biskuit memiliki kadar air kurang dari 5% sehingga kadar air yang rendah tersebut membuat biskuit memiliki masa simpan yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwini, N.P.D. 2021. Roti, Pemilihan Bahan dan Proses Pembuatan. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*. 4(1) : 33-40. DOI:10.47532/jiv.v4i1.249.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. 2022. *Hdanbook Registrasi Pangan Olahan Biskuit, Kukis, Wafer dan Krekers*. Jakarta : BPOM RIMuchtadi, T.R., dan Sugiyono.
2013. *Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Bdanung : Alfabeta.
- Buckle,K.A., Edwards,R.A., Fleeet,G.H., Wooton,M. 2009. *Ilmu Pangan penerjemah Hari Purnomo Adiono Cetakan 1*. Jakarta: UI Press.
- Davidson, Iain. 2023. *Biscuit Baking Technology (Third Edition). Chapter 18. Pages 303-309. Academic Press.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99923-6.00001-6>.
- Endersen, M., Risum, J., Nissen, J.A. 2013. Design dan Contruction of a Batch Oven for Investigation of Industrial Continuous Baking Processes. *Journal of Food Process engineering*. 36 (4) : 500-509. DOI:10.1111/jfpe.12012.
- Hariyadi, P., Suyatma, N,E., & Hartari, A. 2022. Satuan Operasi Pangan. Tangerang Selatan : Universitas Terbuka.
- Syah, D.,2012. *Pengantar Teknologi Pangan*. Bogor: IPB Press.

BIODATA PENULIS



Rissa Megavitry, S.Pd., M.Si

Penulis lahir di Dili tanggal 28 November 1991 dan merupakan putri tunggal dari Alm. Bapak H. Sulaeman dan Ibu Hj. Suyah Masgutik. Penulis menyelesaikan S1 di Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Makassar pada tahun 2013. Lalu pada tahun 2015 menempuh Program Magister di Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada konsentrasi Ilmu dan Teknologi Pangan. Saat ini penulis merupakan dosen tetap di Universitas Negeri Makassar pada program studi Pendidikan Kesejahteraan Keluarga sejak tahun 2019. Minat kajian utama riset penulis adalah bidang pendidikan, biologi, teknologi pangan, dan kuliner. Penulis dapat dihubungi melalui email rissamegavitry@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dwi Ari Cahyani, S.TP., M.Sc.

Dosen Program Studi DIII Agroindustri
Politeknik Banjarnegara

Penulis lahir di Banyumas tanggal 6 Januari 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi DIII Agroindustri Politeknik Banjarnegara. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Pertanian UNSOED dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Pertanian UGM. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan ilmiah.

BIODATA PENULIS



Faidha Rahmi, S. TP., M. Si

Dosen Program Studi Budidaya Perairan
Fakultas Pertanian Universitas Gajah Putih

Penulis lahir di Takengon, 22 Januari 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Putih Aceh Tengah. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Kebencanaan. Saat ini penulis sedang menempuh program S3 pada program studi Doktor Ilmu Pertanian, USK Bdana Aceh. Penulis sudah menghasilkan 3 buku Book Chapter dan satu buku monograf.

BIODATA PENULIS



Asmanur Jannah

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Nusa Bangsa

Penulis lahir di Pamekasan, tanggal 21 Agustus 1960. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Bangsa. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu-Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknologi Pasca Panen, Universitas Brawijaya di Malang dan lulus tahun 1996. Pada tahun 1986, untuk pertama kalinya diterima menjadi staf pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama (UWG) di Malang. Kemudian berpindah-pindah mengikuti penugasan suami, Hasil Sembiring, pada tahun 2001 ke Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara (UISU) sampai tahun 2006. Pada tahun 2006, pindah lagi ke Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA). Terakhir pada tahun 2015, pindah ke Fakultas Pertanian Universitas Nusa Bangsa (UNB) sampai sekarang. Beberapa mata kuliah yang pernah diampu antara lain, Pengantar THP, Fisiologi tumbuhan, biokimia, dan teknologi pascapanen.

BIODATA PENULIS



Nurul Fadillah Arshy S.TP.

Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

Penulis lahir di kota Bogor pada tanggal 4 Agustus 2000. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi tahun 2022. Penulis sedang melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

BIODATA PENULIS



Anis Khairunnisa, M.Si.

Dosen Program Studi Pengolahan Hasil Laut
Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana

Penulis merupakan lulusan S2 Ilmu Pangan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (2018), sebagai salah satu *awardee* Beasiswa Unggulan Masyarakat Berprestasi (*on going*) Batch II yang diberikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia tahun 2016. Sejak tahun 2021, penulis bergabung menjadi tim dosen di Program Studi Pengolahan Hasil Laut Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana.

Rumpun keilmuan yang didalami penulis adalah Pengolahan Hasil Perikanan dengan subrumpun Ilmu Rekayasa Pangan. Untuk itu, beberapa pengalaman penelitian dan publikasi jurnal yang telah dihasilkan penulis berkaitan dengan pengolahan hasil pangan dan perikanan. Beberapa buku yang telah dihasilkan penulis ialah 'Modul Praktikum Evaluasi Sensori (PANG4430)' yang saat ini digunakan sebagai salah satu modul pembelajaran mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi

Pangan Universitas Terbuka, 'Pengembangan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan Indonesia' dan 'Penyuluhan Perikanan (Konsep dan Penerapannya)' yang menjadi salah satu referensi bagi taruna/i Politeknik Kelautan dan Perikanan Jemberana dan masyarakat pada umumnya.

BIODATA PENULIS



Ira Gusti Riani, S.TP., M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Politeknik Negeri Sriwijaya

Penulis lahir di Palembang tanggal 27 Agustus 1991. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Banyuasin. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Sriwijaya pada tahun 2013 dan melanjutkan S2 pada BKU Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Sriwijaya pada tahun 2020.