



E-Sertifikat/Hei Publishing - Penulis : 102.14/V/2024



SERTIFIKAT

DIBERIKAN KEPADA:

I Ketut Budaraga

SEBAGAI

Penulis HEI PUBLISHING INDONESIA

Buku dengan judul : TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN HASIL PERTANIAN

Padang, 28 Mei 2024

NOMOR ISBN : 978-623-89139-3-0



Muhammad Ikhlas Al Kutsi, S.Kom., S.Pd.
Direktur Hei Publishing Indonesia





TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN HASIL PERTANIAN

Rahmawati, Dassy Eka Kuliah Sari, Erna Rusliana Muhamad Saleh,
Destiana Adinda Putri, Agustia Dwi Pamujiati, Nurhayati, Endah Puspitojati,
Emi Kurniawati, Husnita Komalasari, Ramadhani Chaniago, Putu Tessa Fadhila,
Yani Subaktih, Siti Nurhasanah, I Ketut Budaraga

TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN HASIL PERTANIAN

**Rahmawati
Dessy Eka Kuliahhsari
Erna Rusliana Muhamad Saleh
Destiana Adinda Putri
Agustia Dwi Pamujiati
Nurhayati
Endah Puspitojati
Emi Kurniawati
Husnita Komalasari
Ramadhani Chaniago
Putu Tessa Fadhila
Yani Subaktih
Siti Nurhasanah
I Ketut Budaraga**



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN HASIL PERTANIAN

Penulis:

Rahmawati
Dessy Eka Kuliahnsari
Erna Rusliana Muhamad Saleh
Destiana Adinda Putri
Agustia Dwi Pamujjati
Nurhayati
Endah Puspitojati
Emi Kurniawati
Husnita Komalasari
Ramadhani Chaniago
Putu Tessa Fadhila
Yani Subaktih
Siti Nurhasanah
I Ketut Budaraga

ISBN: 978-623-89139-3-0

Editor : Afridon, ST, M.Si

Penyunting : Akhirul Desman, ST

Desain Sampul dan Tata Letak : Lira Muhardi S.P

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Nomor IAKPI 043/SBA/2023

Redaksi :

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji
Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.HeiPublishing.id
Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, April 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

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

Buku ini membahas Pengenalan Teknologi Pengolahan Dan Pengawetan Hasil Pertanian, Prinsip Dan Metode Pengeringan, Prinsip Dan Metode Penggorengan, Prinsip Pengolahan Menggunakan Suhu Rendah, Prinsip Pengolahan Menggunakan Suhu Tinggi, Prinsip Pengawetan Non Termal, Proses Pengolahan Pangan Semi Basah, Prinsip Pengolahan Menggunakan Garam, Asam, Gula Dan Bahan Kimia, Prinsip Pengolahan Dengan Fermentasi, Prinsip Pengolahan Secara Enzimatis, Prinsip Teknologi Pengawetan Dengan Irradiasi, Prinsip Teknologi Pemanggangan, Prinsip Pemanasan Gelombang Mikro Dan Ohmik, Prinsip Teknologi Ekstrusi.

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

Padang, April 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENGENALAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN.....	1
1.1 Pengertian Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian.....	1
1.2 Ruang Lingkup Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian ..	4
1.3 Pengertian Teknologi Pengawetan Hasil Pertanian.....	6
1.4 Ruang Lingkup Teknologi Pengawetan Hasil Pertanian .	8
1.5 Perbedaan Teknologi Pengolahan dan Teknologi Pengawetan.....	10
DAFTAR PUSTAKA.....	12
BAB 2 PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN.....	13
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Prinsip Pengeringan.....	15
2.3 Metode Pengeringan	16
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan	23
DAFTAR PUSTAKA.....	25
BAB 3 PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN.....	27
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Prinsip Penggorengan	27
3.3 Metode Penggorengan	28
3.3.1 <i>Deep-frying</i> (penggorengan dengan minyak banyak).....	29
3.3.2 <i>Shallow-frying</i> (penggorengan dengan minyak sedikit).....	31
3.3.3 <i>Stir-frying</i> (penggorengan cepat dengan pengadukan).....	32
3.3.4 <i>Sautering</i> (penggorengan cepat tanpa pengadukan)	33
3.3.5 Penggorengan Tanpa Minyak (<i>Air Frying</i>)	34
3.3.6 <i>Vacuum Frying</i> (penggorengan vakum).....	36
3.4 Dampak pada Kesehatan.....	38

DAFTAR PUSTAKA.....	40
BAB 4 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU RENDAH	43
4.1 Pendahuluan.....	43
4.2 Prinsip Dasar Pengolahan Dengan Suhu Rendah	44
4.3 Jenis Pengolahan Dengan Suhu Rendah	45
4.3.1 Pendinginan	45
4.3.2 Pembekuan.....	46
4.4 Pengaruh Pengolahan Suhu Rendah Terhadap Kualitas Produk Pangan.....	48
4.4.1 Pendinginan	48
4.4.2 Pembekuan.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
BAB 5 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU TINGGI... 53	
5.1 Pendahuluan.....	53
5.2 Prinsip Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi	54
5.3 Faktor Pengaruh Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi.....	55
5.4 Teknologi Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi.....	56
5.5 Jenis Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi	57
5.5.1 <i>Blansing</i>	57
5.5.2 Pasteurisasi	58
5.5.3 Sterilisasi	59
5.5.4 Pemanggangan	60
5.5.5 Penggorengan	61
5.5.6 Pemanasan dengan gelombang mikro <i>(microwave)</i>	62
5.6 Kerusakan Bahan Pangan dalam Pengolahan dengan Suhu Tinggi.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
BAB 6 PRINSIP PENGAWETAN NON TERMAL..... 65	
6.1 Teknologi Ultrasonikasi pada Pangan.....	65
6.2 Teknologi Plasma pada Pangan.....	67
6.3 Teknologi Superkritis pada Pangan.....	70
6.4 Teknologi Iradiasi pada Pangan.....	72

6.5 Teknologi Medan Listrik Berdenyut (<i>Pulsed Electric Field</i>) pada Pangan.....	74
6.6 Teknologi Tekanan Hidrostatis Tinggi (THT) pada Pangan	76
DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 7 PROSES PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH	85
7.1 Pendahuluan.....	85
7.1.1 Pengertian Pangan Semi Basah.....	85
7.1.2 Pangan Semi Basah di Indonesia	86
7.2 Teknologi Pengolahan Pangan Semi Basah.....	87
7.2.1 Prinsip Pengolahan Pangan Semi Basah.....	87
7.2.2 Klasifikasi Pengolahan Pangan Semi Basah	89
7.2.3 Perkembangan Teknologi pada Pengolahan Pangan Semi Basah	90
7.3 Pengawetan Pangan Semi Basah	95
7.3.1 Umur Simpan Pangan Semi Basah	96
7.3.2 Metode Pengawetan Pangan Semi Basah	97
DAFTAR PUSTAKA.....	103
BAB 8 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA DAN BAHAN KIMIA	109
8.1 Pendahuluan.....	109
8.2 Pengolahan Menggunakan Garam.....	110
8.2.1 Pembuatan Acar Sayuran	110
8.2.2 Pembuatan Ikan Asin	111
8.2.3 Pembuatan Telur Asin.....	113
8.3 Pengolahan Menggunakan Asam.....	113
8.3.1 Pembuatan Selai	114
8.3.2 Pembuatan Keju Segar	114
8.4 Pengolahan Menggunakan Gula.....	115
8.4.1 Pembuatan Sari Buah.....	115
8.4.2 Pembuatan Sirup Buah.....	116
8.5 Pengolahan Menggunakan Bahan Kimia	116
8.5.1 Bahan Pengawet	117
8.5.2 Bahan Pengembang.....	117
8.5.3 Bahan Pengental	118
8.5.4 Bahan Pewarna	119

DAFTAR PUSTAKA.....	121
BAB 9 PRINSIP PENGOLAHAN DENGAN FERMENTASI	123
9.1 Pendahuluan.....	123
9.2 Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi.....	124
9.3 Media Fermentasi	129
9.4 Jalur Perombakan Senyawa.....	131
9.5 Proses Kerja Fermentasi	136
9.6 Pemanfaatan Proses fermentasi di Bidang Pangan.....	136
DAFTAR PUSTAKA.....	137
BAB 10 PRINSIP PENGOLAHAN SECARA ENZIMATIS.....	139
10.1 Latar Belakang	139
10.2 Konsep Dasar Enzimatis.....	140
10.2.1 Definisi enzim.....	140
10.2.2 Fungsi enzim dalam pengolahan	141
10.3 Pentingnya Enzim dalam Pengolahan.....	142
10.4 Prinsip Pengolahan secara Enzimatis	143
10.5 Jenis-jenis Enzim yang Digunakan	145
10.6 Contoh Pengolahan Secara Enzimatis	146
DAFTAR PUSTAKA.....	149
BAB 11 PRINSIP TEKNOLOGI PENGAWETAN DENGAN IRADIASI	151
11.1 Pendahuluan	151
11.2 Proses Iradiasi	152
11.3 Mekanisme Inaktivasi sel biologis.....	156
11.4 Perubahan Nutrisi Produk Pangan.....	159
11.5 Keamanan Pangan Hasil Radiasi	160
DAFTAR PUSTAKA.....	164
BAB 12 PRINSIP TEKNOLOGI PEMANGGANGAN.....	167
12.1 Pendahuluan	167
12.2 Pemanggangan Pada Bahan Pangan.....	168
12.3 Teknik Pemanggangan	170
12.3.1 Roasting	170
12.3.2 Baking	172
12.3.3 Grilling	178
DAFTAR PUSTAKA.....	180

BAB 13 PRINSIP PEMANASAN GELOMBANG MIKRO DAN OHMIK	183
13.1 Pemanasan Gelombang Mikro.....	183
13.2 Pemanasan Ohmic (<i>Ohmic Heating</i>)	186
DAFTAR PUSTAKA.....	193
BAB 14 TEKNOLOGI EKSTRAKSI PADA PANGAN	195
14.1 Pendahuluan.....	195
14.2 Peralatan Ekstrusi	196
14.2.1 Extruders	198
14.3 Beberapa Teknologi Ekstruksi Pada Pangan Yang Umum Digunakan.....	202
14.3.1. Ekstrusi Puffing.....	204
14.3.2 Ekstrusi Cook	205
14.3.3 Ekstrusi Twin-Screw	206
14.3.4 Ekstrusi Panas Rendah.....	208
14.3.5. Ekstrusi Mikro.....	209
14.3.6 Ekstrusi Dingin	210
14.3.7 Ekstrusi Viscoelastic	211
14.3.8 Ekstrusi Reaksional.....	212
14.4 Makanan Ringan Ekstrudat	213
DAFTAR PUSTAKA.....	218

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Kandungan air dan titik beku makanan tertentu	48
Tabel 4.2. Pengelompokan mikroorganisme dan rentang suhu pertumbuhannya.....	49
Tabel 7.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Pengeringan PSB.....	94
Tabel 7.2. Pertumbuhan mikroorganisme pada rentang aktivitas air pangan semi basah	97
Tabel 7.3. Teknologi pengawetan non-thermal pangan semi basah	102
Tabel 11.1. Dosis serap maksimum berdasar jenis pangan dan tujuan iradiasi	161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. Aplikasi ultrasonikasi untuk ekstraksi senyawa bioaktif	66
Gambar 6.2. Teknologi plasma dingin terbukti menghambat pertumbuhan kapang pada stroberi	68
Gambar 6.3. Proses ekstraksi fluida superkritis (A) dan aplikasinya pada industri pangan.....	71
Gambar 6.4. Iradiasi menghambat pertunasan pada kentang selama penyimpanan.....	73
Gambar 6.5. Modus aksi PEF dalam membunuh sel mikroba	75
Gambar 6.6. Aplikasi THT dalam pembuatan roti.....	76
Gambar 7.1. (a) Retord tampak depan (b) tampilan atas memperlihatkan distribusi wadah kaca selai kiwi	99
Gambar 7.2. Prinsip plasma treatment.....	100
Gambar 9.1. Reaksi glikolisis.....	134
Gambar 9.2. Siklus Krebs.....	135
Gambar 11.1. Prinsip pengawetan bahan pangan dengan Iradiasi.....	154
Gambar 11.2. Instrumen Alat Iradiasi Gamma.....	156
Gambar 11.3. Mekanisme kerusakan DNA mikrobia oleh iradiasi	157
Gambar 12.1. Alat pemanggang para – para sistem bertingkat	178
Gambar 14.1. Tampilan skema ekstruder dengan bagian-bagian utama.....	197
Gambar 14.2. Tenaga mekanik yang dinormalisasi sebagai fungsi dari indeks produktivitas.....	201

BAB 1

PENGENALAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN DAN PENGAWETAN HASIL PERTANIAN

Oleh Rahmawati

1.1 Pengertian Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian

Hasil pertanian setelah di panen akan mengalami kerusakan. Kerusakan akan terjadi tergantung pada jenis hasil pertanian. Kerusakan akan berjalan cepat seperti pada sayuran dan buah-buahan sedangkan pada biji-bijian dan kacang-kacangan kerusakan berlangsung lebih lambat. Hasil pertanian dapat dinyatakan rusak apabila menunjukkan adanya penyimpangan yang melewati batas yang dapat diterima secara normal oleh panca indera atau parameter lainnya.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan hasil pertanian yakni : 1) pertumbuhan mikroba yang menggunakan hasil pertanian sebagai substrat untuk memproduksi toksin didalam pangan. 2) Terjadinya katabolisme dan pelayuan (senescence) yaitu proses pemecahan dan pematangan yang dikatalisis enzim 3) reaksi kimia antar komponen pangan dan/atau bahan-bahan lainnya dalam lingkungan penyimpanan. 4) kerusakan fisik oleh faktor lingkungan (kondisi proses maupun penyimpanan) dan 5) Kontaminasi serangga, parasit dan tikus.

Untuk mengatasi kerusakan hasil pertanian harus dibuat kondisi yang dapat menghambat terjadinya kerusakan tersebut. Diantaranya dengan cara pengaturan suhu, pH, ketersediaan oksigen, ketersediaan air, ketersediaan karbon, nitrogen dan lainnya. Dengan pengaturan tersebut akan menghambat perkembangan mikroba, menghambat reaksi kimiawi dan enzimatis sehingga hasil pertanian tidak mengalami kerusakan. Teknik yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan tersebut adalah dengan melakukan pengolahan dan pengawetan.

Pengolahan hasil pertanian adalah serangkaian aktivitas dan proses yang dilakukan setelah panen untuk mengubah bahan mentah pertanian menjadi produk makanan atau bahan baku yang lebih bernilai tambah, lebih tahan lama, dan siap konsumsi. Tujuan utama pengolahan hasil pertanian adalah untuk meningkatkan nilai tambah pada produk pertanian, meningkatkan umur simpan, menjaga kualitas, dan memungkinkan produk tersebut dapat dijual atau dikonsumsi secara lebih efisien. Proses pengolahan dapat melibatkan pemotongan, pengeringan, pengemasan, pasteurisasi, fermentasi, penggilingan, dan berbagai metode lainnya, tergantung pada jenis hasil pertanian yang diolah dan produk akhir yang diinginkan. Contoh pengolahan hasil pertanian meliputi pembuatan sari buah dari buah-buahan segar, penggilingan gandum menjadi tepung, produksi keju dari susu sapi, pembuatan saus tomat dari tomat segar, pengeringan cabai menjadi cabai kering, dan fermentasi kubis untuk membuat kimchi. Semua aktivitas ini merupakan bagian dari pengolahan hasil pertanian yang bertujuan untuk menghasilkan produk makanan yang lebih bervariasi dan siap konsumsi bagi konsumen.

Pengolahan hasil pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam peningkatan nilai tambah pada produk pertanian mentah. Dengan pengolahan hasil pertanian akan memungkinkan penciptaan berbagai produk turunan dari hasil pertanian. Sebagai contoh, dari tomat segar, kita dapat menghasilkan produk seperti saus tomat, pasta tomat, sup krim tomat, atau tomat kering.

Pengolahan hasil pertanian juga merupakan suatu diversifikasi karena dapat meningkatkan nilai tambah dan meningkatkan jumlah pilihan produk yang tersedia bagi konsumen. Di dalam pengolahan melibatkan metode pengawetan seperti pengeringan, pengemasan vakum, atau pasteurisasi. Ini memperpanjang umur simpan produk, yang memungkinkan produk tersebut tetap berkualitas tinggi dan tersedia lebih lama di pasar. Selama proses pengolahan, kontrol kualitas dapat diterapkan untuk memastikan produk memenuhi standar tertentu. Ini termasuk pemeliharaan warna, rasa, tekstur, dan nilai gizi yang optimal.

Pengolahan membantu mengurangi pemborosan makanan dengan memanfaatkan bahan mentah yang mungkin tidak dapat dijual

dalam kondisi mentah. Misalnya, buah-buahan yang tidak terjual secara utuh dapat diolah menjadi selai atau jus. Proses pengolahan, seperti pasteurisasi atau pengawetan, membantu menghilangkan atau mengurangi risiko mikroorganisme patogen dalam produk, meningkatkan keamanan pangan bagi konsumen. Produk yang diolah seringkali memiliki daya saing yang lebih tinggi di pasar daripada bahan mentah. Ini memungkinkan produsen untuk memasarkan produk mereka dengan harga yang lebih tinggi.

Dengan pengolahan yang tepat, produsen dapat menciptakan merek yang dikenal dan diakui oleh konsumen. Ini membantu dalam membangun loyalitas pelanggan dan menghasilkan nilai tambah yang signifikan. Dengan pengolahan produk mereka sendiri atau melalui kemitraan dengan pengolah, petani dapat memperoleh pendapatan yang lebih besar daripada hanya menjual hasil pertanian mentah. Produk pertanian yang diolah seringkali memiliki potensi lebih besar untuk dieksport, yang dapat meningkatkan pendapatan negara dari perdagangan internasional. Industri pengolahan hasil pertanian menciptakan lapangan kerja, mendorong pertumbuhan ekonomi, dan berkontribusi pada perkembangan industri makanan dan minuman yang berkelanjutan.

Pengolahan hasil pertanian membuka peluang bagi petani, produsen, dan ekonomi secara keseluruhan untuk menghasilkan produk yang lebih bernilai tambah dan berkontribusi pada ketahanan pangan serta peningkatan pendapatan. Dengan meningkatnya permintaan konsumen untuk produk olahan yang berkualitas, pengolahan hasil pertanian akan terus memiliki peran penting dalam agribisnis.

Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian adalah penerapan berbagai metode, teknik, dan alat yang melibatkan proses fisik, kimia, dan biologis untuk mengubah bahan mentah hasil pertanian menjadi produk yang lebih bernilai, siap konsumsi, atau dapat digunakan dalam industri pangan. Tujuan utama dari teknologi pengolahan ini adalah meningkatkan nilai tambah produk, meningkatkan umur simpan, dan menciptakan produk dengan kualitas yang lebih baik.

Teknologi pengolahan mencakup berbagai tahap, mulai dari persiapan bahan baku hingga proses akhir pembuatan produk jadi.

Proses ini dapat mencakup pemotongan, pemisahan, pemanasan, pendinginan, fermentasi, pengeringan, penggorengan, dan banyak lagi, tergantung pada jenis produk dan metode yang diterapkan. Teknologi pengolahan hasil pertanian juga mencakup penggunaan enzim, penggunaan bahan tambahan makanan (BTM), serta pengolahan secara fisik, biologi, dan kimia.

Selain meningkatkan kualitas produk, teknologi pengolahan juga dapat membantu dalam mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme atau bahan berbahaya, meningkatkan keamanan pangan, dan memenuhi standar regulasi. Perkembangan teknologi digital juga semakin memainkan peran penting dalam memantau dan mengontrol proses pengolahan, meningkatkan efisiensi, dan memastikan konsistensi dalam produksi.

1.2 Ruang Lingkup Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian

Ruang lingkup Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian mencakup sejumlah aspek yang berkaitan dengan proses pengolahan bahan mentah pertanian menjadi produk yang lebih bernilai dan siap konsumsi. Berikut adalah beberapa elemen yang termasuk dalam ruang lingkup teknologi pengolahan hasil pertanian:

1. Pemilihan Bahan Baku:

Proses pemilihan bahan baku dimulai dengan memilih bahan mentah yang segar, bebas dari kerusakan dan berkualitas tinggi, yang memenuhi standar keamanan pangan dan kriteria kualitas lainnya.

2. Pemrosesan dan Pemisahan:

Proses mekanis dan/atau kimia dilakukan untuk memproses dan memisahkan komponen-komponen bahan mentah, seperti penggilingan, penghancuran, atau pemisahan biji dari buah.

3. Pemanasan dan Pemasakan:

Pemanasan digunakan untuk mematikan mikroorganisme, menguraikan enzim, dan menghasilkan perubahan kimia yang diinginkan dalam bahan mentah.

4. Pembekuan:

Metode ini untuk menghentikan pertumbuhan mikroorganisme dan mencegah reaksi kimia dengan menurunkan suhu produk menjadi di bawah titik beku.

5. Pengalengan dan Pengemasan:

Penggunaan wadah yang kedap udara dan steril untuk mempertahankan kebersihan dan kualitas produk, serta memperpanjang umur simpan.

6. Fermentasi:

Penggunaan mikroorganisme atau enzim untuk mengubah komponen bahan mentah menjadi produk yang diinginkan, seperti dalam pembuatan keju, yogurt, atau tempe.

7. Pengeringan:

Proses menghilangkan kadar air dari bahan mentah, yang dapat dilakukan dengan cara pengeringan udara, pengeringan matahari, atau menggunakan teknologi pengeringan khusus.

8. Penggorengan:

Pengolahan dengan memanaskan bahan mentah dalam minyak atau lemak, yang umumnya digunakan dalam pembuatan camilan atau makanan yang digoreng.

9. Pengolahan dengan Bahan Tambahan:

Penggunaan bahan tambahan seperti pewarna, pemanis, pengental, dan bahan tambahan lainnya untuk meningkatkan rasa, warna, atau tekstur produk.

10. Teknologi Digital dalam Monitoring dan Kontrol:

Penerapan teknologi digital untuk memonitor dan mengontrol proses pengolahan, termasuk penggunaan sensor, otomatisasi, dan sistem kontrol kualitas.

11. Keamanan Pangan:

Menerapkan praktik-produk keamanan pangan untuk mencegah kontaminasi dan memastikan keamanan produk akhir.

12. Inovasi dan Pengembangan Produk Baru:

Mencakup penelitian dan pengembangan untuk menciptakan produk baru atau meningkatkan produk yang sudah ada.

13. Aspek Keberlanjutan:

Memperhatikan dampak lingkungan dan keberlanjutan dalam proses pengolahan, seperti pengelolaan limbah, penggunaan

energi yang efisien, dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan.

1.3 Pengertian Teknologi Pengawetan Hasil Pertanian

Teknologi pengawetan hasil pertanian adalah serangkaian metode dan teknik yang digunakan untuk mempertahankan kualitas, keamanan, dan daya simpan produk pertanian agar dapat dikonsumsi atau digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama. Tujuan utama dari teknologi pengawetan hasil pertanian adalah untuk mengurangi kerugian hasil pertanian yang disebabkan oleh pembusukan, perubahan warna, tekstur, dan rasa, serta serangan organisme pengurai seperti bakteri dan jamur.

Tujuan pengawetan hasil pertanian adalah untuk mempertahankan kualitas, kesegaran, dan keamanan produk agar dapat digunakan atau dikonsumsi dalam jangka waktu yang lebih lama. Beberapa tujuan khusus pengawetan adalah 1) mencegah pembusukan hasil pertanian yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan khamir. Pengawetan dapat memperlambat atau menghentikan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak produk. 2) Menghambat proses oksidasi. Beberapa produk pertanian rentan terhadap oksidasi yang dapat menyebabkan perubahan warna, rasa, dan aroma. Pengawetan dapat membantu menghambat proses oksidasi, sehingga produk tetap terlihat, terasa, dan beraroma segar. 3) Memperpanjang Umur Simpan. Dengan menghentikan atau memperlambat perubahan kimia dan biologis yang terjadi pada hasil pertanian, pengawetan dapat memperpanjang umur simpan produk. Ini memberikan kesempatan untuk mendistribusikan produk ke lokasi yang lebih jauh atau menyimpannya untuk digunakan di waktu yang akan datang. 4) Mempertahankan Nutrisi. Pengawetan dapat membantu mempertahankan kandungan nutrisi produk pertanian. Proses pengawetan yang tepat dapat membantu mencegah kerugian nutrisi yang mungkin terjadi selama penyimpanan jangka panjang. 5) Memungkinkan Ketersediaan Produk Sepanjang Tahun. Dengan menggunakan teknologi pengawetan, produk pertanian dapat tetap tersedia di pasaran sepanjang tahun. Ini sangat penting mengingat

musim panen produk pertanian seringkali terbatas, sementara permintaan konsumen berlangsung sepanjang tahun. 6) Meningkatkan Keamanan Pangan. Pengawetan yang dilakukan dengan benar dapat membantu meningkatkan keamanan pangan dengan mencegah pertumbuhan bakteri patogen dan mikroorganisme penyebab penyakit lainnya. 7) Meningkatkan Nilai Ekonomi. Dengan mempertahankan kualitas produk, pengawetan dapat meningkatkan nilai ekonomi hasil pertanian. Produk yang awet dapat dijual dengan harga yang lebih baik, mengurangi pemborosan dan kerugian ekonomi. 8) Peningkatan Efisiensi Distribusi: Pengawetan memungkinkan produk untuk diangkut ke lokasi yang lebih jauh tanpa kehilangan kualitas. Ini membantu meningkatkan efisiensi rantai pasokan dan distribusi.

Prinsip pengawetan pangan ada tiga, yaitu: 1) Mencegah atau memperlambat kerusakan mikrobial. Mencegah atau memperlambat kerusakan mikrobial dapat dilakukan dengan cara mencegah masuknya mikroba ke dalam bahan pangan dengan cara bekerja secara aseptis, mengeluarkan mikroba dengan proses filtrasi, menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba dengan penggunaan suhu rendah, pengeringan, penggunaan kondisi anaerobik atau penggunaan pengawet kimia dan membunuh mikroba dengan sterilisasi atau radiasi. 2) Mencegah atau memperlambat laju proses dekomposisi (autolisis) bahan pangan; dan 3) Mencegah kerusakan yang disebabkan oleh faktor lingkungan termasuk serangan hama.

Pengawetan adalah proses atau metode untuk mempertahankan keberlanjutan atau keawetan bahan organik atau produk pangan. Teknik pengawetan dapat dilakukan secara fisik, kimia, atau biologis, tergantung pada sifat bahan yang akan diawetkan dan tujuan dari pengawetan tersebut.

1. Pengawetan Fisik

Beberapa contoh cara pengawetan secara fisik seperti :

- a. Pengeringan (*Drying*) yaitu mengurangi kadar air dalam bahan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang membutuhkan kelembaban.
- b. Pembekuan (*Freezing*) yaitu menggunakan suhu rendah untuk menghentikan aktivitas mikroorganisme dan enzim.

- c. Radiasi yaitu menggunakan radiasi ionisasi atau non-ionisasi (seperti sinar gamma atau sinar ultraviolet) untuk membunuh atau menghambat mikroorganisme.

2. Pengawetan Kimia

Beberapa contoh cara pengawetan secara kimia seperti :

- a. Pengasaman (*Acidification*) yaitu menurunkan pH untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme.
- b. Penambahan Garam (*Salting*) yaitu menggunakan garam untuk menarik air dari mikroorganisme, menghambat pertumbuhan bakteri.
- c. Penambahan Bahan Kimia Pengawet (*Preservatives*) yaitu menambahkan bahan kimia seperti asam sorbat atau sodium benzoat untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme.
- d. Pengawetan Gula (*Sugar Preservation*) yaitu menambahkan gula untuk mengurangi kadar air dan menciptakan lingkungan yang tidak cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme.

3. Pengawetan Biologis

Beberapa cara pengawetan secara biologis seperti :

- a. Fermentasi yaitu menggunakan mikroorganisme tertentu (biasanya bakteri atau ragi) untuk mengubah komponen bahan, menghasilkan produk akhir yang lebih tahan lama.
- b. Inokulasi Mikroba Menguntungkan yaitu menambahkan bakteri atau mikroorganisme menguntungkan untuk menghambat pertumbuhan mikroba yang merugikan.
- c. Pengawetan dengan Enzim (*Enzymatic Preservation*) yaitu menggunakan enzim untuk menghancurkan atau mengubah komponen bahan yang dapat menyebabkan kerusakan atau pembusukan.

1.4 Ruang Lingkup Teknologi Pengawetan Hasil Pertanian

Ruang lingkup teknologi pengawetan mencakup berbagai metode dan teknik yang digunakan untuk mempertahankan kualitas produk atau bahan sehingga dapat disimpan untuk jangka waktu yang lebih lama. Beberapa metode umum melibatkan pengendalian suhu,

kelembaban, dan atmosfer, serta penerapan bahan pengawet. Beberapa aspek utama dalam ruang lingkup teknologi pengawetan meliputi:

1. Pengendalian Suhu dan Kelembaban

Beberapa produk memerlukan suhu dan kelembaban tertentu agar tetap segar dan terjaga kualitasnya. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendinginan, pembekuan, atau pengeringan.

2. Pengendalian Atmosfer

Beberapa produk memerlukan pengendalian atmosfer, seperti mengurangi kadar oksigen atau meningkatkan kadar karbon dioksida di sekitar produk untuk memperlambat proses penuaan atau pembusukan.

3. Penggunaan Bahan Pengawet

Bahan-bahan kimia atau bahan alami tertentu dapat digunakan sebagai pengawet untuk mencegah pertumbuhan mikroba atau oksidasi produk. Contoh bahan pengawet termasuk garam, gula, asam asetat, dan bahan-bahan kimia sintetis lainnya.

4. Teknologi Pemrosesan

Metode pemrosesan seperti pengalengan, pengeringan, pengasapan, dan pengawetan menggunakan radiasi dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan suatu produk.

5. Inovasi Nanoteknologi

Pengembangan dalam bidang nanoteknologi telah membuka pintu untuk inovasi dalam pengawetan. Nanomaterial dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengawetan dan memperpanjang masa simpan produk.

6. Teknologi Pemrosesan Pangan

Pemrosesan pangan dengan teknologi tinggi, seperti pemanasan ohmik yakni pemanasan listrik atau pemanasan resistif, melibatkan penggunaan medan listrik untuk menghasilkan panas di dalam bahan pangan, dimana arus Listrik (khususnya arus bolak-balik AC) dilewatkan melalui bahan pangan. pulsed electric field (PEF) yakni teknik pengolahan pangan non-termal yang menggunakan kejutan listrik intensitas tinggi yang diaplikasikan pada bahan yang berbentuk cair . Proses berlangsung antara satu mikrodetik sampai satu milidetik dengan pulsa yang pendek

dan tegangan antara 20-80 kV, dan teknologi pemrosesan lainnya. Teknologi ini dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan pangan dan memperpanjang umur simpan.

7. **Penggunaan Metode Biologis:** Beberapa teknologi pengawetan melibatkan penggunaan mikroorganisme yang bermanfaat atau enzim untuk menghambat pertumbuhan mikroba merugikan atau merusak produk.

1.5 Perbedaan Teknologi Pengolahan dan Teknologi Pengawetan

Teknologi Pengolahan dan teknologi pengawetan adalah dua konsep terkait tetapi memiliki tujuan yang berbeda dalam konteks hasil pertanian. Berikut adalah perbedaan antara pengolahan dan pengawetan:

1. Tujuan Utama

Teknologi Pengolahan memiliki tujuan utamanya adalah untuk mengubah bentuk atau karakteristik fisik, kimia, atau organoleptik (rasa, warna, tekstur) dari bahan mentah. Contohnya pengolahan melibatkan pengolahan buah menjadi jus, daging menjadi sosis, atau gandum menjadi tepung. Sedangkan teknologi pengawetan tujuan utamanya adalah untuk mempertahankan kualitas, keamanan, dan umur simpan produk dengan menghentikan atau memperlambat proses perubahan alami yang dapat merusak produk. Contoh pengawetan melibatkan pembekuan daging, pengalengan buah, atau pengawetan dengan garam dan gula.

2. Proses yang Terlibat

Teknologi pengolahan melibatkan serangkaian langkah untuk memodifikasi produk agar sesuai dengan kebutuhan konsumen. Proses mungkin melibatkan pemotongan, pemecahan, pemasakan, dan penambahan bahan tambahan. Sedangkan teknologi pengawetan melibatkan penggunaan metode atau teknik tertentu untuk menghentikan atau memperlambat aktivitas mikroorganisme, enzim, dan proses oksidasi. Proses ini dapat melibatkan pendinginan, pembekuan, pengalengan, atau pengawetan dengan garam dan gula.

3. Fokus Produk Akhir

Teknologi pengolahan menekankan pada menciptakan produk baru atau produk yang telah dimodifikasi dari bahan mentah. Produk akhir seringkali memiliki bentuk atau karakteristik yang berbeda secara signifikan dari bahan mentahnya. Sedangkan teknologi pengawetan menekankan pada mempertahankan kualitas dan umur simpan produk. Produk akhir masih memiliki karakteristik dasar yang mirip dengan bahan mentahnya, tetapi dengan umur simpan yang lebih lama.

4. Contoh Proses

Dalam teknologi pengolahan proses seperti memasak, pemanggangan, pengeringan, penggorengan, dll. Sedangkan teknologi pengawetan prosesnya seperti pembekuan, pengalengan, pengeringan, pengawetan dengan garam dan gula, penggunaan bahan pengawet alami, dll.

5. Umur Simpan

Umur simpan pada teknologi pengolahan mungkin tidak diperpanjang secara signifikan karena perubahan alami tetap terjadi. Sedangkan pada teknologi pengawetan umur simpan produk dapat diperpanjang secara signifikan karena aktivitas mikroorganisme dan enzim dihentikan atau diperlambat.

6. Penekanan pada Nutrisi dan Rasa

Teknologi pengolahan terkadang dapat mengakibatkan hilangnya beberapa nutrisi dan perubahan dalam rasa atau tekstur produk karena penerapan suhu tinggi atau metode pengolahan yang agresif. Sedangkan pada teknologi pengawetan berusaha untuk mempertahankan sebanyak mungkin nilai nutrisi dan karakteristik organoleptik produk, dengan menggunakan metode yang lebih lembut dan selektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, L Herliani. 2008. Telknologi Pengawetan Pangan. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Arifah, Nur. 2016. Studi Konduktivitas Listrik Kentang (Solanum tuberosum L) Dengan Pemanasan Ohmic. Universitas Hasanuddin : Makassar
- Barbosa-Cnovas, G. V., U. R Pothakamury, E. Palou, B.G. Swanson. 1999. Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. Academic Press. San Diego
- Effendi, Supli.2012. Teknologi Pengolahan dan Pengawetan pangan. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Estiasih. Telti dan Ahmadi. 2009. Teknologi Pengolahan Pangan. Penerbit Bumi Aksara.
- Muchtadi, Tien. R dan Sugiyono. 2014. Prinsip Proses dan Teknologi Pangan. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Syamsir, Elvira. 2008. Prinsip dan Teknik Pengawetan Makanan (Pangan). Artikel. Universitas Bangka Belitung.
- Tjahyadi, Carmelntjita. 1991. Teknologi Pengolahan pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Universitas Padjadjaran

BAB 2

PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN

Oleh Dassy Eka Kuliahhsari

2.1 Pendahuluan

Pengeringan adalah proses penghilangan air dari bahan tertentu untuk tujuan konservasi, pengolahan, atau penggunaan lainnya. Praktik pengeringan ada sejak zaman kuno, dan seiring dengan berjalannya waktu, metode pengeringan berkembang secara signifikan. Namun, catatan sejarah tertulis yang spesifik tentang pengeringan sebelum era masehi mungkin sulit ditemukan karena catatan sejarah yang terbatas pada periode itu.

Pengeringan merupakan salah satu metode pertama yang digunakan oleh manusia untuk mengawetkan makanan. Teknologi pengeringan pangan telah menjadi bagian dari sejarah manusia sejak zaman kuno. Pengeringan pangan telah ada sejak zama pra-sejarah ketika manusia pertama kali menyadari bahwa mengeringkan makanan adalah cara yang efektif untuk mengawetkannya. Manusia telah menggunakan berbagai metode untuk mengeringkan makanan sebagai cara untuk mengawetkan pangan dan membuat mereka lebih tahan lama.

Dalam keadaan primitif, manusia kuno mungkin telah menggunakan sinar matahari dan angin untuk mengeringkan daging, ikan, buah, dan mungkin juga biji-bijian. Ini adalah bentuk pengeringan alami yang masih digunakan hingga saat ini dalam bentuk pengeringan tradisional di beberapa masyarakat.

Di berbagai peradaban kuno, seperti Mesir Kuno, Tiongkok Kuno, dan peradaban Mediterania, teknik pengeringan mungkin telah digunakan untuk mengawetkan makanan. Misalnya, di Mesir Kuno, mumi dibuat dengan mengeringkan tubuh manusia untuk mempertahankan mereka dalam keadaan yang baik untuk kehidupan setelah kematian.

Pada periode pasca masehi, penggunaan teknologi dan metode pengeringan berkembang lebih lanjut. Contohnya adalah teknik

pengeringan ikan yang telah digunakan oleh masyarakat pesisir di seluruh dunia. Metode ini melibatkan penggunaan asap, angin, dan sinar matahari untuk mengeringkan ikan sehingga dapat disimpan untuk konsumsi di masa depan.

Selama abad pertengahan di Eropa, metode pengeringan mungkin telah berkembang lebih lanjut dengan penggunaan tungku atau oven untuk mengeringkan daging, buah, dan sayuran. Selain itu, di Timur, terutama di Asia, penggunaan metode pengeringan mungkin juga telah berkembang pesat, terutama dalam pengeringan makanan seperti daging, ikan, dan buah-buahan.

Penggunaan sinar matahari, angin, asap, dan panas api untuk mengeringkan makanan telah menjadi praktik umum sejak zaman kuno. Namun, dalam bentuk teknologi modern yang lebih terorganisir dan terkontrol, pengembangan berbagai metode pengeringan pangan mulai berkembang pada abad ke 19 dan terus mengalami inovasi.

Pada era modern, teknologi pengeringan terus berkembang dengan penemuan oven pengering listrik, pengering vakum, dan berbagai peralatan lainnya yang memungkinkan pengeringan cepat dan efisien untuk berbagai tujuan industri dan konsumen.

Salah satu langkah penting dalam evolusi teknologi pengeringan adalah penggunaan oven pengering atau *dehydrator* pada abad ke-20. Inovasi ini memungkinkan penggunaan kontrol suhu dan kelembaban untuk menghasilkan hasil yang lebih konsisten dan efisien dalam pengeringan makanan. Selain itu, teknologi pengeringan modern seperti pengeringan beku (*freeze drying*) juga mulai dikembangkan pada abad ke-20.

Sehingga, sementara konsep pengeringan pangan telah ada sejak zaman kuno, teknologi pengeringan modern yang lebih terstruktur dan terkontrol mulai muncul dan berkembang sejak abad ke-19 dan ke-20.

Meskipun catatan sejarah tertulis tentang perkembangan pengeringan sebelum era masehi mungkin terbatas, namun dapat disimpulkan bahwa praktik pengeringan telah menjadi bagian penting dari kehidupan manusia sejak zaman kuno dan terus berkembang seiring berjalannya waktu.

2.2 Prinsip Pengeringan

Pengeringan adalah proses yang penting dalam berbagai industri dan aplikasi, yang melibatkan pengurangan kadar air dalam bahan atau produk hingga mencapai tingkat kelembaban yang diinginkan. Prinsip dasar pengeringan adalah air akan bergerak dari daerah dengan kelembaban tinggi ke daerah dengan kelembaban rendah, sehingga menghasilkan penguapan air.

Prinsip pengeringan melibatkan penghilangan kelembaban atau air dari suatu bahan atau produk. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan panas, udara kering, atau lainnya. Tujuan utama dari pengeringan adalah untuk meningkatkan daya simpan produk dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang merusak. Proses pengeringan juga dapat membantu dalam mempertahankan kualitas produk dan mengurangi risiko pembusukan atau kerusakan yang disebabkan oleh kelembaban.

Proses ini memiliki peran penting dalam menjaga kualitas, daya simpan, dan stabilitas produk yang beragam, mulai dari makanan, farmasi, hingga bahan kimia. Dalam banyak aplikasinya, pengeringan menjadi bagian integral dalam rantai produksi untuk memastikan produk memiliki kadar air yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini tidak hanya mempengaruhi penampilan fisik produk, tetapi juga karakteristik organoleptiknya serta keamanan dan stabilitasnya selama penyimpanan dan distribusi.

Keberhasilan proses pengeringan tergantung pada pengendalian parameter seperti suhu, kelembaban, dan laju aliran udara yang sesuai dengan sifat-sifat bahan yang dikeringkan. Dengan memahami prinsip-prinsip dasar pengeringan, dapat dikembangkan teknik-teknik yang sesuai untuk memastikan produk akhir memiliki kualitas yang diinginkan.

Proses pengeringan memiliki beberapa tujuan utama yang mendukung berbagai industri dan aplikasi. Beberapa di antaranya yaitu:

- 1. Pemeliharaan Kualitas Produk;** pengeringan bertujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi kadar airnya. Ini membantu dalam mempertahankan

karakteristik organoleptik (rasa, aroma, tekstur), nilai gizi, dan kestabilan produk.

2. **Pengawetan**; mengurangi kadar air dalam produk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzimatik, sehingga memperpanjang masa simpan dan meningkatkan keamanan pangan.
3. **Reduksi Berat dan Volume**; pengeringan mengurangi berat dan volume produk, yang berguna dalam transportasi, penyimpanan, dan pengemasan.
4. **Penghematan Biaya Transportasi**; dengan mengurangi kadar air, produk menjadi lebih ringan, sehingga mengurangi biaya transportasi karena berat yang lebih rendah.
5. **Mengoptimalkan Proses Produksi**; pengeringan dapat membantu dalam menghasilkan produk yang lebih konsisten secara kualitas karena mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh kadar air yang bervariasi.

Tujuan ini menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi pengeringan yang sesuai untuk berbagai jenis produk, memastikan bahwa proses tersebut tidak hanya efisien tetapi juga mendukung kualitas produk yang dihasilkan.

2.3 Metode Pengeringan

Metode pengeringan makanan bervariasi tergantung pada jenis makanan yang diolah dan sifat-sifatnya. Pemilihan metode pengeringan pada makanan bergantung pada sifat-sifat makanan yang ingin dikeringkan serta kualitas produk akhir yang diinginkan. Kombinasi metode atau modifikasi teknik seringkali diperlukan untuk memenuhi persyaratan khusus dari makanan yang sedang diproses. Metode yang dipilih akan tergantung pada sifat bahan, jumlah dan tingkat kelembapan yang harus dikeluarkan, serta faktor-faktor lain seperti biaya dan waktu. Pemilihan metode yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam proses pengeringan.

Berikut adalah beberapa metode pengeringan yang umum digunakan:

1. Pengeringan udara (*air drying*)

Metode ini melibatkan pemaparan bahan pada udara terbuka untuk menguapkan kelembapan secara alami. Pengeringan alami biasanya digunakan untuk bahan yang mudah menguap dan tidak sensitif terhadap perubahan suhu atau kelembapan lingkungan. Proses ini sering digunakan untuk mengeringkan produk-produk pertanian seperti biji-bijian, buah-buahan, dan sayuran. Pengeringan udara, atau air drying, memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan tergantung pada jenis makanan dan kondisi lingkungan. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai kelebihan dan kekurangan pengeringan udara.

Kelebihan pengeringan udara (*air drying*) :

- a. Sederhana dan biaya rendah; proses pengeringan udara memerlukan peralatan yang sederhana dan seringkali tidak membutuhkan investasi besar dalam peralatan khusus.
- b. Tidak merusak nutrisi; Pengeringan udara cenderung lebih lembut terhadap makanan dibandingkan metode pengeringan panas lainnya, sehingga dapat membantu dalam mempertahankan nutrisi dan nilai gizi makanan.
- c. Cocok untuk produk tertentu; Metode ini cocok untuk pengeringan produk makanan seperti buah-buahan, sayuran, atau rempah-rempah yang memiliki kadar air yang relatif rendah.

Kekurangan pengeringan udara (*air drying*) :

- a. Lambatnya proses; proses pengeringan udara memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode pengeringan panas lainnya karena keterbatasan transfer panas dari udara ke bahan.
- b. Keterbatasan pada jenis makanan; Tidak semua jenis makanan cocok untuk pengeringan udara karena beberapa produk makanan dapat rentan terhadap kerusakan atau infeksi mikroba selama proses yang memakan waktu lama.
- c. Pengaruh lingkungan; Kinerja pengeringan udara dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara di sekitarnya.

2. Pengeringan dengan sinar matahari (*sun drying*)

Metode ini melibatkan pemaparan bahan pada sinar matahari untuk menguapkan kelembapan. Pengeringan dengan sinar matahari efektif untuk bahan yang memiliki kandungan air yang tinggi dan dapat mentoleransi suhu yang tinggi. Proses ini sering digunakan dalam pengeringan ikan, daging, dan rempah-rempah. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai kelebihan dan kekurangan pengeringan sinar matahari.

Kelebihan pengeringan matahari:

- a. Biaya rendah, proses pengeringan matahari tidak memerlukan penggunaan listrik atau bahan bakar lainnya, sehingga biayanya relatif rendah.
- b. Nutrisi dapat dipertahankan; Proses pengeringan yang lebih lambat dengan suhu yang tidak terlalu tinggi dapat membantu mempertahankan nutrisi makanan dalam tingkat yang baik.

Kekurangan pengeringan matahari:

- a. Waktu yang lama; proses pengeringan dengan sinar matahari membutuhkan waktu yang lebih lama karena tergantung pada kondisi cuaca, kelembaban udara, dan intensitas sinar matahari.
- b. Kontaminasi dan kualitas; terbuka terhadap lingkungan dapat meningkatkan risiko kontaminasi oleh debu, serangga, atau polusi lainnya, yang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir.
- c. Tergantung pada kondisi cuaca; efektivitas pengeringan matahari tergantung pada kondisi cuaca yang dapat bervariasi, sehingga sulit untuk dijadwalkan dengan pasti.

3. Pengeringan menggunakan oven

Metode ini melibatkan penggunaan udara panas untuk mempercepat proses penguapan air. Metode ini cocok untuk bahan yang memiliki tingkat kelembapan tinggi dan perlu dikeringkan dengan cepat. Contoh penggunaan metode ini adalah dalam pengolahan makanan seperti roti, kue, dan keripik. Pengeringan dengan menggunakan oven memiliki sejumlah

kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan tergantung pada jenis makanan yang dikeringkan serta kebutuhan proses. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai kelebihan dan kekurangan pengeringan dengan udara panas:

Kelebihan pengeringan oven:

- a. Kecepatan proses; oven dapat mencapai suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan udara atau pengeringan alami, sehingga mempercepat proses pengeringan.
- b. Kontrol suhu yang presisi; oven memiliki kontrol suhu yang akurat, memungkinkan pengaturan suhu yang spesifik sesuai dengan kebutuhan produk tertentu.
- c. Cocok untuk produk padat; Metode ini cocok untuk pengeringan makanan berstruktur padat seperti daging, ikan, atau produk dengan kadar air yang tinggi.

Kelemahan pengeringan oven:

- a. Kerusakan nutrisi; proses panas yang tinggi dalam pengeringan udara panas dapat menyebabkan kerusakan pada nutrisi tertentu, seperti vitamin atau senyawa sensitif terhadap panas.
- b. Biaya energi; penggunaan oven memerlukan konsumsi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa metode pengeringan lainnya, sehingga bisa menjadi biaya yang signifikan.
- c. Potensial *overdrying*, jika tidak dikontrol dengan baik, penggunaan suhu yang terlalu tinggi atau waktu yang terlalu lama dalam oven dapat mengakibatkan *overdrying*, yang dapat merusak tekstur dan rasa produk.

4. Pengeringan menggunakan vakum

Metode ini melibatkan penggunaan tekanan rendah atau vakum untuk mengurangi tekanan uap air dalam bahan. Dengan mengurangi tekanan, titik didih air menjadi lebih rendah sehingga air dapat menguap pada suhu yang lebih rendah. Pengeringan vakum sering digunakan untuk bahan-bahan yang sensitif

terhadap panas atau oksidasi, seperti produk farmasi dan bahan kimia. Kelebihan dan kelemahan metode vakum meliputi.

Kelebihan pengeringan vakum:

- a. Pengeringan cepat; proses vakum memungkinkan penghilangan air dengan cepat karena tekanan yang rendah, mempercepat waktu pengeringan.
- b. Pertahankan nutrisi; penggunaan suhu yang lebih rendah menyebabkan metode ini membantu mempertahankan nutrisi yang lebih baik dalam produk akhir.
- c. Kontrol kualitas; proses vakum membantu dalam mempertahankan rasa, tekstur, dan warna produk karena suhu yang rendah.

Kelemahan pengeringan vakum:

- a. Biaya peralatan; membutuhkan peralatan vakum yang khusus dan biaya operasional yang tinggi.
- b. Kontrol proses yang sulit; membutuhkan pengawasan yang ketat dan pengaturan yang cermat karena perubahan tekanan dan suhu yang signifikan.
- c. Mempengaruhi struktur; Proses vakum dapat memengaruhi struktur produk karena penghilangan air yang cepat.

5. Pengeringan menggunakan desikannya

Metode ini melibatkan penggunaan desikan, yaitu bahan pengering yang dapat menyerap kelembapan dari bahan yang akan dikeringkan. Desikan umumnya berupa zat seperti silica gel atau molekul-zat kimia tertentu. Metode ini cocok untuk bahan yang perlu dikeringkan dengan sangat hati-hati atau bahan yang tidak tahan terhadap suhu tinggi. Pengeringan dengan desikan sering digunakan dalam industri elektronik untuk mengeringkan komponen sensitif terhadap kelembapan.

6. Pengeringan beku (*freeze drying*)

Pengeringan beku atau *freeze drying* adalah metode pengeringan yang melibatkan pembekuan makanan dan penghilangan air di bawah tekanan rendah. Makanan dibekukan dan kemudian proses penguapan air dilakukan di bawah tekanan rendah. Metode ini

sering digunakan untuk produk-produk instan dan makanan ringan. Kelebihan dan kekurangan pengeringan beku meliputi:

Kelebihan pengeringan beku (*freeze drying*):

- a. Nutrisi dapat dipertahankan; *freeze drying* mempertahankan nutrisi makanan dengan baik karena prosesnya yang lembut, memungkinkan nutrisi penting seperti vitamin dan enzim untuk tetap utuh dalam produk akhir.
- b. Kualitas produk tinggi; makanan yang dikeringkan dengan metode ini memiliki tekstur, rasa, dan aroma yang lebih dekat dengan produk segar karena struktur sel makanan yang dipertahankan dengan baik.
- c. Stabilitas lama; produk hasil pengeringan beku cenderung memiliki masa simpan yang lebih lama karena kadar air yang sangat rendah, sehingga mengurangi pertumbuhan mikroba dan kerusakan enzimatik.

Kekurangan pengeringan beku (*freeze drying*):

- a. Biaya tinggi; proses *freeze drying* memerlukan peralatan khusus dan konsumsi energi yang tinggi, sehingga biayanya cenderung lebih mahal dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya.
- b. Waktu lama; Proses pengeringan beku memerlukan waktu yang cukup lama karena melibatkan beberapa tahapan, termasuk pembekuan, sublimasi, dan desorpsi, sehingga memperlambat proses produksi.
- c. Keterbatasan pada makanan tertentu; Tidak semua jenis makanan cocok untuk pengeringan beku karena beberapa produk mungkin tidak mempertahankan kualitasnya setelah proses pembekuan dan pengeringan.

7. Pengeringan dengan *spray drying*

Pengeringan dengan metode *spray drying* melibatkan penyemprotan larutan atau suspensi makanan ke dalam udara panas untuk mengeringkannya. Pengeringan ini dilakukan dengan menyemprotkan larutan ke dalam udara panas untuk menguapkan air. Metode ini umumnya digunakan untuk menghasilkan serbuk makanan. Kelebihan dan kekurangan dari metode pengeringan ini meliputi.

Kelebihan pengeringan *spray drying*:

- a. Proses cepat; metode *spray drying* memungkinkan proses pengeringan yang cepat, menghasilkan produk kering dalam waktu singkat.
- b. Pengendalian ukuran partikel; metode ini memungkinkan kontrol yang baik terhadap ukuran partikel produk akhir, memungkinkan variasi produk yang luas.
- c. Cocok untuk larutan dan suspensi; cocok untuk mengeringkan larutan atau suspensi makanan, seperti susu, jus buah, atau kopi instan.

Kelemahan pengeringan *spray drying*:

- a. Kerusakan nutrisi; proses panas yang tinggi dalam *spray drying* dapat menyebabkan kerusakan pada nutrisi yang sensitif terhadap panas.
- b. Biaya tinggi; metode ini memerlukan peralatan khusus yang kompleks dan biaya operasional yang tinggi, membuatnya mahal dalam skala produksi besar.
- c. Kontaminasi lingkungan; ada potensi kontaminasi udara saat semprotan bahan makanan ke dalam udara, yang memerlukan kehati-hatian dalam lingkungan produksi.

Penggunaan teknologi pengeringan yang tepat sangat tergantung pada sifat bahan yang dikeringkan, termasuk sensitivitasnya terhadap panas, struktur mikro, dan komposisi kimianya. Prinsip-prinsip seperti pemindahan panas, kontrol kelembaban, dan teknik pengeringan tertentu seperti pengeringan beku, pengeringan oven, atau pengeringan vakum, semuanya memiliki implikasi yang signifikan dalam menghasilkan produk akhir yang berkualitas.

Keberhasilan dalam pengeringan tidak hanya berkaitan dengan efisiensi proses, tetapi juga memperhatikan efek terhadap sifat fisik, nutrisi, dan kualitas produk. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip pengeringan dan penerapan teknologi yang tepat menjadi esensial dalam mengoptimalkan hasil akhir produk.

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses pengeringan. Setiap faktor ini memainkan peran penting dalam proses pengeringan, dan pengelolaannya dengan tepat dapat mengoptimalkan efisiensi pengeringan serta kualitas produk akhir. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan.

1. Suhu

Suhu udara mempengaruhi laju penguapan air dari bahan. Dengan meningkatnya suhu, energi termal yang diperlukan untuk penguapan air juga meningkat. Ini mempercepat laju penguapan dari bahan makanan.

2. Kelembaban relatif udara

Kelembaban relatif udara mempengaruhi gradien konsentrasi air antara permukaan bahan dan udara sekitarnya. Kelembaban udara yang rendah mempercepat penguapan air dari permukaan bahan karena gradien konsentrasi air yang lebih besar.

3. Ukuran partikel

Ukuran partikel mempengaruhi luas permukaan kontak yang tersedia untuk penguapan. Semakin kecil ukuran partikel, luas permukaan yang terbuka akan lebih besar, mempercepat laju penguapan air.

4. Ketebalan bahan

Ketebalan bahan pangan dapat mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk menghilangkan kelebihan air. Ketebalan bahan mempengaruhi jarak yang harus ditempuh air untuk keluar dari bahan. Ketebalan bahan yang lebih besar membutuhkan waktu lebih lama agar uap air mencapai permukaan, memperlambat proses pengeringan.

5. Aliran udara

Kecepatan dan pola aliran udara dalam pengeringan juga memainkan peran penting dalam mempercepat proses penguapan air. Aliran udara yang baik mempercepat pengeluaran uap air dari permukaan bahan, mempercepat proses pengeringan.

6. Konten awal air

Kadar air awal dalam bahan akan mempengaruhi waktu dan energi yang dibutuhkan untuk pengeringan. Semakin tinggi kadar air awal, semakin banyak air yang harus dihilangkan.

7. Kondisi lingkungan

Perubahan kondisi lingkungan dapat memengaruhi gradien konsentrasi air, mempengaruhi laju penguapan

DAFTAR PUSTAKA

- Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (2019). *Food Processing Handbook*. Wiley.
- Chavan, U. D., & Singhal, R. S. (2014). *Food Processing: Principles and Applications*. CRC Press.
- Chen, X. D. (2007). *Drying Technologies in Food Processing*. Blackwell Publishing.
- Chen, X. D. (Ed.). (2008). *Modern Drying Technology, Volume 1: Computational Tools at Different Scales*. John Wiley & Sons.
- Chen, X. D. (Ed.). (2014). *Modern Drying Technology, Volume 3: Product Quality and Formulation*. John Wiley & Sons.
- Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publishing.
- Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2014). *Introduction to food process engineering*. CRC Press.
- Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (2001). *Advances in Food Dehydration*. CRC Press.
- Mittal, G. S. (Ed.). (2006). *Handbook of Food Process Modeling and Statistical Quality Control*. CRC Press.
- Mujumdar, A. S. (2014). *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press.
- Pham, Q. T., Wang, S., & Zhang, Z. (Eds.). (2018). *Drying Technologies in Food Processing*. John Wiley & Sons.
- Rao, M. A., & Rizvi, S. S. H. (Eds.). (2008). *Engineering Properties of Foods* (4th ed.). CRC Press.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2016). *Introduction to Food Engineering* (5th ed.). Academic Press.
- Smith, J., & Johnson, K. (2020). *Drying Technologies in Food Processing*. Wiley.
- Tang, Z., & Mujumdar, A. S. (2007). *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press.
- Thompson, T. L., & Manning, R. (2018). *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press.
- Tzempelikos, D. A., & Vouros, A. P. (2011). *Handbook of Food Processing Equipment*. Springer.

BAB 3

PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN

Oleh Erna Rusliana Muhamad Saleh

3.1 Pendahuluan

Penggorengan adalah salah satu teknik memasak yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kebiasaan memasak di berbagai budaya di seluruh dunia. Praktik ini melibatkan pemanasan minyak atau lemak dalam wajan atau alat penggorengan lainnya, lalu makanan direndam atau dimasak dalam minyak panas tersebut. Meskipun penggorengan sering kali dianggap sebagai cara yang cepat dan mudah untuk memasak, terdapat prinsip-prinsip dan metode yang perlu dipahami agar penggorengan memberikan hasil yang terbaik.

Penggorengan adalah proses memasak makanan dengan cara menggorengnya dalam minyak atau lemak panas. Minyak atau lemak yang dipanaskan akan mentransfer panas ke makanan yang dimasak di dalamnya, sehingga makanan tersebut matang secara merata dan biasanya memiliki tekstur yang renyah di luar dan lembut di dalamnya.

Produk yang digoreng memiliki daya tarik bagi konsumen untuk semua kelompok umur dan hampir semua budaya, prosesnya cepat dan mudah dibuat terus menerus untuk produksi massal, dan makanan tampak steril dan kering, dengan umur simpan yang relatif lama (Hilapad *et al.*, 2020).

3.2 Prinsip Penggorengan

Penggorengan didasarkan pada prinsip memanaskan minyak atau lemak hingga mencapai suhu yang cukup tinggi untuk memasak makanan secara efisien. Proses ini menghasilkan reaksi kimia yang mengubah tekstur, rasa, dan warna makanan. Ketika makanan direndam dalam minyak panas, air yang terkandung dalam makanan menguap dan permukaan makanan menjadi kering, sehingga menciptakan lapisan luar yang renyah dan berwarna kecoklatan.

Sementara itu, panas dari minyak juga memasak bagian dalam makanan dengan cepat.

Prinsip dasar dari penggorengan adalah mentransfer panas dari minyak atau lemak ke makanan, sehingga makanan tersebut matang secara merata di seluruh bagian.

Beberapa hal yang berpengaruh dalam penggorengan meliputi:

1. **Panas dan Penyimpanan Panas** : Minyak atau lemak yang dipanaskan di dalam wajan akan menyimpan panas, yang kemudian ditransfer ke makanan yang dimasak di dalamnya. Proses ini memungkinkan makanan untuk matang secara merata dan dengan cepat.
2. **Kontrol Suhu** : Penting untuk mengendalikan suhu minyak atau lemak saat menggoreng. Suhu yang terlalu rendah dapat membuat makanan menyerap terlalu banyak minyak, sementara suhu yang terlalu tinggi dapat membakar makanan sebelum matang sempurna.
3. **Pola Penggorengan**: Beberapa teknik penggorengan melibatkan memutar, membalik, atau menggoyangkan makanan selama proses memasak. Ini membantu memastikan bahwa makanan matang secara merata di semua sisi dan meminimalkan risiko terbakar.
4. **Pengendalian Kualitas Minyak**: Minyak yang digunakan untuk menggoreng dapat menjadi kotor dan tercemar oleh partikel makanan yang gosong. Mengganti minyak secara teratur dan menggunakan alat saringan dapat membantu menjaga kualitas minyak dan mencegah makanan terasa berminyak.

3.3 Metode Penggorengan

Ada beberapa metode penggorengan yang umum digunakan, di antaranya:

1. *Deep-frying* (penggorengan dengan minyak banyak)
2. *Shallow-frying* (penggorengan dengan minyak sedikit)
3. *Stir-frying* (penggorengan cepat dengan pengadukan)
4. *Sautering* (penggorengan cepat tanpa pengadukan)
5. *Air frying* (penggorengan tanpa minyak)
6. *Pan frying* (penggorengan di wajan)

7. *Vacuum frying* (penggorengan vakum)

Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri tergantung pada jenis makanan yang dimasak dan hasil akhir yang diinginkan. Penting untuk mengontrol suhu minyak dengan hati-hati agar makanan tidak terlalu cepat gosong atau terlalu lambat matang. Selain itu, perlu juga memperhatikan jenis minyak yang digunakan dan frekuensi penggunaannya untuk menjaga kesehatan.

Penggorengan biasanya dilakukan dalam wajan atau panci yang memiliki lapisan anti lengket atau dilapisi dengan bahan yang tahan panas. Suhu minyak atau lemak harus dikendalikan dengan hati-hati,

Penggorengan dapat dilakukan untuk berbagai jenis makanan, termasuk daging, ikan, sayuran, kentang goreng, camilan, dan masih banyak lagi. Selain itu, penggorengan juga memungkinkan untuk menciptakan berbagai variasi rasa dan tekstur dengan menggunakan berbagai bumbu dan tepung pelapis.

3.3.1 *Deep-frying* (penggorengan dengan minyak banyak)

Deep-frying, atau penggorengan dengan minyak banyak, adalah metode memasak di mana makanan direndam sepenuhnya dalam minyak panas dalam jumlah yang cukup banyak. Ini adalah teknik yang umum digunakan untuk menghasilkan makanan yang renyah di luar dan lembut di dalam. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang metode deep-frying:

- Pemilihan Minyak yang Tepat:** Minyak yang tepat untuk deep-frying harus memiliki titik asap yang tinggi dan dapat menahan suhu tinggi tanpa menghasilkan rasa yang terlalu kuat atau berubah warna. Minyak sayur, minyak kedelai, dan minyak kanola adalah pilihan umum untuk deep-frying.
- Panaskan Minyak:** Panaskan minyak dalam panci atau penggorengan dengan dinding tinggi hingga mencapai suhu yang tepat. Suhu ideal untuk deep-frying biasanya antara 350°F (175°C) hingga 375°F (190°C). Gunakan termometer penggorengan untuk memantau suhu minyak dengan teliti.
- Persiapan Makanan:** Siapkan makanan yang akan digoreng dengan membersihkannya dan memotongnya sesuai kebutuhan. Pastikan

makanan telah dikeringkan secara menyeluruh sebelum dimasukkan ke dalam minyak panas. Jika makanan basah, kelebihan air bisa menyebabkan minyak meluap atau bahkan percikan minyak panas.

4. **Goreng Makanan:** Masukkan makanan secara perlahan ke dalam minyak panas dengan hati-hati untuk menghindari percikan minyak. Pastikan makanan terendam sepenuhnya dalam minyak, tetapi jangan menumpuk terlalu banyak makanan sekaligus agar suhu minyak tetap stabil. Goreng makanan hingga berwarna kecokelatan dan renyah di luar.
5. **Penyaringan dan Penyajian:** Setelah makanan matang, angkat dari minyak dengan alat penggoreng atau penjepit dan biarkan minyak berlebih menetes kembali ke dalam panci. Tempatkan makanan di atas kertas minyak atau handuk kertas untuk menyerap kelebihan minyak. Sajikan makanan segera untuk menikmati hasil *deep-frying* yang terbaik.

Di industri makanan, penggorengan minyak terendam adalah metode yang banyak digunakan untuk proses pengolahan komersial (Florentina *et al.*, 2016). Metode ini memungkinkan minyak menyerap ke dalam makanan sebagai pengganti air yang hilang akibat evaporasi. Makanan yang digoreng menyerap minyak antara 4 dan 14 persen dari berat totalnya (Ghidurus *et al.*, 2010).

Deep-frying dapat digunakan untuk menggoreng berbagai jenis makanan, termasuk daging, ayam, ikan, kentang goreng, udang, dan lainnya. Teknik ini menghasilkan makanan yang memiliki tekstur renyah di luar dan lembut di dalam karena proses pemanasan cepat dan penetrasi minyak yang merata ke dalam makanan. Namun, karena penggunaan minyak yang banyak, deep-frying juga bisa menghasilkan makanan yang tinggi kalori dan berlemak jika tidak dikonsumsi dengan bijak. Menurut Pudjihastuti *et al.* (2019), produk akhir yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh perbedaan jenis penggorengan. Untuk menggoreng berbagai jenis makanan, metode penggorengan deep frying adalah yang tepat jika anda ingin menggoreng aneka cemilan dengan hasil yang baik dari segi fisik dan organoleptic (Sabahannur, Alimuddin dan Nikmah, 2022).

3.3.2 *Shallow-frying* (penggorengan dengan minyak sedikit)

Shallow-frying, melibatkan memasak makanan dalam jumlah minyak yang relatif kecil. Makanan dimasak dalam sedikit minyak panas dalam wajan dangkal. Makanan kemudian dibalik saat salah satu sisinya sudah matang.. Metode ini cocok untuk memasak makanan yang lebih besar seperti steak atau ikan.

Berikut adalah penjelasan metode penggorengan dengan minyak sedikit:

1. **Pemilihan Minyak yang Tepat:** Pilih minyak yang cocok untuk penggorengan dengan minyak sedikit, seperti minyak sayur atau minyak zaitun. Minyak dengan titik asap tinggi adalah pilihan yang baik karena dapat menahan panas yang tinggi tanpa membakar makanan atau menghasilkan asap berlebih.
2. **Panaskan Minyak:** Panaskan minyak dalam wajan atau panci dengan permukaan datar. Pastikan minyak mencapai suhu yang tepat sebelum Anda mulai memasak makanan. Anda dapat menguji suhu dengan cara meneteskan sedikit air ke dalam minyak; jika air berdesis dan menguap segera, maka minyak sudah siap.
3. **Persiapan Makanan:** Siapkan makanan yang akan digoreng dengan cara membersihkannya, mengeringkannya, dan memotongnya sesuai kebutuhan. Pastikan makanan telah dikeringkan dengan handuk kertas sebelum dimasukkan ke dalam minyak panas.
4. **Goreng Makanan:** Letakkan makanan secara perlahan ke dalam minyak panas. Pastikan makanan tidak terlalu padat di dalam wajan agar dapat digoreng secara merata. Biarkan makanan menggoreng di satu sisi sampai berwarna kecokelatan, kemudian balik dan goreng sisi lainnya.
5. **Pemindahan Makanan:** Setelah makanan matang, angkat dari minyak dengan alat penggoreng atau spatula dan letakkan di atas kertas minyak atau handuk kertas untuk menyerap kelebihan minyak.
6. **Penyajian:** Sajikan makanan segera setelah digoreng untuk menjaga kehangatan dan kelezatannya. Tambahkan bumbu atau saus sesuai selera sebelum disajikan.

Penggorengan dengan minyak sedikit biasanya digunakan untuk memasak makanan yang lebih kecil atau tipis seperti ikan,

ayam, atau sayuran yang dipotong tipis. Metode ini menghasilkan makanan yang renyah di luar dan tetap lembut di dalam tanpa menyerap terlalu banyak minyak.

3.3.3 *Stir-frying* (penggorengan cepat dengan pengadukan)

Metode *stir-frying*, atau penggorengan cepat dengan pengadukan, adalah teknik memasak tradisional yang berasal dari masakan Tiongkok. Ini melibatkan memasak makanan dalam wajan yang dipanaskan dengan minyak dalam jumlah sedang hingga tinggi, sambil terus-menerus mengaduk dan memutar makanan dengan cepat menggunakan spatula atau sendok kayu. Makanan dipotong kecil-kecil dan dimasak dengan cepat dalam sedikit minyak panas dalam wajan dengan pengadukan. Metode ini umum digunakan dalam masakan Asia dan mempertahankan kelembutan serta kelezatan bahan makanan. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang metode *stir-frying*.

- 1. Persiapan Bahan Makanan:** Potong bahan makanan menjadi potongan-potongan kecil atau seragam sesuai dengan resep. Biasanya, bahan-bahan seperti daging, sayuran, dan bumbu-bumbu sudah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam wajan.
- 2. Pemanasan Wajan:** Panaskan wajan atau penggorengan dengan dinding tinggi di atas api tinggi. Setelah wajan panas, tambahkan sedikit minyak (biasanya minyak sayur atau minyak wijen) dan pastikan minyak merata di seluruh permukaan wajan.
- 3. Masukkan Bahan Makanan:** Tambahkan bahan makanan yang memerlukan waktu memasak lebih lama, seperti daging, terlebih dahulu ke dalam wajan. Biarkan makanan tersebut menggoreng sebentar tanpa diaduk terlalu sering agar matang secara merata di satu sisi.
- 4. Pengadukan Cepat:** Setelah bahan makanan pertama hampir matang, tambahkan bahan makanan lainnya seperti sayuran atau bumbu-bumbu. Kemudian, aduk dan putar makanan secara cepat menggunakan spatula atau sendok kayu. Pastikan semua bahan makanan tercampur dan matang dengan merata.

5. **Penambahan Saus atau Bumbu:** Jika resep memerlukan saus atau bumbu tambahan, tambahkan ke wajan saat makanan hampir matang. Pastikan untuk mencampur saus atau bumbu dengan baik ke dalam makanan.
6. **Penyajian:** Setelah semua bahan makanan matang, angkat wajan dari api dan sajikan stir-fry segera. Biasanya disajikan panas dan langsung dari wajan ke piring saji.

Stir-frying adalah teknik yang cepat, sehat, dan mempertahankan warna, rasa, dan tekstur bahan makanan. Ini juga memungkinkan bahan makanan untuk tetap renyah dan segar karena waktu memasak yang singkat dan penggunaan panas tinggi. *Stir-frying* juga dapat disesuaikan dengan preferensi rasa individu dengan memilih berbagai bahan makanan dan saus atau bumbu.

3.3.4 *Sautering* (penggorengan cepat tanpa pengadukan)

Sautering adalah metode memasak yang cepat dan intensif panas yang melibatkan memasak bahan makanan dalam sedikit minyak atau lemak dalam wajan dengan suhu tinggi. Makanan dimasak dalam sedikit minyak panas tanpa pengadukan dengan sering digerakkan atau diguncang-huncangkan wajan. Metode ini cocok untuk memasak makanan yang lebih kecil seperti sayuran atau daging potongan kecil. Perbedaannya dengan *stir-frying* adalah pada *sautering*, bahan makanan tidak terus-menerus diaduk atau diputar seperti dalam *stir-frying*. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang metode *sautering*:

1. **Pemanasan Wajan:** Panaskan wajan atau penggorengan dengan dinding tinggi di atas api sedang hingga tinggi. Pastikan wajan terlebih dahulu cukup panas sebelum Anda menambahkan minyak atau lemak.
2. **Persiapan Bahan Makanan:** Persiapkan bahan makanan dengan membersihkannya dan memotongnya sesuai dengan resep. Potongan bahan makanan biasanya lebih kecil dibandingkan dengan *stir-frying* untuk memastikan memasak yang cepat dan merata.
3. **Tambahkan Minyak atau Lemak:** Setelah wajan cukup panas, tambahkan sedikit minyak atau lemak ke dalam wajan. Minyak

sayur, minyak zaitun, mentega, atau minyak wijen sering digunakan dalam sautéing, tergantung pada jenis makanan yang dimasak dan rasa yang diinginkan.

4. **Masukkan Bahan Makanan:** Tambahkan bahan makanan ke wajan dengan satu lapisan di dasar wajan. Pastikan bahan makanan tersebar merata di wajan untuk memastikan memasak yang merata. Biarkan bahan makanan tetap di tempatnya tanpa diaduk terlalu sering.
5. **Pemanggangan Cepat:** Biarkan bahan makanan menggoreng dengan cepat di satu sisi hingga berwarna kecokelatan atau matang, kemudian balik ke sisi lainnya. Proses ini memungkinkan makanan untuk mendapatkan sejumlah besar panas langsung dari permukaan wajan, yang menghasilkan proses memasak yang cepat.
6. **Penyajian:** Setelah bahan makanan matang, angkat wajan dari api dan sajikan sauté segera. Sauté seringkali disajikan panas dan seringkali dihidangkan dengan saus atau bumbu tambahan.

Sautering adalah teknik memasak yang cepat dan mempertahankan rasa dan tekstur bahan makanan. Ini ideal untuk memasak potongan daging, ikan, sayuran, dan banyak lagi dengan hasil yang renyah di luar dan tetap lembut di dalam. Meskipun tidak seperti *stir-frying* yang memerlukan pengadukan aktif, sautering masih memerlukan pengawasan yang cermat dan kerja cepat karena panas tinggi yang digunakan.

3.3.5 Penggorengan Tanpa Minyak (*Air Frying*)

Penggorengan tanpa minyak, yang juga dikenal sebagai air frying, adalah metode memasak yang menggunakan udara panas yang berputar secara cepat untuk menghasilkan makanan yang renyah di luar dan lembut di dalam, tanpa menggunakan minyak atau hanya menggunakan sedikit minyak. Ini adalah alternatif yang lebih sehat untuk penggorengan tradisional karena mengurangi jumlah lemak yang digunakan. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang penggorengan tanpa minyak:

1. **Teknologi Air Frying:** Air fryer adalah perangkat dapur yang dirancang khusus untuk melakukan penggorengan tanpa minyak. Ini bekerja dengan mengalirkan udara panas di sekitar makanan yang diletakkan dalam keranjang atau laci yang tersembunyi di dalam perangkat. Udara panas ini dipanaskan secara cepat dan berputar secara konstan, menciptakan efek memasak yang mirip dengan penggorengan tradisional.
2. **Persiapan Bahan Makanan:** Persiapkan bahan makanan dengan membersihkannya dan memotongnya sesuai kebutuhan. Beberapa bahan makanan mungkin perlu dilapisi dengan sedikit minyak atau bumbu sebelum dimasukkan ke dalam air fryer untuk meningkatkan hasil akhirnya.
3. **Pengaturan Suhu dan Waktu:** Atur suhu dan waktu yang sesuai dengan jenis makanan yang Anda masak. Air fryer biasanya memiliki berbagai pengaturan suhu dan timer yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan masakan Anda. Pastikan untuk mengikuti petunjuk resep atau panduan pengguna air fryer Anda untuk hasil terbaik.
4. **Memasukkan Makanan ke Air Fryer:** Tempatkan bahan makanan dalam keranjang atau laci air fryer, pastikan tidak menumpuk terlalu banyak agar udara panas dapat mengalir secara merata di sekitar makanan. Tutup air fryer dan mulai proses memasak.
5. **Pemeriksaan dan Pengocokan:** Selama proses memasak, periksa makanan secara teratur dan aduk atau balik makanan jika diperlukan untuk memastikan memasak yang merata. Hal ini penting untuk mencegah bagian-bagian makanan tertentu dari kelebihan memasak atau terlalu kecokelatan.
6. **Penyajian:** Setelah makanan matang, keluarkan dari air fryer dan sajikan segera. Makanan yang dimasak dengan air fryer seringkali memiliki tekstur yang renyah di luar dan tetap lembut di dalam, mirip dengan hasil penggorengan tradisional.

Penggorengan tanpa minyak dengan air fryer menjadi populer karena menghasilkan makanan yang renyah dan lezat tanpa menggunakan banyak minyak, sehingga lebih sehat dibandingkan dengan metode penggorengan tradisional. Ini juga relatif cepat dan mudah digunakan, membuatnya menjadi pilihan yang populer bagi

banyak orang yang ingin menyiapkan makanan cepat dan sehat di rumah.

3.3.6 *Vacuum Frying* (penggorengan vakum)

Menggoreng makanan dalam minyak dengan tekanan di bawah tingkat atmosfer dikenal sebagai penggorengan vakum. Teknik ini mengurangi kandungan minyak, perubahan warna, dan kehilangan vitamin dan senyawa lain yang biasanya dikaitkan dengan oksidasi dan pemrosesan suhu tinggi (Diamante et al., 2015).

Metode penggorengan vakum (*vacuum frying*), yang juga dikenal sebagai metode *sous vide*, adalah teknik memasak yang melibatkan memasak makanan dalam suhu rendah dan konstan selama periode waktu yang panjang dalam kantong vakum yang kedap udara. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang metode penggorengan vakum:

- 1. Persiapan Bahan Makanan:** Persiapkan bahan makanan dengan membersihkannya dan memotongnya sesuai dengan kebutuhan. Bahan makanan kemudian dimasukkan ke dalam kantong vakum bersama dengan bumbu atau rempah-rempah jika diinginkan.
- 2. Vakum Seal:** Setelah bahan makanan dimasukkan ke dalam kantong vakum, kantong tersebut disegel menggunakan mesin vakum untuk menghilangkan udara di dalamnya. Ini menciptakan lingkungan yang kedap udara di sekitar makanan.
- 3. Pemanasan Air:** Air dipanaskan ke suhu yang tepat sesuai dengan resep atau kebutuhan masakan. Sebuah alat penggorengan vakum, yang sering disebut sebagai *sous vide cooker* atau *immersion circulator*, digunakan untuk memanaskan air dan mempertahankan suhu air yang konstan selama proses memasak.
- 4. Pemasangan Kantong:** Kantong vakum yang berisi bahan makanan kemudian dimasukkan ke dalam air yang dipanaskan. Kantong dapat dijaga tetap tenggelam dengan menggunakan penjepit atau bobot yang sesuai agar tidak mengapung di permukaan air.
- 5. Memasak dalam Vakum:** Bahan makanan dimasak dalam air yang dipanaskan pada suhu yang tepat selama periode waktu yang ditentukan dalam resep atau berdasarkan jenis makanan yang dimasak. Proses memasak yang lambat dan suhu rendah ini

memungkinkan makanan untuk matang secara merata dan tetap lembut.

6. **Penyelesaian:** Setelah bahan makanan dimasak, kantong vakum diangkat dari air dan bahan makanan dihilangkan dari kantong. Makanan kemudian dapat dihidangkan langsung atau disiapkan lebih lanjut, seperti disepra sebentar di atas api atau dipanggang untuk memberikan warna dan rasa tambahan.

Penggorengan vakum, atau sous vide, adalah metode memasak yang sangat presisi yang sering digunakan oleh koki profesional untuk menghasilkan makanan dengan tekstur yang lembut dan rasa yang konsisten. Ini memungkinkan Anda untuk memasak makanan dengan sangat presisi, karena suhu air dapat diatur dengan sangat akurat, dan makanan dapat dipersiapkan sebelumnya dan tetap dalam kondisi optimal hingga siap disajikan. Metode ini juga memungkinkan Anda untuk mengeksplorasi berbagai teknik memasak, termasuk tingkat kematangan yang tepat untuk makanan tertentu.

Penggorengan pada suhu dan tekanan rendah menghasilkan produk goreng yang berkualitas tinggi dengan suhu penggorengan yang lebih rendah. Ini mengurangi jumlah minyak yang menembus ke dalam bahan dan mengurangi kerusakan akibat oksidasi minyak goreng, sehingga menghasilkan produk goreng yang stabil (Sothornvit, 2011). Penggorengan vakum adalah pilihan yang bagus untuk menghasilkan produk kering berkualitas tinggi dalam waktu yang lebih singkat daripada metode dehidrasi lainnya (Tarzi et al., 2011).

Penggorengan vakum adalah salah satu metode terbaru yang dapat digunakan untuk bahan-bahan yang sensitif terhadap panas seperti buah-buahan dan sayuran dengan kandungan minyak rendah dan tekstur dan karakteristik yang diinginkan. Ini dapat dilakukan di bawah tekanan rendah, idealnya kurang dari 6,65 kPa (Moreira, 2014), dan titik didih air menurun di bawah 100°C, sehingga suhu tinggi tidak diperlukan. Selain itu, penggorengan vakum adalah metode yang bagus untuk membuat makanan gorengan yang lebih sehat. Ini mengurangi penyerapan minyak, mempertahankan rasa dan warna alami, mempertahankan lebih banyak vitamin dan mineral, dan mengurangi pembentukan racun karsinogenik seperti furan dan

akrilamida (Dueik & Bouchon, 2011; Moreira, 2014). Dilaporkan bahwa teknologi penggorengan vakum dapat menghasilkan keripik buah kiwi, apel, wortel, kentang, dan pisang (Belkova et al., 2018; Diamante et al., 2012). Hasil penelitian Sabahannur, Alimuddin & Nikmah (2022) diperoleh bahwa penggorengan vakum dengan suhu dan lama penggorengan berbeda berpengaruh terhadap sifat fisikokimia keripik jamur tiram.

3.4 Dampak pada Kesehatan

Meskipun penggorengan dapat menghasilkan makanan yang lezat, penggunaan minyak yang berlebihan dan pemanasan pada suhu yang terlalu tinggi dapat memiliki dampak negatif pada kesehatan. Minyak yang dipanaskan secara berlebihan dapat menghasilkan senyawa berbahaya, seperti acrylamide dan aldehida, yang dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan kanker. Selain itu, makanan yang digoreng secara berlebihan juga dapat mengandung lebih banyak lemak dan kalori, yang dapat menyebabkan obesitas dan masalah kesehatan lainnya.

Penggorengan adalah teknik memasak yang populer dan efisien, namun penggunaannya harus dilakukan dengan bijaksana untuk menghindari dampak negatif pada kesehatan. Memahami prinsip dasar penggorengan dan memilih metode penggorengan yang tepat dapat membantu memastikan bahwa makanan yang dihasilkan memiliki tekstur, rasa, dan nutrisi yang optimal. Selain itu, penting untuk menggunakan minyak dengan bijaksana, mengontrol suhu pemanasan, dan membatasi konsumsi makanan yang digoreng secara berlebihan untuk menjaga kesehatan jangka panjang.

Penggorengan adalah salah satu metode memasak yang populer dan banyak digunakan di seluruh dunia karena kemampuannya menghasilkan makanan dengan rasa dan tekstur yang khas. Namun, penting untuk memperhatikan jenis minyak yang digunakan, suhu pemanasan, dan waktu penggorengan agar makanan tidak terlalu berminyak atau gosong. Selain itu, penggunaan minyak yang sehat dan pengontrolan jumlahnya juga penting untuk menjaga kesehatan.

Minyak goreng yang digunakan lebih dari empat kali dapat menyebabkan iritasi saluran pencernaan, diare, dan kanker. Selain itu, minyak goring akan menekan, merusak cita rasa dan tekstur bahan makanan yang digoreng. Selama proses penggorengan, oksigen berperan sebagai penyebab utama kerusakan minyak goreng. Perubahan rasa dan bau paling banyak dipengaruhi oleh proses oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan minyak goreng meningkatkan oksidasi.

Selain itu, bahan makanan yang digoreng dapat mengalami peningkatan jumlah peroksidasi selama proses penggorengan jika memiliki kadar air yang tinggi. Setelah minyak terhidrolisis, titik asap menurun, bahan-bahan menjadi coklat, dan lebih banyak menyerap minyak penggorengan yang berulang akan menyebabkan kerusakan minyak goreng. Kerusakan ini ditunjukkan dengan peningkatan jumlah peroksidasi jika minyak goreng digoreng lebih banyak atau suhunya lebih tinggi. Minyak goreng yang dihidrolisis sangat buruk. Sangat disarankan untuk menggunakan api sedang (tidak lebih dari 200 °C) selama proses menggoreng. Agar makanan yang digoreng tidak mengandung asam lemak trans, minyak goreng tidak boleh digunakan lebih dari dua kali.

DAFTAR PUSTAKA

- Belkova, B., Hradecky, J., Hurkova, K., Forstova, V., Vaclavik, L., & Hajlova, J. (2018). Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil. *Food Chemistry*, 241, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.062>
- Diamante, L.M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: Products, process and optimization. *International Food Research Journal*, 22(1), 15–22
- Dueik, V., Robert, P. & Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119(3), 1143–1149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.027>
- Florentina, F., Syamsir, E., Hunaefi, D., & Budijanto, S. (2016). Teknik Gelatinisasi Tepung Beras untuk Menurunkan Penyerapan Minyak Selama Penggorengan Minyak Terendam. *agriTECH*, 36(4), 387–393.
- Ghidurus, M., Turtoi, M., Boskou, G., Niculita, P. dan Stan, V. (2010). Nutritional and health aspects related to frying (I). *Romanian Biotechnological Letters* 15: 5675–5680.
- Hilapad, M.R., Esguerra, E.B., & Castillo-Israel, K.A.T. (2020). Optimization of processing parameters for vacuum fried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. Kummer). *Food Research*, 4(4), 1371–1382.
- Moreira, R.G. (2014). Vacuum frying versus conventional frying – An overview. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 723–734. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300272>
- Pudjihastuti, I., Sumardiono, S., Nurhayati, O. D., & Yudanto, Y. A. (2019). Pengaruh Perbedaan Metode Penggorengan Terhadap Kualitas Fisik dan Organoleptik Aneka Camilan Sehat. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 2).
- Sabahannur, S., Alimuddin, S., & Nikmah, H. (2022). Studi Pengaruh Suhu dan Lama Penggorengan Terhadap Kualitas Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dengan Penggorengan Vacum. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1), 1–8.

- Syamsir, E. (2015). Deep Fat Frying - Penggorengan Dalam Minyak Banyak
- Sothornvit, R. (2011). Edible coating and postfrying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips. *Journal of Food Engineering*, 107(3-4): 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.07.010>
- Tarzi, B.G., Bassiri, A., Ghavami, M. & Bamenimoghadam, M. (2011). Process optimization in vacuum frying of mushroom using response surface methodology. *World Applied Sciences Journal*, 14(7), 960-966.

BAB 4

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU RENDAH

Oleh Destiana Adinda Putri

4.1 Pendahuluan

Pengolahan dengan suhu rendah mengacu pada proses pengolahan bahan atau produk yang melibatkan penggunaan suhu yang relatif rendah yaitu dibawah suhu ruang (25-37°C) selama proses tersebut. Tujuan utamanya adalah untuk memproses bahan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi, yang dapat membantu mempertahankan kualitas, nutrisi, rasa, tekstur, dan sifat organoleptik lainnya dari bahan tersebut.

Secara umum bahan makanan mengandung berbagai komponen nutrisi seperti karbohidrat, protein, lemak, air, vitamin dan mineral. Kandungan zat gizi yang tinggi dalam makanan bisa menjadi faktor yang mempercepat kerusakan karena mikroorganisme dan aktivitas fisiologis dari beberapa alasan:

1. Sumber Nutrisi bagi Mikroorganisme: Mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus memerlukan nutrisi untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Makanan dengan kandungan zat gizi tinggi, seperti protein, karbohidrat, dan lemak, menyediakan lingkungan yang lebih baik bagi pertumbuhan mikroorganisme ini. Ini dapat mempercepat proses perusakan karena meningkatkan populasi mikroba dalam makanan.
2. Aktivitas Enzimatis: Kandungan nutrisi yang tinggi dalam makanan seringkali berarti adanya enzim yang dapat memengaruhi kualitas dan umur simpan makanan. Misalnya, buah-buahan dengan kandungan gula tinggi dapat mengalami perubahan cepat karena aktivitas enzim yang mengkatalis reaksi kimia, seperti pematangan yang berlebihan atau perubahan warna.

3. Oksidasi dan Perubahan Kimia: Beberapa zat gizi, seperti lemak dan protein, dapat rentan terhadap oksidasi atau reaksi kimia lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan pada makanan. Misalnya, lemak yang teroksidasi dapat menyebabkan perubahan rasa yang tidak diinginkan, sedangkan protein yang terurai dapat mempengaruhi tekstur dan kualitas produk.
4. Kondisi Pertumbuhan Optimal: Makanan dengan kandungan nutrisi tinggi seringkali menciptakan lingkungan yang optimal bagi mikroorganisme untuk berkembang biak. Kelembaban, pH, dan suhu yang tepat bersama dengan nutrisi yang cukup dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme, yang pada gilirannya mempercepat kerusakan makanan.

Untuk mengurangi risiko kerusakan bahan makanan yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, fisiologis, dan reaksi kimia yang disebabkan oleh aktivitas enzim, serta menghindari perubahan yang tidak diinginkan beberapa Teknik pengolahan telah dikembangkan untuk mencegah terjadinya kerusakan makanan yang disebabkan oleh faktor tersebut.

4.2 Prinsip Dasar Pengolahan Dengan Suhu Rendah

Prinsip dasar pengolahan pada suhu rendah dilakukan dengan cara penghilangan panas dari dalam bahan segar maupun olahan hingga mencapai suhu dimana aktivitas mikroorganisme, fisiologis, reaksi kimia yang terjadi pada untuk mengurangi laju perubahan biokimia dan mikrobiologi sehingga dapat memperpanjang umur simpannya. Tujuan utamanya adalah mempertahankan kualitas, nutrisi, rasa, tekstur, dan sifat organoleptik lainnya dari bahan pangan.

Proses penghilangan panas pada bahan akan menerapkan prinsip transfer energi yaitu merujuk pada proses perpindahan energi dari satu benda ke benda lainnya atau dari satu sistem ke sistem lainnya yang dikarenakan adanya suatu ketimpangan. Berdasarkan prinsip tersebut, energi panas akan mengalir dari suatu benda dalam hal ini bahan ke suatu sistem dalam hal ini ruang pendingin dikarenakan adanya perbedaan suhu. Umumnya bahan yang berasal

dari lingkungan luar akan memiliki suhu yang sama dengan lingkungannya yaitu sekitar suhu ruang (25–37°C). Sedangkan ruang pendingin akan memiliki suhu dibawah 8°C. Panas yang dimiliki oleh bahan akan mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah hingga mencapai kesetimbangan suhu antara bahan dan lingkungan. Semua operasi ini dimaksudkan untuk mengawetkan makanan tanpa menyebabkan perubahan signifikan terhadap kualitas sensorik atau nilai gizinya. Ada dua metode menghilangkan panas untuk Pendinginan atau Pembekuan.

4.3 Jenis Pengolahan Dengan Suhu Rendah

4.3.1 Pendinginan

Pendinginan merupakan suatu unit operasi dimana panas sensibel dari suatu bahan dihilangkan hingga mencapai suhu dibawah suhu normal dan diatas titik beku air dengan cara penghilangan panas. Proses ini dapat mengurangi laju perubahan biokimia dan mikrobiologis sehingga dapat memperpanjang umur simpan makanan segar dan makanan olahan. Pendinginan menyebabkan perubahan yang minimal pada karakteristik sensoris dan kualitas gizi makanan. Sehingga makanan yang didinginkan memiliki kualitas baik dengan karakteristik yang segar, alami dan sehat. Namun, tidak semua makanan bisa didinginkan.

Makanan dingin dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori menurut kisaran suhu penyimpanannya sebagai berikut:

1. -1°C hingga +1°C: ikan segar, daging, sosis, dan daging giling, daging asap, dan ikan yang dilapisi tepung roti
2. 0 °C hingga +5°C; susu, krim, yoghurt, salad siap saji, sandwich, pasta segar, sup dan saus, makanan yang dipanggang, pizza, kue kering, dan adonan yang belum dipanggang
3. 0 °C hingga +8°C: daging yang sudah matang, pai ikan dan sayuran, daging yang diawetkan yang dimasak atau tidak dimasak, mentega, margarin, keju, nasi, jus buah, dan buah-buahan lunak.

4.3.2 Pembekuan

Pembekuan adalah unit operasi yang dimaksudkan untuk mengawetkan makanan tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada kualitas sensorik atau nilai gizinya. Pada proses pembekuan panas laten dihilangkan dari bahan sehingga akan terjadi proses perubahan fase air menjadi fase padat atau yang disebut dengan kristalisasi. Proses ini terjadi ketika bahan didinginkan pada suhu dibawah titik beku air atau titik kritisnya yaitu Suhu rendah (-18°C di freezer rumah tangga, -28°C di toko pendingin grosir utama atau serendah -60°C di beberapa toko pendingin makanan). Pada titik ini, energi kinetik partikel-partikel dalam zat tersebut menurun secara signifikan sehingga molekul air tidak lagi memiliki gerakan yang cukup untuk tetap dalam bentuk cair. Sehingga partikel-partikel ini akan mulai berkumpul dan membentuk struktur padat. Penggunaan terbesar dari teknologi pembekuan makanan adalah untuk mengawetkan makanan, atau untuk memperpanjang umur simpannya. Pembekuan dapat menghilangkan air dari matriks makanan dengan membentuk kristal es. Meskipun kristal es tetap berada di dalam makanan, sisa air yang bersentuhan dengan matriks makanan menjadi terkonsentrasi dengan zat terlarut sehingga menyebabkan A_w -nya menjadi rendah. Sebagian besar mikroorganisme berhenti berfungsi di bawah aktivitas air sekitar 0.7. Selain itu pembekuan dapat memperlambat proses pembusukan (autolisis enzimatik, oksidasi, dan pembusukan oleh bakteri) yang seharusnya terjadi pada suhu kamar atau bahkan pada suhu dingin. Pada proses pembekuan terdapat beberapa proses yang terjadi sebelum air dalam bahan mengkristal. Adapun proses tersebut yaitu:

1. Panas yang sensibel dihilangkan dan pada makanan segar begitu pula dengan panas yang dihasilkan oleh respirasi bahan segar juga dihilangkan.
2. Panas latent dihilangkan sehingga mencapai titik beku awal makanan yang digambarkan sebagai 'suhu di mana kristal es berada dalam keseimbangan dengan air di sekitarnya'.
3. Selanjutnya proses pembekuan akan dimulai dengan proses yang disebut nukleasi di mana molekul air mulai berkumpul dan membentuk struktur kristal kecil yang disebut nukleus. Nukleasi

adalah proses yang mendahului pembentukan kristal es. Terdapat dua jenis nukleasi dalam proses pembekuan yaitu:

- a. Nukleasi homogen: pembentukan inti kristal baru secara acak pada zat cair yang homogen. Ini terjadi saat partikel-partikel kecil yang disebut nukleus (nukleasi) mulai terbentuk dalam zat cair. Ketika suhu turun di bawah titik beku, partikel-partikel kecil ini bertindak sebagai titik awal di mana kristalisasi atau pembekuan dimulai.
 - b. Nukleasi heterogen: pembentukan nukleus terjadi di sekitar partikel tersuspensi atau partikel zat terlarut atau pada dinding sel. Nukleasi akan terjadi perubahan fase cair menjadi padat atau air berubah wujud menjadi kristal es. Secara energetik, molekul air lebih mudah bermigrasi ke inti yang sudah ada daripada membentuk inti baru dan oleh karena itu, nukleasi heterogen lebih mungkin terjadi pada makanan yang umumnya akan terjadi pada cairan ekstraseluler memiliki konsentrasi zat terlarut yang lebih rendah sehingga kristal es pertama kali terbentuk di sana.
4. Setelah nucleus terbentuk, molekul-molekul air lainnya akan mulai menempel pada nucleus ini secara berurutan, membentuk susunan kristal yang teratur. Molekul-molekul air ini mengikuti pola kristal es yang khas dan membentuk struktur heksagonal yang simetris.
 5. Ketika lebih banyak molekul air menempel pada nucleus dan ikut membentuk kristal, struktur padat es akan terus tumbuh. Sehingga ruang antar molekul air semakin berkurang karena kristalisasi dan pada akhirnya membentuk es yang padat.

Titik beku setiap makanan akan berbeda-beda bergantung pada kandungan komponen kimia didalamnya. Bahan makanan mengandung zat terlarut seperti air, karbohidrat, garam, protein, lemak dan senyawa lain dengan jumlah dan jenis yang berbeda-beda sehingga dapat memengaruhi cara dan titik pembekuannya. Berikut adalah beberapa contoh bahan makanan umum yang memiliki kandungan air berbeda serta memiliki titik beku yang berbeda pula.

Tabel 4.1. Kandungan air dan titik beku makanan tertentu

Bahan pangan	Kadar air (%)	Titik beku (°C)
Buah	87-95	-0.9 hingga -2.7
Susu	87	-0.5
Sayur	78-92	-0.8 hingga -2.8
Telur	74	-0.5
Ikan	65-81	-0.6 hingga -2.0
Daging	55-70	-1.7 hingga -2.2

Sumber: Fellows (2022)

4.4 Pengaruh Pengolahan Suhu Rendah Terhadap Kualitas Produk Pangan

4.4.1 Pendinginan

Suhu penyimpanan akan mempengaruhi umur simpan suatu produk. Apabila suhu diturunkan hingga dibawah suhu optimum maka aktivitas berbagai reaksi kimia, aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme dapat diminimalisir. Temperatur mempengaruhi aktivitas enzim. Pada temperatur rendah maka reaksi enzimatis berlangsung lambat dan mempengaruhi aktivitas enzim. Ketika suhu turun, energi kinetik molekul berkurang, menyebabkan enzim dan substrat bergerak lebih lambat. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tumbukan enzim-substrat, yang pada akhirnya mengurangi laju reaksi enzimatik. Selain itu, suhu dingin dapat menyebabkan perubahan pada struktur tersier enzim, yang berpotensi menyebabkan denaturasi dan hilangnya aktivitas enzimatik. Namun, beberapa organisme yang beradaptasi dengan suhu dingin telah mengembangkan enzim yang tetap aktif pada suhu rendah, sehingga dapat berfungsi secara efektif di lingkungan yang dingin.

Suhu rendah merupakan faktor lingkungan yang penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Penurunan suhu dibawah suhu ruang akan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dari Sebagian besar mikroorganisme pembusuk dan pathogen. Masa simpan makanan dapat diperpanjang dengan pendinginan karena proses metabolisme mikroorganisme yang terkait dengan makanan diperlambat oleh suhu yang lebih rendah. Meskipun demikian, bakteri pembusuk dan perusak

makanan yang beradaptasi dengan suhu dingin tetap menjadi perhatian karena mereka memiliki protein yang beradaptasi dengan suhu dingin dan lipid membran yang memfasilitasi pertumbuhan pada suhu rendah. Pendinginan di bawah 5°C secara efektif menghambat pertumbuhan banyak patogen bawaan makanan. Berdasarkan hubungan antara suhu dan pertumbuhan, mikroorganisme dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan rentang suhu pertumbuhan optimumnya.

Tabel 4.2. Pengelompokan mikroorganisme dan rentang suhu pertumbuhannya

Kelompok mikroorganisme	Rentang suhu pertumbuhan (°C)	
	a	b
Psikrofil	-15 hingga +20	+5 hingga +20
Psikrotrof	-5 hingga +35	-
Mesofil	+5 hingga +45	+10 hingga +45
Termofil	+40 hingga +80	+25 hingga +80
Termotrof	+15 hingga +50	-

Sumber: a) Buckle et al., (2019); b) Fardiaz (1993)

Sebagian buah-buahan tropis dan subtropis akan mengalami kerusakan Ketika disimpan pada suhu 3-10 °C. Kerusakan ini disebut dengan *chilling injury*. *Chilling injury* merupakan kelainan fisiologis pada buah dan sayur yang terjadi pada suhu rendah namun tetap diatas titik beku air pada bahan. Pada suhu dingin, jaringan tumbuhan akan melemah karena tidak mampu melakukan proses metabolismenya secara normal. Berbagai perubahan fisiologis, biokimia dan disfungsi seluler terjadi pada bahan yang sensitif terhadap suhu dingin sebagai respons terhadap stress yang diakibatkan oleh suhu dingin. Perubahan-perubahan mengakibatkan stimulasi produksi etilen, peningkatan laju pernapasan, inaktivasi enzim, disfungsi membran dan perubahan struktur seluler yang mengarah pada timbulnya gejala chilling injury pada permukaan bahan seperti terbentuknya lubang, perubahan warna, penampilan seperti basah kuyup, kerusakan internal, pencoklatan, pematangan tidak merata, perubahan rasa dan pembusukan.

4.4.2 Pembekuan

Pada proses pembekuan akan terjadi pembentukan kristal es. Ukuran kristal es ini akan bergantung pada kecepatan proses pembekuan. Apabila proses pembekuan terjadi sangat cepat maka kristal es yang terbentuk akan berukuran kecil. Sedangkan apabila proses pembekuan berjalan lambat maka kristal es yang terbentuk akan besar. Besar dan kecilnya kristal es yang terbentuk ini akan mempengaruhi perubahan struktur jaringan sel dari bahan pangan yang dibekukan.

Pada proses pembekuan cepat, pembentukan kristal es yang lebih kecil dan homogen memainkan peran penting dalam mempertahankan kualitas fisik bahan pangan. Dalam proses pembekuan cepat suhu akan diturunkan secara drastis dalam waktu singkat. Hal ini memungkinkan pembentukan kristal es yang lebih kecil dan lebih seragam. Kristal yang lebih kecil ini memiliki sedikit kemungkinan untuk merusak struktur sel karena ukurannya yang lebih kecil dan distribusinya yang merata di dalam sel sehingga cenderung untuk tidak merusak membran sel. Dengan demikian, sel-sel pada bahan pangan cenderung dapat mempertahankan integritasnya saat proses pembekuan cepat karena tidak adanya cairan sel yang hilang akibat kebocoran membran. Proses ini dapat meminimalkan kerusakan struktural pada sel, mempertahankan tekstur, konsistensi, dan karakteristik fisik lainnya. Selain itu nutrisi dalam bahan makanan lebih mungkin dipertahankan dengan baik selama proses pembekuan dan penyimpanan sehingga karakteristik rasa asli dari bahan makanan lebih mungkin dipertahankan.

Pada proses pembekuan lambat, proses terbentuknya kristal es dalam bahan makanan terjadi secara bertahap karena penurunan suhu yang lambat. Proses ini memungkinkan air di dalam sel bahan makanan berubah menjadi kristal es secara perlahan-lahan. Ketika suhu turun, air di dalam sel mulai membeku. Kristal es pertama kali terbentuk di sekitar suhu pembekuan air murni (0°C atau 32°F), dan selanjutnya pembentukan kristal ini akan melanjutkan pertumbuhannya seiring penurunan suhu lebih lanjut sehingga kristal es yang terbentuk akan besar. Kristal yang besar ini memiliki kemampuan untuk merusak dinding sel bahan pangan sehingga

menyebabkan kebocoran dinding sel yang pada akhirnya cairan didalam sel akan berkurang setelah proses *thawing* dan merusak integritas sel secara keseluruhan selain itu juga memiliki dampak terhadap membran sel yang dapat memberikan tekanan mekanis pada membran sel. Ketika air membeku, volume air akan membesar dan mengakibatkan tekanan pada dinding sel, mengganggu struktur membran. Kerusakan yang terjadi dapat memengaruhi tekstur, konsistensi, dan kualitas makanan yang dihasilkan.

Selain berpengaruh terhadap struktur bahan serta nutrisi bahan, proses pembekuan juga mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Saat bahan makanan dibekukan, mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan beberapa jenis parasit umumnya mengalami kondisi dormansi atau kematian tergantung pada seberapa ekstrem suhu pembekuan yang diterapkan. Dormasi terjadi Ketika suhu turun secara drastis. Hal ini berarti aktivitas biologis mereka melambat atau bahkan terhenti sementara untuk melindungi diri mereka dari kondisi yang ekstrim. Namun pada beberapa golongan mikroorganisme, suhu dibawah titik beku yang ekstrem dapat menyebabkan kematian, terutama ketika suhu yang rendah dipertahankan dengan stabil selama proses pembekuan dan penyimpanan.

Penting untuk diingat bahwa meskipun banyak mikroorganisme dapat mati atau masuk ke dalam kondisi dormansi selama pembekuan. Namun Ketika suhu dikembalikan ke suhu ruangan atau suhu optimum mikroorganisme tersebut dapat tumbuh, maka mikroorganisme tersebut dapat kembali aktif saat bahan makanan dicairkan kembali (*thawing*) atau dipanaskan. Maka dari itu, perlu diperhatikan bahwa makanan yang sudah dibekukan sebaiknya harus langsung diolah untuk memastikan bahwa mikroorganisme akan mati sepenuhnya akibat perlakuan panas. Serta tidak melakukan pembekuan kembali pada bahan pangan yang sudah melalui proses pencairan kembali (*thawing*)

DAFTAR PUSTAKA

- Amit, S. K, Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security*, 6, 1-22.
- Buckle, K. A, Edwards, R. A, Fleet, G. H, Wootton, M., & Purnomo, H. (2019). Ilmu pangan.
- Erkmen, O., & Bozoglu, T. F. (2016). Food microbiology, 2 volume set: Principles into practice. John Wiley & Sons.
- Evans, J. A. (Ed.). (2008). Frozen food science and technology (pp. 224-225). Blackwell.
- Fardiaz, S. (1993). Analysis of food microbiology. PT. King Garfindo Persada, Jakarta.
- Fellows, P. J. (2022). Food processing technology: principles and practice. Woodhead publishing.
- Patel, B., Tandel, Y. N., Patel, A. H., & Patel, B. L. (2016). Chilling injury in tropical and subtropical fruits: A cold storage problem and its remedies: A review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(4), 1882-1887.
- Tucker, G. S. (2016). Food preservation and biodeterioration. John Wiley & Sons.
- Zainalabidin, F. A, Sagrin, M. S., Azmi, W. N. W., & Ghazali, A. S. (2019). Optimum postharvest handling-effect of temperature on quality and shelf life of tropical fruits and vegetables. *Journal of Tropical Resources and Sustainable Science (JTRSS)*, 7(1), 23-30.

BAB 5

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU TINGGI

Oleh Agustia Dwi Pamujiati

5.1 Pendahuluan

Pentingnya makanan sebagai kebutuhan dasar bagi setiap individu tidak dapat disangkal karena makanan mengandung nutrisi yang diperlukan untuk memelihara kehidupan. Namun, bahan pangan rentan mengalami kerusakan dengan cepat karena pengaruh faktor fisik, kimia, dan biologis sebelum sampai ke tangan konsumen. Penanganan pasca panen yang tidak optimal menjadi penyebab utama dari kerusakan tersebut.

Salah satu cara penanganan pasca panen yang umum yaitu dengan menggunakan suhu tinggi. Pemanfaatan suhu tinggi dalam pengolahan pangan telah menjadi praktik yang telah lama diterapkan oleh masyarakat dan telah umum digunakan dalam sektor industri makanan.

Pemindahan panas atau perambatan panas dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu konduksi dan konveksi. Konduksi terjadi ketika energi panas dipindahkan melalui sentuhan langsung antar molekul, di mana panas bergerak dari satu partikel ke partikel lainnya tanpa gerakan atau sirkulasi yang signifikan. Proses konduksi umumnya berlangsung dengan lambat dan lebih dominan pada bahan berwujud padat, seperti sayuran, ikan, daging, dan buah-buahan.

Di sisi lain, konveksi terjadi ketika energi panas dipindahkan melalui aliran dalam suatu media cair, di mana panas bergerak melalui pergerakan atau sirkulasi molekul dari satu zat ke zat lainnya. Perambatan panas melalui konveksi ini berlangsung dengan lebih cepat dibandingkan dengan konduksi. Secara umum, konveksi lebih sering terjadi pada bahan yang berwujud cair, seperti air, sirup, dan sari buah.

Pengolahan pangan dengan suhu tinggi merujuk pada proses pengolahan makanan yang melibatkan pemanasan bahan pangan pada suhu tinggi. Tujuan utama dari pengolahan pangan dengan suhu tinggi adalah untuk menghancurkan mikroorganisme patogen dan menginaktivasi enzim atau mikroorganisme lain yang dapat menyebabkan kerusakan atau pembusukan pada makanan sehingga meningkatkan keamanan pangan dan memperpanjang umur simpan makanan.

Pengolahan pangan dengan suhu tinggi juga dapat mempengaruhi tekstur, warna, dan rasa makanan. Beberapa produk makanan yang umumnya diolah dengan suhu tinggi meliputi kalengan, saus tomat, sereal sarapan instan, dan produk kemasan lainnya. Proses ini membantu memastikan keamanan pangan dan memberikan kemudahan dalam penyimpanan dan distribusi makanan.

5.2 Prinsip Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi

Prinsip dasar pengolahan pangan suhu tinggi adalah menggunakan panas untuk menghancurkan atau menonaktifkan mikroorganisme patogen, menghentikan pertumbuhan mikroba spoilage, dan mempertahankan kualitas produk pangan. Tujuan utama dari pengolahan pangan suhu tinggi adalah untuk meningkatkan daya tahan produk terhadap pembusukan dan penyakit namun dapat mempertahankan atau meningkatkan karakteristik organoleptik (rasa, aroma, dan tekstur) sebanyak mungkin.

Prinsip transfer panas adalah kunci dalam proses pengolahan pangan dengan suhu tinggi. Panas harus ditransfer dengan efisien ke seluruh produk untuk memastikan bahwa setiap bagian mencapai suhu yang cukup tinggi. Distribusi panas yang merata sangat penting untuk keberhasilan pengolahan. Suatu produk harus mencapai suhu akhir yang diinginkan untuk sukses menginaktivasi mikroorganisme. Suhu tertentu dapat direkomendasikan berdasarkan jenis produk dan proses pengolahan yang digunakan, seperti pasteurisasi pada suhu rendah atau sterilisasi pada suhu tinggi.

Selain itu, waktu pemanasan atau waktu eksposur panas juga menjadi hal yang sangat penting. Waktu yang cukup diperlukan untuk memastikan bahwa seluruh produk mencapai suhu yang dapat

menginaktivasi mikroorganisme target. Waktu kontak panas yang tepat juga membantu mempertahankan karakteristik sensoris produk.

Pengaturan kelembaban dalam proses pengolahan juga bisa menjadi faktor penting, terutama pada proses seperti pengeringan dan pasteurisasi. Kelembaban yang diatur dapat membantu mengoptimalkan efek panas pada produk.

Setelah proses pemanasan, pendinginan cepat juga penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme spoilage yang mungkin masih ada dalam produk. Pendinginan cepat membantu mencegah rekontaminasi produk dan mempertahankan kualitas sensoris.

5.3 Faktor Pengaruh Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi

Pengolahan pangan dengan menggunakan suhu tinggi melibatkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas dan keamanan proses tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi pengolahan pangan suhu tinggi sebagai berikut.

1. Suhu

Suhu pengolahan adalah faktor kunci dalam memastikan keberhasilan pengolahan pangan suhu tinggi. Suhu yang tepat dapat membunuh mikroorganisme patogen dan spoilage serta mempertahankan kualitas sensoris produk.

2. Waktu

Durasi pemanasan atau perlakuan termal juga penting. Waktu yang cukup diperlukan untuk memastikan bahwa mikroorganisme yang ada dalam produk makanan benar-benar dimatikan. Waktu yang optimal tergantung pada jenis makanan dan proses pengolahan yang digunakan.

3. Tekanan

Pada beberapa proses, seperti sterilisasi dalam wadah vakum atau pemanasan ekstrusi, tekanan dapat memainkan peran dalam meningkatkan suhu pemanasan dan mempercepat proses pengolahan.

4. Ukuran Partikel

Ukuran partikel bahan pangan dapat mempengaruhi kemampuan panas untuk meresap ke dalam produk dengan efektif. Partikel yang lebih kecil dapat memungkinkan distribusi panas yang lebih merata.

5. Komposisi Bahan Pangan

Jenis dan proporsi komponen dalam bahan pangan, seperti air, lemak, protein, dan karbohidrat, dapat mempengaruhi respons terhadap suhu tinggi. Beberapa komponen mungkin memerlukan suhu lebih tinggi atau waktu lebih lama untuk mendapatkan efek termal yang diinginkan.

6. Kelembaban

Kelembaban produk makanan dapat mempengaruhi transfer panas dan dapat memodifikasi karakteristik produk akhir. Beberapa proses memerlukan pengontrolan kelembaban untuk mencapai hasil yang diinginkan.

7. Kemasan

Jenis kemasan dan cara makanan dikemas dapat mempengaruhi efek panas dan transfer panas. Kemasan yang baik dapat membantu melindungi produk dari kontaminasi setelah pengolahan termal.

8. Mikroorganisme awal

Jumlah dan jenis mikroorganisme yang ada dalam bahan pangan awal juga penting. Kehadiran mikroorganisme yang lebih banyak atau tahan panas dapat memerlukan kondisi pengolahan yang lebih ekstrem.

9. Tujuan pengolahan

Jenis pengolahan suhu tinggi yang digunakan (pasteurisasi, sterilisasi, UHT, dll.) akan sangat mempengaruhi produk akhir. Setiap metode memiliki karakteristik khususnya sendiri dalam hal suhu, waktu, dan tujuan pengolahan.

5.4 Teknologi Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi

Proses termal adalah metode pengolahan atau konservasi pangan yang melibatkan pemanasan pada suhu tinggi (panas) dengan tujuan menonaktifkan bakteri dan enzim. Proses termal menjadi salah

satu metode yang signifikan dalam pengolahan pangan karena beberapa alasan penting:

1. Mempunyai dampak terhadap kualitas pangan yang diinginkan (majoritas makanan dikonsumsi dalam bentuk dimasak).
2. Memberikan efek pengawetan pada pangan melalui penghancuran enzim dan inaktivasi mikroorganisme, parasite, dan serangga.
3. Merusak atau menghancurkan komponen-komponen anti nutrisi, seperti inhibitor tripsin pada kacang-kacangan.
4. Meningkatkan ketersediaan beberapa komponen gizi, seperti peningkatan pencernaan protein, pelepasan niasin, dan gelatinisasi pati.
5. Menyediakan kontrol yang relatif sederhana terhadap kondisi pengolahan.

Berdasarkan jenis panas yang digunakan, terdapat empat kategori utama dalam proses termal, yaitu:

1. Proses termal menggunakan uap (*steam*) atau air sebagai media pembawa panas, mencakup blansing (*blanching*), evaporasi, pasteurisasi, ekstrusi, sterilisasi.
2. Proses termal menggunakan udara panas, seperti pemanggangan dan dehidrasi (*pengeringan*).
3. Proses termal yang melibatkan penggunaan minyak panas, khususnya dalam penggorengan (*frying*).
4. Proses termal yang memanfaatkan energi iradiasi, termasuk pemanasan dengan radiasi *infra red* dan gelombang mikro (*microwave*).

5.5 Jenis Pengolahan Pangan dengan Suhu Tinggi

5.5.1 *Blansing*

Blansing adalah metode pemanasan awal atau perlakuan pemanasan dengan tipe pasteurisasi yang dilakukan pada suhu di bawah 100°C dengan durasi singkat, menggunakan uap maupun air panas. Umumnya, suhu yang digunakan berkisar antara 82 hingga 93°C selama 3–5 menit. Contoh dari blansing seperti merebus buah dan sayuran dalam air mendidih selama 3–5 menit atau mengukusnya

dalam waktu yang sama (Waziroh, et al., 2017) . Tujuan utama blansing adalah untuk menonaktifkan enzim tertentu, seperti enzim peroksidase dan katalase, meskipun sebagian mikroba dalam bahan juga ikut mati. Kedua jenis enzim ini terbukti lebih tahan terhadap panas.

Tujuan dari perlakuan blansing adalah menonaktifkan aktivitas enzim; menurunkan jumlah mikroba awal terutama mikroba pada permukaan bahan pangan, sayur, dan buah; memperlentut tekstur sayur dan buah untuk memudahkan proses pengisian dalam wadah; mengeluarkan udara yang terperangkap dalam jaringan buah/sayuran yang dapat mengurangi kerusakan oksidasi dan mendukung proses pengalengan dengan pembentukan *head space* yang optimal.

Blansing umumnya digunakan pada sayuran dan buah yang akan disimpan dalam kaleng atau dikeringkan. Selain untuk menghentikan aktivitas enzim, blansing juga bertujuan untuk membersihkan bahan dari kotoran, mengurangi jumlah mikroba, serta mengeluarkan atau menghilangkan gas-gas dari jaringan tanaman selama proses pengalengan sayuran dan buah. (Asiah, et al., 2020). Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko pengkaratan kaleng dan menciptakan kondisi vakum yang optimal dalam *heads pace* kaleng. Blansing juga membantu melunakkan jaringan tanaman untuk mempermudah pengisian bahan ke dalam wadah, menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan, mengatasi lendir pada beberapa jenis sayuran, dan memperbaiki warna produk, seperti menstabilkan warna hijau pada sayuran.

5.5.2 Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah metode pemanasan bahan pangan dengan suhu di bawah 100°C, dengan rentang waktu pemanasan bervariasi dari beberapa detik hingga beberapa menit. Durasi pemanasan disesuaikan dengan suhu yang digunakan, di mana semakin tinggi suhu, proses pemanasan berlangsung lebih cepat, dan sebaliknya, semakin rendah suhu, proses pemanasan membutuhkan waktu lebih lama. Tujuan dari pasteurisasi adalah mengeliminasi semua mikroba patogen yang biasanya terdapat pada bahan pangan dan

memperpanjang masa simpannya dengan cara menghancurkan bakteri serta menonaktifkan enzim (Sobari & Agrotekuin, 2019).

Mikroba khususnya mikroba non-patogen dan pembusuk, masih dapat ditemukan dalam bahan yang telah mengalami proses pasteurisasi dan memiliki kemungkinan untuk berkembang biak. Oleh karena itu, masa simpannya menjadi terbatas. Sebagai contoh, susu yang telah dipasteurisasi dapat bertahan hanya selama 1-2 hari jika disimpan pada suhu kamar, namun dapat bertahan lebih lama, sekitar seminggu, jika disimpan dalam lemari es (Putra & Jumiono, 2021). Oleh sebab itu, agar tujuan pengawetan dapat tercapai, pasteurisasi perlu dikombinasikan dengan metode pengawetan lainnya, seperti pendinginan.

Proses pasteurisasi memiliki beberapa keunggulan sebagai berikut.

1. Mampu mengeliminasi bakteri patogen, yang merupakan bakteri berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Proses ini dapat mengurangi populasi bakteri patogen pada susu, seperti *Mycobacterium tuberculosis* dan *Coxiella burnetii*.
2. Mampu memperpanjang masa simpan bahan atau produk.
3. Mampu menciptakan citarasa yang lebih baik pada produk.
4. Mampu menonaktifkan enzim fosfatase dan katalase, yang merupakan enzim yang dapat menyebabkan kerusakan cepat pada susu.

Penanganan suhu yang tidak sesuai dalam proses pasteurisasi dapat menyebabkan hilangnya nutrisi, yaitu kehilangan nutrisi penting yang terdapat dalam susu. Kesalahan penanganan suhu juga dapat menyebabkan bakteri patogen tetap bertahan di dalam susu, mengakibatkan penurunan ketahanan susu dan meningkatkan risiko penyebaran bakteri ke dalam tubuh manusia (Wardah & Sopandi, 2016).

5.5.3 Sterilisasi

Sterilisasi adalah metode pemanasan bahan pangan dengan suhu di atas 100°C, yang bertujuan untuk menonaktifkan spora bakteri yang terdapat dalam bahan pangan. Bakteri ini umumnya memiliki

peran sebagai patogen dan penyebab pembusukan makanan, khususnya jenis *Clostridium* dengan karakteristik gram positif.

Pada saat proses sterilisasi berlangsung, beberapa perubahan mungkin terjadi yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas bahan pangan. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan jumlah panas yang diterapkan agar tidak merusak atau mengurangi kualitas pangan tersebut. Biasanya, bahan pangan yang dikemas dalam kaleng atau botol menjalani sterilisasi komersial pada suhu 121°C selama 30–60 menit. Sterilisasi komersial memiliki kemampuan untuk mengeliminasi mikroba patogen, mikroba yang menghasilkan toksin, dan pembusuk pada makanan. Meskipun demikian, mikroba non-patogen atau spora masih mungkin ada dalam keadaan dorman yang tidak dapat tumbuh setelah melalui proses pemanasan (Ananda, et al., 2023).

5.5.4 Pemanggangan

Pemanggangan adalah metode pemanasan bahan pangan tanpa memanfaatkan medium sebagai pengantar panas. Pemanggangan adalah metode pemanasan kering pada bahan pangan, bertujuan untuk mengubah karakteristik sensorik sehingga produk menjadi lebih dapat diterima oleh konsumen. Proses pemanggangan juga meningkatkan daya tahan bahan pangan karena inaktivasi mikroba dan enzim terjadi, serta terjadi penurunan aktivitas air (aw) (Devi, 2010).

Proses pemanggangan bertujuan untuk meningkatkan karakteristik sensori dan memperbaiki rasa bahan pangan. Ketebalan bahan pangan selama pemanggangan memiliki dampak signifikan pada tingkat kematangan produk akhir (Tantalu, et al., 2017). Semakin tebal produk yang dipanggang, penguapan airnya menjadi lebih sedikit, sedangkan bahan yang dipanggang dengan ketebalan tipis mengalami penguapan air yang lebih banyak, membuat bahan pangan cepat matang. Selain itu, suhu pemanggangan juga berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai hasil produk yang diinginkan.

Pemanggangan menghasilkan reaksi *maillard* yang menyebabkan perubahan warna pada adonan. Jika reaksi *maillard*

berlebihan, dapat menyebabkan modifikasi pada komponen nutrisi yang tidak diinginkan. Selain itu, pemanggangan yang berlangsung terlalu lama dapat membuat bahan pangan menjadi keras.

5.5.5 Penggorengan

Proses penggorengan merupakan metode pengolahan makanan yang melibatkan perendaman bahan makanan dalam minyak pada suhu di atas titik didih air. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk meningkatkan citarasa dan tekstur bahan secara khusus, sehingga menghasilkan konsistensi yang kenyal dan renyah. Suhu ideal untuk penggorengan berkisar antara 130-190°C, walaupun biasanya dilakukan pada suhu sekitar 170-190°C. Proses ini kompleks karena melibatkan transfer panas dan transfer massa yang berlawanan antara minyak dan air, baik di permukaan maupun di dalam bahan dengan cara difusi. Proses penggorengan memiliki beberapa tujuan, termasuk mencapai citarasa yang diinginkan, menginaktivasi enzim, mengurangi aktivitas air baik pada permukaan maupun di dalam produk pangan, dan membunuh bakteri, khususnya bakteri patogen pada bahan pangan. Sebagai hasilnya, penggorengan juga berperan dalam proses pengawetan makanan (Setiarto, 2021).

Metode penggorengan dibagi menjadi beberapa cara berdasarkan jumlah minyak yang digunakan, yaitu:

1. *Shallow frying*

Pada metode ini pada umumnya menggunakan pemanasan dengan suhu rendah. *Shallow frying* digunakan untuk penggorengan produk dengan permukaan luas dan tidak memerlukan pemanasan yang intensif. Contohnya pada penggorengan telur dadar, daging burger, dan tumis sayuran.

2. *Deep fat frying*

Pada teknik ini, proses penggorengan menggunakan sejumlah minyak yang cukup untuk menyelamkan seluruh bahan pangan yang akan digoreng. Rasio yang diinginkan antara bahan pangan dan minyak goreng adalah 1 banding 6. Pendekatan ini sesuai untuk menggoreng berbagai jenis makanan seperti ayam, ikan, kroket, donat, kentang, dan berbagai jenis lainnya.

3. *Vacuum frying*

Pada metode ini, penggorengan dalam kondisi tanpa udara dan menggunakan sejumlah besar minyak. Proses penggorengan ini umumnya dilakukan pada suhu yang relatif rendah, berkisar antara 80°C hingga 90°C. Cara menggoreng seperti ini sering diterapkan dalam produksi makanan ringan, seperti keripik buah seperti keripik nangka, keripik nanas, keripik apel, keripik semangka, keripik salak, keripik buncis, dan keripik wortel.

5.5.6 Pemanasan dengan gelombang mikro (*microwave*)

Microwave merupakan suatu alat elektronik yang digunakan memanaskan atau memasak makanan dengan menggunakan gelombang mikro (Mahmuzan & Nisa, 2014). *Microwave* menggunakan gelombang mikro elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 12 cm hingga 30 cm (frekuensi sekitar 2.4 GHz). Saat dihidupkan, *microwave* menghasilkan gelombang mikro yang disalurkan ke dalam ruang oven melalui pemancar. Gelombang mikro ini meresap ke dalam makanan dan menyebabkan molekul air di dalamnya bergerak berputar, menghasilkan panas.

5.6 Kerusakan Bahan Pangan dalam Pengolahan dengan Suhu Tinggi

Suhu tinggi dalam pengolahan pangan dapat menyebabkan kerusakan nutrisi, seperti vitamin dan mineral yang mudah rusak oleh panas ekstrem. Suhu tinggi juga dapat mempengaruhi rasa dan aroma makanan. Beberapa senyawa yang bertanggung jawab atas karakteristik organoleptik makanan dapat terdegradasi pada suhu tinggi. Selain itu, proses pemanasan intensif dapat menyebabkan kehilangan kelembaban pada produk, yang dapat mempengaruhi tekstur dan kualitas akhir makanan.

Pada suhu tinggi, terutama dalam proses pemanggangan dan pemanggangan dalam minyak, dapat terbentuk senyawa-senyawa berbahaya yang dapat mengganggu Kesehatan. Selain itu, pengontrolan suhu dan waktu menjadi hal yang sangat krusial. Kesalahan kecil dalam pengaturan dapat mengakibatkan perubahan signifikan dalam sifat-sifat makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, S. et al., 2023. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Asiah, N, Nurenik, David, W. & Djaeni, M., 2020. *Teknologi Pasca Panen Bahan Pangan*. Sleman: Deepublish.
- Devi, N., 2010. *Nutrition and Food - Gizi untuk Keluarga*. Jakarta: Kompas Media Nusantara.
- Mahmuzan, A. & Nisa, F., 2014. Efek Penggorengan Kentang dengan Oven Microwave terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), pp. 151-160.
- Putra, I. A. & Jumiono, A., 2021. Proses Pengolahan Susu Ultra High Temperature (UHT) Beserta Kemasan yang Berpengaruh terhadap Masa Simpan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 3(1), pp. 44-48.
- Setiarto, H., 2021. *Teknik Menggoreng Makanan yang Baik untuk Kesehatan*. Bogor: Guepedia.
- Sobari, E & Agrotekuin, T., 2019. *Dasar-Dasar Proses Pengolahan Bahan Pangan*. Subang: Polsus Press.
- Tantalu, L et al., 2017. *Rekayasa Pengolahan produk Agroindustri*. Malang: Media Nusa Creative.
- Wardah & Sopandi, T., 2016. *Teknologi Hasil Pertanian*. Surabaya: PT. Revka Petra Media.
- Waziroh, E, Ali, D. Y. & Istianah, N., 2017. *Proses Termal pada Pengolahan pangan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.

BAB 6

PRINSIP PENGAWETAN NON TERMAL

Oleh Nurhayati

6.1 Teknologi Ultrasonikasi pada Pangan

Ultrasonikasi banyak digunakan pada bidang pangan. Secara sederhana, Ultrasonikasi adalah gelombang suara yang mempunyai frekuensi tertentu melebihi frekuensi pendengaran normal manusia, yaitu di atas 20 kHz (37). Ketika gelombang ultrasonik berosilasi melalui medium, gelombang tersebut menghasilkan banyak efek ekspansi dan kompresi dalam medium dan terbentuk rongga-rongga kecil akibat adanya udara. Rongga yang terbentuk tumbuh hingga ukuran yang diinginkan dan kemudian runtuh. Ketika rongga-rongga ini runtuh, maka akan dihasilkan sejumlah besar energi dan titik panas lokal, sehingga terjadi peningkatan laju perpindahan panas dan massa (Bhangu&Ashokkumar, 2016).

Ultrasonikasi diklasifikasikan menjadi tiga yaitu ultrasonikasi frekuensi rendah (20 kHz-100 kHz), frekuensi menengah (100 kHz-1 MHz), dan frekuensi tinggi (1 MHz-100 MHz). Ultrasonikasi frekuensi rendah menghasilkan gaya geser yang besar pada medium, sedangkan ultrasonikasi frekuensi tinggi menghasilkan gaya geser yang lebih kecil pada medium. Frekuensi menengah menghasilkan pembentukan spesies radikal, dan rentang frekuensi ini dianggap optimal untuk berbagai proses yang dibantu sonokimia, namun pembentukan radikal kimia dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan pada makanan, seperti perubahan oksidatif pada lipid dan protein (Delmas&Barthe, 2015).

Aplikasi ultrasonikasi dalam pengolahan makanan di antaranya untuk ekstraksi komponen bioaktif, emulsifikasi, pemasakan, debittering, sintesis intensif yang dilakukan pada frekuensi kisaran 20 kHz-100 kHz. Jadhav&Annapure (2021) melaporkan bahwa sintesis lemak yang dilakukan dengan menggunakan sonikasi dapat dihasilkan hingga 92% selama 6 jam reaksi. Disimpulkan bahwa sintesis dengan bantuan ultrasonikasi

dapat berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan proses sintesis konvensional, mampu meningkatkan efisiensi proses ekstraksi bioaktif dari sumber tumbuhan dan hewan, serta meningkatkan sifat fisik dan kimia senyawa yang diekstraksi.

Ultrasonikasi dianggap sebagai teknologi yang ramah lingkungan untuk proses ekstraksi komponen bioaktif (Gambar 1) dan mampu meningkatkan hasil komponen bioaktif yang diekstraksi hingga 94% dalam 40 menit (Cheila *et al.*, 2020). Ultrasonikasi sangat efektif membantu kepentingan industri susu dan minuman seperti pada proses pembuatan keju selama proses filtrasi membran untuk memisahkan protein susu dari padatan (Saxena *et al.*, 2009).



Gambar 6.1. Aplikasi ultrasonikasi untuk ekstraksi senyawa bioaktif (<https://www.youtube.com/hielscher>)

Aplikasi ultrasonikasi untuk membantu proses pembekuan, pengeringan, dan pencairan produk makanan seperti proses nukleasi es cream (Chow *et al.*, 2005), pencairan pangan beku (Miles *et al.*, 1999). Mothibe *et al.* (2014) menggunakan ultrasonikasi pada proses awal sebelum dehidrasi apel sehingga dihasilkan tekstur apel kering yang baik dan nilai aktivitas air (a_w) lebih rendah. Semakin lama waktu pengolahan, semakin banyak pula kehilangan padatan terlarut dari apel, namun dengan ultrasonikasi dapat mempersingkat waktu proses pengeringan dan dapat meningkatkan serta mempertahankan tekstur setelah rehidrasi.

6.2 Teknologi Plasma pada Pangan

Plasma adalah wujud materi keempat setelah padat, cair, dan gas. Istilah plasma digunakan oleh Langmuir pada tahun 1925. Peningkatan energi kinetik padatan menyebabkan pemanasan molekul, dan terjadi transformasi fasa dari padat menjadi cair, yang selanjutnya meningkatkan energi cair dan mengubah cairan menjadi gas. Peningkatan energi menyebabkan disintegrasi struktur antarmolekul. Ketika energi gas melewati nilai tertentu akan mengakibatkan ionisasi molekul gas (Luo *et al.*, 1998). Ionisasi molekul gas menimbulkan plasma. Oleh karena itu, ini dikenal sebagai wujud materi keempat.

Pada dasarnya pengolahan plasma diklasifikasikan menjadi dua yaitu plasma termal dan plasma dingin (non-termal). Plasma termal menghasilkan energi yang sangat besar dengan memanfaatkan suhu tinggi. Plasma dingin adalah pengolahan non-termal yang bekerja pada kisaran suhu 25–65°C (Niemira, 2012). Ketika gas terionisasi, radikal bebas (ion, elektron, dll.) terbentuk. Komposisi spesies reaktif plasma sangat bergantung pada komposisi gas yang terionisasi (Alves *et al.*, 2019). Gas yang biasa digunakan untuk menghasilkan plasma termasuk argon, helium, oksigen, nitrogen, dan udara (Keener&Misra, 2016).

Di sektor pangan, plasma dingin dapat digunakan untuk mengurangi beban mikroba dalam pangan atau pada permukaan pangan, meningkatkan sifat fisik dan kimia unsur pangan seperti lipid dan protein, dan untuk sterilisasi peralatan pengolahan pangan, inaktivasi enzim pembusuk makanan, pengolahan bahan kemasan makanan, dan pengolahan air limbah (Chizoba *et al.*, 2017).



Gambar 6.2. Teknologi plasma dingin terbukti menghambat pertumbuhan kapang pada stroberi
(<https://www.youtube.com/watch?v=tmtTuHDmTuk>)

Plasma dingin diproses pada suhu mendekati suhu ruang/lingkungan untuk inaktivasi mikroba, bukan suhu tinggi. Dengan demikian maka dapat menghindari terjadinya kerusakan termal pada bahan makanan yang sensitif terhadap panas (Thirumdas *et al.*, 2017).

Modus aksi plasma dingin dalam menginaktivasi mikroba pada pangan yakni dengan menyebabkan kerusakan DNA sel, menginduksi oksidasi protein, dan merusak komponen seluler mikroba (Phan *et al.*, 2017). Plasma nitrogen dingin dapat menghambat pembentukan biofilm pada *Salmonella enterica* serovar Typhimurium pada permukaan luar cangkang telur. Perlakuan plasma dingin pada 600 W selama 2 menit dapat mengurangi aktivitas katabolik dan anabolik *S. enterica* serovar Typhimurium hingga 82,2% (Lin *et al.*, 2020). Plasma dingin sebesar 60W mampu menurunkan pertumbuhan spesies kapang pada permukaan kacang tanah seperti *Aspergillus parasiticus* hingga 97,9% dan *Aspergillus flavus* sebesar 99,3%.

Aplikasi plasma dingin selama 60 detik dapat mengurangi pembusukan stroberi tanpa mengubah sifat fisik atau fisikokimia (kekencangan, pH, dan warna) buah. Enam hari setelah perlakuan CP

atau PAW, terjadi penurunan yang signifikan terhadap pertumbuhan kapang patogen pada stroberi, kecuali *Rhodotorula* dan *Cladosporium*.

Liao *et al.* (2018) melaporkan aplikasi teknologi plasma dingin dapat memperpanjang umur simpan udang laut tanpa ada perubahan pada tekstur udang. Aplikasi plasma dingin pada udang laut juga menghasilkan nilai total nitrogen basa lebih rendah (20 mg/100 g) hingga penyimpanan hari ke-9 dibandingkan dengan udang yang tanpa aplikasi plasma dingin yakni mengandung total nitrogen basa 30 mg/100 g.

Plasma dingin juga efektif menghambat pertumbuhan mikroba patogen pada produk makanan olahan. Salah satu penelitian terbaru yang dilaporkan oleh Gan *et al.* (2021) menunjukkan efektivitas penggunaan plasma dingin dalam menghambat *Escherichia coli* dan *Saccharomyces cerevisiae* pada jus chokeberry. Perlakuan selama 4 menit mampu menurunkan jumlah *E. coli* sebesar 2,27 cfu/ml dan *S. cerevisiae* sebesar 1,23 log cfu/ml. Disimpulkan bahwa plasma dingin akan lebih efektif melawan inaktivasi *E. coli* dibandingkan dengan *S. cerevisiae*.

Teknologi plasma dingin juga digunakan untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia unsur makanan (Thirumdas *et al.*, 2014; Bulbul *et al.*, 2019). Teknologi ini juga diterapkan dalam meningkatkan sifat fisik dan kimia karbohidrat dan protein pada makanan. Seperti yang dilakukan oleh Jahromi *et al.* (2020) untuk meningkatkan hidrofilisitas protein dengan perlakuan 10 kHz selama 0, 2,5, 5, dan 10 menit. Semakin lama waktu perlakuan maka sifat fisika dan kimianya semakin meningkat yakni meningkatkan kelarutan protein dalam air dari 20,6 menjadi 30,28%, kekuatan tarik meningkat dari 5,04 menjadi 7,17 MPa pada perlakuan 10 menit dan menurun menjadi 4,73 MPa pada menit ke-15 (Sharma *et al.*, 2020).

Plasma dingin mengandung berbagai spesies reaktif yang dapat memicu proses oksidasi lipid selama penyimpanan. Gao *et al.* (2019) melaporkan bahwa perlakuan plasma dingin pada 70 kV selama 180 detik memicu oksidasi lipid selama penyimpanan yakni meningkat menjadi 2,48 dari 1,43 mg MDA/kg bila disimpan pada suhu pendingin selama 5 hari sedangkan pada control yang tidak mendapat perlakuan sebesar 0,37 mg MDA/kg dengan pengujian TBARS untuk mengukur produk samping peroksidasi lipid yaitu *malondialdehyde* (MDA). MDA

akan bereaksi dengan asam tiobarbiturat dan membentuk kromogen merah muda yang disebut TBARS. Degradasi oksidatif lipid dalam makanan dapat dikendalikan dengan mempersingkat pemaparan plasma dingin, atau menambahkan antioksidan (Sarangapani *et al.*, 2017; Gavahian *et al.*, 2018).

6.3 Teknologi Superkritis pada Pangan

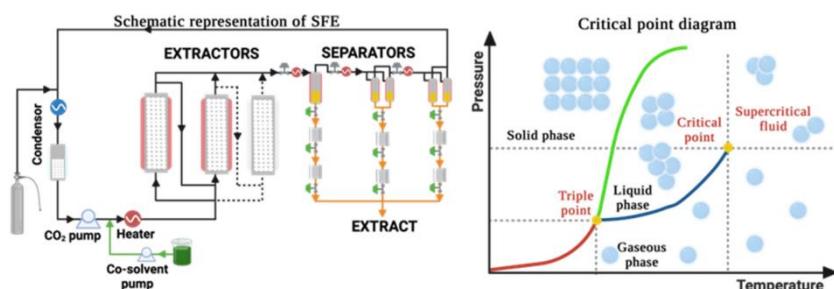
Teknologi superkritis terjadi pada cairan superkritis sebagai pengganti pelarut organik. Cairan superkritis terbentuk jika suatu fluida dipanaskan melampaui suhu kritis dan tekanan kritisnya. Fluida superkritis menunjukkan beberapa sifat gas dan beberapa sifat cair dengan difusivitas dan viskositas seperti gas (Brunner *et al.*, 2005). Fluida superkritis menunjukkan peningkatan sifat cairan sebagai pelarut dengan laju perpindahan massa yang meningkat selama ekstraksi bioaktif dari berbagai sumber tumbuhan dan hewan. Sifat-sifat fluida dapat berubah seiring dengan perubahan suhu dan tekanan. Banyak fluida yang digunakan untuk operasi superkritis, namun karbon dioksida merupakan fluida superkritis yang sangat baik dalam pengolahan makanan karena dapat mencapai keadaan superkritis pada suhu dan tekanan sedang (31,1°C dan 7,4 MPa).

Cairan superkritis banyak digunakan dalam industri makanan untuk ekstraksi, inaktivasi mikroba, peningkatan perpindahan massa dalam sintesis, dan lainnya. Di antara semua aplikasi tersebut, teknologi superkritis banyak digunakan untuk tujuan ekstraksi.

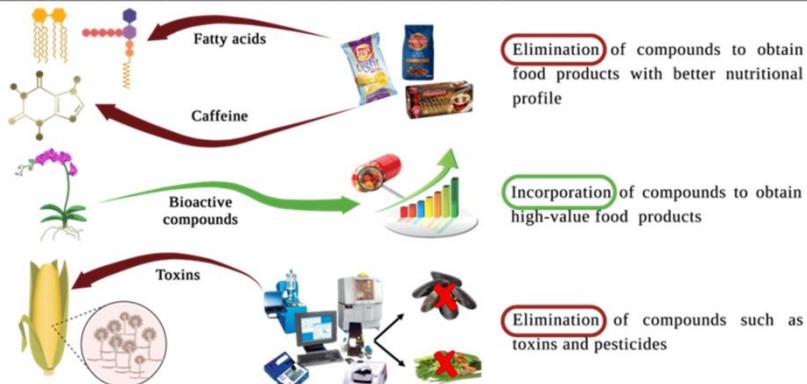
Karbon dioksida superkritis digunakan untuk tujuan ekstraksi karena tidak beracun dan dapat dipisahkan dari produk akhir tanpa banyak usaha (Deotale *et al.*, 2021). Bioaktif alami yang diekstraksi biasanya sensitif terhadap suhu dan oksigen. Dengan adanya karbon dioksida, suhu ekstraksi superkritis sangat rendah dan tidak ada kemungkinan adanya oksigen. Oleh karena itu, kualitas bahan yang diekstraksi tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan fungsional dalam berbagai formulasi nutraceutical. Studi terbaru yang dilaporkan oleh Lefebvre *et al.* (2020) menunjukkan bahwa karbon dioksida superkritis secara efektif digunakan sebagai alat yang sangat baik untuk ekstraksi selektif antioksidan dari rosemary.

Teknologi superkritis suhu 55°C dan 30 MPa dilaporkan juga mampu mengekstrak lebih banyak komponen antioksidan dan antibakteri dan meningkatkan efektifitasnya dalam menghambat pertumbuhan *E. coli*, serta efektif mengekstrak bahan fungsional dan nutraceutical mikroalga (Molino *et al.*, 2020), minyak biji apel (Ferrentino *et al.*, 2020), minyak zaitun (Al-Otoom *et al.*, 2014). Teknologi ini juga digunakan untuk pengawetan produk pertanian segar seperti buah-buahan dan sayuran (Silva *et al.*, 2020).

A. Supercritical fluid extraction: a green extraction technique



B. Application of supercritical fluid extraction in the food industry



Gambar 6.3. Proses ekstraksi fluida superkritis (A) dan aplikasinya pada industri pangan (B)(Perez-Vazquez *et al.*, 2023)

Perlakuan cairan superkritis juga menurunkan pH sel bakteri, yang menyebabkan pecah selnya dan inaktivasi enzim bakteri pada katabolisme dan anabolisme sehingga sel bakteri mati atau mengurangi jumlah mikroba dalam makanan dan produk terkait

(Spilimbergo *et al.*, 2003). Bertolini *et al.*, (2020) melaporkan terjadinya penurunan jumlah mikroba dalam jus buah delima akibat aplikasi karbon dioksida superkritis dibandingkan dengan pasteurisasi tradisional dan pemrosesan bertekanan tinggi.

Cairan superkritis juga digunakan untuk mengawetkan daging giling. Yu&Iwahashi (2019) memberi perlakuan superkritis pada daging giling dengan karbon dioksida bertekanan tinggi pada tekanan 1 MPa selama 26 jam dan terjadi pengurangan populasi mikroba.

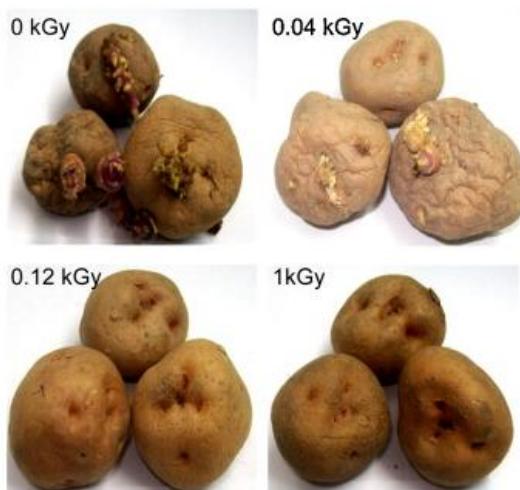
6.4 Teknologi Iradiasi pada Pangan

Iradiasi pada pengolahan makanan menggunakan iradiasi sinar gamma dengan energi tinggi, sinar-X, dan elektron berkecepatan tinggi. Radionuklida ^{60}CO dan ^{137}Cs yang menghasilkan sinar gamma digunakan untuk produksi foton berenergi tinggi. Sinar-X dengan energi hingga 5 MeV digunakan di sektor pengolahan makanan. Elektron berkecepatan tinggi dengan energi 10 MeV digunakan dalam industri makanan untuk berbagai aplikasi (Farkas, 2006). Teknologi iradiasi dicapai tanpa menaikkan suhu makanan. Dengan demikian maka tidak menyebabkan kerusakan pada komponen makanan yang sensitif terhadap panas (Bashir *et al.*, 2021).

Kemampuan penetrasi elektron 10-MeV berkecepatan tinggi dapat menembus hingga kedalaman 39 mm pada makanan yang memiliki kadar air tinggi. Sinar-X dan sinar gamma dapat menjangkau jauh ke dalam bahan makanan (Farkas, 2006; Jan *et al.*, 2021). Radiasi tersebut dapat mengakibatkan terbukanya DNA dan kerusakan asam nukleat, dan ionisasi molekul air sehingga mengakibatkan kerusakan oksidatif pada sel mikroba untuk menghambat pertumbuhan mikroba kontaminan (Castell-Perez&Moreira, 2021).

Iradiasi juga digunakan dalam pengawetan daging selama beberapa hari. Ayam siap masak yang disimpan selama 15 hari dengan perlakuan radiasi gamma intensitas 0, 1,5, 3, dan 4,5 kGy menunjukkan hasil yang sangat baik untuk inaktivasi *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella Typhimurium*, dengan nilai D_{10} yakni sebesar 0,680; 0,397 dan 0,601. Ayam siap saji setelah diiradiasi menunjukkan karakteristik sensorik dan tekstur yang baik meski telah disimpan selama 15 hari (Fallah *et al.*, 2010). Teknologi iradiasi juga

meningkatkan kualitas makanan dan menjaga kesegaran makanan dengan terinaktivasiannya mikroba penyebab kerusakan (Shalaby *et al.*, 2016).



Gambar 6.4. Iradiasi menghambat pertunasan pada kentang selama penyimpanan (Mahto&Das, 2014)

Iradiasi pada dosis tinggi dapat menyebabkan perubahan pada makanan seperti daging yang warna dan lipidnya(Li *et al.*, 2017). Hal ini juga terlihat pada sereal dan biji-bijian (Bashir *et al.*, 2017). Dengan demikian maka iradiasi dilakukan pada dosis rendah dengan memadukannya menggunakan zat antimikroba (Ghabraie *et al.*, 2016).

Penerimaan konsumen yang rendah merupakan hambatan besar dalam pengembangan teknologi iradiasi pada industri pangan. Perlu sosialisasi keamanan iradiasi kepada konsumen dan mendorong untuk membeli makanan yang diiradiasi sebagai solusi untuk pengembangan teknik iradiasi untuk merancang instrumentasi yang lebih sederhana dan andal.

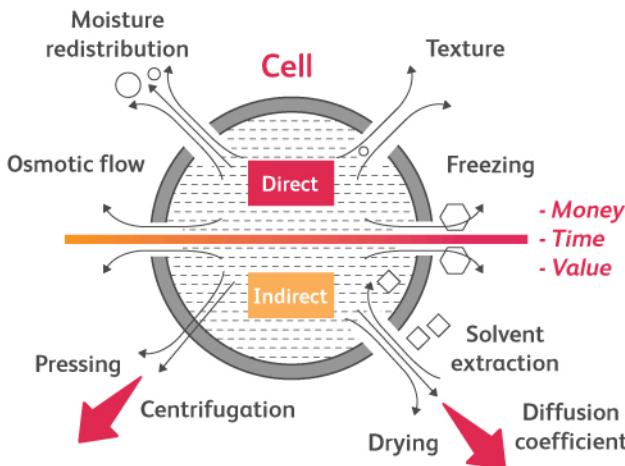
6.5 Teknologi Medan Listrik Berdenyut (*Pulsed Electric Field*) pada Pangan

Medan listrik berdenyut (*Pulsed Electric Field/PEF*) adalah teknologi non-termal yang sedang berkembang dan banyak diterapkan di sektor pangan. Meningkatnya permintaan akan pangan yang aman dan berkualitas gizi berdampak pada penggunaan medan listrik berdenyut di sektor pangan. Dalam medan listrik berdenyut, pulsa dengan intensitas medan tinggi diterapkan pada pangan dalam jangka waktu yang sangat singkat (Niu *et al.*, 2020). Biasanya, untuk pengolahan makanan, intensitas medannya antara 25 hingga 85 kV/cm, dengan waktu pemaparan beberapa milidetik atau nanodetik.

Aplikasi PEF dilakukan dalam jangka waktu yang sangat singkat, pada suhu tidak panas. Hal ini menjadi aman tanpa adanya perubahan tekstur dan karakteristik produk serta minimalnya dihilangkan nutrisi yang labil panas (Vorobiev *et al.*, 2019).

Modus aksi PEF dalam menginaktivasi sel mikroba yakni dengan terjadinya kerusakan pada membran sel mikroba akibat intensitas medan yang tinggi. Produk yang diberi perlakuan PEF juga menghasilkan hidrogen peroksida sehingga menyebabkan perubahan oksidatif pada lipid sel dan protein sel bakteri. Dengan demikian akan terjadi inaktivasi enzim metabolismik, sehingga menyebabkan kematian sel (Barba *et al.*, 2015). Efisiensi PEF dalam mengurangi beban mikroba sangat bergantung pada intensitas lapangan yang diterapkan, total waktu pemaparan, suhu, dan energi.

Selain inaktivasi mikroba, PEF juga efektif dalam meninaktivasi enzim pembusuk makanan. Penelitian serupa dilaporkan untuk inaktivasi enzim dalam jus apel dan wortel (Mannozzi *et al.*, 2019) dan kacang pinus (Liang *et al.*, 2017). López-Gámez *et al.* (2020) menyelidiki perlakuan PEF 580 J/kg pada wortel, yang menunjukkan peningkatan anabolisme senyawa fenolik selama periode penyimpanan 36 jam. PEF juga banyak digunakan dalam ekstraksi bioaktif dari berbagai sumber alami. PEF juga digunakan untuk dehidrasi dan pembekuan.



Gambar 6.5. Modus aksi PEF dalam membunuh sel mikroba
(<https://www.pulsemaster.us/faq>)

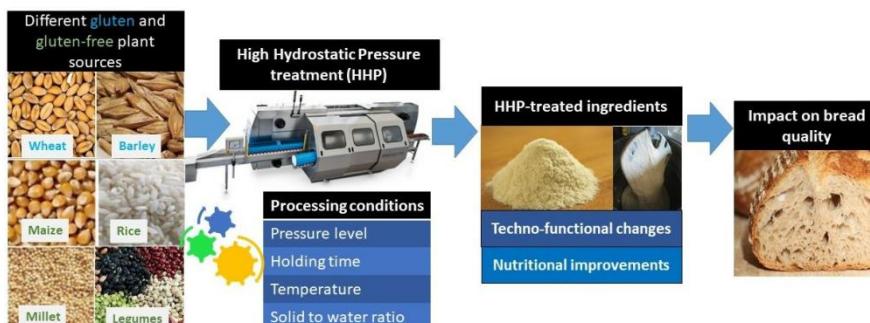
Liu et al. (2020) melaporkan PEF dengan intensitas 0,6 kV/cm dan waktu pemaparan 0,1 detik menghasilkan penurunan waktu pengeringan wortel sebesar 55% pada suhu 25°C dan 33% pada suhu 90°C. Sampel yang diberi perlakuan PEF menunjukkan sifat tekstur dan warna yang baik setelah rehidrasi dibandingkan dengan sampel yang tidak diberi perlakuan. PEF juga digunakan dalam pembekuan makanan dan meningkatkan kualitas makanan selama proses pencairan/*thawing* (*Li et al.*, 2020).

Perlakuan PEF menghasilkan peningkatan koefisien difusi air sebelum pengeringan, mengurangi waktu yang diperlukan untuk pembekuan dan pengeringan makanan, dan menjaga kualitas makanan yang direhidrasi dan dicairkan untuk jangka waktu yang lebih lama. PEF juga digunakan untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia komponen makanan utama seperti polisakarida, protein, dll. (*Zhang et al.*, 2017; *Dong et al.*, 2020; *Zhu*, 2018), dan untuk modifikasi tepung kentang (*Chen et al.*, 2020) dan sifat tepung oat (*Duque et al.*, 2020).

6.6 Teknologi Tekanan Hidrostatis Tinggi (THT) pada Pangan

Tekanan hidrostatis tinggi (THT) menggunakan media yang sangat umum, yaitu udara, untuk memberikan tekanan pada produk yang akan diolah. THT dapat menyebabkan penurunan desimal yang signifikan pada populasi bakteri Gram negatif patogen, bakteri Gram positif, ragi, dan jamur serta membantu pengawetan makanan untuk jangka waktu yang lebih lama. Pengurangan beban mikroba tergantung pada tekanan dan suhu selama perawatan.

Aplikasi THT sangat bergantung pada jenis pangan yang diolah. Produk pangan ketika diberi perlakuan THT mengalami tekanan tinggi dalam waktu singkat. Tekanan yang digunakan pada kisaran 200–700 MPa (161). Kualitas dari segi komponen nutrisi, sensorik, dan tekstur makanan olahan HHP sangat baik karena makanan tersebut terkena kondisi pengolahan dalam jangka waktu yang sangat singkat. Aplikasi THT seperti pada roti dapat memperbaiki mutu yang dihasilkan (Gambar 6.6).



Gambar 6.6. Aplikasi THT dalam pembuatan roti (Gutiérrez *et al.*, 2023)

Instrumentasi yang diperlukan untuk THT sangat sederhana dan mudah dioperasikan. Instrumen THT terdiri dari kompartemen bertekanan untuk tempat makanan diletakkan dan udara yang dimasukkan ke dalam ruangan untuk selanjutnya produk diberi tekanan menggunakan air.

Makanan yang diolah dengan THT lebih segar karena tidak ada intervensi suhu tinggi dan bahan kimia tambahan. Tekanan 350–450 MPa cukup untuk inaktivasi bakteri Gram-negatif, ragi, dan kapang pada suhu kamar, namun untuk meninaktifkan bakteri Gram-positif,

diperlukan tekanan lebih dari 1.100 MPa (Daher *et al.*, 2017). Tekanan yang tinggi mengakibatkan rusaknya membran sel mikroba sehingga mengubah permeabilitas dinding dan membran sel mikroba. Struktur protein *double helix* rusak dan terjadi kerusakan pada enzim sel mikroba sehingga sel menjadi mati (Van Loey *et al.*, 2003).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Otoom A, Al-Asheh S, Allawzi M, Mahshi K, Alzenati N, Banat B, et al. Extraction of oil from uncrushed olives using supercritical fluid extraction method. *J Supercrit Fluids*. (2014) 95:512–8. doi: 10.1016/j.supflu.2014.10.023
- Alves Filho EG, de Brito ES, Rodrigues S. Effects of cold plasma processing in food components. In: Bermudez-Aguirre D, editor. *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation*. Washington, DC: Elsevier Inc. (2019). p. 253–68. doi: 10.1016/B978-0-12-814921-8.00008-620
- Barba FJ, Parniakov O, Pereira SA, Wiktor A, Grimi N, Boussetta N, et al. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Res Int*. (2015) 77:773–98. doi: 10.1016/j.foodres.2015.09.015
- Bashir K, Jan K, Aggarwal M. Thermo-rheological and functional properties of gamma-irradiated wholewheat flour. *Int J Food Sci Technol*. (2017) 52:927–35. doi: 10.1111/ijfs.13356
- Bertolini FM, Morbiato G, Facco P, Marszałek K, Pérez-Esteve É, Benedito J, et al. Optimization of the supercritical CO₂ pasteurization process for the preservation of high nutritional value of pomegranate juice. *J Supercrit Fluids*. (2020) 164:1–11. doi: 10.1016/j.supflu.2020.104914
- Bulbul VJ, Bhushette PR, Zambare RS, Deshmukh RR, Annapure US. Effect of cold plasma treatment on Xanthan gum properties. *Polym Test*. (2019) 79:106056. doi: 10.1016/j.polymertesting.2019.106056
- Bhangu SK, Ashokumar M. Theory of sonochemistry. *Top Curr Chem* (2016) 374:1–28. doi: 10.1007/978-3-319-54271-3_1
- Brunner G. Supercritical fluids: technology and application to food processing. *J Food Eng*. (2005) 67:21–33. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060
- Castell-Perez ME, Moreira RG. Irradiation and consumers acceptance. In: Knoerzer K, Juliano P, Smithers G, editors. *Innovative Food Processing Technologies*. Cambridge (2021). p. 122–35. doi: 10.1016/B978-0-12-815781-7.00015-9

- Cheila CB, dos Anjos GL, Nóbrega RSA, da S. Magaton A, de Miranda FM, Dias F. Greener ultrasound-assisted extraction of bioactive phenolic compounds in *Croton heliotropiifolius* Kunth leaves. *Microchem J.* (2020)
- Chen BR, Wen QH, Zeng XA, Abdul R, Roobab U, Xu FY. Pulsed electric field assisted modification of octenyl succinylated potato starch and its influence on pasting properties. *Carbohydr Polym* (2020) 254:117294. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117294
- Chizoba Ekezie FG, Sun DW, Cheng JH. A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: current applications and future trends. *Trends Food Sci Technol.* (2017) 69:46–58. doi: 10.1016/j.tifs.2017.08.007
- Chow R, Blidt R, Chivers R, Povey M. A study on the primary and secondary nucleation of ice by power ultrasound. *Ultrasonics.* (2005) 43:227–30. doi: 10.1016/j.ultras.2004.06.006
- Daher D, Le Gourrierec S, Pérez-Lamela C. Effect of high pressure processing on the microbial inactivation in fruit preparations and other vegetable based beverages. *Agric.* (2017) 7:1–18. doi: 10.3390/agriculture7090072
- Delmas H, Barthe L. Ultrasonic mixing, homogenization, and emulsification in food processing and other applications. In: Gallego J, Karl F, Juan A, editors. *Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound*. Cambridge: Elsevier Ltd. (2015). p. 757–91. doi: 10.1016/B978-1-78242-028-6.00025-9
- Deotale SM, Dutta S, Moses JA, Anandharamakrishnan C. Advances in supercritical carbon dioxide assisted sterilization of biological matrices. In: Knoerzer K, Juliano P, Smithers G, editors. *Innovative Food Processing Technologies*. Cambridge (2021). p. 660–77. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22932-6
- Dong M, Xu Y, Zhang Y, Han M, Wang P, Xu X, et al. Physicochemical and structural properties of myofibrillar proteins isolated from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat: effects of pulsed electric field (PEF). *Innov Food Sci Emerg Technol.* (2020) 59:102277. doi: 10.1016/j.ifset.2019.102277
- Duque SMM, Leong SY, Agyei D, Singh J, Larsen N, Oey I. Understanding the impact of Pulsed Electric Fields treatment on the thermal

- and pasting properties of raw and thermally processed oat flours. *Food Res Int.* (2020) 129:108839. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108839
- Fallah AA, Siavash Saei-Dehkordi S, Rahnama M. Enhancement of microbial quality and inactivation of pathogenic bacteria by gamma irradiation of ready-to-cook Iranian barbecued chicken. *Radiat Phys Chem* (2010) 79:1073–8. doi: 10.1016/j.radphyschem.2010.04.015
- Farkas J. Irradiation for better foods. *Trends Food Sci Technol.* (2006) 17:148–52. doi: 10.1016/j.tifs.2005.12.003
- Ferrentino G, Giampiccolo S, Morozova K, Haman N, Spilimbergo S, Scampicchio M. Supercritical fluid extraction of oils from apple seeds: process optimization, chemical characterization and comparison with a conventional solvent extraction. *Innov Food Sci Emerg Technol.* (2020) 64:102428. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102428
- Gao Y, Zhuang H, Yeh HY, Bowker B, Zhang J. Effect of rosemary extract on microbial growth, pH, color, and lipid oxidation in cold plasma-processed ground chicken patties. *Innov Food Sci Emerg Technol.* (2019) 57:102168. doi: 10.1016/j.ifset.2019.05.007
- Gavahian M, Chu YH, Mousavi Khaneghah A, Barba FJ, Misra NN. A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods. *Trends Food Sci Technol.* (2018) 77:32–41. doi: 10.1016/j.tifs.2018.04.009
- Gutiérrez, Á. L., Rico, D., Ronda, F., Caballero, P. A., & Martín-Diana, A. B. (2023). The Application of High-Hydrostatic-Pressure Processing to Improve the Quality of Baked Products: A Review. *Foods*, 13(1), 130.
- Jadhav HB, Annapure U. Process intensification for synthesis of triglycerides of capric acid using green approaches. *J Indian Chem Soc.* (2021) 98:100030. doi: 10.1016/j.jics.2021.100030
- Jahromi M, Niakousari M, Golmakani MT, Ajalloueian F, Khalesi M. Effect of dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma treatment on structural, thermal and techno-functional characteristics of sodium caseinate. *Innov Food Sci Emerg Technol.* (2020) 66:102542. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102542

- Jan K, Bashir K, Maurya VK. Gamma irradiation and food properties. In: Knoerzer K, Juliano P, Smithers G, editors. *Innovative Food Processing Technologies*. Cambridge (2021). p. 41–60. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.23052-7
- Keener KM, Misra NN. Future of cold plasma in food processing. In: Cullen PJ, Schluter O, editors. *Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications*. Washington, DC: Elsevier Inc. (2016). p. 343–60. doi: 10.1016/B978-0-12-801365-6.00014-7
- Lefebvre T, Destandau E, Lesellier E. Sequential extraction of carnosic acid, rosmarinic acid and pigments (carotenoids and chlorophylls) from Rosemary by online supercritical fluid extraction-supercritical fluid chromatography. *J Chromatogr A* (2020) 1639:461709. doi: 10.1016/j.jchroma.2020.461709
- Li W, Gamlath CJ, Pathak R, Martin GJO, Ashokkumar M. Ultrasound – the physical and chemical effects integral to food processing. In: Knoerzer K, Juliano P, Smithers G, editors. *Innovative Food Processing Technologies*. Cambridge (2021). p. 329–58. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22679-6
- Liang R, Zhang Z, Lin S. Effects of pulsed electric field on intracellular antioxidant activity and antioxidant enzyme regulating capacities of pine nut (*Pinus koraiensis*) peptide QDHCH in HepG2 cells. *Food Chem* (2017) 237:793–802. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.144
- Liao X, Su Y, Liu D, Chen S, Hu Y, Ye X. Application of atmospheric cold plasma-activated water (PAW) ice for preservation of shrimps (*Metapenaeus ensis*). *Food Control*. (2018) 94:307–14. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.07.026
- Li J, Shi J, Huang X, Zou X, Li Z, Zhang D, et al. Effects of pulsed electric field on freeze-thaw quality of Atlantic salmon. *Innov Food Sci Emerg Technol.* (2020) 65:102454. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102454
- Lin HM, Zhang S, Zheng RS, Miao JY, Deng SG. Effect of atmospheric cold plasma treatment on ready-to-eat wine-pickled *Bullacta exarata*. *Lwt*. (2020) 120:108953. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108953
- Liu C, Pirozzi A, Ferrari G, Vorobiev E, Grimi N. Impact of pulsed electric fields on vacuum drying kinetics and physicochemical

- properties of carrot. *Food Res Int.* (2020) 137:109658. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109658
- López-Gámez G, Elez-Martínez P, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R. Pulsed electric fields affect endogenous enzyme activities, respiration and biosynthesis of phenolic compounds in carrots. *Postharvest Biol Technol.* (2020) 168:111284. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111284
- Luo QZ, D'Angelo N, Merlino RL. Shock formation in a negative ion plasma. *Phys Plasmas.* (1998) 5:2868–70. doi: 10.1063/1.873007
- Mahto, R., & Das, M. (2014). Effect of gamma irradiation on the physico-mechanical and chemical properties of potato (*Solanum tuberosum* L.), cv.'Kufri Sindhuri', in non-refrigerated storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 37–45.
- Mannozi C, Rompoonpol K, Fauster T, Tylewicz U, Romani S, Rosa MD, et al. Influence of pulsed electric field and ohmic heating pretreatments on enzyme and antioxidant activity of fruit and vegetable juices. *Foods.* (2019) 8:247. doi: 10.3390/foods8070247
- Miles CA, Morley MJ, Rendell M. High power ultrasonic thawing of frozen foods. *J Food Eng.* (1999) 39:151–9. doi: 10.1016/S0260-8774(98)00155-1
- Molino A, Mehariya S, Di Sanzo G, Larocca V, Martino M, Leone GP, et al. Recent developments in supercritical fluid extraction of bioactive compounds from microalgae: role of key parameters, technological achievements and challenges. *J CO₂ Util.* (2020) 36:196–209. doi: 10.1016/j.jcou.2019.11.014
- Mothibe KJ, Zhang M, Mujumdar AS, Wang YC, Cheng X. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of apple before spouted bed drying on rate of dehydration and physical properties. *Dry Technol.* (2014) 32:1848–56. doi: 10.1080/07373937.2014.952381
- Niemira BA. Cold plasma decontamination of foods*. *Annu Rev Food Sci Technol.* (2012) 3:125–42. doi: 10.1146/annurev-food-022811-101132
- Niu D, Zeng XA, Ren EF, Xu FY, Li J, Wang MS, et al. Review of the application of pulsed electric fields (PEF) technology for food

- processing in China. *Food Res Int.* (2020) 137:109715. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109715
- Perez-Vazquez, A., Barciela, P., Carpena, M., Donn, P., Seyyedi-Mansour, S., Cao, H, ... & Cassani, L (2023). Supercritical Fluid Extraction as a Potential Extraction Technique for the Food Industry. *Engineering Proceedings*, 37(1), 115.
- Phan KTK, Phan HT, Brennan CS, Phimolsiripol Y. Nonthermal plasma for pesticide and microbial elimination on fruits and vegetables: an overview. *Int J Food Sci Technol.* (2017) 52:2127–37. doi: 10.1111/ijfs.13509
- Sarangapani C, Ryan Keogh D, Dunne J, Bourke P, Cullen PJ. Characterisation of cold plasma treated beef and dairy lipids using spectroscopic and chromatographic methods. *Food Chem* (2017) 235:324–33. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.016
- Shalaby AR, Anwar MM, Sallam EM, Emam WH. Quality and safety of irradiated food regarding biogenic amines: Ras cheese. *Int J Food Sci Technol.* (2016) 51:1048–54. doi: 10.1111/ijfs.13058
- Sharma S, Singh RK. Cold plasma treatment of dairy proteins in relation to functionality enhancement. *Trends Food Sci Technol.* (2020) 102:30–6. doi: 10.1016/j.tifs.2020.05.013
- Silva EK, Meireles MAA, Saldaña MDA. Supercritical carbon dioxide technology: a promising technique for the non-thermal processing of freshly fruit and vegetable juices. *Trends Food Sci Technol.* (2020) 97:381–90. doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.025
- Spilimbergo S, Bertucco A. Non-thermal bacteria inactivation with dense CO₂. *Biotechnol Bioeng.* (2003) 84:627–38. doi: 10.1002/bit.10783
- Thirumdas R, Trimukhe A, Deshmukh RR, Annapure US. Functional and rheological properties of cold plasma treated rice starch. *Carbohydr Polym* (2017) 157:1723–31. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.11.050
- Thirumdas R, Sarangapani C, Annapure US. Cold plasma: a novel non-thermal technology for food processing. *Food Biophys.* (2014) 10:1–11. doi: 10.1007/s11483-014-9382-z
- Van Loey IA, Smout C, Hendrickx M. High hydrostatic pressure technology in food preservation. In: Zeuthen P, Bogh-Sorensen

- L, editors. *Food Preservation Techniques*. Cambridge (2003). p. 428–48. doi: 10.1533/9781855737143.3.428
- Vorobiev E, Lebovka N. Pulsed electric field in green processing and preservation of food products. In: Chemat F, Vorobiev E, editors. *Green Food Processing Techniques*. France: Elsevier Inc. (2019). p. 403–30. doi: 10.1016/B978-0-12-815353-6.00015-X
- Yu T, Iwahashi H. Conversion of waste meat to resources by enzymatic reaction under high pressure carbon dioxide conditions. *High Press Res.* (2019) 39:367–73. doi: 10.1080/08957959.2019.1593406
- Zhang F, Tian M, Du M, Fang T. Enhancing the activity of pectinase using pulsed electric field (PEF) treatment. *J Food Eng.* (2017) 205:56–63. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.023

BAB 7

PROSES PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH

Oleh Endah Puspitojati

7.1 Pendahuluan

7.1.1 Pengertian Pangan Semi Basah

Pada era modern saat ini, kebutuhan akan pangan yang aman dan berkualitas semakin meningkat. Salah satu indikator penilaian mutu pangan adalah pada kualitas organoleptik dan umur simpannya. Produk pangan yang memiliki umur simpan panjang di suhu ruang akan menjadi pilihan konsumen ketika memiliki kriteria yang sesuai seperti rasa, warna, tekstur, konsistensi, dan aroma yang disukai konsumen.

Pangan semi basah (PSB) atau *Intermediate Moisture Food* (IMF) mengacu pada bahan pangan berbentuk padatan namun memiliki kadar air yang cukup tinggi. Pangan semi basah diproses melalui lebih dari satu perlakuan pengolahan dan dapat dikonsumsi secara langsung tanpa penyiapan serta stabil selama beberapa bulan tanpa perlakuan panas, pembekuan ataupun pendinginan. Pangan semi basah yang selanjutnya disebut PSB bertujuan untuk mencapai aktivitas air (*aw*) tertentu agar makanan dapat disimpan dengan aman tanpa pendinginan tetapi kualitas makanan dapat dipertahankan (Srijeeta Saha, 2020).

PSB memiliki tekstur lunak dan umur simpan yang baik dengan pengaturan formulasi yaitu meliputi komposisi, pH, senyawa aditif, dan *aw* pada kisaran 0,6-0,85 (diukur pada suhu 25°C) (Ekafitri & Faradilla, 2011; Soekarto, 1979). PSB biasanya mengandung kadar air 20-50 % (b/b), memiliki aktivitas air (*aw*) 0,7-0,85. Produk umumnya dianggap stabil secara mikrobiologis pada suhu kamar (Vermeulen et al., 2015).

Secara umum, PSB mempertahankan beberapa karakteristik awal tertentu (warna, tekstur dan rasa) dari produk makanan segar.

Fitur unik yang membuat PSB menarik bagi konsumen termasuk keamanan mikroba yang dikandung, bau yang diinginkan, nilai gizi tinggi, dan merupakan produk siap makan (*ready to eat*) (Srijeeta Saha, 2020).

Bahan campuran utama dalam PSB adalah karbohidrat, lemak, protein serta sejumlah komponen lainnya. Komponen-komponen tersebut dapat mengalami perubahan kimia selama pengolahan maupun penyimpanan. Perubahan yang paling penting yaitu perubahan kimia karena oksidasi dan hidrolisis lemak serta reaksi pencoklatan non-enzimatis.

7.1.2 Pangan Semi Basah di Indonesia

Bentuk pangan semi basah yang banyak dikembangkan di Indonesia, terutama adalah makanan tradisional antara lain dodol, jenang, bakpia, manisan buah, dan wingko. Dodol merupakan salah satu makanan tradisional yang cukup digemari oleh masyarakat Indonesia. Adonan dasar dodol dari campuran tepung beras ketan putih, gula merah, dan santan kelapa, dididihkan hingga mengental, berminyak dan tidak lengket, dan apabila dingin pasta akan menjadi padat, kenyal dan dapat diiris. Beberapa daerah di Indonesia terkenal karena dodolnya, seperti Garut, Dodol Ponorogo, Dodol Solo, Dodol Yogyakarta dan Dodol kandangan. Dodol termasuk ke dalam jenis pangan semi basah yang memiliki karakteristik khas yaitu kadar air yang agak tinggi, tetapi aktivitas airnya (*aw*) cukup rendah, sehingga daya tahananya tidak terlalu singkat. Kadar air dodol yaitu 10-15 % (b/b) dan *aw* 0.647-0.721. Dodol dan jenang diproses dengan proses pengolahan yang sama namun jenang bersifat lebih lembek, memiliki kadar air yang lebih tinggi, sehingga umur simpan dodol relatif lebih panjang daripada jenang. Umur simpan dodol kacang merah yang disimpan pada suhu 25°C adalah 15,08 hari (Hanifah, 2016). Dodol dengan tambahan pengawet mampu bertahan hingga 6 bulan.

PSB yang berkembang pesat dari tradisional ke modern adalah bakpia. Bakpia basah memiliki umur simpan rata-rata 4-5 hari, sedangkan bakpia kering mampu mempertahankan kualitas organoleptiknya selama beberapa bulan. Umur simpan pia apel dengan *aw* 0,73-0,83 dan kadar air 18-22% (b/b) yang dihitung dengan

metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) pada suhu ruang (25°C) adalah 164 hari (5 bulan 14 hari) (Pulungan & Sucipto, 2016).

7.2 Teknologi Pengolahan Pangan Semi Basah

7.2.1 Prinsip Pengolahan Pangan Semi Basah

Prinsip pengolahan pangan semi basah (PSB) adalah bagaimana menghasilkan sebuah produk yang berkualitas dan aman bagi konsumen. Oleh karena itu, perlu diketahui tentang faktor-faktor pengendali kebusukan dalam makanan khususnya PSB. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan PSB yaitu kadar air, aktivitas air, pH, bahan tambahan pangan kimia, ketersediaan oksigen, dan suhu penyimpanan (Prabhakar, 2014a).

1. Kadar air

Kadar air menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam suatu produk pangan atau bahan pangan (Prasetyo et al., 2019). Kadar air merupakan salah satu parameter yang penting untuk menentukan kualitas suatu bahan pangan. Kadar air merupakan salah satu faktor penentu pada kualitas masa simpan bahan pangan, termasuk PSB.

2. Aktivitas air

Makanan dengan kadar air yang lebih tinggi pada umumnya mengalami kerusakan yang lebih cepat secara mikrobiologis daripada makanan dengan tingkat kelembaban yang lebih rendah. Namun, kadar air saja tidak memberikan gambaran yang jelas tentang stabilitas mikrobiologis. Aktivitas air (aw) adalah sifat termodinamika yang bervariasi secara signifikan dengan suhu dan arah variasi tergantung pada komponen produk. Aktivitas air didefinisikan sebagai rasio tekanan uap air dalam sistem pangan terhadap tekanan uap air saturasi pada suhu sistem pangan (Syamaladevi et al., 2016).

Aw dianggap sebagai ukuran ketersediaan air untuk pertumbuhan mikroba, dan memainkan peran penting dalam pembuatan PSB. Melalui manipulasi aw , kapasitas osmoregulasi mikroorganisme dan tegangan osmotik di makanan dapat terganggu dan pertumbuhan mikroba dan aktivitas sebagian besar enzim penting dalam matriks pangan berkurang. Beberapa peneliti mengamati

korelasi variasi parameter kualitas organoleptik, indikator pembusukan enzimatik, mikroba, dan aw dengan perubahan spesifik beberapa produk pangan (Qiu et al., 2019a).

3. pH

Tingkat keasaman atau alkalinitas dari setiap larutan berair dinyatakan sebagai satuan pH. Hubungan langsung diamati antara pH (keasaman) dan kualitas daging. Daging dengan nilai pH lebih tinggi (6,0 ke atas) cenderung lebih cepat rusak daripada daging dengan nilai pH lebih rendah (5,5-5,6). Sebagian besar bakteri memiliki nilai pH optimal untuk pertumbuhan sekitar 7 dan nilai minimum sekitar 5. pH rendah tidak kondusif untuk kondisi optimal parameter kualitas lainnya, seperti kapasitas menahan air dan *juiciness* (Prabhakar, 2014a).

Tren penurunan nilai pH diamati selama penyimpanan jelly yaitu dari 2,9 menjadi 2,20 setelah 6 bulan penyimpanan. Penurunan nilai pH mungkin disebabkan oleh peningkatan keasaman dan reaksi kimia tertentu yang terjadi selama penyimpanan yang mengarah pada produksi asam organik (Shivani et al., 2022). Produk yang memiliki pH rendah cenderung memiliki umur simpan yang lebih panjang.

4. Bahan tambahan pangan

Bahan tambahan pangan seperti pengawet kimia adalah zat yang ketika dimasukkan ke dalam makanan pada tingkat efektif dapat menghambat pembusukan yang disebabkan oleh kelompok mikroorganisme tertentu sehingga memperpanjang umur penyimpanan. Beberapa pengawet yang umum digunakan seperti natrium klorida, natrium atau kalium nitrit, dan asam organik lemah ditemukan sejak dahulu dan secara efektif digunakan dalam kombinasi dengan prosedur pengolahan untuk mengawetkan kelebihan makanan selama periode tertentu.

Dalam pembuatan PSB, pengawet kimia yang dapat digunakan sebagai bahan aditif pangan harus dalam dosis yang diizinkan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan atau kualitas produk melalui penghambatan maksimum pertumbuhan mikroba dengan meminimalisir efek toksitas dari bahan tambahan kimia yang ditambahkan.

5. Ketersediaan oksigen

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan bakteri aerobik. Pengemasan menjadi faktor yang penting dalam PSB karena dapat dilakukan pengaturan kadar oksigen yang harus tersedia dalam produk terkemas. Kadar air dapat mempengaruhi laju oksidasi makanan, keakuratan prediksi penyerapan oksigen untuk produk makanan kemasan dapat terpengaruh jika ada perubahan aw karena penetrasi kelembaban melalui kemasan (Witik et al., 2019). Meskipun PSB stabil dalam suhu ruang, kemasan vakum akan dapat meningkatkan kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan mikroba dapat secara signifikan mengurangi tingkat penghambatan lainnya.

6. Suhu penyimpanan

Umur simpan bahan makanan segar atau olahan sangat dipengaruhi oleh lingkungan ekstrinsik dan intrinsik makanan. Suhu merupakan parameter ekstrinsik mempengaruhi proliferasi mikroorganisme. Suhu lingkungan sesuai dengan suhu optimum mikrobia akan mendorong pertumbuhan mikroorganisme pembusuk yang lebih cepat. Pada umumnya suhu dingin mampu menghambat perumbuhan mikrobia selama penyimpanan produk.

7.2.2 Klasifikasi Pengolahan Pangan Semi Basah

Karel (1976) dan Guilbert (1984) dalam (Taoukis & Richardson, 2020) mengklasifikasikan pengolahan pangan semi basah (PSB) menjadi empat kategori utama yaitu:

1. **Pengeringan parsial.** Metode ini dapat digunakan dalam produksi PSB hanya jika bahan awal secara alami kaya akan humektan, seperti buah-buahan kering (misalnya kismis, aprikot, plum, kurma, apel, dan buah ara) dan sirup (misalnya sirup maple). Aw akhir dari produk ini berada di kisaran 0,6-0,8.
2. **Dehidrasi osmotic (*dewatering-impregnation soaking*).** Metode ini melibatkan perendaman potongan makanan padat dalam air, solusi humektan aw bawah. Perbedaan osmolalitas memaksa air untuk berdifusi keluar dari makanan ke dalam larutan. Secara bersamaan, humektan berdifusi ke dalam makanan, biasanya lebih lambat daripada air berdifusi keluar. Perendaman biasanya dilakukan dalam larutan garam atau gula seperti pada produksi

manisan. PSB berbahan baku daging dan sayuran telah diproduksi melalui perendaman larutan garam, gula, gliserol, atau humektan lainnya.

3. **Infus kering.** Potongan makanan padat dehidrasi pertama direndam dalam larutan air-humektan dari aw yang diinginkan. Proses ini lebih intensif energi, tetapi menghasilkan produk berkualitas tinggi. Metode ini telah digunakan secara luas dalam persiapan PSB untuk *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan militer AS.
4. **Proses formulasi langsung.** Metode ini melibatkan penimbangan dan pencampuran langsung bahan makanan, humektan, dan aditif, diikuti dengan memasak, ekstrusi, atau perlakuan lainnya, menghasilkan produk jadi dengan aw yang diinginkan. Metode ini cepat dan hemat energi dan menawarkan fleksibilitas besar dalam formulasi. Metode ini digunakan untuk produk PSB tradisional (misal: dodol, jenang, bapkia dll) dan PSB modern (misalnya makanan hewan peliharaan, makanan ringan).

7.2.3 Perkembangan Teknologi pada Pengolahan Pangan Semi Basah

Perkembangan teknologi pengolahan pangan yang pesat mendorong munculnya teknologi baru dalam pengolahan PSB, khususnya terkait dengan pengeringan. Berikut ini adalah beberapa perkembangan pengeringan pada proses pengolahan PSB (Qiu et al., 2019a).

1. Pengeringan Tradisional

Komoditas pangan segar dengan kadar air tinggi rentan terhadap penurunan kualitas karena tingginya tingkat reaksi biokimia dan pertumbuhan mikroba selama penyimpanan pasca panen. Pengeringan adalah metode yang efektif untuk menghilangkan air dari matrik pangan. Metode pengeringan tradisional seperti pengeringan udara panas, pengeringan matahari, pengeringan vakum, pengeringan beku memiliki kelemahan antara lain waktu pengeringan yang lama, konsumsi energi yang tinggi, dan kemungkinan menyebabkan perubahan tajam pada kualitas sensori dan gizi produk (Wojdylo et al., 2014).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menemukan metode pengeringan baru dan ekonomis yang dapat mengurangi kadar air bahan makanan dan mampu mempertahankan sifat gizi dan fisikokimia produk. Pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa terdapat perbedaan pada kerusakan lipid, perubahan warna dan oksidasi produk menggunakan metode pengeringan yang berbeda (Chaijan et al., 2017). Sampel yang dikeringkan dengan pengeringan *microwave* menunjukkan tingkat oksidasi lipid yang lebih rendah dan kandungan karbonil protein yang lebih tinggi daripada produk yang dikeringkan dengan sinar matahari. Metode pengeringan baru dan gabungan menawarkan berbagai manfaat dibandingkan yang konvensional.

2. Pengeringan menggunakan gelombang mikro

Pengeringan menggunakan gelombang mikro (*microwave*) menghasilkan panas dari bagian dalam bahan makanan melalui rotasi dipolar dan gerakan ionik. Tekanan uap yang lebih tinggi dihasilkan dari bagian dalam dan kemudian ke permukaan bahan makanan melalui gradien tekanan internal dalam proses pengeringan.

Pengeringan menggunakan gelombang mikro pada umumnya terdiri dari tiga periode pengeringan yaitu (1) periode pemanasan di mana suhu produk meningkat tajam ke titik penguapan air, (2) periode pengeringan cepat yang ditandai dengan tingkat penguapan kelembaban yang tinggi didorong oleh tekanan uap internal dan (3) periode penurunan laju pengeringan dihasilkan dari laju penguapan kelembaban yang terus berkurang karena pengurangan penyerapan gelombang mikro (Qiu et al., 2019b).

Pengeringan menggunakan *microwave* meningkatkan efisiensi pengeringan dengan memusatkan proses pemanasan di dalam dan saat mentransfer kelembaban melalui material di bawah tekanan uap internal yang tinggi (Annie et al., 2017)

Kelemahan pengeringan menggunakan *microwave* adalah seringkali terdapat pemanasan yang tidak merata, kedalaman penetrasi gelombang mikro yang terbatas, dan kemungkinan kerusakan tekstur ketika suhu produk naik terlalu tinggi. Kontrol

daya *microwave* yang tepat dan kombinasi dengan metode pengeringan lainnya harus dipertimbangkan dengan cermat untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Pengeringan menggunakan *microwave* dianggap sebagai metode hemat energi. Selain itu, metode ini menyebabkan difusivitas efektif dan konsumsi energi yang lebih sedikit ketika dikendalikan pada tingkat daya gelombang mikro yang tepat. Dalam penelitian lain, dilaporkan bahwa efisiensi energi irisan apel yang dikeringkan dengan *microwave* dengan daya gelombang mikro tertentu adalah 54,34% pada 600 W dan 17,42% pada 200 W (Zarein et al., 2015). Darvishi, Azadbakht, Rezaeiasl, dan Farhang (2013) mempelajari konsumsi energi pengeringan *microwave* untuk ikan sarden pada tingkat daya gelombang mikro yang berbeda (200, 300, 400 dan 500 W) (Darvishi et al., 2013). Dibandingkan dengan pengeringan udara panas (*hot air drying/HAD*), *microwave-assisted hot air drying (MAHD)* dapat mengurangi waktu pengeringan 51-81% pada pengeringan buah *sessiliflorus* (buah tradisional Korea) menggunakan suhu 55°C. Sampel yang dikeringkan menggunakan MAHD memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat daripada HAD (Zhao et al., 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa retensi vitamin C yang lebih tinggi dan lebih sedikit kecoklatan pada kurma China yang dikeringkan menggunakan MAHD dibandingkan dengan HAD (Fang et al., 2011). MAHD telah dipelajari untuk berbagai PSB seperti kue zaitun mentah (Çelen et al., 2016), roti (Holtz et al., 2010) dan jamur shitake (Wang et al., 2019) untuk mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kualitas produk.

Modifikasi pengeringan *microwave* lainnya terdapat pada *Vacuum microwave drying (VMD)*. Metode ini juga merupakan metode pengeringan yang menjanjikan dengan biaya rendah, efisiensi pengeringan tinggi dan kualitas produk yang baik. VMD efektif dalam mengeringkan daun keji beling yang sangat bioaktif. Aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh dengan *Convective Drying (CD)* pada 40 °C dan VMD pada 9 W / g. Sebaliknya, total volatil dan pitosterol tertinggi terdeteksi dengan CD masing-masing pada 50 °C dan VMD pada 9 W / g (Chua et al., 2019). VMD

dapat mempertahankan lebih banyak warna dan mengurangi ketangguhan cranberry setelah pengeringan (Zhou et al., 2021). *Pulse-spouted microwave-assisted vacuum drying* (PSMVD) telah diterapkan pada pengeringan potongan apel (Mothibe et al., 2014). *Microwave assisted freeze drying* (MAFD) juga dipelajari untuk memahami konsumsi energi pengeringan pada nanas (Chen et al., 2023).

3. Pengeringan menggunakan inframerah

Pengeringan menggunakan metode inframerah memberikan energi ke produk melalui gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 0,75 dan 1000 μm (Riadh et al., 2015). Radiasi inframerah diserap langsung oleh bahan makanan tanpa memanaskan lingkungan. Fitur menarik dari pengeringan inframerah termasuk tingkat dehidrasi yang lebih tinggi, konversi energi yang efisien, kecepatan penutupan yang lebih tinggi, prosedur pengeringan yang lebih mudah dan biaya yang lebih rendah (Delfiya et al., 2022).

Pengeringan inframerah telah diterapkan pada proses pengeringan dendeng sapi dengan tingkat pengeringan yang ditingkatkan dibandingkan dengan pengeringan udara panas. Pengeringan inframerah juga diterapkan untuk mengeringkan irisan daging babi dengan peningkatan laju pengeringan yang dipengaruhi oleh suhu pengeringan, ketebalan irisan dan awal kadar air irisan daging babi (Li et al., 2018). Pengeringan pada roti menggunakan infrared membutuhkan waktu pengeringan lebih singkat 69% dan konsumsi energi berkurang 43,2%, dibandingkan dengan pengeringan pompa panas konvensional (Aktaş et al., 2016). Pengeringan inframerah dapat dengan mudah dikombinasikan dengan yang lain.

Pengeringan radiasi inframerah gelombang menengah dan pendek pada suhu pengeringan yang relatif rendah ($60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$) memberikan warna dan kualitas struktural kulit jeruk yang lebih baik dibandingkan dengan pengeringan beku dan pengeringan udara panas (Xu et al., 2016). Modifikasi pengeringan vakum inframerah-jauh pada penetrasi beet-nasi yang diawetkan

mampu meningkatkan kualitas dan mempersingkat waktu pengeringan (Mee-ngern et al., 2014). Kombinasi microwave dan pengeringan inframerah juga telah diterapkan untuk meningkatkan parameter kualitas kue. Parameter kualitas produk akhir ditingkatkan secara signifikan dengan metode pengeringan gabungan (Ozkahraman et al., 2016).

Teknologi pengeringan harus dipilih dengan cermat sesuai dengan jenis produk makanan. Beberapa metode pengeringan PSB, kelebihan dan kekurangannya tercantum pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Pengeringan PSB

Metode Pengeringan	Produk	Kelebihan	Kelemahan
Kombinasi pengeringan udara panas dan gelombang mikro	Chinese jujube/kurma cina	Konsumsi energi rendah Produk berkualitas	Harus sangat memperhatikan suhu dan daya microwave untuk bahan baku yang berbeda
Kombinasi pengeringan vakum dan gelombang mikro	strawberi	Konsumsi energi rendah, waktu pengeringan cepat	Perubahan warna
Pengeringan infrared	Dendeng sapi	Dehidrasi tinggi, konsumsi energi rendah	Penyebaran pengeringan terbatas Tidak cocok untuk bahan pangan yang tebal
Kombinasi pengeringan udara panas dan infrared	Dendeng sapi	Produk berkualitas Kecepatan pengeringan tinggi	Kesulitan mengrengangkan air terikat
Pengeringan	Daging kalkun	Produk	Biaya operasional

Metode Pengeringan	Produk	Kelebihan	Kelemahan
beku		berkualitas	tinggi
Pengeringan udara konveksi	Daging ayam	Tingkat kekerasan lebih rendah	Kapasitas rehidrasi rendah
Pengeringan menggunakan microwave vakum	Granula ikan	Kualitas optimal dengan daya 6 W/g	Terlalu banyak perlakuan
Pengeringan udara dingin	Daging siput	Waktu pengeringan cepat Pengoperasian mudah	Struktur dan sifat reologi pangan berubah signifikan
Pengeringan mikrowave	Roti tepung beras	Memproduksi roti bebas glutendengan mengurangi nilai cerna pati	Tingkat kekerasan tinggi
Pengeringan infrared	Cake blueberi	Total antosianin lebih tinggi	Perlu perlakuan pendahuluan sebelum pengeringan

Sumber : Qiu et al (2019)

7.3 Pengawetan Pangan Semi Basah

Pengawetan pangan sangat penting dalam konteks pangan semi basah karena tingginya kadar air yang dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Metode pengawetan yang tepat dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme tersebut sehingga pangan semi basah dapat bertahan lebih lama. Selain itu, pengawetan juga membantu mempertahankan nutrisi dan rasa alami pangan semi basah, sehingga konsumen dapat menikmatinya dengan aman dan tanpa kehilangan nilai gizi.

Sebelum mempelajari metode pengawetan pada PSB, maka perlu diketahui tentang umur simpan produknya.

7.3.1 Umur Simpan Pangan Semi Basah

Tujuan utama produksi pangan semi basah (PSB) adalah untuk mendapatkan produk dengan aktivitas air (aw) tertentu untuk umur simpan yang cukup panjang di suhu ruang. Umur simpan makanan adalah waktu sebuah pangan dapat mempertahankan kualitas yang dapat diterima dari pandangan keamanan pangan dan konsumen. Hal ini tergantung pada empat faktor utama yaitu: formulasi, pemrosesan, pengemasan dan kondisi penyimpanan.

Pertumbuhan mikroba pada substrat tertentu tidak cukup dihambat dengan menurunkan aw, namun terdapat beberapa faktor lain yang berkontribusi yaitu pH, suhu, potensi reduksi oksidasi, pengawet, dan microflora (Prabhakar, 2014b). Salah satu persyaratan PSB adalah memiliki aw 0,7-0,8%. Namun ternyata beberapa mikroorganisme penting yang menyebabkan pembusukan telah terbukti dapat tumbuh pada kisaran 0,60 hingga 0,84 ketika kondisi lain menguntungkan.

Terdapat beberapa mikroba pathogen utama yang menjadi perhatian pada PSB yaitu *Salmonella* dan *Bacillus cereus*. Kedua mikroba menyebabkan sebagian besar penyakit yang terkait dengan makanan dengan kelembaban rendah atau PSB. Pada aw yang lebih tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme seperti *Staphylococcus aureus*. Mikroba ini bersifat aerobik dan tumbuh dengan baik pada aw 0,83-0,86. Kapang spesies *Aspergillus* dan *Penicillium* dapat tumbuh dan menghasilkan mikotoksin berbahaya pada aktivitas air 0,77- 0,85. Kombinasi pH rendah, penambahan gula, garam dan pengawet, dan setiap proses termal digunakan untuk mengurangi risiko pertumbuhan bakteri yang dapat menghilangkan patogen dan memperpanjang umur simpan. Inhibitor kapang yang dianggap efektif dan sering digunakan adalah sorbat dan propionat. Pertumbuhan mikroorganisme tertentu mengalami hambatan pada rentang aktivitas air produk PSB seperti ditunjukkan pada Tabel 7.2 (Subramanyam, 2023).

Tabel 7.2. Pertumbuhan mikroorganisme pada rentang aktivitas air pangan semi basah

aw	Mikroorganisme yang umumnya dihambat	Contoh Produk
0,80-0,84	Kapang (<i>Penicillia</i>), <i>Saccaromycess spp</i>	Konsentrat jus buah, susu kental manis, sirup buah, cake
0,75-0,80	Bakteri halofilik, <i>Aspergillus</i>	Selai, marshmellow
0,65-0,75	Kapang xerofilik (<i>Aspergillus xhevalieri</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i>), <i>Saccaromyces bisporus</i>	Naget, jelli, molasess, buah kering (kadar air 10%), kacang
0,60-0,65	Khamir osmophilic (<i>Saccaromyces rouxi</i>), beberapa kapang (<i>Aspergillus echimulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>)	Buah kering (kadar air 15-20%), madu, karamel

Sumber: Subramanyam (2023)

Pada aw tinggi, pengasaman hingga pH 5,2, bersamaan dengan inhibitor kapang, efektif untuk penghambatan *S. aureus*. Pada pH 5,2-6, kombinasi propilen glikol (4-6%) dengan kalium sorbat atau kalsium propionat (0,1-0,3%) diperlukan. Namun, efektivitas kombinasi perlindungan mikroba sangat bergantung pada formulasi pangan. Keberadaan pengawet kimia secara tidak langsung akan meningkatkan umur simpan produk. Selain itu, umur simpan produk juga dipengaruhi oleh penerapan cara berproduksi pangan olahan yang baik (Qiu et al., 2019b).

7.3.2 Metode Pengawetan Pangan Semi Basah

1. Metode sterilisasi PSB

Pemanasan atau proses thermal adalah cara paling efektif untuk menginaktifkan mikroorganisme patogen dan pembusukan. Proses thermal dapat dibagi menjadi pasteurisasi ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) dan sterilisasi komersial ($> 100^{\circ}\text{C}$). Proses thermal telah banyak digunakan dalam industri makanan untuk produksi produk

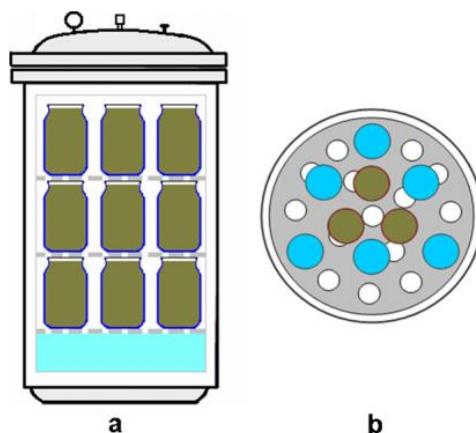
kelembaban tinggi siap saji, tetapi umumnya digunakan untuk PSB. Dengan meningkatnya masalah keamanan pangan yang terkait dengan makanan kelembaban rendah dan PSB, pasteurisasi termal dapat menjadi pilihan efektif untuk memastikan keamanan PSB.

Penghambatan pertumbuhan mikroorganisme dengan metode non termal sudah banyak dilakukan. Teknologi ini dilakukan menggunakan suhu ruang dengan tujuan untuk menghilangkan efek buruk pada kualitas makanan akibat dari proses thermal (Qiu et al., 2019b).

2. Pasteurisasi thermal

Pasteurisasi termal telah dipelajari untuk beberapa PSB seperti selai kiwi (aw 0,78) (Lespinard et al., 2012) dan pasta bebas gluten (kadar air 48%) (Sanguinetti et al., 2016). Pasteurisasi (65 °C, 30 menit) dapat digunakan dalam madu (aw 0,68) untuk mengurangi nilai pH. Madu yang dipasteurisasi pada kondisi tersebut dapat diterima oleh konsumen (Ribeiro et al., 2018). Metode pasteurisasi termal terbukti memberikan dampak positif pada kualitas sensorik produk, menghambat pertumbuhan mikroorganisme endogen, dan akan meningkatkan umur simpan PSB. Pasteurisasi termal (60 °C, 120 s dan 68 °C, 12 s) juga diterapkan pada vakum emulsi sosis kemasan untuk mencegah pembusukan dan memperpanjang umur simpan dalam penyimpanan berpendingin (Abhari et al., 2018). Pasteurisasi mampu mengubah umur simpan diperpanjang hingga > 3 bulan tanpa mempengaruhi kualitas sensorik. Studi terbaru mengungkapkan bahwa ketahanan termal bakteri, misalnya, *Salmonella* dan *Listeria monocytogenes*, meningkat tajam dengan penurunan aktivitas air matriks makanan yang diukur pada suhu perlakuan (Liu et al., 2018). Dengan demikian, suhu pemrosesan yang jauh lebih tinggi atau waktu yang lebih lama diperlukan untuk pasteurisasi termal PSB dibandingkan dengan kondisi kelembaban tinggi, bahkan untuk patogen bakteri target yang sama. Proses tersebut dapat menyebabkan degradasi termal atribut kualitas sensitif panas.

Gambar 7.1 menunjukkan metode pasteurisasi thermal pada selai kiwi menggunakan *retort batch stainless steel/vertical* (Lespinard et al., 2012). Retort ini dilengkapi dengan katup keamanan otomatis yang terbuka pada tekanan 2 atmosfer, mencapai dan mempertahankan suhu akhir sekitar 118 °C. Media pemanas terdiri dari udara awal yang terkandung dalam retort ditambah peningkatan jumlah uap air yang dihasilkan oleh air panas yang terkandung di bagian bawah retort (Gambar 2). Tiga lapis sembilan toples berisi air ditempatkan di retort. Tiga toples dengan selai kiwi ditempatkan di tengah lapisan tengah (zona pemanasan paling lambat). Proses ini dibagi menjadi tiga langkah: (a) *come-up* (tanpa ventilasi), (b) *holding* dan (c) pendinginan. Tahap pemanasan awal (periode *come-up*) terdiri dari sekitar 30 menit (waktu *come-up*) di mana suhu retort meningkat dari suhu kamar sekitar ke suhu akhir 118 °C. Tahap kedua mempertahankan suhu ini, diikuti oleh periode pendinginan di mana ada pelepasan tekanan di dalam retort yang mencapai suhu 100 °C. Kemudian toples direndam ke dalam penangas air termostatik 60 °C untuk mendinginkan produk dengan cepat



Gambar 7.1. (a) Retord tampak depan (b) tampilan atas memperlihatkan distribusi wadah kaca selai kiwi
Sumber : Lespinard et al (2012)

Teknologi termal untuk meningkatkan umur simpan PSB harus dipilih dengan cermat untuk mencapai keseimbangan antara

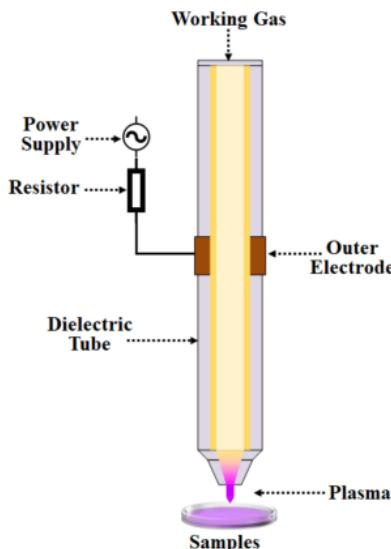
umur simpan dan kualitas makanan. Optimalisasi kondisi pasteurisasi harus dilakukan dengan mempertimbangkan kinetika termal patogen target, inaktivasi termal enzim terkait kualitas, dan kualitas terkait parameter. Pengujian penyimpanan juga harus dilakukan pada kondisi distribusi dan penyimpanan normal untuk memastikan keamanan mikroba dan penerimaan produk makanan dalam umur simpan maksimumnya.

3. *Plasma treatment*

Plasma treatment adalah teknologi dekontaminasi yang relatif baru dibandingkan dengan teknologi dekontaminasi termal di industri pangan. *Plasma treatment* secara efisien menonaktifkan mikroorganisme, termasuk biofilm, spora bakteri, jamur dan bakteri

(Segat et al., 2016). Plasma adalah gas terionisasi yang terdiri dari partikel bermuatan, medan listrik, foton UV, dan spesies reaktif, gas tersebut dianggap efektif untuk inaktivasi mikroorganisme dan menjamin keamanan produk pangan.

Prinsip plasma treatment seperti ditunjukkan pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2. Prinsip plasma treatment

Sumber : Zhang et al (2023)

Menurut jenis pasokan energi dan jumlah energi yang ditransfer ke plasma, plasma dibagi menjadi plasma suhu tinggi dan plasma suhu rendah. Dalam sterilisasi makanan, teknik yang paling banyak digunakan adalah plasma suhu rendah. Keuntungan *plasma treatment* suhu rendah yaitu:

- a. Dapat disesuaikan secara bebas, dan makanan yang peka terhadap panas dapat disterilkan pada suhu normal;
- b. Waktu sterilisasi yang dibutuhkan singkat dan tidak beracun, hanya sedikit detik atau beberapa menit;
- c. Sterilisasi dalam sistem tertutup, radiasi yang dihasilkan oleh sterilisasi tidak bocor;
- d. Pengoperasiannya sederhana dan mudah digunakan, dan makanan dapat disterilkan dari berbagai sudut;
- e. Membantu memperpanjang umur simpan produk makanan, mengurangi limbah makanan, dan mengurangi ketergantungan pada pengawet kimia, menawarkan metode pengawetan makanan yang lebih alami dan lebih sehat;

(Zhang et al., 2023)

4. *High pressure processing*

Pemrosesan tekanan tinggi atau *High pressure processing* merupakan metode pengawetan nonthermal yang efektif. Mekanisme pada *high pressure processing* didasarkan pada kerusakan subletal sel mikroba pada tekanan tinggi dikombinasikan dengan suhu rendah dan waktu tahan (Sevenich et al., 2016). Beban termal *high pressure processing* lebih rendah dari perlakuan termal lainnya. Keuntungan metode *high pressure processing* adalah metode pengawetannya tidak mempengaruhi kualitas gizi produk makanan dan umur simpan produk makanan dapat diperpanjang karena pengurangan mikroorganisme.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penggunaan teknologi dekontaminasi non termal tercantum dalam Tabel 7.3 (Qiu et al., 2019b; Zhang et al., 2023)

Tabel 7.3. Teknologi pengawetan non-thermal pangan semi basah

Teknologi pengawetan	Produk	Umur simpan
Perlakuan ozon	Mie semi kering	Meningkatkan umur simpan sampai 9 hari tanpa perubahan tekstur dan sensori
Perlakuan plasma	Cumi semi kering Lembaran daging Keju potong Daging babi	Peningkatan umur simpan tanpa perubahan karakteristik sensori dan kimia
Tekanan hidrostatik tinggi	Cumi semi kering	Peningkatan umur simpan
Irradiasi Gamma	Produk seafood tradisional korea semi kering	Sinar gama 7 kGy efektif meningkatkan umur simpan tanpa mempengaruhi warna dan karakteristik sensori
Coating	Ikan	Coating menggunakan 1 dan 2% chitosan memperpanjang umur simpan hingga 3-7 hari
Plasma suhu rendah	Wortel, tomat, seledri	3,95kV – 12,83 kV menggunakan argon selama 30 detik sampai 10, perlakuan voltase tertinggi dan waktu terlama mampu menurunkan E coli pathogen sebesar log 1,6
Plasma suhu rendah	strawberi	60kV selama 5 menit menurunkan microflora (bakteri mesofilik, khamir dan kapang) sebanyak log 2

Sumber : Qiu et al (2019) dan Zhang et al (2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Abhari, K., Jafarpour, D., & Shekarforoush, S. S. (2018). Effects of in-package pasteurization on preventing spoilage in emulsion vacuum packaged sausages during refrigerated storage. *Foods and Raw Materials*, 6(1). <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-40-46>
- Aktaş, M., Şevik, S., & Aktekeli, B. (2016). Development of heat pump and infrared-convective dryer and performance analysis for stale bread drying. *Energy Conversion and Management*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.028>
- Annie, D., Chandramouli, V., Anthonysamy, S., Ghosh, C., & Divakar, R. (2017). Freeze drying vs microwave drying-methods for synthesis of sinteractive thoria powders. *Journal of Nuclear Materials*, 484. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2016.11.019>
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S. S., & Akyıldız, A. (2016). Drying behavior of prina (crude olive cake) using different types of dryers. *Drying Technology*, 34(7). <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1044009>
- Chaijan, M., Panpipat, W., & Nisoa, M. (2017). Chemical deterioration and discoloration of semi-dried tilapia processed by sun drying and microwave drying. *Drying Technology*, 35(5). <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1199565>
- Chen, B. L., Lin, G. S., Amani, M., & Yan, W. M. (2023). Microwave-assisted freeze drying of pineapple: Kinetic, product quality, and energy consumption. *Case Studies in Thermal Engineering*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102682>
- Chua, L. Y. W., Chua, B. L., Figiel, A., Chong, C. H., Wojdyło, A., Szumny, A., & Choong, T. S. Y. (2019). Antioxidant activity, and volatile and phytosterol contents of strobilanthes crispus dehydrated using conventional and vacuum microwave drying methods. *Molecules*, 24(7). <https://doi.org/10.3390/molecules24071397>
- Darvishi, H., Azadbakht, M., Rezaeiasl, A., & Farhang, A. (2013). Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 12(2). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.09.002>

- Delfiya, D. S. A, Prashob, K, Murali, S, Alfiya, P. V., Samuel, M. P., & Pandiselvam, R. (2022). Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. In *Journal of Food Process Engineering* (Vol. 45, Issue 6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13810>
- Ekafitri, R., & Faradilla, R. H. F. (2011). Pemanfaatan Komoditas Lokal Sebagai Bahan Baku Pangan Darurat. *Pangan*, 20(2), 161.
- Fang, S., Wang, Z., Hu, X., Chen, F., Zhao, G., Liao, X., Wu, J., & Zhang, Y. (2011). Energy requirement and quality aspects of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in hot air drying followed by microwave drying. *Journal of Food Process Engineering*, 34(2). <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00372.x>
- Hanifah, R. (2016). Pendugaan umur simpan dodol tomat menggunakan metode accelerated shelf life testing (ASLT) model arheniuss. *Artikel*.
- Holtz, E, Ahrné, L, Rittenauer, M, & Rasmuson, A. (2010). Influence of dielectric and sorption properties on drying behaviour and energy efficiency during microwave convective drying of selected food and non-food inorganic materials. *Journal of Food Engineering*, 97(2). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.003>
- Lespinard, A. R., Bambicha, R. R., & Mascheroni, R. H. (2012). Quality parameters assessment in kiwi jam during pasteurization. Modelling and optimization of the thermal process. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4). <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.03.001>
- Li, X, Xie, X, Zhang, C. hui, Zhen, S, & Jia, W. (2018). Role of mid- and far-infrared for improving dehydration efficiency in beef jerky drying. *Drying Technology*, 36(3). <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1326129>
- Liu, S., Tang, J., Tadapaneni, R. K., Yang, R., & Zhu, M. J. (2018). Exponentially increased thermal resistance of *Salmonella* spp. and *Enterococcus faecium* at reduced water activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(8). <https://doi.org/10.1128/AEM.02742-17>

- Mee-ngern, B., Lee, S. J., Choachamnan, J., & Boonsupthip, W. (2014). Penetration of juice into rice through vacuum drying. *LWT*, 57(2). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.001>
- Mothibe, K. J., Wang, C. Y., Mujumdar, A. S., & Zhang, M. (2014). Microwave-Assisted Pulse-Spouted Vacuum Drying of Apple Cubes. *Drying Technology*, 32(15). <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.934830>
- Ozkahraman, B. C., Sumnu, G., & Sahin, S. (2016). Effect of different flours on quality of legume cakes to be baked in microwave-infrared combination oven and conventional oven. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3). <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2101-z>
- Prabhakar, K. (2014a). Intermediate Moisture Foods. In *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition* (Second Edi, Vol. 2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00170-1>
- Prabhakar, K. (2014b). Intermediate Moisture Foods. In *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition* (Second Edi, Vol. 2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00170-1>
- Prasetyo, T. F., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. (2019). Implementasi Alat Pendekripsi Kadar Air pada Bahan Pangan Berbasis Internet Of Things. *SMARTICS Journal*, 5(2), 81-96. <https://doi.org/10.21067/smartics.v5i2.3700>
- Pulungan, M. H., & Sucipto, S. (2016). Penentuan umur simpan pia apel dengan metode ASLT (Studi kasus di UMKM Permata Agro Mandiri Kota Batu). *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 5(2), 61-66.
- Qiu, L., Zhang, M., Tang, J., Adhikari, B., & Cao, P. (2019a). Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Research International*, 116(December 2018), 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.055>
- Qiu, L., Zhang, M., Tang, J., Adhikari, B., & Cao, P. (2019b). Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Research International*, 116(December 2018), 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.055>

- Riadh, M. H., Ahmad, S. A. B., Marhaban, M. H., & Soh, A. C. (2015). Infrared Heating in Food Drying: An Overview. *Drying Technology*, 33(3). <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.951124>
- Ribeiro, G. P., Villas-Bôas, J. K., Spinosa, W. A., & Prudencio, S. H. (2018). Influence of freezing, pasteurization and maturation on Tiúba honey quality. *LWT*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.072>
- Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Scaru, A., Fadda, C., Milella, G., Catzeddu, P., & Piga, A. (2016). Extending the shelf life of gluten-free fresh filled pasta by modified atmosphere packaging. *LWT*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.010>
- Segat, A., Misra, N. N., Cullen, P. J., & Innocente, N. (2016). Effect of atmospheric pressure cold plasma (ACP) on activity and structure of alkaline phosphatase. *Food and Bioproducts Processing*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.010>
- Sevenich, R., Rauh, C., & Knorr, D. (2016). A scientific and interdisciplinary approach for high pressure processing as a future toolbox for safe and high quality products: A review. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.013>
- Shivani, Banyal, S., Kumari, A., Sharma, S. P., & Dhaliwal, Y. S. (2022). Effect of varieties and storage on the quality parameters of nectarine (*Prunus persica*)-based intermediate moisture food (IMF) products. *Journal of Applied and Natural Science*, 14(1), 216-224. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i1.3299>
- Soekarto, S. T. (1979). Pangan Semi Basah Ketahanan dan Potensinya dalam Gizi Masyarakat Bogor. *Skripsi, Institut Pertanian Bogor*, 20(2).
- Srijeeta Saha. (2020). IMF: To Enhance the Shelf-Life of Food. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 6(10), 103-108. <https://doi.org/10.46501/ijmtst061018>
- Subramanyam, B. (2023). Food Safety Issues in Semi-moist/Intermediate Moisture Foods and their Mitigation Using Clean Label Antimicrobials- A Review. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 12(4), 1200-1210. <https://doi.org/10.31031/mcda.2023.12.000791>

- Syamaladevi, R. M., Tang, J., Villa-Rojas, R., Sablani, S., Carter, B., & Campbell, G. (2016). Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(2), 353–370. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12190>
- Taoukis, P. S., & Richardson, M. (2020). Principles of Intermediate-Moisture Foods and Related Technology. In *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch16>
- Vermeulen, A., Marvig, C. L., Daelman, J., Xhaferi, R., Nielsen, D. S., & Devlieghere, F. (2015). Strategies to increase the stability of intermediate moisture foods towards *Zygosaccharomyces rouxii*: The effect of temperature, ethanol, pH and water activity, with or without the influence of organic acids. *Food Microbiology*, 45(PA), 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.01.003>
- Wang, Q., Li, S., Han, X., Ni, Y., Zhao, D., & Hao, J. (2019). Quality evaluation and drying kinetics of shiitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave-assisted drying methods. *LWT*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.020>
- Wtik, R. A., Phoutthasak, S., Collet, A., & Wyser, Y. (2019). Shelf life prediction of oxygen-sensitive products: The influence of moisture on prediction accuracy for freeze-dried coffee. *Packaging Technology and Science*, 32(7), 357–365. <https://doi.org/10.1002/pts.2444>
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2014). Effect of Convective and Vacuum-Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3). <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>
- Xu, M. Y., Zhong, Y. G., Bi, J. F., Zhou, M., Han, D. D., & Zheng, J. K. (2016). Effect of different drying conditions on color and texture of citrus peels. *Modern Food Science and Technology*, 32(8). <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.8.030>
- Zarein, M., Samadi, S. H., & Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of

- apple slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.06.002>
- Zhang, J., Du, Q., Yang, Y., Zhang, J., Han, R., & Wang, J. (2023). Research Progress and Future Trends of Low Temperature Plasma Application in Food Industry: A Review. In *Molecules* (Vol. 28, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/molecules28124714>
- Zhao, S. yu, An, N. nan, Zhang, K. yan, Li, D., Wang, L. jun, & Wang, Y. (2023). Evaluation of drying kinetics, physical properties, bioactive compounds, antioxidant activity and microstructure of *Acanthopanax sessiliflorus* fruits dried by microwave-assisted hot air drying method. *Journal of Food Engineering*, 357, 111642. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2023.111642>
- Zhou, Y. H., Staniszewska, I., Liu, Z. L., Zielinska, D., Xiao, H. W., Pan, Z., Nowak, K. W., & Zielinska, M. (2021). Microwave-vacuum-assisted drying of pretreated cranberries: Drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity. *LWT*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111464>

BAB 8

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA DAN BAHAN KIMIA

Oleh Emi Kurniawati

8.1 Pendahuluan

Pada proses pengolahan bahan pangan terkadang ditambahkan bahan-bahan lain. Penambahan bahan-bahan lain tersebut bisa bersifat penting misalnya penambahan garam, asam dan gula atau hanya berupa bahan tambahan pangan seperti bahan kimia yang digunakan sebagai pengawet, pengental dan pewarna. Penambahan garam, asam, gula dan bahan kimia akan mengakibatkan perubahan selama proses pengolahan bahan pangan. Setiap penambahan garam, asam, gula dan bahan kimia memiliki prinsip dalam penggunaannya. Pada bab ini, akan dibahas lebih lanjut tentang prinsip pengolahan menggunakan garam, asam, gula dan bahan kimia.

Prinsip penggunaan garam pada proses pengolahan bahan pangan yaitu garam bisa mengikat air sehingga tidak ada lagi bakteri. Adanya ion khlor pada garam, menjadikan garam bersifat bakteriostatis. Prinsip penggunaan asam pada proses pengolahan bahan pangan yaitu asam bisa mengubah dan meningkatkan intensitas bahan-bahan pemberi cita rasa. pH dan daya racun yang dimiliki asam bisa mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Prinsip penggunaan gula pada proses pengolahan bahan pangan yaitu gula ditambahkan dengan konsentrasi tinggi akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Prinsip penggunaan bahan kimia pada proses pengolahan bahan pangan yaitu bahan kimia ditambahkan untuk menghasilkan karakteristik produk yang diinginkan. Bahan kimia khususnya bersifat antimikroorganisme.

Prinsip pengolahan menggunakan garam, asam, gula dan bahan kimia yaitu digunakan sebagai pengawet. Hal tersebut dapat diketahui dari kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pengolahan menggunakan garam, asam, gula dan

bahan kimia tidak hanya didasarkan pada proses pengolahannya. Akan tetapi, juga bisa dikombinasikan dengan pengolahan secara fisik yang lainnya, seperti pengeringan dan fermentasi. Dari seluruh proses pengolahan bahan pangan tersebut harus diketahui pengolahan yang bersifat penting dan pengolahan yang bersifat penunjang.

8.2 Pengolahan Menggunakan Garam

Penggunaan garam pada proses pengolahan bahan pangan sudah dilakukan sejak jaman dulu. Tujuan penambahan garam yaitu untuk memperoleh suatu kondisi dimana enzim atau mikroorganisme yang tahan terhadap garam mampu bereaksi menghasilkan produk pangan yang memiliki karakteristik tersendiri. Penambahan garam dengan konsentrasi tinggi mengakibatkan mikroorganisme yang tidak tahan garam akan mati. Garam bisa berperan sebagai pengawet, dimana garam dapat mengikat air dari bahan sehingga mikroorganisme pembusuk akan mati karena aktivitas air (Aw) rendah. Mikroorganisme seperti bakteri halofilik dapat tumbuh pada larutan garam yang hampir jenuh, tetapi memerlukan waktu simpan yang lama untuk pertumbuhan dan kemudian mengalami pembusukan.

Pengolahan menggunakan garam dapat dikombinasikan dengan proses pengolahan lainnya, misalnya fermentasi dan enzimatis. Beberapa contoh pengolahan menggunakan garam diantaranya yaitu pembuatan acar, pembuatan ikan asin dan pembuatan telur asin.

8.2.1 Pembuatan Acar Sayuran

Pembuatan acar sayuran adalah proses pengawetan sayur-sayuran yang melalui tahapan pengasinan dan fermentasi. Terjadinya proses fermentasi disebabkan oleh menurunnya aktivitas enzim alami pada sayuran yang berperan dalam proses pembusukan dan perubahan oksidatif. Syarat kondisi pada pembuatan acar sayuran yaitu anaerobik, konsentrasi garam optimum, bakteri asam laktat yang sesuai, suhu yang tepat dan higienis. Garam yang ditambahkan bisa dalam bentuk kering atau dalam bentuk larutan. Penggunaan konsentrasi garam bervariasi tergantung pada jenis sayuran.

Konsentrasi garam dapat menentukan jenis dan tingkat pertumbuhan mikroorganisme, sehingga berpengaruh pada kualitas dan keasaman acar sayuran (Buckle et al., 2010).

Proses pembuatan acar sayuran dimulai dari menyiapkan sayur-sayuran, kemudian dilakukan. Selanjutnya sayur-sayuran yang telah layu direndam pada larutan garam konsentrasi 3-10 %. Penggunaan garam memungkinkan mikroorganisme yang membentuk asam laktat seperti *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactabacillus brevis* dan *Lactabacillus plantarum* akan tumbuh dan berkembang sehingga menyebabkan terhambatnya mikroorganisme pembusuk. Pemberian garam yang cukup dan adanya karbohidrat sehingga bisa diperlakukan. Karbon oksida yang keluar secara cepat selama tahap awal fermentasi akan memberikan keadaan anaerobik untuk mikroorganisme yang diharapkan. Produk yang sudah mengalami proses fermentasi akan memiliki kandungan garam 20% dan asam 0,5-1,5 %. Namun, konsentrasi garam yang dihasilkan oleh produk masih terlalu tinggi untuk dikonsumsi secara langsung, sehingga perlu penurunan konsentrasi sampai 5% selama proses pengolahan. Proses pasteurisasi dengan panas diperlukan agar produk acar sayuran terhindar dari kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme dan masa simpannya bisa lebih lama.

8.2.2 Pembuatan Ikan Asin

Pembuatan ikan asin merupakan proses pengolahan ikan dengan cara diawetkan, dimana dilakukan pengurangan kadar air pada ikan hingga titik tertentu, sehingga menyebabkan mikroorganisme tidak bisa hidup dan berkembang biak lagi. Pada proses ini penggunaan garam tidak bersifat membunuh mikroorganisme, namun garam menarik air dalam sel daging ikan sehingga menyebabkan terjadinya plasmolisis, dimana sel mikroorganisme berkurang kadar airnya yang mengakibatkan lama kelamaan mikroorganisme akan mati.

Pembuatan ikan asin selain melalui proses pengasinan, juga melalui proses pengolahan secara fisik, yaitu pengeringan. Pengeringan bertujuan agar kadar air pada daging ikan mengalami penurunan, yang mengakibatkan cairan semakin kental dan proteininya menggumpal. Kualitas dan mutu ikan asin ditentukan oleh

kemurnian dan ukuran kristal garam yang digunakan. Karakteristik ikan asin yang baik yaitu memiliki warna putih kekuningan, teksturnya lunak dan rasanya gurih (Budiman, 2004).

Proses pembuatan ikan asin dapat dilakukan dengan tiga cara. Cara pertama, pengasinan kering (*dry salting*) yaitu dengan menggunakan garam kering. Ikan disiangi terlebih dahulu dan dicuci sampai bersih. Selanjutnya dilumuri garam dan disusun secara berlapis-lapis, dimana setiap lapisan ikan ditaburi garam. Lapisan paling atas dan paling bawah adalah lapisan garam. Konsentrasi garam yang digunakan saat pengasinan kering yaitu 10-35 % dari berat ikan yang digarami. Saat ikan bersentuhan dengan ikan yang basah atau berair, garam awalnya membentuk larutan pekat. Larutan tersebut lalu meresap ke dalam daging ikan melalui proses osmosis. Dengan demikian, kristal garam tidak langsung menyerap air, namun terlebih dahulu berubah menjadi larutan. Semakin lama, larutan yang terbentuk semakin banyak sehingga mengakibatkan berkurangnya kandungan air dalam daging ikan.

Cara kedua, pengasinan basah (*wet salting*) yaitu dengan menggunakan larutan garam jenuh. Pengasinan basah menggunakan larutan garam dengan konsentrasi 30-35 %, dimana dalam 1 liter air terdapat 30-35 gram garam. Ikan disiangi dan dicuci sampai bersih. Kemudian ikan ditumpuk dalam wadah yang kedap air. Kemudian larutan garam jenuh diisikan ke dalam wadah tersebut. Bagian atas wadah diberi tutup dan beban pemberat supaya seluruh ikan terendam. Ukuran ketebalan daging ikan dan derajat keasinan yang dikehendaki mempengaruhi lamanya waktu perendaman. Larutan garam jenuh akan semakin berkurang karena keluarnya kandungan air dari daging ikan. Hal ini dinamakan proses osmosis. Proses osmosis akan berhenti ditandai dengan adanya keseimbangan kejenuhan larutan di luar dan di dalam daging ikan.

Cara ketiga, pengasinan kering tanpa wadah kedap air (*kench salting*). Cara ini hampir sama dengan cara pertama yaitu menggunakan garam kering. Wadah yang digunakan tidak kedap air, sehingga cairan garam langsung mengalir ke bawah dan terbuang. Kelemahan cara ini yaitu membutuhkan jumlah garam yang lebih banyak dan proses pengasinannya berlangsung sangat lambat.

8.2.3 Pembuatan Telur Asin

Pembuatan telur asin merupakan proses pengawetan telur bebek melalui prinsip pengasinan. Penggunaan garam pada proses ini memiliki fungsi yang sama dengan proses pembuatan ikan asin adalah mengikat air hingga kadar air tertentu, yang menyebabkan mikroorganisme tidak bisa hidup dan berkembang biak lagi. Syarat penggunaan garam yaitu ukuran kristal garam yang bersih dan tidak terlalu halus. Bahan tambahan lain yang diperlukan pada pembuatan telur asin yaitu abu gosok dan bubuk bata merah (Yuniati, 2011).

Pembuatan telur asin dimulai dengan membersihkan telur bebek. Kulit telur digosok sampai bersih dari kotoran yang melekat. Selanjutnya untuk mengetahui telur yang digunakan masih baik atau rusak yaitu dengan cara memasukkan ke dalam air, telur yang mengapung menunjukkan kondisinya sudah rusak. Kemudian telur dilap sampai kering. Telur yang sudah kering diampelas dengan hati-hati. Pengamplasan ini bertujuan agar pori-porinya terbuka. Lalu abu gosok, air, dan garam dicampur sampai membentuk pasta dengan perbandingan 400 g : 200 ml : 200 g. Penambahan bubuk bata merah ke dalam adonan pasta dan diaduk hingga merata. Telur dimasukkan ke dalam baskom adonan dan dilumuri dengan adonan hingga merata seluruh permukaannya dengan ketebalan ± 2 mm. Telur yang sudah dilumuri selanjutnya disimpan pada wadah selama 20 hari. Setelah 20 hari, telur dibersihkan dari adonan yang menempel pada permukaan kulitnya. Telur yang telah dibersihkan dapat direbus dengan api kecil selama 1,5 jam. Telur yang sudah direbus, lalu ditiriskan dan siap dikonsumsi.

8.3 Pengolahan Menggunakan Asam

Penggunaan asam pada proses pengolahan bahan pangan berperan memberikan rasa asam. Ion hidrogen pada senyawa asam mampu meningkatkan respon terhadap rasa asam. Asam memiliki fungsi antara lain sebagai sistem buffer pada makanan, sebagai bahan pengkelat, sebagai bahan pengembang dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, asam juga berperan dalam pembentukan gel pektin, koagulasi protein susu dan penghilang buih. Baik asam organik maupun asam anorganik terdapat dalam bahan

pangan alami. Beberapa asam organik yang biasa digunakan dalam pengolahan pangan meliputi asam asetat, asam malat, asam laktat, asam suksinat, asam fumarat, asam sitrat dan asam tartarat. Satu-satunya asam anorganik yang digunakan sebagai pengasam dalam produk pangan yaitu asam fosfat. Asam fosfat biasanya digunakan pada minuman karbonasi (Estiasih & Ahmadi, 2009).

Asam memiliki pengaruh antimikroorganisme meliputi pengaruhnya terhadap pH dan sifat keracunan yang khas dari asam-asam yang tidak terurai. Pada pH yang sama, asam asetat lebih menghambat pertumbuhan mikroorganisme dibandingkan asam laktat dan asam laktat lebih menghambat dibandingkan asam sitrat.

8.3.1 Pembuatan Selai

Selai merupakan makanan semi padat yang membentuk gel akibat adanya interaksi antara sari buah sebagai bahan utama, gula atau sukrosa, asam sitrat dan pektin. Pembuatan selai melibatkan pengolahan menggunakan asam dan gula serta proses pemanasan. Penambahan asam sitrat bertujuan untuk memperoleh pH di kisaran 2,8-3,4 untuk membentuk gel yang konsisten, memperkuat rasa buah dan meningkatkan nilai total asam (Nurani, 2020).

Proses pembuatan selai meliputi pengupasan, penimbangan, pencucian, pengecilan ukuran, dan penghancuran buah menggunakan blender. Selanjutnya dilakukan penambahan air, penyaringan dan penambahan asam sitrat dan pektin. Lalu pemanasan pada suhu -60-65°C selama 3-5 menit untuk melarutkan asam sitrat dan pektin. Kemudian dilakukan penambahan sukrosa dan pemanasan pada suhu 100-110°C selama 20-25 menit dan diaduk sampai mengental. Setelah mengental, selai segera diangkat dan dikemas dalam botol atau wadah yang telah disterilkan dan disimpan rapat.

8.3.2 Pembuatan Keju Segar

Keju dibagi menjadi dua macam, yaitu *hard chesee* (keju keras) dan *soft chesee* (keju lunak), dimana kadar air keju keras tidak lebih dari 39% dan keju lunak tidak lebih dari 80%. Keju lunak disebut juga sebagai keju segar, dimana proses pembuatannya memerlukan waktu yang cepat karena tanpa pemeraman dan tanpa menggunakan

rennin sebagai koagulan sehingga bisa langsung dikonsumsi setelah diproduksi. Keju segar adalah keju yang terbuat dari hasil koagulasi susu sapi segar dengan enzim atau asam. Keju segar memiliki kandungan protein yang tinggi sebesar 12-16 % (Arifiansyah et al., 2014).

Pembuatan keju segar diawali dengan susu segar dipasteurisasi pada suhu 72°C selama 15 detik sambil diaduk dan ditambahkan garam dengan kadar 3%. Selanjutnya menambahkan CaCl_2 sebanyak 0,01% untuk mempercepat koagulasi oleh asam. Susu yang telah dipasteurisasi lalu dipanaskan pada suhu 85°C agar proses koagulasi *curd* lebih optimal dalam menghasilkan protein *whey* dan kasein yang tinggi. Koagulan asam sitrat 1% ditambahkan sedikit demi sedikit agar pH tidak turun terlalu rendah. Pembentukan dadih terjadi \pm 30 menit setelah penambahan koagulan asam sitrat saat susu mencapai pH isoelektrik 4,7 yang membentuk bakal keju (*curd*). Penyaringan dadih hingga cairan *whey* tidak menetes lagi. Dadih yang sudah tidak mengandung *whey* selanjutnya dipres menggunakan pemberat yang bertujuan menghilangkan kadar air yang masih tersisa. Keju segar segera ditempatkan dalam wadah dan disimpan di lemari pendingin pada suhu 7°C selama 12 jam.

8.4 Pengolahan Menggunakan Gula

Penggunaan gula pada proses pengolahan bahan pangan berperan sebagai bahan pengawet pada beberapa jenis makanan seperti sirup buah-buahan, manisan buah-buahan, sari buah pekat, *marmalade*, jeli dan *jam*. Konsentrasi gula mencapai 70% bisa menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pengolahan menggunakan gula biasanya dikombinasikan dengan pengolahan lainnya seperti pasteurisasi, pengeringan, pengasaman, pembekuan dan penambahan bahan kimia.

8.4.1 Pembuatan Sari Buah

Pembuatan sari buah memiliki tujuan meningkatkan masa simpan dan nilai tambah dari buah-buahan (Gusmalawati & Mayasari, 2017). Pembuatan sari buah dilakukan dengan cara evaporasi sari buah pada pH 2,4-4,0 hingga mencapai total padatan 70 Brix, sehingga

sari buah yang dihasilkan lebih tahan terhadap kerusakan mikroorganisme. Pada sari buah yang total padatannya rendah, perlu dilakukan kombinasi dengan pengolahan lainnya misalnya pendinginan, pembekuan, penambahan bahan pengawet (SO_2 dan asam benzoat) dan pasteurisasi agar sari buah terhindar dari kerusakan mikroorganisme.

8.4.2 Pembuatan Sirup Buah

Sirup buah merupakan sirup yang dibuat dari bahan baku buah-buahan. Sirup buah memiliki perbedaan dengan sari buah. Sirup buah yang mau dikonsumsi harus diencerkan terlebih dahulu dengan air, perbandingannya 1:4 atau maksimal 1:5. Konsentrasi gula pada sirup sebesar 55-65 % sehingga perlu dilakukan pengenceran (Novitasari, 2020).

Sirup buah mengandung gula dan asam. Namun, terkadang ditambahkan bahan pengawet seperti SO_2 dan asam benzoat. Kadar gula 20-50 % dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme jika sirup buah disimpan di suhu kamar.

Secara umum pembuatan sirup buah dilakukan dengan cara melarutkan gula dengan konsentrasi yang tinggi pada sari buah dengan memperhatikan pH sari buah berkisar 3, sehingga pada saat pemanasan sukrosa (gula) yang ditambahkan akan membentuk glukosa dan fruktosa (gula invers) yang tidak mengkristal.

8.5 Pengolahan Menggunakan Bahan Kimia

Pengolahan menggunakan bahan kimia dilakukan untuk memperoleh karakteristik produk yang diinginkan. Penggunaan bahan kimia menjadikan produk lebih awet, lebih mengembang, lebih kental dan lebih berwarna. Bahan kimia yang digunakan dalam proses pengolahan bahan pangan harus memiliki ijin BPOM dan aman untuk dikonsumsi. Penggunaan bahan kimia tidak boleh dengan tujuan untuk menyembunyikan cara pengolahan yang kurang baik, mengelabui konsumen dan menurunkan nilai gizi produk pangan. Beberapa kegunaan bahan kimia dalam proses pengolahan diantaranya sebagai pengawet, pengembang, pengental, pewarna dan lain-lain.

8.5.1 Bahan Pengawet

Penggunaan bahan pengawet pada proses pengolahan bahan pangan bertujuan untuk memperoleh produk dengan daya simpan yang lebih lama. Bahan yang digunakan sebagai pengawet pada proses pengolahan bahan pangan diantaranya asam benzoat, asam asetat, asam sorbat, garam nitrit, sulfit dan sulfur dioksida. Bahan pengawet yang digunakan harus yang diijinkan dan penggunaannya tidak melebihi ambang batas maksimum, sehingga aman untuk dikonsumsi (Winarno, 2004).

Pengawet yang sering digunakan untuk mengawetkan berbagai bahan pangan yaitu benzoat. Benzoat biasanya terdapat dalam bentuk garam natrium benzoat atau kalium benzoat yang sifatnya lebih mudah larut. Penggunaan benzoat sebagai pengawet pada beberapa produk pangan seperti sari buah, jeli, saus tomat, minuman ringan, kecap dan lain-lain.

Beberapa bahan pengawet yang umum digunakan dan ambang batas maksimum penggunaannya pada proses pengolahan bahan pangan diantaranya: a) Asam benzoat dan natrium benzoat dengan dosis 600 mg/kg untuk mengawetkan minuman ringan, kecap, sari buah, saus tomat, selai, jeli, manisan, dan agar-agar; b) Asam propionat dan natrium propionat dengan dosis 2 g/kg untuk bahan pengawet roti dan dosis 3 g/kg untuk keju olahan; c) Asam sorbat dan kalium sorbat dengan dosis 1 g/kg untuk mengawetkan margarin, sari buah pekat dan keju; d) Nitrit dengan dosis 125 mg/kg dan nitrat dengan dosis 500 mg/kg sebagai pengawet sosis, nitrit dengan dosis 50 mg/kg sebagai pengawet *corned* dalam kaleng, serta nitrat dengan dosis 50 mg/kg sebagai pengawet keju; dan e) Sulfit dalam bentuk garam kalium atau natrium bisulfit atau metabisulfit dengan dosis 50 mg/kg sebagai pengawet kentang goreng, dosis 100 mg/kg sebagai pengawet udang beku dan dosis 500 mg/kg sebagai pengawet sari buah pekat.

8.5.2 Bahan Pengembang

Penggunaan bahan pengembang pada proses pengolahan bahan pangan bertujuan untuk mengembangkan adonan. Prinsipnya, bahan pengembang adalah senyawa yang bisa melepaskan gas di dalam adonan pada suhu dan kadar yang sesuai. Bahan pengembang

yang biasa digunakan dalam pengolahan bahan pangan diantaranya natrium bikarbonat, amonium bikarbonat, ammonium karbonat dan kalium bikarbonat (Muchtadi & Sugiyono, 2013).

Pada proses pemanggangan, gas CO_2 yang dilepaskan oleh bahan pengembang. Gas tersebut dihasilkan oleh garam bikarbonat dan karbonat. Gas CO_2 , udara dan uap air akan bersama-sama, lalu mengembang karena adanya panas, kemudian terperangkap di dalam struktur adonan dan menghasilkan produk yang berongga. Contoh produk yang campurannya menggunakan bahan pengembang yaitu baking powder, soda kue, *self rising flour*, dan *prepared baking mixes*.

8.5.3 Bahan Pengental

Bahan pengental digunakan dengan tujuan untuk mengentalkan makanan atau minuman. Daya kerja bahan pengental dipengaruhi oleh molekul yang terikat dengan dua jenis cairan sehingga terbentuk sistem dispersi homogen pada makanan atau minuman. Beberapa bahan pengental yang ditambahkan dalam proses pengolahan bahan pangan diantaranya karagenan, agar-agar, CMC, gum dan pektin. Bahan-bahan tersebut digunakan pada produk pangan seperti saus tomat, saus sarden, es krim, sirup, yoghurt, dan lain-lain. Produk pangan yang kental mempunyai viskositas tinggi, memiliki sifat aliran diskontinu, tetapi masih bisa keluar dari wadah pengemas (Sjarif & Apriani, 2016).

Nilai ambang batas maksimum penggunaan bahan-bahan pengawet yang diijinkan dalam produk makanan dan minuman diantaranya: a) Karagenan dengan dosis 20 g/kg untuk mengentalkan saus sarden, dosis 10 g/kg untuk mengentalkan es krim dan dosis 5 g/kg untuk mengentalkan yoghurt; b) Agar-agar dengan dosis 20 g/kg sebagai pengental saus sarden, dosis 10 g/kg sebagai pengental es krim dan 5 g/kg sebagai pengental yoghurt; c) CMC (Karboksimetil selulosa) dengan dosis 20 g/kg untuk mengentalkan saus sarden, dosis 10 g/kg untuk mengentalkan es krim dan dosis 5 g/kg untuk mengentalkan keju dan krim; d) Gum dengan dosis 10 g/kg sebagai pengental es krim, es puter, dan saus sarden, dosis 8 g/kg sebagai pengental keju, dosis 7,5 g/kg sebagai pengental saus selada dan dosis 5 g/kg sebagai pengental yoghurt; serta e) Pektin dengan dosis

30 g/kg untuk pengental es krim dan es puter, dosis 20 g/kg untuk pengental saus sarden, dosis 10 g/kg untuk pengental yoghurt dan dosis 2,5 g/kg untuk pengental sirup.

8.5.4 Bahan Pewarna

Bahan pewarna adalah bahan tambahan makanan yang digunakan untuk menyeragamkan warna yang pudar akibat proses pengolahan, sehingga tetap memiliki daya tarik. Bahan pewarna makanan dan minuman terbagi menjadi 3 jenis, yaitu: a) Pewarna alami seperti daun suji (hijau), daun jati (merah), kunyit (kuning) dan gula merah (coklat); b) Pewarna identik alami seperti santonin (merah), apokaroten (merah-oranye) dan betakaroten (oranye-kuning); dan c) Pewarna sintetis seperti biru berlian (biru), coklat HT (coklat), eritrosit (merah) dan hijau FCF (hijau).

Terdapat pewarna yang berbahaya dan dilarang penggunaannya dalam produk makanan dan minuman yaitu *Metanil Yellow* (berwarna kuning) dan *Rhodamin B* (berwarna merah). *Metanil Yellow* dan *Rhodamin B* merupakan pewarna untuk tekstil dan cat. Kedua bahan tersebut sering digunakan dalam beberapa produk makanan dan minuman seperti kue, agar-agar, sirup, pisang goreng, tahu dan lain-lain. Penggunaan kedua bahan pewarna sintetis tersebut dapat berbahaya bagi kesehatan. Gejalanya tidak langsung terlihat setelah dikonsumsi, namun jika dikonsumsi secara terus menerus akan terjadi akumulasi sehingga akan menyebabkan penyakit kanker. Dengan demikian, penggunaan *Metanil Yellow* dan *Rhodamin B* tetap dilarang meskipun dalam jumlah sedikit (Effendi, 2009).

Penggunaan bahan pewarna sintetis dapat diganti dengan menggunakan bahan pewarna alami. Beberapa bahan pewarna alami yang diijinkan dan nilai ambang batas maksimum penggunaannya dalam produk makanan dan minuman diantaranya: a) Beta karoten (berwarna merah-oranye) dengan dosis 300 mg/kg sebagai pewarna acar ketimun, dosis 100 mg/kg sebagai pewarna es krim dan dosis 600 mg/kg sebagai pewarna keju, lemak dan minyak ikan; b) Klorofil (berwarna hijau) dengan dosis 200 mg/kg untuk mewarnai selai dan jeli; c) Kurkumin (berwarna kuning-oranye) dengan dosis 50 mg/kg sebagai pewarna es krim, lemak, dan minyak ikan; serta d) Karamel

(berwarna coklat) dengan dosis 200 mg/kg untuk mewarnai jam dan jeli, dosis 300 mg/kg untuk mewarnai acar ketimun dan dosis 150 mg/kg untuk mewarnai yoghurt.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiansyah, M., E. W. dan H. C. (2014). Karakteristik Kimia (Kadar Air dan Protein) dan Nilai Kesukaan Keju Segar Dengan Penggunaan Koagulasi Jus Jeruk Nipis, Jeruk Lemon dan Asam Sitrat. *Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran*.
- Buckle, K.A., Edward, R.A., Fleet, G.H. & Wootton, M. (2010). *Ilmu Pangan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Budiman, M. S. (2004). *Teknik Penggaraman dan Pengeringan*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Effendi, S. (2009). *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. & Ahmadi, K. (2009). *Teknologi Pengolahan Pangan* (1st ed.). Jakarta: Bumi Aksara.
- Gusmalawati, D. & Mayasari, E. (2017). Karakteristik Fisikokimiawi Sari Buah Tapis (Curculigo Latifolia Dryand) Dengan Metode Ekstraksi Osmosis. *Jurnal Ilmiah Teknoscains*, 3(2), 77–81.
- Muchtadi, T. R. & S. (2013). *Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Novitasari, R. (2020). Studi Pembuatan Sirup Jeruk Manis Pasaman (Citrus sinensis Linn.). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 1–9.
- Nurani, F. P. (2020). Penambahan Pektin, Gula, Asam Sitrat dalam Pembuatan Selai dan Marmalade Buah-Buahan. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 2(1), 27–32.
- Sjarif, S. R. & A. S. W. (2016). Pengaruh Bahan Pengental Pada Saus Tomat. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(2), 141–150.
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi* (Edisi Ke-1). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yuniati, H. (2011). Efek Penggunaan Abu Gosok dan Serbuk Bata Merah Pada Pembuatan Telur Asin Terhadap Kandungan Mikroba Dalam Telur. *Penelitian Gizi Dan Makanan*, 34(2), 131–137.

BAB 9

PRINSIP PENGOLAHAN DENGAN FERMENTASI

Oleh Husnita Komalasari

9.1 Pendahuluan

Fermentasi berasal dari bahasa yunani yaitu “*fervere*” yang berarti mendidih atau “*to boil*”, kata ini pertama kali dicetuskan oleh Louis Pasteur yang mengamati buah anggur yang berubah menjadi *wine*. Menurut KBBI fermentasi atau peragian adalah penguraian metabolismik senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi yang dapat berlangsung secara anaerobik dan pembebasan gas. Pada tahun 1837 beberapa peneliti menyatakan bahwa ragi yang telah digunakan dalam pembuatan bir dan pembuatan anggur adalah mikroorganisme hidup yang mampu berkembang biak, namun banyak ilmuan kimia yang menentang pernyataan tersebut. Kemudian pada tahun 1857 Louis Pasteur merancang suatu penelitian mengenai keberadaan ragi dan proses fermentasi yang selanjutnya didefinisikan sebagai *Spontaneous Generation Theory*. Sejak saat tersebut hingga saat ini fermentasi masih terus dikembangkan.

Fermentasi merupakan suatu proses perombakan senyawa organik oleh mikroorganisme baik secara aerob maupun anaerob yang menghasilkan produk berupa energi, asam-asam organik, alkohol dan gas. Pengolahan pangan secara fermentasi memiliki berbagai tujuan terutama untuk meningkatkan mutu dan masa simpan produk pangan. Berdasarkan berbagai penelitian diketahui bahwa fermentasi mampu mempengaruhi karakteristik mutu produk pangan meliputi sifat fisik, kimia, mikrobiologis, sensoris dan fungsional. selain itu fermentasi mampu menghasilkan rasa dan aroma yang khas serta meningkatkan daya cerna. Adapun contoh produk pangan fermentasi adalah yoghurt, keju, tempe, tape, *nata de coco* dan lain-lain.

Pengolahan dengan cara fermentasi melibatkan aktivitas beberapa golongan mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Mikroorganisme memiliki peran yang penting dalam mengurai atau merombak komponen makro pangan seperti protein dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Dalam prosesnya, terjadi berbagai macam reaksi biokimia yang dikendalikan oleh mikroorganisme meliputi produksi enzim, memecah molekul makro dan menghasilkan produk serta senyawa antara. Pengolahan dengan fermentasi selama prosesnya melibatkan makhluk hidup, sehingga keberhasilan pengolahan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu jenis mikroorganisme, strain mikroorganisme, substrat, bahan baku, metode dan kondisi lingkungan seperti pH, suhu, oksigen, kelembaban serta lama fermentasi. Prinsip pengolahan dengan fermentasi adalah pengaturan kondisi pertumbuhan mikroorganisme sesuai kondisi optimum pertumbuhannya sehingga mampu menghasilkan produk dengan karakteristik mutu yang baik. Prinsip dasar fermentasi terus berkembang seiring berkembangnya zaman dan teknologi. Penerapan teknologi modern seperti alat-alat yang mampu mengendalikan kondisi fermentasi sehingga memungkinkan produsen untuk memproduksi produk dengan mutu yang konsisten dan proses produksi yang efisien.

9.2 Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi

Mikroorganisme merupakan makhluk hidup mikroskopis berukuran kecil, biasanya berupa satu sel atau koloni sel. Jenis-jenis mikroorganisme yaitu bakteri, virus, khamir, kapang, protista dan arkea. Mikroorganisme atau mikroba bagi manusia di bidang industri pangan dapat bersifat menguntungkan dan merugikan. Sifat merugikan terdapat pada peran mikroba sebagai agen pengkontaminasi dan pembusukan pada makanan. Sedangkan sifat menguntungkan mikroba terdapat pada perannya dalam proses perombakan dan penyusunan senyawa organik sehingga menghasilkan berbagai produk baru, proses yang terkait dengan peran mikroba ini yaitu fermentasi. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi disebut sebagai starter fermentasi atau dikenal juga sebagai inokulum atau benih.

Mikroba banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan dan industri karena beberapa hal yaitu ukuran, reproduksi dan gen. Mikroorganisme memiliki ukuran yang kecil sehingga luas permukaan atau bidang kontaknya dengan substrat menjadi besar atau maksimal. Selain itu mikroorganisme memiliki daya reproduksi atau perkembangbiakan yang sangat cepat dan mudah serta memiliki gen yang sederhana sehingga mudah dilakukan rekayasa. Jenis mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses fermentasi adalah bakteri, kapang dan khamir.

A. Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme uniseluler yang memiliki berbagai spesies dan bentuk yang berbeda. Bakteri yang dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi yaitu golongan bakteri asam laktat, bakteri asam asetat dan bakteri bacilli lainnya. Berbedanya jenis bakteri maka berbeda pula karakteristik produk yang dihasilkan saat proses fermentasi.

Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat (BAL) atau dalam bahasa inggris yaitu *Lactic Acid Bacteria* (LAB) merupakan golongan bakteri gram positif yang dapat menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dari hasil metabolismenya. BAL dapat merombak senyawa kompleks karbohidrat dan lainnya menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menghasilkan asam laktat, asam-asam organik dan karbondioksida tanpa memerlukan oksigen. Golongan bakteri ini memiliki peran yang penting dalam berbagai proses fermentasi makanan dan minuman serta memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan.

Genera utama BAL meliputi *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, dan *Streptococcus*. Selain itu, terdapat juga bakteri lainnya yang masuk ke dalam golongan BAL yaitu *Corynobacterium*, *Aerococcus*, *Enterococcus*, *Eubacterium*, *Erysipelothrrix*, *Myobacterium*, *Peptostreptococcus*, *Oenococcus*, *Propionibacterium*, *Vagococcus*, *Tetragenococcus*, *Weisella* dan *Vagococcus*. Pertumbuhan BAL selama fermentasi dipengaruhi oleh berbagai faktor dan prinsip ini dapat berbeda tergantung jenis BAL, kondisi lingkungan, dan sifat bahan baku yang

digunakan. Berikut ini merupakan prinsip pertumbuhan umum BAL selama fermentasi :

- a. Substrat karbon : dalam pertumbuhannya BAL membutuhkan sumber karbon yang dapat berasal dari gula atau karbohidrat sebagai substrat pertumbuhannya.
- b. Kondisi lingkungan : dalam pertumbuhannya BAL memiliki kondisi lingkungan optimum pertumbuhan yaitu pada kisaran pH 4-6 dan suhu 30-45°C.
- c. Nutrien lain : selain karbon, BAL juga memerlukan jenis nutrien lain untuk pertumbuhannya meliputi nitrogen, fosfor dan mineral.
- d. Oksigen : sebagian besar BAL termasuk ke dalam mikroorganisme anaerob fakultatif yaitu dapat tumbuh secara optimum pada kondisi anaerob (tanpa oksigen) dan aerob (dengan oksigen).
- e. Penghambatan kompetitif : selama proses fermentasi, BAL dapat memproduksi senyawa antimikroba seperti asam organik yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen atau kompetitor.

Bakteri Asam Asetat

Bakteri Asam Asetat (BAA) atau dalam bahasa inggris yaitu *Acetic Acid Bacteria* (AAB) merupakan golongan bakteri gram negatif yang dapat menghasilkan asam asetat sebagai produk utama dari hasil metabolismenya. BAA dapat merombak senyawa gula dan alkohol menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menghasilkan asam asetat. Genera yang termasuk ke dalam golongan BAA adalah *Acetobacter* dan *Glucanoacetobacter*.

Acetobacter spp merupakan golongan bakteri yang mampu mengoksidasi etanol menjadi asam asetat. Mikroorganisme ini sering ditemukan pada lingkungan yang mengandung alkohol seperti cairan atau bahan-bahan yang mengandung etanol. *Acetobacter aceti* dan *Acetobacter pasteurianus* merupakan spesies *Acetobacter* yang sering dijumpai pada makanan fermentasi. *Acetobacter aceti* memiliki termasuk gram negatif yang bersifat aerobik obligat yaitu memerlukan oksigen untuk

pertumbuhan dan aktivitas metabolismenya. Sedangkan *Acetobacter pasteurianus* bersifat aerobik dan mampu tumbuh pada suhu yang lebih rendah dibandingkan beberapa species *Acetobacter* lainnya.

Bakteri *Bacilli* Lainnya

Bakteri *Bacilli* lainnya yang tidak termasuk dalam BAL dan BAA melibatkan berbagai spesies bakteri dengan karakteristik morfologi batang. Bakteri ini juga memiliki peran dalam proses fermentasi. Adapun jenis bakteri *Bacilli* yaitu *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus stearothermophilus* dan *Bacillus licheniformis*.

Bacillus cereus termasuk ke dalam bakteri spora gram positif yang dapat ditemukan di tanah dan berbagai lingkungan alam. Bakteri ini memiliki kondisi optimum pertumbuhan pada suhu 30-37°C, pH 6-7,5; kelembaban yang tinggi, terdapat oksigen (aerob) dan termasuk organisme heterotrof sehingga membutuhkan karbohidrat, protein dan mineral sebagai nutrien. Sedangkan bakteri *Bacillus subtilis* merupakan bakteri aerobik gram positif yang dapat membentuk spora dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras. Kondisi optimum pertumbuhan bakteri ini pada suhu 30-37°C, pH 6,5-7,5; kelembaban yang tinggi, terdapat oksigen (aerob) dan organisme heterotrof sehingga membutuhkan karbohidrat, nitrogen dan mineral sebagai nutrien.

Bacillus megaterium merupakan bakteri aerobik gram positif yang dapat ditemukan di tanah. Bakteri ini biasanya digunakan untuk produksi enzim, protein, antibiotik dan berbagai aplikasi di bidang bioteknologi. Kondisi optimum pertumbuhan bakteri ini sama dengan bakteri *Bacillus subtilis*. *Bacillus stearothermophilus* merupakan bakteri aerobik gram positif yang memiliki sifat termofilik yaitu dapat tumbuh pada suhu yang cukup tinggi dan biasanya digunakan untuk memproduksi enzim. Adapun kondisi optimum pertumbuhan bakteri ini yaitu pada suhu 55-65°C, pH 6,5-7,5; kelembaban relatif tinggi, membutuhkan karbohidrat, protein dan mineral sebagai nutrien dan memerlukan oksigen. Sedangkan *Bacillus licheniformis* merupakan bakteri gram positif yang dapat ditemukan pada

lingkungan alam seperti tanah dan tanaman. Bakteri ini dapat memproduksi enzim, antibiotik dan memiliki potensi sebagai bakteri probiotik. Adapun kondisi optimum pertumbuhannya adalah pada suhu 37-50°C, pH 6-8, kelembaban tinggi, memerlukan oksigen, dan karbohidrat, protein serta mineral sebagai nutrien.

B. Kapang

Kapang adalah kelompok mikroorganisme yang termasuk ke dalam kerajaan fungi. *Aspergillus*, *penicillium* dan *Rhizopus* merupakan jamur yang termasuk ke dalam kelompok kapang. Beberapa jenis kapang dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk. Adapun kapang yang sering digunakan yaitu *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* dan *Rhizopus oryzae*.

Aspergillus oryzae merupakan jenis kapang yang memiliki kondisi optimum pertumbuhan pada suhu 30-40°C, Ph 4,0-6,5; kelembaban (RH) 80-95%, membutuhkan karbohidrat dan nitrogen sebagai nutrien. Jenis kapang ini biasanya digunakan sebagai starter dalam fermentasi kojic acid, kecap, miso, shoyu, alkohol dan enzimatisasi. *Aspergillus niger* merupakan kapang yang optimum tumbuh pada suhu 30-37°C, Ph 2-6, RH 80-95%, membutuhkan karbohidrat, nitrogen, mineral dan vitamin sebagai nutrien serta memerlukan aerasi yang baik. Jenis kapang ini biasanya digunakan sebagai starter dalam fermentasi asam sitrat, enzim dan bioetanol.

Kapang *Penicillium* memiliki kondisi optimum pertumbuhan pada suhu 20-30°C, Ph 4,0-7; RH 80-95%, membutuhkan karbohidrat, nitrogen dan mineral sebagai nutrien serta sirkulasi udara yang baik (aerasi). Perannya sebagai starter dalam fermentasi biasanya untuk menghasilkan produk antibiotik, keju dan soy sauce. Sedangkan *Rhizopus oryzae* merupakan jenis kapang yang memiliki kondisi optimum pertumbuhan pada suhu 30-40°C, Ph 3,5-6,5; kelembaban (RH) 90-95%, membutuhkan karbohidrat dan protein sebagai nutrien serta dalam kondisi anaerob atau aerasi yang terbatas. Jenis kapang ini biasanya

digunakan sebagai starter dalam fermentasi tempe dan enzim pencernaan seperti amilase, protease serta lipase.

C. Khamir

Khamir atau yeast merupakan merupakan mikroorganisme uniseluler yang termasuk ke dalam klade fungi. Peran khamir dalam proses fermentasi yaitu menguraikan gula menjadi etanol dan karbondioksida, biasanya digunakan pada pembuatan produk bir, anggur, keju dan roti. Banyak jenis khamir yang dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi yaitu *Saccharomyces cereviseae*, *Saccharomyces bayanus*, *Candida spp.*, *Brettanomyces*, *Kluyveromyces*, *Debaryomyces*, *Pichia spp.*, dan *Hansenula spp.*

Jenis khamir yang paling sering digunakan untuk fermentasi yaitu *Saccharomyces cereviseae*. Khamir ini memiliki kondisi optimum pertumbuhan pada suhu 25-30°C, Ph 4-6, kelembaban (RH) 60-70%, memerlukan oksigen, membutuhkan glukosa atau sukrosa, nitrogen, fosfor, mineral dan vitamin sebagai nutrien. Dalam fermentasi biasanya digunakan sebagai starter dalam fermentasi roti, tape, bir dan produk susu tertentu.

9.3 Media Fermentasi

Media atau medium fermentasi merupakan campuran zat atau bahan yang memiliki kandungan nutrisi tertentu yang digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Berbedanya jenis mikroorganisme maka berbeda pula kebutuhan nutrisi pertumbuhannya, hal ini juga tergantung kepada jenis produk yang ingin diproduksi. Namun secara umum berikut ini merupakan zat atau kandungan nutrisi yang harus ada dalam suatu media fermentasi yaitu:

1. Sumber karbon : karbon merupakan komponen utama yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk membangun struktur sel. Adapun sumber karbon yang umumnya digunakan berasal dari gula (glukosa, sukrosa, laktosa dan fruktosa), karbonat organik (asam asetat dan asam sitrat), asam

- amino (asam glutamat dan asam aspartat), minyak dan lemak (minyak kelapa), serta alkohol (metanol dan etanol).
2. Sumber nitrogen : nitrogen merupakan komponen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk sintesa protein dan asam nukleat untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Adapun sumber nitrogen untuk media pertumbuhan berasal dari pepton dan protein, asam amino, amonium dan nitrat, urea, amonia dan nitrogen atmosfer.
 3. Mineral dan garam : mikroorganisme membutuhkan mineral dan garam sebagai sumber ion untuk menjalankan berbagai fungsi seluler. Adapun sumber karbon yang umumnya ditambahkan yaitu fosfat, sulfat, kalsium, magnesium, potassium, klorida, natrium, zat besi, tembaga, mangan dan garam.
 4. Vitamin : mikroorganisme membutuhkan vitamin sebagai kofaktor enzimatik dan dalam berbagai proses metabolismik. Adapun vitamin yang dibutuhkan pada media pertumbuhan yaitu vitamin B kompleks, vitamin C, A, D, E dan K
 5. pH : Ph atau derajat keasaman pada media pertumbuhan berkaitan dengan reaksi biokimia dan aktivitas enzimatis. Setiap jenis mikroorganisme memiliki rentang pH pertumbuhan optimumnya masing-masing. Dalam mengontrol pH dalam media fermentasi biasanya dilakukan penambahan asam (asam sulfat, asam klorida dan asam fosfat) dan basa (natrium hidroksida dan kalium hidroksida). Selain itu dapat pula dengan penggunaan bahan baku dengan pH yang sesuai, penambahan buffer, pengendalian aerasi dan optimasi kondisi pertumbuhan mikroorganisme.
 6. Oksigen : kebutuhan oksigen pada media pertumbuhan tergantung pada jenis mikroorganisme yang akan ditumbuhkan. Pengaturan oksigen pada media pertumbuhan dapat dilakukan dengan cara aerasi dan pengadukan.
 7. Agen antifoam : agen antifoam atau penahan busa diperlukan pada media fermentasi, busa dalam media fermentasi dapat menyebabkan berbagai masalah seperti menghambat transfer oksigen, menghambat pencampuran, dan meningkatkan risiko kontaminasi. Penambahan agen anti foam bertujuan untuk

menjaga stabilitas kondisi dalam fermentor dan meningkatkan efisiensi proses fermentasi. Agen antifoam umumnya terdiri dari senyawa hidrofobik seperti silikon atau minyak mineral yang bersifat non reaktif dan sesuai dengan berbagai jenis fermentasi.

Berdasarkan jenisnya, media fermentasi dibagi menjadi 3 yaitu media padat, semi padat dan cair. Media padat merupakan media yang tidak larut dan memiliki kadar air sekitar 12-60%. Media padat termasuk agar atau media yang mengandung bahan padat seperti tepung dan substrat padat lainnya. Media kedua yaitu semi padat, umumnya bersifat tidak larut dan memiliki kadar air sebesar 65-80%. Contoh dari media ini yaitu yoghurt dan keju yang memiliki konsistensi semi padat. Media ketiga yaitu media cair yang memiliki kadar air lebih besar dari 80%. Media ini termasuk yang paling sering digunakan karena persiapan mudah dan menyediakan nutrisi yang mudah diakses oleh mikroorganisme.

Berdasarkan jenis dan tujuannya, media fermentasi dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu media dengan larutan nutrisi umum, media selektif, media diferensial dan media fermentasi khusus produk. Media dengan larutan nutrisi umum merupakan media yang dapat ditumbuhki oleh mikroba tanpa spesifikasi nutrisi yang ketat, contoh dari media ini yaitu lactose broth. media selektif merupakan media pertumbuhan yang mengandung bahan-bahan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba tertentu namun tetap mendorong pertumbuhan mikroorganisme target. Media diferensial merupakan media yang dapat membantu membedakan antara mikroba yang satu dan lainnya. Media fermentasi khusus produk merupakan media yang disesuaikan dengan kebutuhan mikroba untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

9.4 Jalur Perombakan Senyawa

Mikroorganisme memiliki peran yang sangat penting dalam proses fermentasi. Peran tersebut berkaitan dengan peran biologis mikroorganisme dalam merombak bahan baku atau substrat menjadi produk yang diinginkan. Prinsip kerja mikroorganisme dalam proses fermentasi tergantung pada jenis mikroorganisme dan bahan baku

yang digunakan. Secara umum prinsip kerja mikroorganisme dalam fermentasi dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu pemilihan mikroorganisme, penyiapan bahan baku, inokulasi, pertumbuhan mikroorganisme, produksi metabolit, pemantauan, pengendalian dan pemisahan.

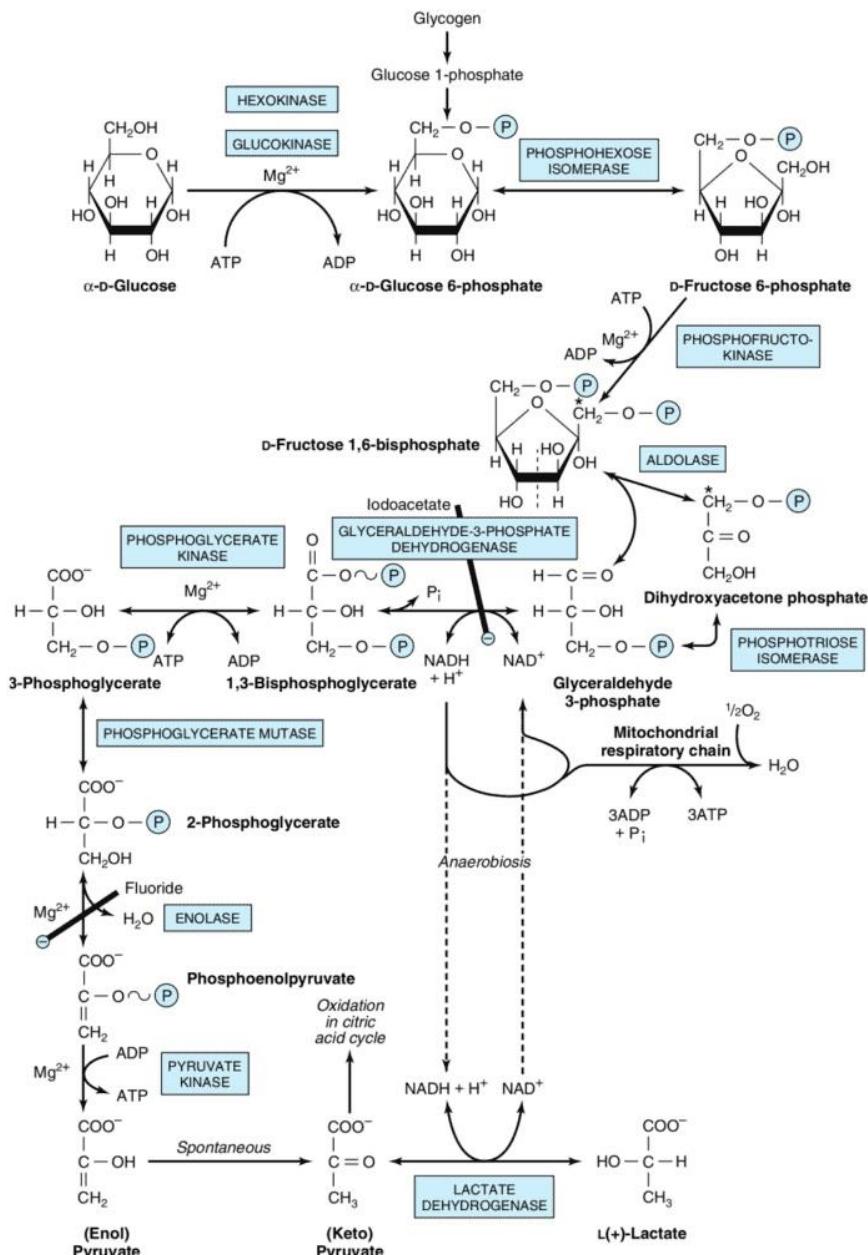
Selama proses fermentasi mikroba akan melakukan metabolisme yang merupakan cara mikroba untuk memperoleh energi dan nutrisi yang dibutuhkan untuk hidup dan bereproduksi. Adapun fungsi energi bagi mikroba yaitu untuk sintesa komponen sel, asam nukleat, polisakarida, phospolipid dan enzim. Selain itu untuk mempertahankan sel, memperbaiki bagian sel yang rusak, pertumbuhan dan perkembangbiakan, penyerapan hara dan ekskresi senyawa yang tidak diinginkan serta pergerakan atau motilitas.

Metabolisme dibagi menjadi dua yaitu katabolisme dan anabolisme. Katabolisme merupakan reaksi perombakan, sedangkan anabolisme merupakan reaksi penyusunan. Proses katabolisme bertujuan untuk memperoleh energi yang bersumber pada karbohidrat, protein dan lemak. Sumber karbohidrat melalui respirasi aerob dan anaerob, sedangkan sumber protein dan lemak melalui siklus krebs. Sedangkan reaksi anabolisme melalui proses kemosintesis dan fotosintesis.

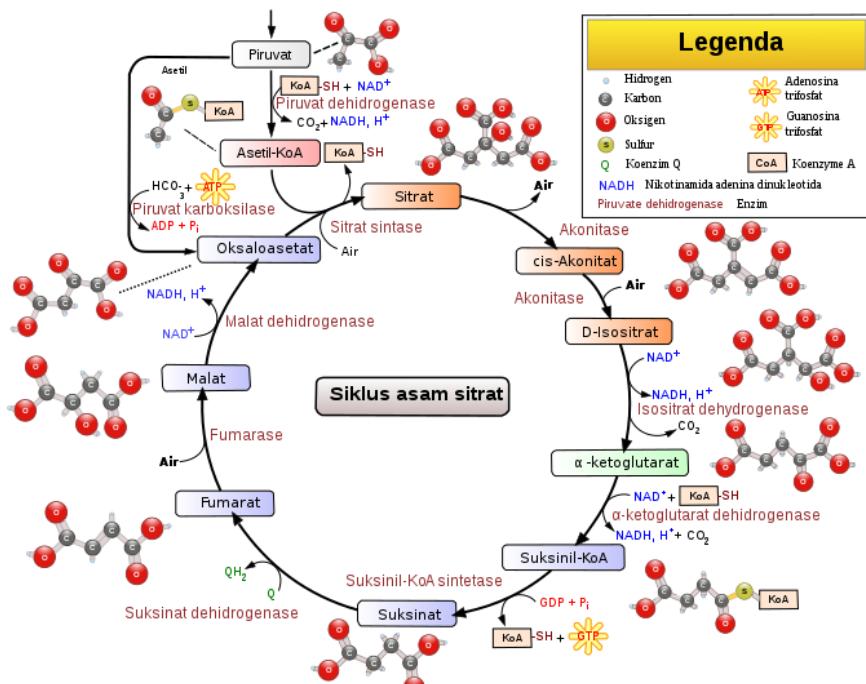
Katabolisme karbohidrat dilakukan secara enzimatis, hal ini bertujuan untuk mengubah komponen kompleks menjadi lebih sederhana sebagai contoh dari laktosa menjadi glukosa dan galaktosa, selanjutnya glukosa akan menuju proses glikolisis yang pada proses ini akan terjadi oksidasi glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat yang melalui jalur Embden-Meyerhof Pathway (EMP) yang pada akhir proses glikolisis akan menghasilkan 2 asam piruvat, 2 NADH₂ dan 2 ATP. Adapun proses glikolisis dapat dilihat pada gambar 1. Setelah proses glikolisis selanjutnya masuk ke proses transisi atau dekarboksilasi oksidatif yang menghubungkan glikolisis dan siklus krebs yaitu dari asam piruvat akan menghasilkan produk akhir berupa 2 acetyl coEnzim A, 2CO₂, dan 2 NADH₂. Proses ke tiga yaitu siklus krebs atau citric acid cycle yang merupakan bagian dari reaksi kimia yang dimulai dan diakhiri oleh asam sitrat. Adapun produk akhir dari proses ini yaitu menghasilkan 2 ATP, 6 NADH₂, 2 FADH₂, dan 4 CO₂.

Adapun proses siklus krebs dapat dilihat pada Gambar 2. Proses ke empat yaitu transfer elektron yang terjadi di dalam membran sel mikroorganisme.

Katabolisme lipid dan protein memiliki perbedaan dengan katabolisme karbohidrat. Perbedaan terletak pada bahan baku, lokasi, reaksi yang terjadi dan produk akhir. Pada katabolisme karbohidrat bahan baku utamanya adalah glukosa, pada lipid yaitu asam lemak dan gliserol sedangkan pada protein yaitu asam amino. Lokasi utama reaksi karbohidrat terjadi di sitoplasma sel, lipid terjadi di mitokondria dan protein terjadi di sitoplasma dan mitokondria. Perbedaan selanjutnya terdapat pada reaksi yang terjadi, pada karbohidrat terjadi reaksi glikolisis, pada lipid terjadi beta oksidasi dan acetyl coA, sedangkan pada protein terjadi reaksi deaminasi, dekarboksilasi, dan dehidrogenasi. Akan tetapi semua hasil reaksi tersebut selanjutnya akan masuk ke siklus krebs untuk akhirnya menghasilkan energi.



Gambar 9.1. Reaksi glikolisis



Gambar 9.2. Siklus Krebs

Reaksi lainnya yang dapat terjadi pada mikroorganisme melalui respirasi anaerob yaitu fermentasi baik asam laktat maupun alkohol. Reaksi fermentasi asam laktat akan terjadi jika mikroorganismenya termasuk ke dalam BAL. Adapun bahan baku reaksi ini adalah 2 asam piruvat yang kemudian akan menghasilkan 2 asam laktat. Sedangkan pada fermentasi alkohol, dari 2 asam piruvat akan menghasilkan 2 asetal dehid yang selanjutnya menjadi 2 etil etanol. Reaksi fermentasi lainnya yaitu fermentasi asam asetat, asam butirat, asam amino, metana dan lain-lain. Setiap jalur fermentasi memiliki karakteristik masing-masing tergantung pada mikroorganisme dan bahan baku yang digunakan, kondisi lingkungan dan produk akhir yang ingin di produksi. Pemahaman tentang jalur perombakan ini memungkinkan pengendalian lebih baik terhadap proses fermentasi untuk memproduksi produk yang diinginkan dengan kualitas yang baik.

9.5 Proses Kerja Fermentasi

Berdasarkan proses kerjanya fermentasi dibagi menjadi 3 yaitu batch fermentation, fed batch fermentation dan continuous fermentation. Batch fermentation merupakan proses fermentasi yang dilakukan dalam sebuah wadah yang digunakan dari awal hingga akhir fermentasi, dengan kata lain dalam satu kali proses fermentasi akan langsung menghasilkan produk tanpa adanya penambahan nutrient dan starter. Sedangkan pada proses fed batch fermentation selama proses fermentasi terjadi penambahan nutrien atau starter ke dalam media fermentasi. Proses ketiga yaitu continuous fermentation merupakan fermentasi yang dilakukan secara terus menerus atau pemanenan berkali-kali serta selama proses fermentasi dilakukan penambahan nutrien atau starter ke dalam media fermentasi.

9.6 Pemanfaatan Proses fermentasi di Bidang Pangan

Proses fermentasi merupakan suatu proses biologi mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang dengan tujuan tertentu seperti di bidang pangan, industri dan kesehatan. Dibidang pangan, fermentasi digunakan sebagai salah satu proses pengolahan untuk memproduksi produk pangan, baik makanan maupun minuman seperti yoghurt, keju, kimchi, kombucha, cokelat dan lain-lain. Sebagai contoh yoghurt merupakan salah satu produk olahan susu yang difermentasi menggunakan bakteri spesifik yaitu *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Kedua bakteri ini mengubah laktosa susu menjadi yang lebih sederhana serta menciptakan tekstur, warna, rasa dan aroma yang khas.

DAFTAR PUSTAKA

- Erkmen, Osman dan Bozoglu, T. Faruk. 2016. Food Microbiology : Principles into Practice, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
- Fardiaz, S. (1992). Mikrobiologi Pangan I. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.
- Komalasari, H, & Wahyu Krisna Yoga. (2022). The Potential of Indigenous Probiotic *Lactobacillus plantarum* Dad-13 as A Starter Bacteria of Functional Yoghurt Product : A Review. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 199–217. <https://doi.org/10.33830/fsj.v2i2.3694.2022>
- Kristiandi, K. 2021. Teknologi Fermentasi. Medan : Yayasan Kita Menulis. ISBN 9786236840795.
- Putri, D. A, Komalasari, H, Ulpiana, M, Salsabila, A, & Arianto, A. R. (2023). Produksi Kombucha Teh Hitam Menggunakan Jenis Pemanis dan Lama Fermentasi Berbeda (Black Tea Kombucha Production Using Different Type of Sweetener). *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 640–656. <https://doi.org/https://doi.org/10.56338/jks.v6i7.3713>
- Rahayu ES, Mariyatun M, Putri Manurung NE, Hasan PN, Therdtatha P, Mishima R, Komalasari H, Mahfuzah NA, Pamungkatingtyas FH, Yoga WK, Nurfiana DA, Liwan SY, Juffrie M, Nugroho AE, Utami T. Effect of probiotic *Lactobacillus plantarum* Dad-13 powder consumption on the gut microbiota and intestinal health of overweight adults. *World J Gastroenterol*. 2021 Jan 7;27(1):107–128. doi: 10.3748/wjg.v27.i1.107. Erratum in: *World J Gastroenterol*. 2021 Oct 14;27(38):6511–6512. PMID: 33505154; PMCID: PMC7789061.
- Suhartatik, Nanik. 2016. Teknologi Fermentasi. Sleman, Yogyakarta : Gapura Publishing. ISBN 9786027030145.
- William, Shurtleff dan Akiko, Aoyagi. A brief history of fermentation, east and west. California : Soyfoods Center, Lafayette.

BAB 10

PRINSIP PENGOLAHAN SECARA ENZIMATIS

Oleh Ramadhani Chaniago

10.1 Latar Belakang

Di Indonesia, banyak pangan pertanian yang rusak sebelum dikonsumsi. Berdasarkan data, tingkat kerusakan sekitar 35-40%, sedangkan sisanya dijual dalam bentuk buah dan sayur segar. Diantara sayur-sayuran dan buah-buahan tersebut juga terdapat susu, telur, daging, ikan, umbi-umbian dan hasil pertanian lainnya, hanya sebagian saja yang dapat dimanfaatkan, sehingga sisanya dibuang karena sudah busuk. Kerusakan dapat disebabkan oleh pengaruh mekanis, fisik, kimia atau fisiologis mikrobiologis. Sebagian besar produk pertanian yang dipanen atau dipanen terus mengalami proses metabolisme. Proses ini menunjukkan adanya tuning akibat adanya enzim aktif. Misalnya pisang yang masih matang saat dipetik bisa matang, ubi yang disimpan bisa lebih manis dibandingkan yang baru dipanen, amilase dalam air liur dapat mencerna pati di mulut, pepsin dalam cairan lambung dapat mencerna protein dan lipase di pankreas. dapat menghancurkan lemak. Ada sekitar 100 enzim berbeda pada bakteri, ragi, jamur, tumbuhan dan hewan. Setelah tanaman dipanen atau hewan dibunuh, sebagian besar enzim masih aktif dalam banyak reaksi kimia (Koeswardhani, 2014).

Dalam era modern ini, teknologi pengolahan telah mengalami perkembangan pesat, memberikan dampak signifikan dalam berbagai industri. Salah satu pendekatan inovatif yang semakin mendapatkan perhatian adalah pengolahan secara enzimatis. Enzim, sebagai katalisator biologis, memegang peranan sentral dalam mempercepat dan memudahkan proses reaksi kimia dalam berbagai aplikasi industri (Sabariyah, 2023).

Pengolahan secara enzimatis melibatkan penggunaan enzim sebagai agen katalitik untuk meningkatkan efisiensi proses produksi.

Enzim, yang pada dasarnya merupakan protein biologis, mampu bekerja pada kondisi suhu dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional. Oleh karena itu, penggunaan enzim dalam pengolahan tidak hanya memberikan keunggulan ekonomis tetapi juga lingkungan (Bucay et al., 2022).

Tulisan ini akan mengeksplorasi prinsip-prinsip dasar pengolahan secara enzimatis, termasuk konsep dasar enzimatis, tahapan proses, dan jenis-jenis enzim yang umum digunakan dalam industri. Selain itu, kami akan menyajikan studi kasus yang memberikan gambaran nyata tentang implementasi prinsip pengolahan ini dalam konteks praktis.

Melalui pemahaman yang mendalam tentang pengolahan secara enzimatis, diharapkan kita dapat membuka jalan menuju solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam memenuhi tuntutan pasar dan menjaga keseimbangan lingkungan. Dengan demikian, pengolahan secara enzimatis tidak hanya menjadi sebuah konsep revolusioner dalam dunia industri, tetapi juga menjelma sebagai solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

10.2 Konsep Dasar Enzimatis

10.2.1 Definisi enzim

Enzim adalah molekul protein yang bertindak sebagai katalisator biologis dalam sel hidup. Secara khusus, enzim mempercepat laju reaksi kimia dalam proses metabolisme dengan menurunkan energi aktivasi yang diperlukan untuk memulai reaksi tersebut. Enzim mampu mengubah substrat menjadi produk tanpa ikut berubah secara permanen atau dikonsumsi dalam reaksi tersebut (Robinson, 2015).

Sifat utama enzim terletak pada tingkat spesifikitasnya terhadap substrat tertentu. Setiap enzim memiliki target molekul atau reaksi tertentu yang dapat diubahnya. Interaksi antara enzim dan substratnya membentuk kompleks enzim-substrat yang sementara, memungkinkan proses reaksi terjadi secara efisien.

Struktur enzim sangat penting dalam menentukan fungsinya. Perubahan struktural kecil pada enzim dapat mengakibatkan perubahan besar dalam aktivitas katalitiknya. Selain itu, enzim juga

rentan terhadap kondisi lingkungan tertentu, seperti suhu dan pH, yang dapat memengaruhi kinerjanya (Wilson et al., 2023).

Dalam konteks biologi dan bioteknologi, enzim memiliki peran sentral dalam proses-proses vital, seperti pencernaan, respirasi, dan sintesis molekul. Pemanfaatan enzim sebagai katalisator dalam industri juga semakin berkembang, membuka pintu untuk penggunaan yang lebih luas dalam pengolahan makanan, farmasi, dan berbagai aplikasi teknologi tinggi. Dengan kemampuannya yang unik dalam mempercepat reaksi biokimia, enzim menjadi elemen kunci dalam pemahaman dan manipulasi proses biologis.

10.2.2 Fungsi enzim dalam pengolahan

Enzim memegang peran kritis dalam berbagai proses pengolahan, membawa dampak positif terhadap efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan produksi (Higgins et al., 2023). Berikut adalah beberapa fungsi utama enzim dalam konteks pengolahan:

1. Katalisator Biologis

Fungsi utama enzim adalah sebagai katalisator biologis yang mempercepat laju reaksi kimia. Dengan menurunkan energi aktivasi, enzim memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menghasilkan penghematan energi dan meningkatkan efisiensi proses pengolahan.

2. Spesifikitas dan Selektivitas Tinggi

Enzim memiliki tingkat spesifikitas yang tinggi terhadap substrat tertentu. Keunggulan ini memungkinkan pengaturan yang tepat terhadap reaksi yang diinginkan, menghasilkan produk akhir dengan kemurnian yang lebih tinggi. Selektivitas enzim juga dapat mengurangi pembentukan produk samping yang tidak diinginkan.

3. Pengolahan pada Kondisi yang Lebih Lemah

Penggunaan enzim memungkinkan proses berlangsung pada suhu dan pH yang lebih lemah. Ini bermanfaat dalam mengurangi kerusakan pada bahan mentah dan mempertahankan kualitas nutrisi pada produk akhir. Kondisi yang lebih lemah juga dapat mendukung pemrosesan bahan-bahan yang sensitif terhadap panas atau pH ekstrem.

4. Mengurangi Ketergantungan pada Bahan Kimia Berbahaya

Enzim dapat menggantikan atau mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya sebagai katalis atau agen pengubah. Hal ini tidak hanya menciptakan proses yang lebih aman, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dengan mengurangi limbah berbahaya.

5. Peningkatan Kualitas Produk

Dengan meningkatkan kontrol terhadap reaksi kimia, enzim dapat meningkatkan kualitas produk akhir. Ini termasuk peningkatan dalam organoleptik, pemurnian, dan karakteristik produk yang dihasilkan.

Melalui fungsi-fungsi tersebut, enzim menjadi pilar dalam evolusi industri pengolahan, membawa konsep keberlanjutan dan efisiensi ke dalam pusat perhatian. Pemahaman mendalam tentang peran enzim dapat membuka jalan untuk inovasi dan perubahan positif dalam berbagai sektor industri.

10.3 Pentingnya Enzim dalam Pengolahan

Penggunaan enzim dalam proses pengolahan memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hasil akhir (Schiavone & Kadam, 2022). Keberhasilan pengolahan secara enzimatis didasarkan pada beberapa aspek krusial yang membedakannya dari metode konvensional.

1. Efisiensi Reaksi Biokimia

Enzim, sebagai katalisator biologis, mampu meningkatkan kecepatan reaksi kimia tanpa dikonsumsi selama proses. Hal ini berarti bahwa dalam pengolahan secara enzimatis, reaksi dapat terjadi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah, menghasilkan penghematan energi yang signifikan. Efisiensi ini tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi, tetapi juga berdampak pada penurunan jejak karbon dan pengurangan limbah.

2. Spesifikitas dan Selektivitas Tinggi

Enzim memiliki tingkat spesifikitas dan selektivitas yang tinggi terhadap substrat tertentu. Dalam konteks pengolahan, ini memungkinkan pengaturan yang lebih tepat terhadap reaksi yang diinginkan, menghasilkan produk akhir dengan kemurnian yang

lebih tinggi. Spesifikitas enzim juga dapat meminimalkan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan.

3. Pengolahan Pada Kondisi yang Lebih Lemah

Penggunaan enzim memungkinkan proses berlangsung pada suhu dan pH yang lebih lemah dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini bermanfaat dalam mengurangi kerusakan pada bahan mentah dan mempertahankan kualitas nutrisi yang lebih baik pada produk akhir. Pada gilirannya, ini dapat menciptakan produk dengan karakteristik organoleptik yang lebih baik.

4. Mengurangi Penggunaan Bahan Kimia Berbahaya

Metode pengolahan konvensional sering melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya sebagai katalis atau agen pengubah. Dengan menggunakan enzim, kita dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan ketergantungan pada bahan kimia berbahaya, menciptakan proses yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Dengan memahami pentingnya enzim dalam pengolahan, kita tidak hanya membuka peluang untuk peningkatan efisiensi industri, tetapi juga berkontribusi pada pembentukan paradigma baru dalam pembangunan berkelanjutan. Penggunaan enzim tidak hanya sebagai alat produksi, tetapi juga sebagai solusi untuk tantangan lingkungan dan ekonomi yang dihadapi oleh industri masa depan.

10.4 Prinsip Pengolahan secara Enzimatis

Proses pengolahan secara enzimatis melibatkan serangkaian tahapan yang dirancang untuk memanfaatkan potensi katalitik enzim (Prazeres, 2016). Berikut adalah tahapan umum dalam pengolahan menggunakan pendekatan ini:

1. Seleksi Enzim dan Substrat

Tahap awal dalam pengolahan secara enzimatis adalah pemilihan enzim yang sesuai dan substrat yang akan diolah. Pemilihan ini didasarkan pada spesifikitas enzim terhadap jenis reaksi dan molekul tertentu. Keakuratan dalam pemilihan enzim dan substrat menjadi kunci keberhasilan proses.

2. Aktivasi Enzim

Sebelum enzim dapat berfungsi, seringkali diperlukan aktivasi. Proses ini dapat melibatkan penambahan kofaktor atau perubahan lingkungan tertentu, seperti penyesuaian pH atau suhu, untuk mengoptimalkan aktivitas enzim.

3. Pra-Pengolahan Substrat

Sebelum interaksi dengan enzim, substrat sering harus melalui tahap pra-pengolahan. Ini bisa mencakup pemecahan kompleks substrat atau penyiapan substrat dalam bentuk yang lebih mudah diakses oleh enzim.

4. Reaksi Enzimatis

Tahap utama dalam proses ini adalah reaksi enzimatis itu sendiri. Enzim dan substrat berinteraksi membentuk kompleks enzim-substrat, yang mengalami perubahan kimia untuk menghasilkan produk akhir. Pada titik ini, faktor seperti suhu, pH, dan konsentrasi enzim dan substrat perlu dikontrol untuk mencapai kondisi optimal reaksi.

5. Inaktivasi Enzim

Setelah reaksi selesai, enzim perlu dinonaktifkan untuk menghentikan proses pengolahan. Ini dapat dilakukan dengan mengubah kondisi lingkungan, seperti mengubah pH atau suhu, atau dengan menggunakan inhibitor enzim.

6. Pemurnian Produk Akhir

Langkah terakhir melibatkan pemurnian produk akhir dari campuran reaksi. Metode pemurnian ini tergantung pada jenis produk dan dapat mencakup teknik seperti filtrasi, distilasi, atau kromatografi.

7. Daur Ulang Enzim (Opsional)

Dalam beberapa kasus, enzim dapat didaur ulang untuk digunakan kembali dalam proses berikutnya. Ini dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi.

Setiap tahap ini memerlukan pemahaman mendalam tentang sifat enzim dan kondisi reaksi yang optimal. Proses pengolahan secara enzimatis memberikan keunggulan dalam hal efisiensi dan

kontrol atas produk akhir, menciptakan peluang untuk inovasi dalam berbagai sektor industri.

10.5 Jenis-jenis Enzim yang Digunakan

Pengolahan secara enzimatis melibatkan penggunaan berbagai jenis enzim, masing-masing diadaptasi untuk fungsi katalitik tertentu (Fernandes, 2016). Berikut adalah beberapa jenis enzim yang umumnya digunakan dalam proses pengolahan:

1. Enzim Protease

Fungsi: Memecah ikatan protein menjadi asam amino. *Aplikasi:* Pengolahan makanan, produksi deterjen, pemutusan serat tekstil.

2. Enzim Amylase

Fungsi: Membongkar amilum dan polisakarida menjadi gula-gula sederhana. *Aplikasi:* Industri pangan (pembuatan sirup glukosa, roti), deterjen, dan tekstil.

3. Enzim Lipase

Fungsi: Mengkatalisis hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol. *Aplikasi:* Industri makanan (produksi margarin, keju), industri deterjen.

4. Enzim Cellulase

Fungsi: Membongkar selulosa menjadi glukosa. *Aplikasi:* Produksi bioetanol, pengolahan tekstil, dan pakan ternak.

5. Enzim Pektinase

Fungsi: Mengurai pektin dalam dinding sel tumbuhan. *Aplikasi:* Pengolahan buah-buahan, pembuatan jus buah.

6. Enzim Laktase

Fungsi: Mencerna laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. *Aplikasi:* Industri susu dan produk susu, pembuatan produk bebas laktosa.

7. Enzim Transglutaminase

Fungsi: Mengikat protein dalam pengolahan makanan untuk meningkatkan tekstur dan kelembutan. *Aplikasi:* Industri daging, pembuatan keju, dan produk olahan daging.

8. Enzim Amyloglucosidase

Fungsi: Memecah amilum menjadi glukosa. *Aplikasi:* Produksi sirup glukosa, pemanis, dan alkohol.

9. Enzim Protease Termostabil

Fungsi: Memproses pada suhu tinggi, cocok untuk aplikasi industri yang membutuhkan panas. *Aplikasi:* Industri pakan ternak, pengolahan makanan pada suhu tinggi.

10. Enzim Invertase

Fungsi: Membelah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.

Aplikasi: Produksi sirup invert, permen, dan pembuatan alkohol.

Pemilihan jenis enzim yang tepat bergantung pada jenis substrat yang akan diolah dan sifat produk akhir yang diinginkan. Dengan memahami peran masing-masing enzim, proses pengolahan dapat dioptimalkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

10.6 Contoh Pengolahan Secara Enzimatis

Produksi Sirup Glukosa

Proses produksi sirup glukosa melibatkan pengolahan enzimatis dari sumber pati seperti jagung atau ubi kayu (Adrian et al., 2020). Berikut adalah contoh langkah-langkah dalam pengolahan sirup glukosa secara enzimatis:

1. Pemilihan Enzim (Amylase):

Pemilihan enzim amilase yang spesifik terhadap pati sebagai katalisator dalam pemecahan pati menjadi glukosa.

2. Pra-Pengolahan Substrat (Pati):

Pati dari sumber alami (seperti jagung) dihancurkan menjadi bentuk yang lebih sederhana melalui penggilingan dan perlakuan panas ringan.

3. Aktivasi Enzim dan Pengadukan:

Enzim amilase diaktifkan pada suhu dan pH tertentu. Substrat pati dan air dicampur dan dipanaskan untuk menciptakan kondisi optimal reaksi.

4. Reaksi Enzimatis:

Enzim amilase memecah pati menjadi oligosakarida dan glukosa. Reaksi berlangsung pada suhu yang dikendalikan dan diawasi agar efisien dan konsisten.

5. Inaktivasi Enzim:

Pemanasan tambahan atau penambahan zat kimia untuk menghentikan aktivitas enzim dan mencegah reaksi lebih lanjut.

6. Pemurnian Produk Akhir:

Sirup glukosa yang dihasilkan dipisahkan dari residu menggunakan teknik pemisahan, seperti filtrasi atau sentrifugasi.

7. Pemrosesan Lanjutan (Opsiional):

Sirup glukosa dapat mengalami pemurnian lebih lanjut atau mengalami proses kimia tambahan sesuai dengan kebutuhan industri.

8. Penyimpanan dan Distribusi:

Sirup glukosa yang dihasilkan disimpan dalam kondisi yang sesuai dan didistribusikan ke berbagai industri pengguna, seperti industri makanan, minuman, atau farmasi.

Produksi Sirup Fruktosa dari Pati

Proses produksi sirup fruktosa dari pati merupakan contoh pengolahan secara enzimatis yang melibatkan penggunaan enzim untuk mengonversi pati menjadi sirup fruktosa (Hii et al., 2012). Berikut adalah langkah-langkah dalam proses ini:

1. Pra-Pengolahan Pati:

Pati dari sumber tanaman, seperti jagung, dihancurkan dan dipersiapkan.

2. Penambahan Enzim α -Amylase:

Penambahan enzim α -amylase untuk menguraikan pati menjadi oligosakarida yang lebih sederhana.

3. Pra-Pengolahan dengan Glukoamylase:

Penambahan enzim glukoamylase untuk mengonversi oligosakarida menjadi glukosa.

4. Penambahan Enzim Glukosa Isomerase:

Penambahan enzim glukosa isomerase untuk mengubah sebagian glukosa menjadi fruktosa.

5. Reaksi Enzimatis:

Proses reaksi enzimatis berlangsung untuk menghasilkan campuran glukosa dan fruktosa.

6. Pemurnian dan Pemisahan:

Campuran glukosa dan fruktosa dipisahkan dan dimurnikan untuk mendapatkan sirup fruktosa murni.

7. Pengawetan dan Pengemasan:

Sirup fruktosa yang dihasilkan dikawetkan dan dikemas dalam kemasan yang sesuai.

8. Distribusi ke Pasar:

Sirup fruktosa didistribusikan ke berbagai industri pangan dan minuman sebagai pengganti sukrosa atau pemanis tambahan.

Produksi Keju

Proses pembuatan keju merupakan contoh lain dari pengolahan secara enzimatis yang melibatkan beberapa jenis enzim (Muarifah & Awwaly, 2012). Berikut adalah langkah-langkah dalam produksi keju:

1. Penyaringan Susu:

Susu segar disaring dan dipasteurisasi untuk menghilangkan bakteri dan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

2. Penambahan Kultur Bakteri Laktat:

Penambahan bakteri laktat (misalnya, *Lactobacillus*) sebagai kultur starter untuk mengubah laktosa menjadi asam laktat. Bakteri ini memainkan peran utama dalam fermentasi.

3. Penambahan Enzim Koagulasi (Rennet):

Penambahan enzim koagulasi (biasanya rennet) untuk membekukan protein dalam susu (kasein) dan membentuk gumpalan padat yang disebut koagulum.

4. Pemotongan dan Pengadukan:

Koagulum dipotong menjadi curds (bentuk padat) dan kemudian diaduk untuk memisahkan curds dari whey (cairan).

5. Pempressan Curds:

Curds diperas untuk mengeluarkan whey lebih lanjut dan membentuk tekstur keju yang diinginkan.

6. Pematangan dan Aging:

Keju dibiarkan untuk matang dan mengalami proses aging yang melibatkan aktivitas enzim dalam curds, seperti lipase, protease, dan peptidase. Enzim ini mempengaruhi tekstur dan rasa keju.

7. Pengawetan dan Pembungkusan:

Keju matang dipreservasi dan dibungkus untuk menjaga kualitas dan rasa selama penyimpanan dan distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, Syaiful, A. Z., Ridwan, & Hermawati. (2020). Sakarifikasi Pati Ubi Jalar Putih Menjadi Gula Dekstrosa Secara. *Saintis*, 1(1), 1-12.
- Bucay, M. A., Abrina, T. A., Gan, J., & Cosico, M. F. (2022). A Technical Analysis on the Manila Bay Dolomite Beach Reclamation Project. *Philippine Journal of Public Policy: Interdisciplinary Development Perspectives*, 2021 (January). <https://doi.org/10.54096/yogv6309>
- Fernandes, P. (2016). Enzymes in fish and seafood processing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 4(JUL), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2016.00059>
- Higgins, N., Ryan, B., Taylor, J., & Georis, J. (2023). *The Role of Enzymes in Food*. Khni.Kerry.Com. <https://khni.kerry.com/news/articles/enzymes-in-food-and-nutrition/>
- Hii, S. L., Tan, J. S., Ling, T. C., & Ariff, A. Bin. (2012). Pullulanase: Role in starch hydrolysis and potential industrial applications. *Enzyme Research*, 2012 <https://doi.org/10.1155/2012/921362>
- Koeswardhani. (2014). Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Pangan. *Modul Bahan Ajar*, 12(1), 1-60.
- Muarifah, R. F., & Awwaly, K. U. Al. (2012). Pembuatan keju dengan menggunakan enzim renin Mucor pusillus amobil. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 19(2), 137-149.
- Prazeres, D. M. F. (2016). Considerations on the Use of Enzymes in the Downstream Processing of Biopharmaceuticals. *Pharmaceutical Bioprocessing*, 4(5), 95-99.
- Robinson, P. K. (2015). Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays in Biochemistry*, 59, 1-41. <https://doi.org/10.1042/BSE0590001>
- Sabariyah, S. (2023). *Mengoptimalkan Pemanfaatan Enzim dalam Pengolahan Pangan: Era Baru untuk Industri Pangan*. Wartakiat. <https://wartakiat.com/2023/06/mengoptimalkan-pemanfaatan-enzim-dalam-pengolahan-pangan-era-baru-untuk-industri-pangan/>

- Schiavone, A., & Kadam, S. (2022). *The Significance of Enzymes in a Sustainable Food System* Khni.Kerry.Com. <https://khni.kerry.com/news/the-significance-of-enzymes-in-a-sustainable-food-system/>
- Wilson, L., Illanes, A., Romero, O., & Ottone, C. (2023). Chapter 17 – Future perspectives in enzyme immobilization. In M. L. B. T.-B. I. Ferreira (Ed.), *Foundations and Frontiers in Enzymology* (pp. 403–426). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91317-1.00009-8>

BAB 11

PRINSIP TEKNOLOGI PENGAWETAN DENGAN IRADIASI

Oleh Putu Tessa Fadhila

11.1 Pendahuluan

Bahan pangan dapat dengan mudah mengalami kerusakan akibat penanganan yang tidak tepat dan gangguan serangga atau mikroorganisme. Kerusakan yang terjadi pada bahan pangan mengakibatkan banyak bagian dari bahan pangan hasil panen harus terbuang sebab tidak layak lagi untuk diolah maupun dikonsumsi.

Ada berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk menurunkan tingkat kerusakan pada bahan pangan hasil panen dalam rangka memperpanjang umur simpan dan mempertahankan nilai jualnya. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode iradiasi. Iradiasi masih menjadi teknologi pengawetan bahan pangan yang belum jamak diketahui masyarakat Indonesia. Padahal teknologi ini diketahui memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan teknologi pengawetan pangan lainnya yang banyak digunakan secara komersil.

Penggunaan sinar radiasi juga menjadi momok bagi Sebagian kalangan sehingga menyebabkan bahan pangan hasil iradiasi dianggap berbahaya yang mana pemahaman ini justru keliru. Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk menyebarkan informasi ke Masyarakat mengenai teknologi iradiasi adalah aman digunakan dan konsumsi terutama untuk pengawetan bahan pangan. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan wawasan mengenai teknologi pengawetan bahan pangan dengan metode iradiasi, perubahan yang terjadi pada bahan pangan yang diberikan tritmen iradiasi serta keamanan termasuk juga di dalamnya keuntungan menggunakan teknologi ini.

11.2 Proses Iradiasi

Radiasi datang dari sinar dengan panjang gelombang sangat pendek sampai yang sangat Panjang. Apa yang disebut radiasi merupakan semua bentuk energi yang dipancarkan tanpa media. Lain halnya dengan iradiasi adalah penggunaan energi untuk penyinaran suatu bahan dengan memanfaatkan sumber radiasi buatan (Dwiloka, 2002). Pertemuan bahan pangan dengan radiasi pengion dikenal sebagai radiasi pangan. Proses ini mampu mengurangi bakteri patogen, mencegah kerusakan, mencegah serangga merusak, dan memperlambat perkecambahan dan pematangan buah (Asiah et al., 2019).

Proses iradiasi dinyatakan mampu menjaga nilai gizi, sifat sensori dan kesegaran bahan pangan (tekstur, rasa, warna, dan aroma). Hal ini disebabkan proses iradiasi dilakukan dengan suhu rendah, sehingga kualitas produk mampu bertahan. Bila sumber sinar iradiasi bertemu bahan pangan maka yang terjadi adalah eksitasi dan ionisasi.

Hal tersebut menghalangi sintesis DNA pada sel biologis. Pengaruh ini kemudian memperlambat tumbuhnya mikrobial patogen serta pembusuk. Oleh karenanya umur simpan bahan pangan dapat diperpanjang dengan Teknik ini (Ehlermann, 2016).

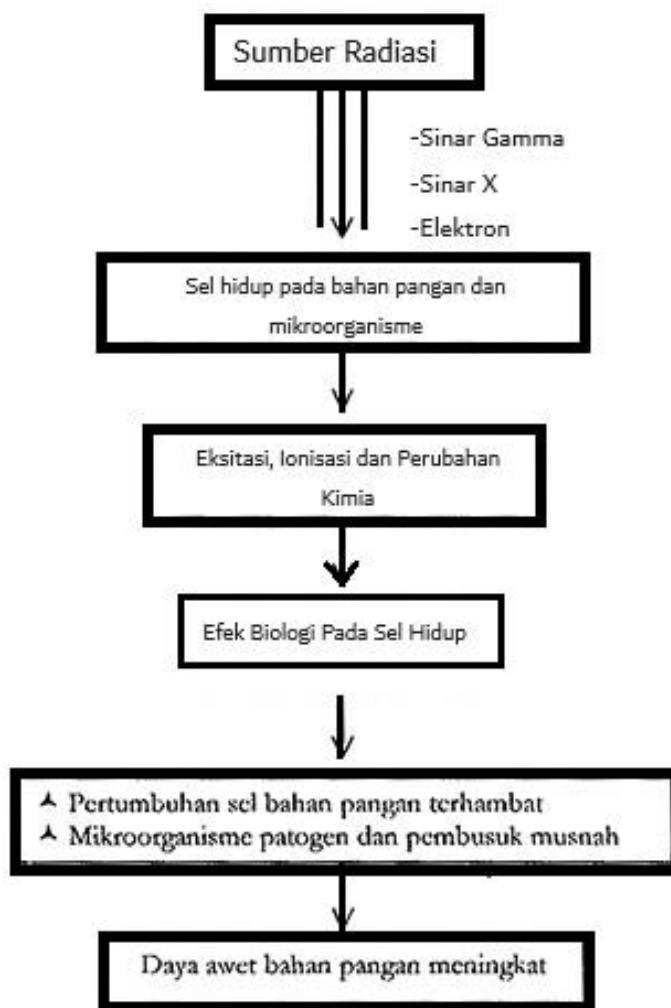
Proses iradiasi dilakukan dengan mempertemukan bahan pangan dengan radiasi pengion. Radiasi pengion diartikan sebagai radiasi dengan energi yang berperan dalam mementalkan electron suatu atom dari tempatnya dan mengakibatkan atom yang semula netral berubahh menjadi ion positif, yakni atom yang kehilangan elektronnya (Putri et al., 2015). Radiasi pengion dapat bersumber dari sumber yang berlainan:

1. Sinar gamma yang dihasilkan oleh radioisotop (zat radioaktif). Radionuklida kobalt-60 (^{60}Co ; paling umum) dan cesium-137 (^{137}Cs) adalah sumber sinar gamma yang disetujui untuk iradiasi makanan. Tingkat energi ^{60}Co adalah 1,17 dan 1,33 MeV, dan tingkat energi cesium-137 adalah 0,662 MeV. Namun, mereka tidak disarankan lagi untuk digunakan untuk iradiasi makanan.

2. Data elektron. Produksi dilakukan dalam akselerator, contohnya generator Van de Graaff yang mencapai kecepatan hampir setinggi kecepatan cahaya atau akselerator linier (linac). Energi kuantum maksimum hanya 10 MeV.
3. Sinar-X atau pelambatan sinar, dapat dihasilkan pula dalam akselerator. Energi kuantum maksimum elektron tidak melebihi 5 MeV.

Mekanisme proses pengawetan pangan dengan iradiasi berjalan melalui beberapa prinsip tergambar dalam Gambar 11.1. Seperti halnya gelombang mikro, gelombang radio, sinar ultraviolet, dan cahaya tampak, sinar-X dan sinar gamma adalah radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek dan daerah spektrum energi yang tinggi.

Baik sinar-X maupun gamma dapat masuk ke dalam bahan pangan hingga kedalaman sentimeter. Berkas elektron, atau e-beam, adalah metode radiasi kedua yang paling umum, mengikuti sinar gamma. Berkas elektronik adalah teknologi murah dan ramah lingkungan yang dapat menggantikan produk yang biasa diolah dengan panas. (Lung et al., 2015).



Gambar 11.1. Prinsip pengawetan bahan pangan dengan iradiasi
(sumber: (Dwilocra, 2002)

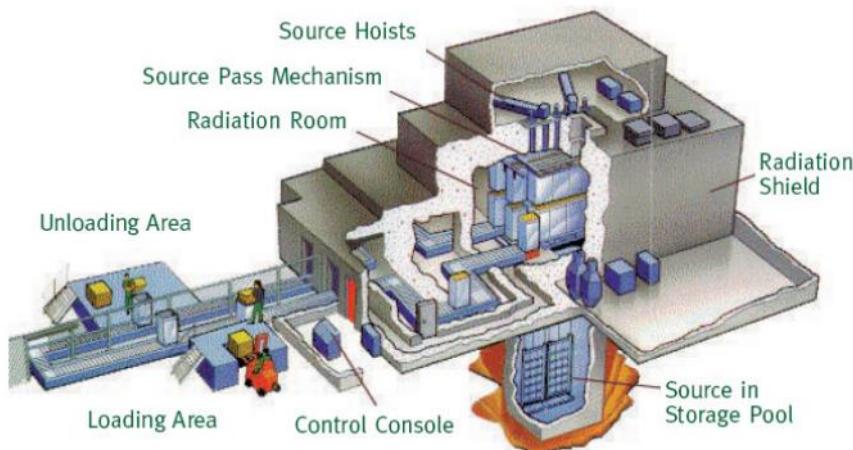
Dibandingkan dengan metode pengawetan tradisional lainnya, teknik iradiasi membutuhkan fasilitas yang lebih mahal dan lebih kompleks. Selain itu, proses iradiasi tidak menghilangkan patogen atau hama secara langsung dan cepat. Akibatnya, adopsi metode ini lambat. (Asiah et al., 2019). Terdapat beberapa tahapan proses yang dapat memberikan pengaruh kepada berhasilnya proses iradiasi

bahan pangan, yakni adanya penanganan pendahuluan yang benar sebelum dilakukan iradiasi, proses sortasi dan pengkelasan, pengujian adanya kontaminasi, penentuan jenis kemasan dan kapasitas kemasan maksimum, sealing, iradiasi, observasi, dan uji laboratorium (Handayani & Permawati, 2017).

Perlu pula diperhatikan pemilihan dan pemakaian pengemas dengan bahan polimer yang cocok dan tahan dengan proses iradiasi, bagaimana peningkatan efektivitas iradiasi terhadap makanan, bagaimana memaintain /menjaga keutuhan makanan yang diiradiasi, hingga proses penyimpanan. Dengan demikian, proses iradiasi ini dapat dikombinasikan dengan metode pengawetan lainnya untuk menunjang efektivitasnya. Beberapa metode yang dapat dikombinasikan adalah penambahan bahan kimia pengawet, penggunaan panas, metode *deep-freezing*, *cold storage*, dan *modified atmosphere storage*. Dengan menggunakan beberapa kombinasi pengawetan ini akan membentuk *hurdle technology* dalam meningkatkan keawetan produk pangan.

Menurut Asiah et al., (2019), proses iradiasi makanan menghadapi beberapa tantangan:

1. Teknologi ini dapat menjadikan material pengemas mengalami perubahan secara kimiawi selama proses iradiasi, yang mengakibatkan senyawa penyusun material pengemas produk mengalami pemecahan.
2. Material pengemas yang dikemas dengan makanan yang telah diiradiasi dapat menyebabkan radiolisis pada produk pangan.
3. Evaluasi kesesuaian material pengemas oleh regulator.
4. Minimnya cara untuk menguji cocok dan aman kah suatu material kemasan dalam proses penggunaan sinar radiasi.



Gambar 11.2. Instrumen Alat Irradiasi Gamma (Sumber: Atmoko et al., 2009)

11.3 Mekanisme Inaktivasi sel biologis

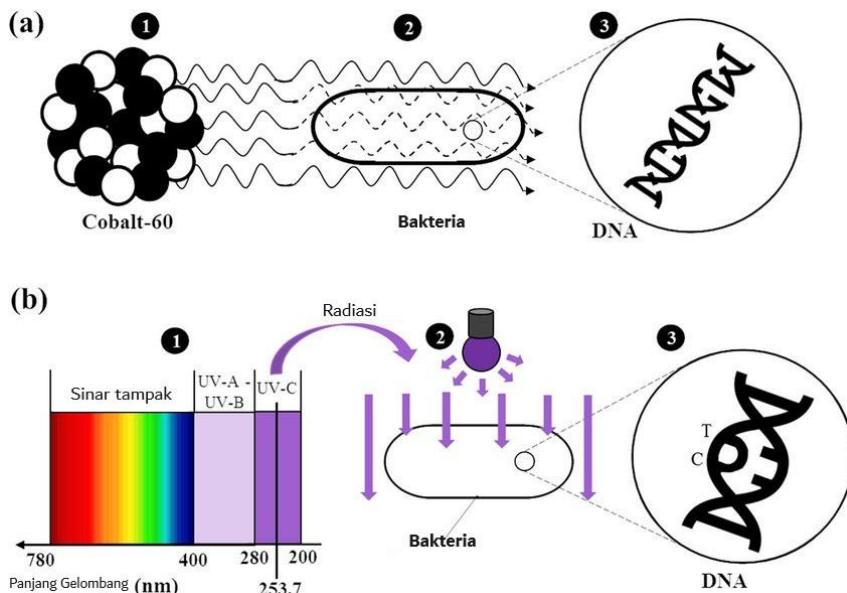
Tujuan pengaplikasian metode iradiasi pada bahan pangan adalah untuk memperpanjang jangka waktu penyimpanan produk. Makanan yang disinari dengan radiasi pengion akan memberikan efek langsung dan tidak langsung terhadap bahan yang menjadi bahannya target. Dalam hal ini yang menjadi sasaran penyinaran adalah serangga patogen dan mikroba perusak struktur dan tekstur makanan. Irradiasi akan menyebabkan terjadinya ionisasi atau disosiasi atau pelepasan hidrogen dari electron dan eksitasi (perpindahan elektron dari jalur ke jalur luar) (Ahn & Lee, 2006).

Dampak langsung dari proses penyinaran yang dihasilkan adalah putusnya ikatan rantai DNA pada sel mikroba dan serangga sehingga akan mempengaruhi kemampuan sel untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Sedangkan dampak tidak langsung dari proses penyinaran yang dihasilkan adalah radiasi tersebut akan mempengaruhi air yang merupakan komponen utama sel sehingga akan terjadi proses radiolisis pada air dan terbentuknya radikal bebas. Selain itu, radikal dapat mengubah basa, seperti timin menjadi dihidroksidihidrotimin. Akibat dari kerusakan tersebut adalah

ketidakmampuan mikroorganisme untuk mereplikasi DNA dan bereproduksi sehingga mengakibatkan kematian (Ray, 2004).

Selain kerusakan DNA, radiasi pengion juga menyebabkan kerusakan pada membran dan struktur lainnya sehingga menyebabkan cedera subletal. Beberapa mikroorganisme dapat memperbaiki kerusakan pada untai DNA (terutama putusnya untai tunggal) dan pada basa, dan ditetapkan sebagai mikroorganisme yang tahan radiasi. Ketika mikroorganisme terkena radiasi UV (260 nm), energinya diserap oleh basa nukleotida dalam DNA. Basa dapat bereaksi satu sama lain untuk membentuk dimer (misalnya dimer timin) dan menyebabkan putusnya untai DNA. Kematian dan cedera mikroba terutama berhubungan dengan kerusakan DNA (Ray, 2004).

Menurut Rosario et al., (2021), mekanisme rusaknya DNA mikroba oleh iradiasi gamma adalah sebagai berikut ditunjukkan pula dalam bagan Gambar 11.3.



Gambar 11.3. Mekanisme kerusakan DNA mikroba oleh iradiasi
Sumber: (Rosario et al., 2021)

1. Sumber iradiasi yang dibentuk oleh cobalt 60: memancarkan sinar gamma (1) yang mempunyai kemampuan menembus

- struktur dan mikroorganisme (2). Sinar gamma merusak DNA mikroba yang menonaktifkan sel (3).
2. Mekanisme inaktivasi mikroba dari radiasi UV-C: Sinar UV-C dengan 253,7 nm (efisiensi maksimum) yang dipancarkan lampu merkuri (1) mempengaruhi mikroorganisme (2). Inaktivasi dan penurunan laju pertumbuhan mikroba terutama disebabkan oleh pembentukan dimer pirimidin (Timin-Sitosin) (3).

Beberapa faktor memengaruhi ketahanan mikroorganisme terhadap radiasi pengion, diantaranya (Aquino, 2012):

1. Sel mikroba dengan dimensi serta urutan struktur DNA di dalamnya.
2. Senyawa yang memiliki hubungan dengan DNA dalam sel (peptide, nucleoprotein, ion logam, lipid, RNA, dan lipoprotein)
3. Kehadiran oksigen meningkatkan pengaruh inaktivasi mikroba
4. Kadar air yang rendah hingga ketiadaan air membuat mikroorganisme semakin tahan dengan kondisi iradiasi karena minim hingga tiadanya radikal bebas yang terbentuk dari molekul air oleh radiasi.
5. Radiasi pengion yang memiliki efek bakterisidal pada sel vegetative ditingkatkan oleh suhu relative tinggi dalam suhu sub-lethal (lebih dari 45°C).
6. Komposisi media mikroba.
7. Kondisi setelah radiasi. Sisa mikroorganisme dari proses iradiasi dapat menjadi lebih sensitive dengan situasi lingkungan hidupnya.

Resistensi mikroba terhadap iradiasi terkait erat dengan tingkat kerusakan sel mikroba. Nilai D_{10} menunjukkan seberapa tahan suatu bakteri terhadap radiasi. Nilai D_{10} adalah dosis iradiasi (kGy) yang dibutuhkan dalam meminimalisir kuantitas mikroba sepuluh kali lipat dan menyisakan 10% dari semua mikroba. Nilai D_{10} yang lebih tinggi menunjukkan seberapa tahan suatu bakteri terhadap radiasi (Aquino, 2012).

11.4 Perubahan Nutrisi Produk Pangan

Bahan pangan yang diirradiasi seharusnya telah melalui uji keamanan sebelum dipasarkan kepada konsumen. Pengujian tersebut disebut sebagai uji *wholesomeness*, yang mencakup toksikologi, uji kandungan nutrien, uji mikrobiologi, dan uji sensoris (Skala et al., 1987). Pengujian tersebut diketahui karena proses iradiasi dapat memberikan efek terhadap kandungan nutrisi/gizi, kandungan kimia dan fisik berupa tekstur produk akhir.

Aspek fisik dan kimia

Proses penyinaran bahan pangan dengan radiasi pengion tidak menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan. Ini karena penyinaran radiasi adalah proses "dingin". Dengan cara ini, energi yang diserap oleh makanan atau bahan pangan jauh lebih rendah daripada yang diserap melalui proses pemanasan. Oleh karena itu, karakteristik kimia makanan yang dipanaskan mengalami perubahan kuantitatif yang lebih besar daripada makanan yang diawetkan radiasi.

Peningkatan dosis iradiasi, jumlah serta komposisi bahan juga meningkatkan pengaruh terhadap perubahan karakteristik kimia. Mengontrol kadar air dan suhu bahan dan meniadakan O_2 dari kemasan dapat mencegah perubahan tersebut. Hasil iradiasi yang diproduksi dapat diuji dengan mengadopsi teknik fisiko-kimia, dan Reaksi Rantai Polimer (PCR). (Irawati, 2007).

Aspek nutrisi

Perubahan nilai gizi bahan pangan hasil iradiasi berhubungan dengan aspek kimia sehingga nilai gizinya juga turut berubah. Irawati (2007) menyebutkan hingga dosis 1kGy, berlaku tidak nyatanya penurunan nilai nutrisi produk yang dikenai radiasi. Apabila udara, suhu, dan kondisi selama proses tidak diatur dengan baik, radiasi bahan pangan pada dosis sedang (1-10 kGy) dapat mengurangi kandungan nutrisi unsur mikro. Radiasi bahan pangan yang dikemas vakum pada suhu rendah dapat mencegah perubahan nilai gizi (Diehl, 2001; Josephson et al., 1978).

Vitamin layaknya riboflavin, niasin dan vitamin D cukup memiliki ketahanan terhadap radiasi, namun vitamin A, B, C dan E

sangat sensitif. Secara umum penurunan kandungan vitamin pada pangan akibat iradiasi tidak berbeda dengan pengawetan panas. Dalam beberapa kasus, kadar vitamin berkurang lebih besar akibat pemanasan dibandingkan dengan penyinaran, misalnya selama sterilisasi daging babi. Sterilisasi panas mengurangi konsentrasi tiamin, niasin dan pridoksin masing-masing sebesar 80, 35 dan 16%, sedangkan iradiasi dengan dosis 45 kGy pada suhu -79°C (dalam CO₂ padat) menghasilkan penurunan serupa masing-masing pada 15, 22 dan 2% (Irawati, 2007).

11.5 Keamanan Pangan Hasil Radiasi

Ratusan makanan memiliki label yang menunjukkan radioaktivitas. Pelabelan yang menunjukkan adanya radioaktivitas pada produk makanan membantu konsumen mengetahui bahwa produk tersebut terpapar radioaktif. Kualitas dan keamanan makanan yang terkena iradiasi sangat penting. Kualitas bahan pangan bergantung pada tingkat nutrisi, seperti karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin. Iradiasi dari sisi keamanan pangan dapat mempengaruhi virus, bakteri, serangga, jamur, dan kapang. (Mostafavi et al., 2010). Selain itu, untuk menjamin dan melindungi konsumen, harus dipastikan bahwa makanan yang terpapar radiasi tidak meninggalkan sisa radiasi yang berpotensi berbahaya bagi tubuh, mutagenetik, atau karsinogenik.

Penetapan dosis iradiasi adalah hal mendasar yang harus diperhatikan mengenai keamanan produk pangan iradiasi. Dosis iradiasi tinggi tentu saja dapat memperbesar efektivitasnya terhadap inaktivasi mikroorganisme pathogen dalam produk pangan. Namun, dosis tinggi tersebut juga dapat memberi efek perubahan kimia pada produk pangan seperti dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Pada tiap-tiap jenis produk pangan diperlukan adanya kajian dosis iradiasi yang tepat dan efektif dalam meminimalisir mikroorganisme pathogen.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 701/MENKES/PER/VIII/2009 tentang Pangan Iradiasi menetapkan batas dosis iradiasi yang diizinkan di Indonesia (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2009). Tabel 1 berikut menampilkan daftar dosis

serap maksimum yang diatur berdasarkan jenis pangan dan tujuan iradiasi.

Tabel 11.1. Dosis serap maksimum berdasarkan jenis pangan dan tujuan iradiasi

Jenis Pangan	Tujuan	Dosis (kGy)
Umbi-umbian lapis dan akar	Memperlama tumbuhnya tunas	0,15
Sayuran dan buah (segar)	a. menghambat pemasakan b. Mematikan serangga c. Memperlama umur simpan d. Tritmen karantina	1,0 1,0 2,5 1,0
Sayuran dan buah (olahan)	Memperlama umur simpan	7,0
Jenis seafood (ikan, segar atau beku)	a. Menurunkan kuantitas pathogen tertentu b. Memperlama umur simpan c. Mengendalikan infeksi beberapa jenis parasit	5,0 3,0 2,0
Udang dan produk daging beku	Mengeliminasi <i>Salmonella</i>	7,0
Serealia dan produk penggilingan, kekacangan, biji-bijian dengan minyak, buah kering dan golongan polong	a. Mematikan insekta b. menurunkan kuantitas mikroba	1,0 5,0
Cabai dan sejenisnya	Memperpanjang umur simpan	1,0
Produk olahan ikan, dan pangan laut	a. Menurunkan kuantitas pathogen tertentu b. Memperpanjang masa simpan	8,0 10

Jenis Pangan	Tujuan	Dosis (kGy)
Ikan kering	Memperpanjang umur simpan	5,0
Pangan hewani olahan siap saji	Sterilisasi dan mematikan mikroba patogen, berspora dan memperlama umur simpan	65
Unggas serta jenis daging lainnya, (hasil olahannya, segar dan beku)	a. Menurunkan kuantitas patogen tertentu b. Memperlama umur simpan c. Mengendalikan infeksi beberapa jenis parasit d. Mematikan bakteri salmonella	7,0 3,0 2,0 7,0
Sayuran dan rempah kering (dry herbs), teh herbal	a. Menurunkan kuantitas patogen tertentu b. Mematikan serangga	10 1,0
Pangan dari pengeringan hewan	a. Mematikani serangga b. Mematikan mikroorganisme	1,0 5,0
Buah Mangga	Memperlama umur simpan	0,75
Buah Manggis	a. Mematikan insekta b. Tritmen isolasi	1,0 1,0

Sumber: Asiah et al., (2019; Handayani & Permawati (2017)

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengungkapkan bahwa untuk memperluas daya menghemat makanan teknologi iradiasi merupakan cara yang aman. WHO juga menyatakan bahwa dosis penyinaran yang dianjurkan tidak merusak kandungan nutrisi dan bahaya beracun(Dwiloka, 2002). Sumber radiasi pengion yaitu sinar gamma yang direkomendasikan memiliki maksimum 5 MeV. Batasan ini didasarkan pada dampak radioaktif yang akan ditimbulkan jika sumber energi radiasi yang digunakan melebihi 5 MeV untuk radiasi

gamma. Pada tahap radiasi pengion energi tinggi yang melebihi ambang batas yang direkomendasikan akan menimbulkan bahan radioaktif yang berbahaya. Bahan tersebut mengandung unsur radioaktif tinggi yang mampu mengubah tatanan genetik secara permanen (Handayani & Permawati, 2017).

Iradiasi tidak meninggalkan residu radioaktif karena radionuklida merupakan tempat dimana radiasi tersimpan sempurna dalam kapsul berlapis logam. Selama proses iradiasi pangan, sinar yang menjadi sasaran sama sekali tidak menempel pada sumbernya. Iradiasi tidak meninggalkan residu terhadap pangan dan sama sekali tidak mengurangi mutu gizi, sehingga proses teknologi iradiasi benar-benar aman, bersih, dan ramah lingkungan (Handayani & Permawati, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, D. U., & Lee, E. J. (2006). Mechanisms and Prevention of Quality Changes in Meat by Irradiation. In *Food Irradiation Research and Technology* (pp. 127–142). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470277638.ch8>
- Aquino, K. A. de S. (2012). Sterilization By Gamma Irradiation. In F. Adrovic (Ed.), *Gamma Radiation* (p. 171). Intech.
- Asiah, N., Kusaumantara, K. N., & Annisa, A. N. (2019). Iradiasi Bahan Pangan: Antara Peluang dan Tantangan untuk Optimalisasi Aplikasinya Food Irradiation: Between Opportunity and Challanges for Optimizing Applications. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi, A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation*, 15(1), 25–36.
- Atmoko, D. F., Budihardjo, S., Tenaga, B., Nasional, N., Rekayasa, P., & Nuklir, P. (2009). Desain Konsep Sistem Instrumentasi dan Kendali Irradiator Gamma Serba Guna 2 X 250 kCi. *PRIMA*, 6(12).
- Diehl, J. F. (2001). Achievements in Food Irradiation during the 20th Century. In *Irradiation for Food Safety and Quality* (p. 8). CRC Press.
- Dwiloka, B. (2002). Iradiasi Pangan. *Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Semarang*.
- Ehlermann, D. A. E. (2016). The early history of food irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 129, 10–12. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.07.024>
- Handayani, M., & Permawati, H. (2017). Gamma irradiation technology to preservation of foodstuffs as an effort to maintain quality and acquaint the significant role of nuclear on food production to Indonesia society: A Review. *Energy Procedia*, 127, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.112>
- Irawati, Z. (2007). Pengembangan Teknologi Nuklir untuk Meningkatkan Keamanan dan Daya Simpan Bahan Pangan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation* 2007, 3(2), 41–52. <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jair/article/view/558>

- Josephson, E. S., Thomas, M. H., & Calhoun, W. K. (1978). Nutritional Aspects of Food Irradiation: An Overview. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2(4), 299–313. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1978.tb00564.x>
- Lung, H. M., Cheng, Y. C., Chang, Y. H., Huang, H. W., Yang, B. B., & Wang, C. Y. (2015). Microbial decontamination of food by electron beam irradiation. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 44, Issue 1, pp. 66–78). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.005>
- Mostafavi, H. A., Fathollahi, H., Motamed, F., & Mirmajlessi, S. M. (2010). Food irradiation: Applications, public acceptance and global trade. *African Journal of Biotechnology*, 9(20), 2826–2833. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Putri, F. N. A., Wardani, A. K., & Harsojo. (2015). *The Implementation of Gamma Irradiation Technology and Frozen Storage for Decreasing Pathogens Bacteria In Seafood: A Review* (Vol. 3, Issue 2).
- Ray, Bibek. (2004). *Fundamental food microbiology*. CRC Press.
- Rosario, D. K. A., Rodrigues, B. L., Bernardes, P. C., & Conte-Junior, C. A. (2021). Principles and applications of non-thermal technologies and alternative chemical compounds in meat and fish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(7), 1163–1183. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754755>
- Skala, J. H., McGown, E. L., & Waring, P. P. (1987). Wholesomeness of Irradiated Foods. In *Journal of Food Protection* (Vol. 50, Issue 2).

BAB 12

PRINSIP TEKNOLOGI PEMANGGANGAN

Oleh Yani Subaktih

12.1 Pendahuluan

Pengolahan pangan dengan suhu tinggi merupakan salah satu metode proses pengolahan yang telah lama dilakukan baik itu dengan tujuan pengawetan untuk memperpanjang umur simpan, maupun untuk peningkatan cita rasa makanan. Terdapat beberapa macam metode pengolahan dengan menggunakan panas diantaranya adalah pengeringan, penggorengan, dan pemanggangan. Pemanggangan merupakan salah satu proses yang sering digunakan dalam pengolahan bahan nabati maupun hewani. Proses pemanggangan dapat menyebabkan perubahan pada produk akhir baik berupa perubahan fisik, kimia maupun organoleptik. Terdapat beberapa metode atau teknik pemanggangan yang digunakan dalam proses pemanggangan. Diantaranya *roasting*, *baking*, dan *Grilling*. Dalam prosesnya masing - masing metode pemanggangan tersebut dipengaruhi oleh beragam faktor baik secara internal maupun eksternal bahan yang dipanggang seperti suhu dan lama pemanggangan maupun faktor - faktor yang lain.. Faktor faktor tersebut akan mempengaruhi kualitas dari produk hasil pemanggangan. Untuk itu diperlukan adanya bahasan yang lebih mendalam mengenai teknologi proses pemanggangan pada bahan pangan. buku ini akan membahas mengenai teknologi proses pemanggangan pada bahan pangan, teknik pemanggangan, dan faktor yang berpengaruh dalam proses pemanggangan.

12.2 Pemanggangan Pada Bahan Pangan

Pemanggangan merupakan salah satu proses pengolahan suhu tinggi yang menggunakan media panas berupa uap panas untuk mengurangi kadar air dari suatu bahan pangan. Dengan adanya pengurangan kadar air pada bahan makanan tersebut maka umur simpan dari pangan dapat ditingkatkan. Proses pemanggangan dapat dilakukan dengan dua teknik yaitu secara langsung dimana media panas yang digunakan bersinggungan langsung dengan bahan yang dipanggang. Berikutnya adalah pemanggangan tidak langsung dimana udara akan dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan alat kemudian udara panas akan masuk ke dalam bahan.

Pada bahan makanan terjadi proses perambatan panas dari sumber panas ke dalam bahan yang terbagi menjadi :

1. Konduksi yaitu perambatan panas yang dilakukan melalui perantara yang bersinggungan dengan bahan
2. Konveksi yaitu perambatan panas yang dilakukan melalui perantara akan tetapi panas dari benda perantara akan ikut berpindah.
3. Radiasi yaitu perambatan panas melalui sumber panas langsung ke bahan yang diolah.pada proses radiasi,panas akan menuju kebagian bahan secara langsung dan selanjutnya akan menyebar ke seluruh bagian bahan makanan.

Pada proses pemanggangan dapat terjadi pindah panas secara radiasi dimana panas ditransfer terhadap produk melalui udara panas dalam alat pemanggang misalnya oven. Selain itu terjadi proses konveksi panas dari udara panas dalam oven menuju produk. Pada saat berlangsungnya proses pemanggangan ,terjadi penyerapan energi hampir 50% dari total energi, pada proses pemanggangan terjadi pembentukan dan pemantapan kualitas produk (Priyanto,1991,dalam Rahma,2015).

Selama proses pemanggangan akan terjadi beberapa perubahan baik fisik maupun kimia pada bahan pangan. Muchtadi dan

Ayustaningwarno (2010) menyatakan, pemanggangan pada bahan pangan merupakan suatu proses pemanasan kering yang bertujuan untuk memberikan perubahan pada karakteristik bahan salah satunya adalah sensori agar konsumen dapat lebih mudah menerima produk

Jenis bahan dan kondisi proses berupa suhu dan lama pemanggangan dapat mempengaruhi perubahan perubahan yang terjadi akibat proses pemanggangan (Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010). Proses pemanggangan selain dapat meningkatkan kematangan dari makanan juga memiliki kelemahan dapat menyebabkan kerusakan baik sifat fisik maupun kandungan gizi dari makanan. Tingkat kematangan produk dapat dipengaruhi oleh suhu pemanggangan dan waktu yang dibutuhkan agar adonan menjadi produk yang diharapkan. Proses pemanggangan juga dapat menurunkan kandungan nutrisi bahan yang tidak tahan panas contohnya vitamin C dan thiamin.

Proses pengolahan suhu tinggi dengan pemanggangan berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme dan karakteristik dari bahan atau produk pangan tersebut. Umumnya proses pemanggangan dapat mengakibatkan terhentinya atau terhambatnya pertumbuhan mikroba dalam bahan, dengan demikian proses kerusakan pada bahan pangan dapat terhambat. Semakin tinggi suhu pemanggangan maka kadar air akan semakin turun. Hal ini dapat mempengaruhi umur simpan produk dimana semakin kecil kadar air maka daya simpan semakin tinggi. Banyaknya uap air akan menurun seiring dengan menurunnya temperatur aliran udara panas dan meningkatnya kelembaban relatif udara, dengan demikian udara panas berubah menjadi jenuh dan kemampuan menguapkan air menjadi berkurang. Peningkatan jumlah air yang diuapkan oleh suatu bahan pangan dipengaruhi oleh suhu pemanasan. Semakin tinggi panas yang diterima bahan maka semakin tinggi penguapan air pada bahan pangan dan kadar air menjadi semakin rendah.

12.3 Teknik Pemanggangan

Terdapat tiga teknik pemanggangan berdasarkan posisi sumber panas yaitu *roasting*, *baking*, dan *grilling*.

12.3.1 Roasting

Roasting merupakan proses pengolahan makanan dengan cara memanggang suatu bahan umumnya dalam ukuran cukup besar dalam oven. Alat yang digunakan dapat berupa oven maupun microwave.

Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam proses *roasting* yaitu :

1. Bahan yang sedang dipanggang perlu dibolak balik agar tingkat kematangan produk merata,
2. perlu dilakukan pelapisan lemak atau cairan selama roasting untuk menghindari bahan menjadi kering
3. Dapat dilakukan larding pada saat memanggang daging yang utuh namun tidak berlemak

Karakteristik fisik dan kandungan nutrisi produk hasil pemanggangan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor baik internal maupun eksternal. Menurut Suradi (2004) dalam (Rasyad & Rosyidi, 2012) metode pemanasan berupa pemasakan kering maupun pemasakan basah dapat mempengaruhi peningkatan nilai pH dari daging segar.

Kualitas produk juga dipengaruhi oleh waktu pemanggangan. Pemanggangan dalam microwave dengan waktu yang lama dapat meningkatkan nilai pH steak daging (Rasyad & Rosyidi, 2012). Sifat fisik dari daging yang dipanggang dapat dipengaruhi oleh suhu dan waktu. Daging ayam yang dimasak dengan metode domestic microwave oven (2450 MHz 600 W) pada suhu diatas 160°C selama 6 menit memiliki pH 5,92 dan lama pemasakan 12 menit diperoleh Ph 6,12 (Rasyad & Rosyidi, 2012). Pemanasan juga akan mempengaruhi kesan juicy dari daging dan meningkatkan daya ikat air karena pemanasan daging dapat mengakibatkan degradasi protein, penguapan air, pengembangan daya ikat dan dekomposisi asam amino (Sudrajat, 2003).

Umumnya proses pemanggangan yang semakin lama akan mengurangi tingkat juicy dari daging. Peterson et al (1995) dalam Rasyad & Rosyidi (2012) melaporkan bahwa lama pemanggangan daging selama 28 menit pada suhu 50C akan mengakibatkan pengurangan juice daging sebanyak 4,9 persen dan 9,7 persen jus daging akan hilang pada pemanggangan dengan suhu 60C selama 60 menit. Hal ini dapat terjadi karena lamanya waktu dan tingginya suhu pembakaran akan mengakibatkan kandungan air dan beberapa senyawa larut air dalam bahan akan semakin berkurang.

Lama pemanggangan dapat mempengaruhi tekstur dan keempukan dari daging. Pada penelitian (Purwasih & Azzahra, 2019) pemanggangan daging steak sapi dengan oven selama 10 menit dapat menghasilkan tekstur terbaik. Hal ini mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan (Rasyad & Rosyidi, 2012) yang melaporkan bahwa untuk mendapatkan tekstur yang terbaik pada pemanggangan daging dilakukan pemanggangan selama 10 menit hingga diperoleh tingkat kematangan daging *well done*. Menurut Wismer, & Pedersen dalam (Rasyad & Rosyidi, 2012) ikatan air dalam otot daging terdiri dari 3 bentuk, pemanggangan yang singkat akan mengakibatkan perubahan pada molekul air pada lapisan luar, sedangkan pada lapisan pertama dan ketiga, molekul air yang terikat tidak akan mengalami perubahan.

Proses pemanggangan berupa *roasting* tidak hanya dilakukan bagi produk produk hewani , akan tetapi juga dapat dilakukan pada produk produk hasil nabati contohnya kopi. *Roasting* kopi merupakan proses pemanggangan biji kopi dengan suhu 250C yang dapat mempengaruhi karakteristik dari kopi. Penggunaan suhu tinggi dapat menyebabkan perubahan pada kadar lemak, gula,dan air dalam kopi. Suhu yang tinggi juga dapat menyebabkan karamelisasi karena terjadi penurunan kelembaban biji kopi . perubahan struktur dan sifat kimia dalam biji kopi terjadi karena adanya perpaduan antara suhu dan waktu yang kemudian mengakibatkan terjadinya pirolisis (A. Mafaza Kanzul Fikri, Nuriman, & Yushardi, 2022). Selama proses *roasting* kopi umumnya terjadi pembentukan karakteristik sensori dan fisik dari biji kopi. Beberapa perubahan yang diinginkan seperti aroma dan cita rasa juga terbentuk selama proses *roasting*.

Terdapat beberapa faktor yang akan menentukan pembentukan aroma dan citarasa kopi selama *roasting* yaitu:

1. Sifat-sifat fisio dan organoleptik biji kopi yang terdiri dari kadar air, bentuk, ukuran, panas spesifik, cara pengolahan, dan penyimpanan biji kopi.
2. Metode *roasting* yaitu lama dan suhu *roasting*
3. Derajat sangrai

Pemanggangan biji kopi dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanggangan. Lama dan suhu *roasting* memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar keasaman kopi dan rendemen biji kopi arabika sangrai (Purnamayanti, Gunadnya, & Arda, 2017). Warna biji kopi berkorelasi dengan peningkatan suhu dan lama waktu roasting dimana semakin tinggi suhu *roasting* yang digunakan dan semakin lama waktu yang dibutuhkan maka warna kopi menjadi semakin gelap. pada penelitian (A. Mafaza Kanzul Fikri et al., 2022) kopi arabika yang paling disukai panelis pada uji organoleptik diperoleh dari roasting pada suhu 210C selama 10 menit. Suhu dan waktu roasting juga dapat mempengaruhi senyawa kimia yang terkandung di dalam biji kopi. Suhu dan lama *roasting* dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar kafein dan kadar air dari biji kopi arabika.

12.3.2 Baking

Pada produk produk bakery, pemanggangan merupakan proses pemanasan adonan yang dilakukan dengan suhu, waktu, dan faktor lain sesuai dengan produk yang diolah. Pemanggangan dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi aktivitas air (aw) dipermukaan makanan. Proses pemanggangan juga dapat meningkatkan inaktivasi mikroorganisme seiring dengan semakin meningkatnya suhu pemanggangan, akan tetapi dapat mengakibatkan rusaknya beberapa zat gizi dan mutu yang berkaitan dengan mutu organoleptik warna tekstur dan lainnya akibat adanya proses pemanasan.

Proses pemanggangan dapat meningkatkan umur simpan produk karena menginaktivasi enzim, mikroorganisme dan menurunkan aktivitas air. Beberapa proses suhu tinggi dapat

memunculkan sifat fisikokimia yang diharapkan dari suatu produk akan tetapi suhu yang terlalu tinggi atau pemanasan dengan waktu yang panjang juga dapat mengakibatkan kerusakan fisikomia pada produk.

Proses pemanggangan pada beberapa produk bakery misalnya roti, cake, pastry dapat memunculkan karakteristik produk yang diinginkan seperti aroma, warna, tekstur maupun cita rasa dari produk. Untuk memunculkan karakteristik produk yang diinginkan tersebut diperlukan adanya penentuan suhu, waktu maupun faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas fisik dan nutrisi dari produk. Beberapa produk dengan teknik baking pada proses pengolahannya diantaranya adalah roti, *cookies*, dan cake.

1. Roti

Pada proses pemanggangan produk bakery akan terjadi proses pengembangan adonan, pembentukan warna coklat pada kulit roti karena adanya proses karamelisasi, gelatinisasi pati, proses denaturasi protein, dan inaktivasi enzim dan khamir (Kartika et al, 2019).

Pada proses pemanggangan terjadi proses penguapan air pada permukaan adonan dimana terjadi peningkatan suhu dibagian permukaan luar adonan yang diikuti dengan terbentuknya pori seiring dengan meningkatnya tekanan uap. Pada bagian dalam pori suhu lebih rendah yang menyebabkan uap air dalam pori lebih padat dibandingkan di permukaan sehingga air akan bergerak kepermukaan adonan.

Pemanggangan merupakan tahapan akhir dari proses pembuatan roti dimana proses ini dapat menentukan kualitas dari produk roti yang dihasilkan. Untuk mendapatkan roti dengan kualitas sesuai standart mutu maka diperlukan kontrol pada proses pemanggangan. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pemanggangan adonan roti adalah suhu dan lama pemanggangan atau pengovenan. Proses pemanggangan dengan oven merupakan proses yang penting dalam pembuatan roti. Pada pengovenan roti adanya transfer panas dalam oven akan menyebabkan adonan menjadi lebih ringan, dapat dicerna, dan memiliki cita rasa lebih baik. Pada produk roti suhu dan waktu pemanggangan dapat dipengaruhi oleh jenis roti, ukuran

dan loyang yang digunakan. Umumnya semakin besar ukuran adonan yang dipanggang maka waktu yang dibutuhkan oleh adonan untuk menjadi matang akan semakin lama.

Suhu dan lama pemanggangan sangat mempengaruhi kualitas dari produk roti yang dihasilkan. Suhu yang tidak merata dapat mempengaruhi volume dan tingkat kematangan dari produk yang dihasilkan. Proses pemanggangan dengan sebaran panas yang tidak merata dapat menyebabkan beberapa bagian dari roti dapat menjadi gosong maupun bantat. Pemanggangan adonan roti dengan menggunakan oven suhu tinggi dapat menyebabkan peningkatan volume, semakin tinggi suhu yang digunakan maka terbentuk suatu reaksi kimia yang diiringi dengan peningkatan produksi gas karbodioksida yang akan menunjang peningkatan volumeproduk (Sani et al., 2014). Suhu tinggi pada saat pengovenan juga dapat mempengaruhi karakteristik fisik maupun sensori dari roti yang dihasilkan.

Pada produk bakery penggunaan suhu yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan crust dengan cepat dan mengakibatkan ukuran produk menjadi lebih kecil. Proses pemanasan yang tinggi tersebut juga dapat mengakibatkan perubahan warna crust menjadi lebih gelap namun bagian tengah produk menjadi tidak matang dengan sempurna.

Penggunaan suhu yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan proses pemanggangan menjadi lebih lama pembentukan crust yang lebih tebal dan warna tidak sesuai dengan yang diharapkan.

Menurut Syarbini (2013) warna roti yang baik adalah kuning keemasan. Sedangkan menurut Ashokkumar (2018) roti yang baik memiliki ciri ciri bagian dalam memiliki warna putih krem yang seragam dan tekstur yang lembut. Semakin tinggi suhu pengovenan maka warna roti yang dihasilkan akan menjadi semakin gelap. Timbulnya warna yang terlalu coklat pada kulit roti dapat disebabkan karena suhu oven yg terlalu tinggi saat proses pemanggangan (Maligan et al,2018). Suhu pemanggangan juga mempengaruhi tekstur dari roti yang dihasilkan. Kulit roti sebaiknya tida terlalu tipis tapi juga tidak terlalutebal. Menurut

Lestari et al, (2023) semakin tinggi suhu oven yang digunakan maka kulit roti akan menjadi semakin tebal dan keras. Hal itu tentu saja akan menyulitkan roti untuk disobek.

Pentingnya peran suhu dan waktu dalam proses pemanggangan memerlukan adanya pengaturan yang ideal antara waktu, suhu dan udara panas agar tercapai kondisi yang diharapkan. Umumnya pemanggangan secara konvensional masih dirasa kurang dalam kontrol suhu. Kontrol suhu diperlukan untuk mengendalikan suhu dalam oven agar tetap merata dan konsisten. Menurut Murdiyansah, M., Paniran, P., & Akbar, A.I (2014) dalam proses pembuatan kue, oven yang digunakan untuk memanggang sebaiknya dilengkapi dengan pengatur suhu agar produk yang dihasilkan dapat memiliki kualitas seperti yang diharapkan.

2. *Cookies*

Cookies merupakan produk yang terbuat dari tepung, margarin, dan bahan lainnya. pemanggangan merupakan faktor yang memiliki pengaruh cukup besar dalam proses pembuatan *cookies*. suhu dan waktu pemanggangan dapat mempengaruhi kualitas *cookies* baik secara fisik, kimia maupun organoleptik. Waktu yang bervariasi dalam proses pemanggangan dapat mempengaruhi penguapan kadar air dalam bahan. Suhu yang digunakan selama proses pemanggangan juga memiliki pengaruh yang besar terhadap mutu dari *cookies* terutama pada kadar air bahan. Suhu pemanggangan yang berbeda dapat menyebabkan kadar air yang berbeda pada bahan. Naiknya suhu pemanggangan dapat menyebabkan meningkatnya jumlah air yang diuapkan pada bahan selama proses pemanasan. Menurut Setiaji (2010) suhu pemanggangan yang semakin meningkat menyebabkan panas yang diterima bahan menjadi semakin tinggi dan semakin banyak, hal ini menyebabkan jumlah air yang menguap dalam bahan menjadi semakin banyak dan kadar air yang terukur menjadi rendah. Kadar air pada *cookies* sesuai SNI adalah 5%. Kadar air yang rendah pada beberapa produk *bakery* misalnya biskuit dapat menyebabkan penyerapan kelembaban udara disekitarnya sehingga kadar air bahan akan bertambah. Sementara pada

produk lainnya terjadi *drying out* berupa perpindahan uap air ke udara yang dapat menyebabkan produk menjadi lebih kering misalnya pada roti. Pada roti terjadi penurunan *softness* (kelembutan) pada *crumb* dan penurunan kerenyahan pada *crust*. Dengan adanya kandungan air yang tinggi tersebut maka roti akan mudah mengalami peningkatan jumlah mikroorganisme.

Suhu pemanggangan pada *cookies* juga dapat mempengaruhi kandungan nutrisi *cookies*. Proses pemanggangan suhu tinggi dapat menyebabkan penurunan kandungan antioksidan dari *cookies*. Antioksidan mudah terdegradasi dan teroksidasi oleh udara dan panas. Semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses pemanggangan maka aktivitas antioksidan dalam bahan akan menjadi semakin berkurang. Kadar lemak dari bahan juga dipengaruhi oleh proses pemanggangan. Menurut Ketaren (2008) pada suhu tinggi sekitar 200°C – 250°C akan terjadi kerusakan minyak atau lemak akibat pemanasan suhu tinggi. Pada suhu 200°C terjadi reaksi oksidasi yang ditandai dengan terbentuknya peroksida pada minyak atau lemak.

3. Cake

Cake merupakan produk *bakery* yang terdiri dari beberapa jenis. Cake umumnya membutuhkan pengembangan dalam proses pembuatan dimana hal itu juga menentukan kualitas dari cake yang dihasilkan. Kualitas cake dapat dipengaruhi oleh penggunaan bahan, proses pengolahan dan juga proses pemanggangan. Suhu pengovenan pada proses pembuatan cake dapat mempengaruhi tingkat pengembangan dari cake. Kenaikan suhu pengovenan juga dapat menyebabkan peningkatan volume dari cake. Hal itu disebabkan oleh suhu tinggi dalam proses pengovenan akan memicu terjadinya reaksi kimia dan produksi gas karbodioksida menjadi semakin bertambah yang menyebabkan peningkatan volume produk (Sani et al., 2014). Suhu pengovenan juga dapat meningkatkan kekerasan dari cake.

Tingginya transfer massa dan panas yang terjadi karena adanya proses evaporasi pada suhu tinggi dapat menyebabkan

crust menjadi lebih tebal sehingga bolu dapat menjadi keras (Mohammad et al,2015). Selain itu suhu yang lebih tinggi juga dapat membentuk pori yang seragam dan luas area yang lebih besar (Ureta et al,2014). Suhu yang berbeda dapat menyebabkan perubahan karakteristik kimia dari produk cake yang dihasilkan. Pada penelitian Imami,R.H, & Sutrisno,A, (2018) diketahui bahwa suhu pengovenan terbaik dimiliki oleh bolu bebas gluten dengan proporsi telur 160 gram dan 50 gram dengan suhu pengovenan 170C.

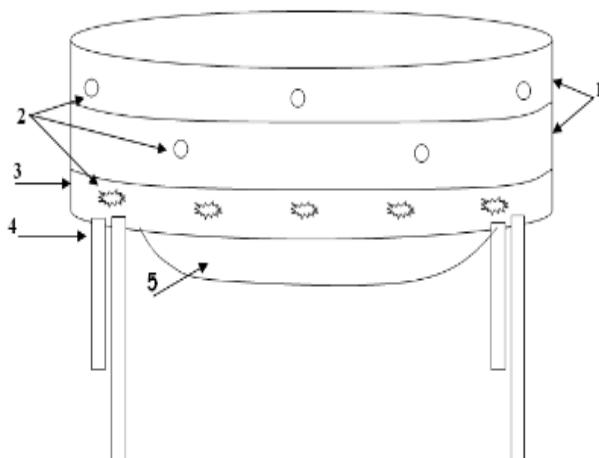
Selain suhu pemanggangan karakteristik fisik dan kimia dari cake juga dipengaruhi oleh lama pemanggangan. Semakin lama proses pemanggangan, kandungan lemak dari bahan menjadi semakin menurun. menurut Kasim et al (2018) selama proses pengolahan ,lemak akan mencair dan juga dapat menguap (volatil) hal ini terjadi karena lemak umumnya tidak tahan pemanasan. Kadar protein juga dapat menurun seiring lama pemanasan.semakin lama proses pemanggangan maka semakin rendah kandungan protein bahan. Hal ini terjadi karena suhu tinggi selama proses pemanasan dapat mengakibatkan reaksi yang tidak diinginkan contohnya denaturasi protein. Protein dari suatu produk juga dipengaruhi oleh stabilitas oven saat pemanggangan, suhu oven yang tidak menentu juga dapat menyebabkan kadar protein yang berbeda beda diantara produk yang dihasilkan. Lama pemanggangan juga dapat mempengaruhi kadar serat dari brownies, semakin lama proses pemanggangan maka kadar serat dari bahan akan semakin berkurang (Nasution,2019), akan tetapi lamanya waktu pemanggangan pada brownies justru berbanding terbalik dengan kandungan karbohidrat dari produk yang dihasilkan. Semakin lama proses pemanggangan maka kadar karbohidrat produk juga semakin bertambah. Akbar,I.A,Christiyanto,M, & Utama,C.S (2019) melaporkan bahwa naiknya jumlah karbohidrat dipengaruhi oleh membengkaknya molekul granula pati dalam bahan yang digunakan.

12.3.3 Grilling

Pemanggangan merupakan teknik pengolahan makanan dengan cara memanaskan bahan pangan di atas bara api sehingga makanan yang awalnya mentah menjadi makanan yang lebih layak konsumsi. *Grilling* merupakan teknik pemanggangan dimana bahan dengan sumber panas terjadi kontak secara langsung. Suhu yang digunakan dalam *Grilling* umumnya berkisar antara 130°C hingga 170°C. Beberapa macam sumber energi yang dapat memproduksi panas yaitu arang atau brikat batu bara.

Proses pemanggangan dapat menyebabkan beberapa perubahan baik secara fisik maupun kimia. Proses pemanggangan umumnya dapat memberikan perubahan warna, rasa, tekstur, dan aroma khas pada produk hasil.

Pemanggangan secara konvensional memiliki kendala baik berupa waktu, efisiensi, maupun kualitas produk yang dihasilkan. Perkembangan teknologi mendorong pengembangan alat yang dapat mendukung proses pemanggangan. Penelitian Parsa (2011) menerapkan sistem para-para bertingkat dalam proses pemanggangan ikan. Alat ini diketahui dapat meningkatkan efisiensi berupa tenaga, waktu dan kualitas produk yang dihasilkan.



Gambar 12.1. Alat pemanggang para – para sistem bertingkat
(Parsa,2011)

Para para merupakan alat pemutar benda hingga 180°C misalnya ikan yang sedang dipanggang agar panas yang diterima benda menjadi lebih merata. Sistem ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan pemanggangan secara konvensional dimana umumnya bahan hanya dipanggang dengan posisi yang tetap tidak berputar sehingga panas yang diterima bahan kurang merata. Energi panas diperoleh dari arang atau sumber panas lainnya yang dihantarkan secara terus menerus.

Secara kimiawi, pembakaran merupakan reaksi oksidasi antara sulfur dan hidrokarbon dalam biomassa dengan oksigen yang berasal dari udara. Karbon yang dibakar dengan oksigen yang memadai akan menghasilkan diokida (CO^2) dan pelepasan sejumlah panas (Irawan,Lanya, Haryanto,2016). Salah satu sumber panas yang digunakan dalam proses *Grilling* berasal dari bara api arang ataupun bahan lain. Arang membutuhkan asupan udara untuk menjadi bara. Besarnya nyala api dan suhu pembakaran dapat dipengaruhi oleh kecepatan udara yang diberikan . Salah satu pengembangan metode untuk meningkatkan hembusan udara yang diberikan pada arang adalah dengan menggunakan blower. Penelitian Irawan (2016) merancang tungku pemanggangan dengan blower untuk meningkatkan aliran udara untuk meningkatkan pembakaran arang. Lama pemanggangan dipengaruhi oleh tinggi rak, jumlah bahan bakar, ketebalan bahan, dan luas permukaan. Proses pemanggangan dengan sistem blower memiliki kapasitas kerja 144 potong dada per jam dan 142 potong paha ayam per jam dengan waktu optimum proses pemanggangan 40 menit dengan jeda 20 menit dalam 1 jam, dengan suhu rata rata 381,5C. (Irawan,2016).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar I.A, Christiyanto, M., & Utama, C.S. (2019). Pengaruh lama pemanasan dan kadar air yang berbeda terhadap nilai glukosa dan total karbohidrat pada pollard. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 17(1), 69–75
<https://doi.org/10.36762/litbangjateng.v17i1.773>
- Ashokkumar, Y. 2018. *Textbook Of Bakery And Confectionery, (Revised)*. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Fikri AMK,Nuriman,& Yushardi.(2022). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Roasting terhadap Massa Jenis Biji Kopi Robusta Menggunakan Mesin Roasting Tipe Hot Air .*Jurnal Pendidikan MIPA* 12.(2)
<https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.601>
- Imami RH ,dan Sutrisno A .(2018).Pengaruh Proporsi Telur dan Gula serta Suhu Pengovenan.*Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.6 No.3: 89-99*
- Irawan A, Lanya B, dan Haryanto A.(2016).Uji kinerja tungku panggangan performance test of the furnace grills. *Jurnal Teknik Pertanian LampungVol.5, No. 2: 73-80*
- Kartika, Roswaldi Sk,Julsam, Mulyai, Misriana.(2019).Oven otomatis untuk memanggang kue bolu marmer berbasis PID.*Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3 (1) , 2598–3954
- Kasim, R, Liputo, S.A, Limonu, M., & Mohamad, F.P. (2018). Pengaruh suhu dan lama pemanggangan terhadap tingkat kesukaan dan kandungan gizi snack food dan tepung ampas tahu. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 6(2), 41. <https://doi.org/10.30869/jtech.v6i2.188>
- Ketaren, S. (2008). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press:Jakarta.
- Lestari, T.E ., Elida, E, Kasmita, K, & Anggraini, E (2023).Kualitas roti tawar dengan menggunakan suhu pembakaran yang berbeda .*Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7 (3) ,23370-23380.
<https://doi.org/10.31004/jptam.v7i3.10320>
- Maligan, J. M., Amana, M., Dwi, W., & Putri, W.D.R. (2018).Analisis preferensi konsumen terhadap karakteristik organoleptik

- produk roti manis di kota Malang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(2), 86–93.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2018.006.02.9>
- Mohamad, R.A, Taip, F.S., Kamil, S.M.M., & Bejo, S.K (2015). Color and volume development of cake baking and its influence on cake qualities. *Journal of Applied Science and Agriculture*. 10(5), 63-68.
- Muchtadi,T.,&Ayustaningworno,F.(2010).*Teknologi Proses Pengolahan Pangan*, Alfabeta. Bandung: Alfabeta.
- Murdiansyah M, Paniran P, & Akbar AI .(2014).,Rancang bangun prototype sistem pemanggang kue (oven) otomatis dengan menggunakan mikrokontroler avr atmega 8535,*Dielektrika*, vol. 1 (2), 69-81
- Nasution, J. (2022). Karakteristik flakes bekicot dengan substitusi tepung kacang putih (vigna unguiculata) dengan variasi lama waktu pemanggangan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(6). 97-107
- Parsa IM.(2011).Konversi energi pemanggang ikan dengan para-para sistem bertingkat. *Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*, 4(4), 294-299
- Purnamayanti, N. P. A, I.B. P. Gunadnya, & G. Arda. (2017). Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap karakteristik fisik dan mutu sensori kopi arabika (*coffea arabica l.*). *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 5(2), 39-48
- Purwasih, R., & Azzahra, Hasna. (2019). Pengaruh lama pemanggangan dalam oven terhadap ph dan organoleptik *steak* daging sapi. *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa* , 1 (1), 6 – 12.
<https://ejournal.polsub.ac.id/index.php/jiitr. Doi 10.31962/34>
- Rasyad, N.V.B, D. Rosyidi dan A.S. Widati. (2012). Pengaruh Lama Pemanggangan dalam Microwave terhadap Kualitas Fisik *Steak* Daging Ayam. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 7 (1): 6-11
- Sani, N.A, Taip, F.S., Kamal, S.M.M., & Aziz, N.A (2014). Effect of temperature and airflow on volume development during baking and its influence on quality of cake. *Journal of Engineering Science Technology* 9(3), 303-313.

- Suradi,K. (2004). *Perubahan Sifat Fisik Daging Ayam Broiler Selama Penyimpanan Temperatur Ruang*. Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran. Bandung.
- Syarbini, M. H., & Bread, A. Z. (2013). *Referensi Komplet Fungsi Bahan, Proses Pembuatan Roti dan Panduan Menjadi Bakepreneur*. Solo: Metagraf.
- Ureta, M.M., Oliviera, D.F., & Salvadori, V.O. (2014). Quality attribute of muffin: effect of baking operative condition. *Journal of Food and Bioprocess Technology* 7: 463-470.
- DOI 10.1007/s11947-012-1047-7

BAB 13

PRINSIP PEMANASAN GELOMBANG MIKRO DAN OHMIK

Oleh Siti Nurhasanah

13.1 Pemanasan Gelombang Mikro

Fungsi pemanasan pada proses pengolahan pangan untuk meningkatkan rasa, mempermudah pencernaan, memperbaiki tekstur, meningkatkan penampilan dan mematikan bakteri. Pemberian suhu tinggi pada pengolahan dan pengawetan pangan didasarkan kepada kenyataan bahwa pemberian panas yang cukup dapat menghilangkan sebagian besar mikroba termasuk bakteri *Clostridium botulinum* yang sangat berbahaya dan menginaktifkan enzim. Perambatan panas dari sumber panas ke dalam bahan makanan selain melalui konduksi dan konveksi juga dapat melalui radiasi

Perambatan panas radiasi melalui pancaran langsung dari sumber panas ke bahan makanan yang dimasak, panas langsung kebagian dalam bahan makanan kemudian menyebar ke seluruh bagian makanan.

Spektrum gelombang mikro terletak antara 300 MHz sampai 300 GHz. Nilai tersebut menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik terletak antara gelombang radio dan inframerah. Gelombang mikro memiliki panjang gelombang 1 mm – 1 m. Aplikasi penggunaan gelombang mikro pada oven microwave yang mulai digunakan pada tahun 1969-an. Pemanasan menggunakan gelombang mikro menghasilkan daya penetrasi tinggi, energi yang digunakan lebih efektif. Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik, sehingga dalam sifatnya gelombang mikro bertindak sebagaimana gelombang elektromagnetik lainnya. Gelombang mikro termasuk ke dalam radiasi non-ionisasi. Radiasi sendiri merupakan pancaran energi yang melalui sebuah ruangan dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya foton dari sumber radiasi. Radiasi non-ionisasi merupakan radiasi di mana

sifatnya tidak dapat mengubah ion-ion yang dilaluinya dan tidak menyebabkan efek ionisasi apabila berinteraksi dengan materi. Oven gelombang mikro terdapat rongga yang berisi gelombang tegak dan pola gelombang tanpa perbedaan fasa. Gelombang mikro memasuki rongga dari segala arah dan, karena refleksi di dinding, pola rapat daya yang unik diciptakan oleh gelombang tegak dalam oven gelombang mikro. Sebagian dari daya gelombang mikro yang dihasilkan, diserap oleh makanan dan sisanya dipantulkan kembali ke sistem. Ukuran dan karakteristik penyerapan sangat penting dalam menentukan daya aktual yang dikirimkan selama pemanasan gelombang mikro.

Oven microwave dapat mempercepat laju penguapan, sehingga dapat mengurangi waktu pengeringan secara signifikan. Hasil dari iradiasi gelombang mikro mampu menyebabkan vibrasi antara molekul polar dan menciptakan titik panas yang dapat merusak dari lignin dan menyebabkan hemiselulosa hilang. Sehingga perlakuan panas menggunakan gelombang mikro (microwave) merupakan salah satu perlakuan pada serat untuk memperoleh karakteristik yang mampu meningkatkan kualitas pangan.

Masalah umum yang terjadi dalam pengolahan makanan dengan oven gelombang mikro adalah :

1. Pemanasan tidak seragam
2. Kurangnya warna dan rasa pembangun
3. Permukaan basah
4. Kehilangan kelembaban tinggi dan tekstur
5. Kesulitan dalam penentuan distribusi temperatur adalah kelemahan lain dari pemanasan dengan gelombang mikro

Dalam permasalahan pemanasan gelombang mikro, sifat dielektrik bahan memegang peranan penting dalam memprediksi suatu teori. Suatu evaluasi yang akurat dari medan elektromagnetik ditentukan oleh adanya daya disipasi gelombang mikro dalam bahan dielektrik. Tidak seperti radiasi termal, pemanasan oleh gelombang mikro sangat tergantung pada komposisi kimia dari material yang diiradiasikan. Gelombang mikro berinteraksi terutama dengan molekul polar dan partikel bermuatan. Sejauh ini interaksi yang paling

penting adalah dengan molekul air. Medan elektromagnetik dari gelombang mikro bergantian pada frekuensi tinggi, sehingga dipol bahan berputar dalam usaha untuk menyesuaikan diri dengan medan tersebut. Energi gelombang memberikan peningkatan energi kinetik yang terkait dengan osilasi secara rotasi dan diubah menjadi kerja gesekan antarmolekul dan akhirnya panas. Dengan demikian, panas yang dihasilkan di dalam materi sebagai penetrasi dari gelombang mikro itu. Konvensi internasional menyatakan bahwa oven gelombang mikro (aplikasi pada industri, keilmianah dan medis) beroperasi pada frekuensi tertentu yaitu 2.45 GHz. Pada frekuensi ini medan listrik menggerakkan molekul air 109 kali setiap detik, sehingga menciptakan panas yang hebat yang dapat meningkat 10 oC per detik. Air menjadi komponen utama dari bahan biologis, isinya langsung mempengaruhi pemanasan (Meda et al. 2005). Pemanasan dengan oven gelombang mikro dipengaruhi oleh faktor pangan, seperti volume, luas permukaan, dan sifat dielektrik, yang penting dalam menentukan besarnya dan keseragaman penyerapan daya. Volume bahan dan luas permukaan bahan pangan lebih berpengaruh terhadap besarnya penyerapan energi gelombang mikro, sedangkan keseragaman penyerapan energi gelombang mikro terkait dengan geometri makanan dan sifat dielektrik bahan pangan. Perlakuan dengan gelombang mikro mempunyai efek peningkatan suhu pada bahan akibat interaksi antara molekul air pada bahan dengan medan elektromagnetik dari gelombang mikro

Prinsip pemanasan menggunakan gelombang mikro yaitu spektrum gelombang elektromagnetik langsung mempengaruhi air yang bersifat polar. Gelombang mikro tersebut akan diserap oleh air, lemak, gula dan molekul lainnya di dalam makanan sehingga menghasilkan getaran atau gesekan yang dapat menghasilkan panas. Pemanasan tersebut terjadi di dalam makanan saja tanpa membuat suhu udara sekitar menjadi hangat sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat dan minim kerusakan. Frekuensi gelombang mikro menyebabkan molekul-molekul bahan bergerak cepat dan saling bergesek hingga menghasilkan panas. Mekanisme pemanasan gelombang mikro melibatkan proses agitas molekul polar yang menyebabkan terjadinya osilasi medan listrik. Osilasi medan ini mengakibatkan dipol molekul berorientasi dalam fase yang sesuai

dengan medan bolak-balik. Orientasi tersebut dibatasi oleh gaya interaksi molekul dan meningkatkan energi kinetik molekul. Jika energi kinetik meningkat maka temperatur sistem pun meningkat dalam waktu yang singkat.

Pemanasan di oven microwave terjadi perambatan gelombang elektromagnetik di dalam ruang pemanas. Penggunaan gelombang mikro untuk pemanasan bahan pangan terbut sehingga dapat menghemat penggunaan energi dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Pemanasan berlangsung cepat, ekonomis, mudah dikontrol, ramah lingkungan. Pemanasan gelombang mikro telah banyak diterapkan di berbagai bidang industri, seperti pengeringan, ekstraksi, pengolahan makanan dan kesehatan.

13.2 Pemanasan Ohmic (*Ohmic Heating*)

Ohmic heating merupakan metode memanaskan komponen berdasarkan hambatan listrik yang dialaminya dengan mengubahnya menjadi rangkaian arus bolak-balik (AC) melalui komponen makanan. Metode *ohmic heating* dapat meminimalkan kerusakan termal pada produk makanan sekaligus menghasilkan pemanasan yang cepat dan merata, sehingga digunakan untuk memanaskan buah-buahan dan sayuran olahan. *Ohmic heating* menerapkan hukum termodinamika pertama yaitu "Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, namun dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya". Dalam pemanasan ohmik, energi listrik diubah menjadi energi panas, Energi Listrik diubah 90% menjadi energi panas sebagai hasil pembangkitan energi internal. Penggunaan *Ohmic heating* sudah dilakukan pada abad ke-20 untuk pasteurisasi susu dan dikembangkan untuk pencairan dan *blansing*.

Ohmic heating lebih baik dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Proses pemanasan konvensional seperti konveksi, konduksi dan radiasi terkadang menyebabkan komponen didalam makanan terdegradasi. Komponen tersebut seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, air, molekul yang memberi warna dan rasa. Diperlukan waktu beberapa saat untuk menghantarkan panas yang cukup ke dalam inti produk untuk mencapai suhu yang aman, bergantung pada bentuk produk. Media pemanas juga

bergantung pada sumber daya alam seperti bahan bakar fosil, yang pembakarannya mengakibatkan masalah polusi serta kerugian finansial dan energi.

Prinsip kerja *ohmic heating* adalah dengan memanfaatkan sifat konduktivitas bahan pangan agar mampu dialirkan arus listrik sehingga terjadi pembangkitan panas secara internal (Risqan et al., 2017). Prinsip pemanasan ini terdiri dari sumber arus dan reactor serta elektroda. *Ohmic heating* menggunakan frekuensi rendah untuk mengoperasikannya yaitu 50 Hz – 60 Hz sehingga tidak merusak dinding sel.

Ketika arus AC dilewatkan, maka bahan makanan akan menghasilkan panas karena ada hambatan Listrik. Untuk menghasilkan arus listrik diperlukan sumber listrik atau generator. Arus listrik mengalir melalui matriks melalui elektroda yang bersentuhan dengan makanan. Jarak antar elektroda dapat diubah untuk mendapatkan kuat medan listrik yang ideal. Listrik yang dihasilkan oleh generator dialirkan ke elektroda pertama, lalu melewati produk makanan yang ditempatkan di celah elektroda. Pemanasan internal dihasilkan dari resistensi produk makanan terhadap aliran arus. Arus mengalir ke elektroda kedua dan kemudian kembali ke sumber listrik untuk melengkapi rangkaian. Tutup isolator yang menutupi elektroda mengontrol lingkungan di dalam peralatan. Dua variabel proses utama yang mempengaruhi pembangkitan panas adalah kuat medan listrik dan periode tinggal.

Keunggulan *ohmic heating* :

1. Cepat dan sistem pemanasannya yang relatif seragam dan merata, termasuk untuk produk yang mengandung partikulat yang dapat mengurangi jumlah total panas yang kontak dengan produk dibandingkan dengan pemanasan konvensional yang memerlukan waktu lama untuk terjadinya penetrasi panas ke bagian pusat bahan.
2. tidak dibutuhkan lagi sumber panas eksternal dan alat penukar panas sehingga desain sistem pengolahan dan sistem kontrol menjadi lebih sederhana dan murah serta penggunaan energi dalam proses pengolahan menjadi lebih efisien.
3. Menurunkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi pengolahan secara keseluruhan

4. Laju pengeringan produk-produk pertanian dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan pendahuluan berupa pemanasan secara Ohmic (Salengke)
5. terjadinya elektroporasi atau pembentukan pori-pori pada membran sel. Pembentukan pori-pori tersebut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan permeabilitas dinding sel. Penomena
6. Pemanasan yang lebih cepat dan konsisten, hasil yang lebih tinggi, dan retensi nilai gizi makanan yang lebih baik. Hal ini terutama karena dapat memanaskan material dengan cepat dan merata, sehingga menghasilkan perlakuan panas yang lebih ringan.
7. Selain lebih efisien dan cepat dibandingkan pemanasan konvensional, pemanasan ini juga lebih bersih, lebih ramah lingkungan, menghasilkan lebih banyak makanan, dan mempertahankan lebih banyak nilai gizi makanan.
8. Menghasilkan pemanasan yang seragam tanpa gradien suhu, sehingga memungkinkan untuk memanaskan sampel lengkap dengan cepat karena tidak ada titik dingin.

Pemanasan Ohmic mengambil nama dari hukum Ohm, yang dikenal sebagai hubungan antara arus, tegangan, dan tahanan. Bahan makanan terhubung antara elektroda memiliki resistansi dalam rangkaian sehingga besarnya arus yang dapat dihantarkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R}$$

I = Arus Listrik (amp)

R = Hambatan (ohm)

V = Tegangan (V/cm)

Proses *ohmic heating* terbukti dingaruh oleh beberapa parameter seperti jumlah padatan terlarut, kekuatan medan, laju panas, konduktivitas Listrik pada bahan. Berikut penjelasan lebih lengkap mengenai parameter yang mempengaruhi *ohmic heating*.

1. Arus dan Tegangan Listrik

Bahwa besarnya suatu panas yang dibangkitkan bergantung dari kerapatan arus yang ditimbulkan oleh besarnya medan listrik dan konduktivitas listrik dari bahan pangan yang diolah.

2. Konduktivitas Elektrik

Konduktivitas listrik suatu bahan menentukan apakah arus dapat mengalir melaluiya ketika terkena medan Listrik. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa konduktifitas akan berbanding lurus dengan kuat arus yang melalui bahan dan berbanding terbalik dengan luas lempengan elektroda. Konduktivitas Listrik menjadi dasar untuk mengetahui konsumsi energi yang diperlukan pada suatu proses.

Berdasarkan penelitian konduktivitas listrik jus jeruk dan tomat menggunakan alat statis. Mereka menyimpulkan bahwa konduktivitas listrik jus tomat dan jeruk meningkat secara linier seiring dengan suhu dan menurun seiring dengan kandungan padatan. Selain itu, mereka menentukan bahwa konduktivitas listrik cenderung meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran partikel,

Konduktivitas listrik adalah ukuran dari seberapa baik suatu zat mentransmisikan muatan listrik, dinyatakan dalam Siemens per meter (S/m). Konduktivitas listrik adalah rasio densitas substansi pada kekuatan medan listrik dan dipengaruhi oleh komposisi kimia dari suatu zat. Dalam terminologi pemanasan Ohmic, konduktivitas adalah ukuran dari isi mineral atau ion. Untuk bahan makanan. Semakin tinggi jumlah garam terlarut dalam zat, semakin tinggi konduktivitas (Anderson, 2008). Konduktivitas listrik tergantung pada konsentrasi ion, maka memungkinkan untuk mengubahnya menggunakan perlakuan sederhana seperti penambahan garam. Penurunan konduktivitas listrik dalam sampel yang direndam air disebabkan hilangnya senyawa ionik dalam air.

Tahanan dari bahan makanan untuk melewatkkan arus Listrik menyebabkan panas yang dihasilkan dalam makanan. Dengan kata lain, energi listrik dikonversi menjadi energi panas.

Konduktifitas listrik dari setiap bahan dapat diturunkan dari hukum Ohm dan dinyatakan sebagai berikut

$$\tau = \frac{1}{R} \times \frac{L}{A}$$

Efektivitas pemanasannya dipengaruhi oleh :

1. Ukuran, Kapasitas Panas dan Viskositas/Sifat Alir Bahan
2. Frekuensi: Proses pemanasan ohmik total juga dipengaruhi secara signifikan oleh frekuensi yang diterapkan. Seringkali, peningkatan konduktivitas listrik dengan peningkatan frekuensi menyebabkan laju pemanasan meningkat.
3. Suhu dan tegangan, Suhu dan tegangan dapat mempengaruhi konduktivitas listrik. Konduktivitas Listrik akan meningkat seiring dengan kenaikan.
4. Konsentrasi elektrolit: Jumlah elektrolit yang ada dalam bahan makanan berhubungan langsung dengan konduktivitas listriknya. Molekul atau ion bermuatan yang ditemukan dalam makanan dalam bentuk garam disebut elektrolit. Mengubah kandungan ionik suatu makanan dapat mengubah konduktivitas listriknya. Laju pemanasan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ionik. Konduktivitas produk akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi bahan ionik.
5. Kadar air: jumlah air bebas yang terkandung dalam suatu makanan ditunjukkan oleh kadar airnya. Air bebas makanan berfungsi sebagai penghantar listrik. Oleh karena itu, konduktivitas listrik akan semakin tinggi jika kadar airnya semakin tinggi.
6. Efek elektroporasi, penambahan non-termal pada umumnya, elektroporasi menyebabkan kerusakan sel pada mikroorganisme sehingga mengurangi kemampuannya menahan panas selama perlakuan.
7. Pengurangan Pengotoran: Karena tidak adanya permukaan panas untuk perpindahan panas, metode *ohmic heating* mengurangi pengotoran dan kemungkinan terbakarnya lapisan makanan.

Aplikasi *ohmic heating* selain untuk pasteurisasi, penguapan, dehidrasi dan fermentasi, berikut aplikasi lainnya sebagai berikut:

1. **Ekstraksi:** Pemanasan ohmik dapat digunakan bersamaan dengan teknik ekstraksi konvensional. Telah ditemukan bahwa bit gula dapat mengekstrak sukrosa lebih efektif dibandingkan sebelumnya.
2. **Inaktivasi Enzim:** Pengolahan makanan memerlukan penonaktifan enzim untuk mengawetkan makanan dalam waktu lama. Pemanasan ohmik dapat digunakan untuk menonaktifkan enzim makanan karena penelitian menunjukkan bahwa pemanasan ohmik lebih efektif dibandingkan pemanasan konvensional dalam mengurangi waktu penonaktifan dan menjaga kualitas produk.
3. **Inaktivasi Mikroba:** Dalam pemanasan ohmik, kerusakan sel akibat medan listrik menyebabkan inaktivasi mikroba termal dan non-termal. Teknik ini membunuh bakteri dengan cara elektroporasi membran sel, memecahkan membran, dan melisiskan sel. Kematian sel terjadi selama elektroporasi akibat kebocoran ion dan komponen intramolekul yang berlebihan. Sel membengkak akibat peningkatan pengangkutan uap air melintasi membran sel pada saat membran pecah. Sel-sel lisis akibat kerusakan parah dan kerusakan membran sitoplasma dan dinding sel
4. **Blanching:** Penelitian telah menunjukkan bahwa blansing ohmik mempertahankan kualitas warna lebih baik dan menonaktifkan aktivitas enzim lebih cepat dibandingkan blansing air biasa. Jadi, blansing dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan ohmik.
5. **Pengolahan air limbah:** Biasanya terdapat kebutuhan oksigen biologis (BOD) yang tinggi dalam air limbah. Proses penurunan BOD air limbah dengan konsentrasi protein tinggi dilakukan dengan merebus protein kemudian memisahkannya
6. **Gelatinisasi pati:** Salah satu variabel terpenting selama gelatinisasi pati adalah suhu gelatinisasi. Pemanasan ohmik adalah cara paling efisien untuk mengukur gelatinisasi pati jika dibandingkan dengan teknik lainnya.

Pasteurisasi dan sterilisasi: Industri telah mengenal pemanasan ohmik sebagai metode pengolahan cairan dan kombinasi padat-

cair. Menurut penelitian terbaru, jus jambu biji disterilkan menggunakan pemanasan ohmik. Produk makanan sering kali dipasteurisasi atau disterilkan menggunakan pemanasan ohmik, yang menghasilkan makanan berkualitas tinggi. Menurut sebuah penelitian, metode pemanasan ohmik digunakan untuk mempasteurisasi susu pada awal abad ke-20. Ohmic dapat diterapkan untuk produk pangan solid, cairan, dan untuk multi-fase campuran cair-padat. Fermentasi menggunakan teknologi *Ohmic heating* terbukti dapat meningkatkan kualitas biji kakao. Proses Fermentasi menghasilkan warna biki coklat dan berongga (fermentasi sempurna). Pada jus jeruk untuk inaktivasi mikroorganisme dan pektin esterase (PE) dan melihat kandungan vitamin C. Jus jeruk diproses pada serangkaian *electroheating*. Penggunaan ohmic hearing efisien dalam inaktivasi mikroba dan enzimatik, dapat menjaga kualitas jus jeruk, mengurangi akivasi pektin esterase sebesar 98%. Vitamin C dapat dipertahankan lebih tinggi dan hanya berkurang 15%. Berdasarkan tes evaluasi sensorik menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara jus jeruk segar dengan jus jeruk yang sudah melalui proses *ohmic heating*

7. **Pencairan Ohmik:** Saat makanan diapit di antara dua elektroda dan terkena arus bolak-balik, pemanasan ohmik dapat digunakan untuk mencairkan makanan beku. Keuntungan dari prosedur ini adalah kurangnya penggunaan air dan produksi air limbah, potensi pencairan yang seragam karena pemanasan volume, dan kemudahan pengendalian.
8. **Aplikasi militer dan misi luar angkasa:** Pemanasan ohmik juga digunakan untuk memanaskan makanan hingga mencapai suhu penyajian untuk kru.

DAFTAR PUSTAKA

- Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Guimaraes, J. T., Portela, J. B., Costa, A. L. R., Freitas, M. Q., Cunha, R. L., Oliveira, C. A. F., Mercali, G. D., Marzack, L. D. F., & Cruz, A. G. (2017). Trends in Food Science & Technology Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.010>
- Cho, W., Kim, E., Hwang, H., Cha, Y., Cheon, H. S., Choi, J., & Chung, M. (2017). PT. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.020>
- Cokgezme, O. F., Sabanci, S., Cevik, M., Yildiz, H., & Icier, F. (2017). Performance analyses for evaporation of pomegranate juice in ohmic heating assisted vacuum system. *Journal of Food Engineering*, 14, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.03.015>
- Delgado, A., Kulisiewicz, L., Rauh, C., & Wierschem, A. (2012). Fluid Dynamics in Novel Thermal and Non-Thermal Processes. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*, 7–33.
- Fatimah, S. (2012). Aplikasi Teknologi Ohmic dalam Ekstraksi Karaginan Murni (Refined Carrageenan) dari Rumput Laut Eucheuma cottonii. *Universitas Hasanuddin*.
- Hakim, A. R., Handoyo, W. T., & Prasetyo, A. W. (2020). A Simulation Study of Parameters Influencing Microwave Heating of Seaweed (Eucheuma Cottonii). *Journal of Physics: Conference Series*, 1444. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012026>
- Hartulistiyo, E. (2012). Energy Saving on Drying Process using Microwave. In *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*
- Kaur, R., Gul, K., & Singh, A. K. (2016). *Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables - A review* *Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables - A review*. 1–41. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1159000>
- Kour, S., Ayoub, A., Kaur, H., & Singh, P. (2023). Ohmic Heating and its applications in food processing. *The Pharma Innovation Journal*, 12(October), 319–323.
- Kumar, P. (2017). Ohmic Heating Technology in Food Processing A Review. *International Journal of Engineering Research*, 3(2).

- Mukhlis, A. M. A. (2014). Aplikasi Energi Gelombang Mikro untuk Pengendalian Hama Gudang Araecerus fasciculatus De Geer pada Biji Kakao. *Institut Pertanian Bogor*.
- Palaniappan, S., Sastry, S. K., & Richter, E. R. (1992). Effects of electroconductive heat treatment and electrical pretreatment on thermal death kinetics of selected microorganisms. *Biotechnol*, 39, 225-232.
- Risqan, Salengke, & Iqbal. (2017). Penerapan Teknologi Ohmic Heatingpada Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao L*). *Jurnal AgriTechno*, 35(4), 535-540.
- Sagai, F. S., Pandara, D. P., Kalibu, H. S., Tongkukut, S. H. J., Ferdy, Tamuntuan, G. H., Abidjulu, G., & Suoth, V. A. (2022). Simulasi Optimasi Suhu dari Sistem Pemanasan Temperatur Tinggi Berbasis Gelombang Mikro pada L.). *Jurnal MIPA Universitas Sam Ratulangi*, 11(1), 27-32.
<https://doi.org/10.35799/jm.v11i1.36151>
- Shirly, L., & Eyal, S. (2005). Effect of Ultrahigh-Temperature Continuous Ohmic Heating Treatment on Fresh Orange Juice AND. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1-6.
- Wang, H., Zhang, Y., Zhang, Y., Feng, S., Lu, G., & Cao, L. (2019). Laboratory and Numerical Investigation of Microwave Heating Properties of Asphalt Mixture. *Materials*, 12(146).
<https://doi.org/10.3390/ma12010146>

BAB 14

TEKNOLOGI EKSTRUksi PADA PANGAN

Oleh I Ketut Budaraga

14.1 Pendahuluan

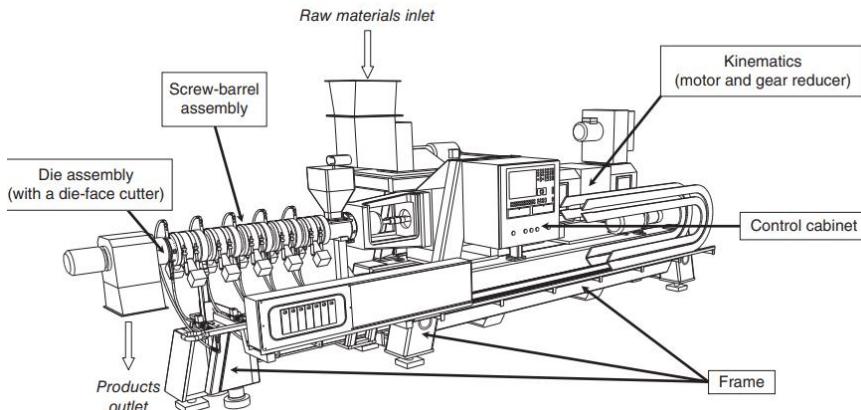
Ekstrusi, salah satu inovasi terpenting dari Abad ke-20, sering dihadirkan sebagai model ilmiah dan transfer teknologi antar pemrosesan yang berbeda industri, seperti polimer dan plastik, makanan dan pakan, dan industri penggilingan kertas pada khususnya. Walaupun desain teknis pertama dari ekstruder sekrup diperkenalkan pada tahun-tahun terakhir abad ke-19, pemrosesan ekstrusi benar-benar memantapkan dirinya kira-kira 60 tahun kemudian, dengan perkembangan industri plastik berbasis polimer bahan. Itu kemudian berhasil dieksplorasi oleh industri yang mengolah biopolimer tumbuhan dan memiliki berkembang menjadi budaya pemrosesan ekstrusi yang luas selama 80 tahun terakhir. Tujuan dari bab pendahuluan ini adalah untuk memberikan a tinjauan sejarah singkat tentang kemunculan ekstruder sekrup dan budaya pemrosesan ekstrusi yang mendasarinya keberadaannya hingga transfer teknologi yang luar biasa dari pemrosesan polimer hingga pemrosesan makanan dan pakan serta penggilingan kertas (Bouvier J.M., Campanella O.H., 2014). Teknologi ekstruksi pada pangan merupakan suatu metode pengolahan yang melibatkan pemanasan dan tekanan tinggi untuk mengubah bentuk dan sifat bahan pangan. Teknologi ini sering digunakan untuk menghasilkan produk pangan dengan tekstur, rasa, dan nilai gizi yang unik.

Ekstrusi umumnya didefinisikan sebagai operasi pembentukan dan pembentukan bahan cair atau seperti adonan dengan memaksanya melewati suatu pembatasan, atau cetakan. Operasi ini adalah diterapkan secara luas dalam banyak proses sebagai operasi batch atau kontinu. Meskipun berpegang teguh pada definisi ini, pemahaman dan analisis ekstrusi cukup baik sederhana dan lugas. Teknologi pengolahannya mengandalkan ekstrusi secara kontinyu operasi proses yang menggunakan ekstruder untuk menangani proses

fungsi seperti transportasi dan kompresi komponen partikulat, peleburan polimer, pencampuran media kental, pemasakan polimer atau biopolimer bahan, tekstur dan pembentukan produk, defibering dan impregnasi kimia dari bahan berserat, reaktif ekstrusi, fraksinasi media padat-cair, dll. Teknologi pemrosesan ekstrusi sangat kompleks dan diperlukan deskripsi dan diskusi mendalam untuk dapat untuk memberikan pemahaman dan analisis lengkap mengenai hal ini subjek. teknologi pemrosesan ekstrusi menggunakan dua teknologi berbeda desain peralatan: ekstruder sekrup tunggal dan kembar ekstruder sekrup. Dalam setiap desain, ada yang berbeda-beda pilihan teknik, yang bergantung pada peralatan produsen dan/atau persyaratan pemrosesan. Pembaca yang tertarik dengan ulasan sejarah lengkap pengembangan ekstruder harus mengacu pada keunggulan dan buku yang terdokumentasi dengan baik oleh White (1990). Bab pengantar ini berfokus terutama pada ekstruder sekrup tunggal dan ekstruder sekrup kembar yang berputar bersama

14.2 Peralatan Ekstrusi

Perlu dijelaskan desain peralatan ekstrusi dalam bab ini, khususnya komponen perangkat keras, yang memiliki dampak langsung pada kinerja pemrosesan ekstrusi. Sekrup tunggal dan kembaran berputar bersama yang terjalin ekstruder sekrup dianggap eksklusif, karena keduanya mendukung proses ekstrusi generik yang disajikan dan dianalisis dalam bab-bab berikut. Pengekstrusi sekrup terdiri dari empat bagian utama, yang umumnya ditopang oleh suatu rangka (Gambar 14.1).



Gambar 14.1. Tampilan skema ekstruder dengan bagian-bagian utama.

1. Kinematika (khususnya motor dan gearbox), yang memberikan tenaga mekanik yang dibutuhkan oleh proses ekstrusi.
2. Rakitan laras sekrup, tempat material berada dikonversi.
3. Rakitan cetakan, yang melalui bahan yang diubah dibentuk, dibentuk, atau diberi tekstur, tergantung pada produk yang ditargetkan.
4. Kabinet pengoperasian pusat atau “otak” peralatan, yang memantau pengoperasian peralatan (pengendalian variabel independen, otomatisasi, keamanan peralatan, tampilan, dll).

Bagian-bagian peralatan disajikan dalam bab ini, dengan penekanan pada perangkat keras rakitan laras sekrup, desain yang menentukan kualitas produk yang diperoleh dalam proses ekstrusi. Pengekstrusi sekrup dikaitkan dengan peran peralatan tambahan yaitu melakukan pra-proses bahan mentah di bagian hulu, atau produk pascaproses hilir; terkadang mereka mengelola secara online penambahan atau penghapusan komponen terkait proses. Jadi, tambahan yang paling penting peralatan yang dibutuhkan untuk pemrosesan ekstrusi tradisional juga disajikan. Tujuan bab ini bukan untuk memberikan penjelasan lengkap dan latar belakang teknik mesin yang lengkap pada perangkat keras ekstruder dan peralatan tambahan, melainkan untuk menunjukkan karakteristik teknik tersebut penting untuk keberhasilan proses ekstrusi. Pembaca yang

tertarik dengan penjelasan rinci tentangnya perangkat keras ekstruder harus mengacu pada yang sangat baik dan buku yang terdokumentasi dengan baik yang diterbitkan oleh Martelli (1983) dan Rauwendaal (2001).

14.2.1 Extruders

Gambar 14.1 menunjukkan tampilan skema ekstruder dan fungsinya bagian-bagian utama, semuanya didukung oleh bingkai. Ini bisa berupa bingkai tetap atau bingkai siap dibuka yang memungkinkan cepat, akses mudah ke konfigurasi sekrup untuk pembersihan, khususnya pemeriksaan dan pemeliharaan. Pembukaan rangka dapat ditangani secara manual atau dengan bantuan listrik. Bingkai siap dibuka ditawarkan oleh beberapa orang pemasok ekstruder sekrup kembar berputar bersama yang saling berhubungan, untuk industri makanan dan pakan, serta untuk industri penggilingan kertas, karena desain ini menawarkan nilai tambah operasional dan ekonomis yang diakui peningkatan produktivitas dan fleksibilitas proses. Ciri-ciri dan fungsi bagian ekstruder dengan sehubungan dengan fungsi utama mereka dalam pemrosesan ekstrusi sekarang dijelaskan.

1. The kinematics of extruders

Kinematika ekstruder terdiri dari penggerak motor sistem dan peredam roda gigi, yang desainnya menentukan domain kecepatan torsi yang dicakup oleh peralatan ekstrusi. Domain torsi-kecepatan sangat penting untuk menentukan kinerja ekstruder dalam hal proses produktivitas dan konversi produk

2. The gear reducer

Peredam roda gigi mentransmisikan daya yang disuplai oleh motor ke betis sekrup, poros sekrup untuk tunggal ekstruder sekrup, atau dua poros sekrup untuk intermeshing ekstruder sekrup kembar yang berputar bersama. Peredam gigi juga harus mencocokkan kecepatan sekrup yang relatif rendah dengan kecepatan tinggi penggerak motor. Desain mekanis dari peredam roda gigi menentukan domain kecepatan torsi ekstruder dan oleh karena itu, torsi dan sekrup maksimum kecepatan yang tersedia

untuk pemrosesan ekstrusi. Harus mencatat bahwa efisiensi peredam roda gigi secara umum tinggi lebih besar dari 95%.

Desain peredam gigi ekstruder sekrup kembar adalah lebih kompleks, karena harus membagi torsi secara simetris antara masing-masing sekrup. Ini terdiri dari dua tahap: yang pertama tahap mengurangi kecepatan penggerak motor (1200 hingga 2000 rpm) hingga kecepatan akhir sekrup (umumnya 100 hingga 1200 rpm untuk mesin kembar co-rotating intermeshing modern ekstruder sekrup), sedangkan tahap kedua mendistribusikan torsi antara dua poros sekrup.

Desain dan pembuatan peredam roda gigi berperforma tinggi memerlukan biaya yang tinggi tingkat keahlian karena ketatnya interaksi poros keluar. Pabrikan telah meningkatkan desain secara signifikan dan kinerja peredam roda gigi selama 30 tahun terakhir. Hal ini tergambar jelas dengan berkembangnya karakteristik kecepatan kepadatan torsi maksimum standar intermeshing ekstruder sekrup kembar yang berputar bersama, yang berkembang dari sekitar $2,5 \text{ N.m/cm}^3$ -250 rpm di 1970-an, hingga 12 N.m/cm^3 -1200 rpm pada tahun 1990an. Ini diperbolehkan pengguna akhir untuk secara signifikan meningkatkan daya saing proses ekstrusi melalui produktivitas proses dan fungsionalitas produk. Dalam kurun waktu yang sama, peredam roda gigi telah mencapai tingkat keandalan yang tinggi yang saat ini menjamin masa pakai yang lama, lebih dari 50.000 jam untuk sebagian besar aplikasi ekstrusi, asalkan pengguna akhir benar-benar mematuhi prosedur perawatan dan pelumasan yang sesuai.

3. Motor Penggerak

Sistem penggerak motor memungkinkan torsi dan kecepatan sekrup untuk disempurnakan sesuai dengan persyaratan proses, yaitu: mempertahankan kecepatan sekrup yang konstan, memvariasikan kecepatan sekrup pada rentang yang relatif luas, dan beroperasi pada torsi konstan pada kisaran kecepatan sekrup.

Tersedia dua sistem penggerak motor utama: DC dan AC. Saat ini sistem penggerak motor DC merupakan yang paling

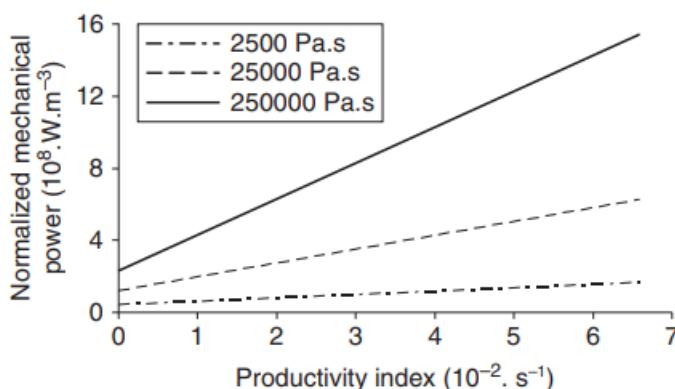
banyak digunakan umumnya digunakan untuk sekrup tunggal dan intermeshing ekstruder sekrup kembar yang berputar bersama, karena mencakup area yang sangat luas rentang kecepatan sekrup dari nol hingga kecepatan nominal, dan secara akurat mengontrol torsi keluar yang proporsional dengan intensitas arus yang dialirkan ke motor. Sistem ini sederhana dan hemat biaya. Yang utama kelemahan menggunakan motor DC adalah pemeliharaannya sikat dan komutator. Motor AC, bersama dengan konverter frekuensi, adalah semakin banyak digunakan, karena kinerjanya menurun secara signifikan membaik dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dapat diandalkan dan, tidak seperti Motor DC, memerlukan perawatan yang sangat rendah Meskipun jarang digunakan pada ekstruder biasa, hal ini bermanfaat menyebutkan sistem penggerak hidrolik. Biasanya terdiri dari motor AC berkecepatan konstan yang menggerakkan hidrolik pompa yang menggerakkan motor hidrolik.

Sistem ini bisa dapat dikendalikan dengan cukup baik, serta mempunyai tingkat efisiensi dan keandalan yang memuaskan. Kadang-kadang digunakan dalam keadaan kritis lingkungan (lingkungan yang mudah meledak, misalnya), atau dalam situasi di mana proses ekstrusi sangat kompak unit diperlukan, karena perakitan pompa dapat dilakukan secara fisik dipisahkan dari ekstruder

4. Process operation

Dalam praktiknya, kebanyakan sekrup tunggal dan intermeshing kembar ekstruder sekrup beroperasi pada torsi konstan pada rentang tersebut kecepatan sekrup. Dengan demikian, karakteristik torsi-kecepatan dapat menjadi digunakan untuk menentukan karakteristik kecepatan sekrup daya dengan menggunakan hubungan terkenal $P = CMdN$, di mana P adalah daya (dinyatakan dalam W), M torsi sekrup (dinyatakan dalam $N.m$), N kecepatan sekrup (dinyatakan dalam putaran per menit, atau rpm), dan C konstan ($C=2\pi/60$). Jika torsi konsisten dengan kecepatan sekrup, maka daya berbanding lurus dengan kecepatan sekrup.

Dengan demikian, daya maksimum drive digunakan saat motor berjalan dengan kecepatan penuh. Konsumsi daya mekanis terutama ditentukan oleh konfigurasi sekrup, throughput proses, dan karakteristik reologi bahan dalam rakitan laras sekrup. Gambar 14.2 menunjukkan evolusi mekanik yang dinormalisasi daya, PN, dikonsumsi oleh co-rotating intermeshing ekstruder sekrup kembar, sebagai fungsi produktivitas indeks, IP. IP adalah rasio throughput volumetrik dengan volume bebas rakitan laras sekrup, sebanyak tiga viskositas material yang berbeda dengan asumsi Newtonian perilaku. Perhatikan bahwa PN dan IP tidak bergantung pada ukuran ekstruder. Gambar 14.2 didasarkan pada data perhitungan yang diperoleh dari perangkat lunak komputer LUDOVIC® pada konfigurasi sekrup konstan (Della Valle et al., 1993; Konsultan Ilmu Komputer, 2013).



Gambar 14.2. Tenaga mekanik yang dinormalisasi sebagai fungsi dari indeks produktivitas (perhitungan dibuat dari LUDOVIC® perangkat lunak)

Sebagai perhitungan mengasumsikan perilaku Newtonian material, gambar tersebut menunjukkan hubungan linier antara PN dan IP, yang kemiringannya meningkat seiring dengan meningkatnya viskositas material meningkat. Nilai PN pada IP = 0 sesuai dengan daya yang dikonsumsi dengan throughput nol dimana barel ekstrusi secara teoritis mengandung beberapa material di dalamnya bagian yang terisi; dalam hal ini PN pada IP = 0 setinggi viskositas bahan.

Yang jelas, kapasitasnya ekstruder diatur oleh kecepatan sekrup dengan viskositas rendah bahan (dalam hal aplikasi pakan, makanan hewan dan pemrosesan ekstrusi pakan air, misalnya), sementara itu diatur oleh torsi dengan bahan dengan viskositas tinggi (dalam kasus proses ekstrusi polimer termoplastik, misalnya).

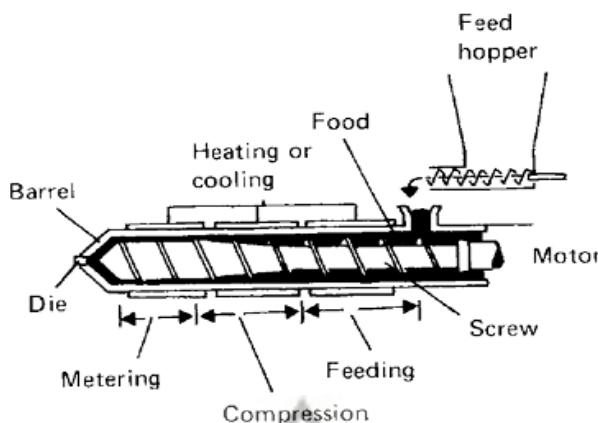
Perlu disebutkan bahwa harus banyak pertimbangan diberikan kepada kinematika karena memiliki pengaruh yang signifikan kinerja pemrosesan ekstrusi. Pertama, karakteristik kecepatan torsi kinematika menentukan produktivitas peralatan ekstrusi. Kedua, kemampuan kinematika untuk mengatur kecepatan sekrup secara konsisten, yaitu mempertahankan kecepatan sekrup yang konstan dalam keadaan stasioner menyatakan dan memvariasikan kecepatan sekrup pada rentang yang relatif luas, menentukan fleksibilitas dan stabilitas ekstrusi pengolahan

14.3 Beberapa Teknologi Ekstruksi Pada Pangan Yang Umum Digunakan

Ekstrusi adalah suatu metode pengolahan bahan pangan menjadi puff kering dengan menggunakan mesin ekstruder. Dalam mesin tersebut terjadi beberapa tahap pengolahan antara lain pencampuran, pemanasan, pemotongan dan pencetakan melalui die. Proses ekstrusi ini berlangsung selama 5 – 10 detik dengan penggunaan suhu antara 200 - 300oC atau lebih dikenal dengan metode HTST (High Temperature Short Time) (Fellows, 2000). Riaz (2000) menyebutkan keuntungan penggunaan metode ekstrusi antara lain karakteristik produk yang dihasilkan lebih bervariasi (bentuk, tekstur, wara dan penampakan), penggunaan energi dan biaya yang lebih rendah, dapat menciptakan inovasi produk baru, produktivitas tinggi, kualitas produk yang dihasilkan lebih baik (karena penggunaan metode HTST), tidak menghasilkan limbah serta dapat menginaktifkan senyawa berbahaya dalam bahan pangan.

Proses ekstrusi diawali dengan masuknya bahan ke dalam hopper. Bahan tersebut kemudian akan berada diantara ulir putar dan barrel dan mengalami proses pemanasan. Bahan kemudian ditekan dengan die sehingga dihasilkan ekstrudat dengan bentuk tertentu. Proses pemasakan akan mengakibatkan semua bahan tercampur dan

memicu terjadinya reaksi kimia akibat tingkat pemotongan yang tinggi serta kondisi temperatur dalam ulir. Reaksi kimia yang terjadi antara lain gelatinisasi molekul pati, pemecahan protein dan pembentukan senyawa flavor (Shahidi & Chuyen, 1998).



Gambar 14.3. Bagian-Bagian Ekstruder Sumber: Fellows (2000)

Prinsip dasar dari ekstrusi adalah pembentukan granula kecil makanan atau partikel bubuk menjadi potongan besar. Proses ekstrusi secara alami dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kondisi mesin ekstruder dan sifat bahan pangan yang digunakan. Untuk pengoperasian, parameter yang perlu diperhatikan antara lain tekanan, suhu, diameter lubang pencetak (die) dan rata - rata potongan. Rata - rata potongan sendiri dipengaruhi oleh desain dan kecepatan dalam barrel dan geometri dari screw. Sifat bahan pangan yang mempengaruhi antara lain kadar air, bentuk fisik bahan dan komponen kimia di dalamnya seperti pati, protein, karbohidrat, lemak dan gula (Fellows, 2000). Harper (1981) menambahkan bahwa bahan baku yang digunakan sebaiknya mengandung kadar air sekitar 10 - 14%. Kadar air dalam bahan dapat menentukan sifat plastisitas dan elasisitas ekstrudat yang dihasilkan.

Guy (2001) menjelaskan bahwa selama proses ekstrusi akan terjadi gelatinisasi pati. Pati merupakan komponen utama yang dapat menentukan rasio pengembangan, tekstur, densitas dan karakteristik-karakteristik lain dari ekstrudat. Selain pati, kandungan

lain seperti protein dan lemak juga dapat mempengaruhi sifat ekstrudat yang dihasilkan. Selama proses ekstrusi, komponen protein dalam bahan baku akan terdenaturasi, termodifikasi strukturnya dan mengalami pemutusan ikatan hidrogen. Jumlah protein yang tinggi dapat menyebabkan penurunan rasio pengembangan ekstrudat yang dihasilkan. Kandungan lemak menyebabkan penurunan derajat pengembangan akibat adanya reaksi antara asam oleat dan fraksi amilosa (Faubion et al., 1982 dalam Chinnaswamy & Hanna, 1990). Selain ketiga kandungan tersebut, Salahudin & Syamsixman (2010) menambahkan bahwa kadar serat bahan baku juga dapat mempengaruhi hasil akhir ekstrudat. Semakin tinggi kadar serat bahan maka semakin rendah rasio pengembangan ekstrudat yang dihasilkan. Serat atau selulosa adalah polisakarida yang tersusun dari monomer β -Dglukosa dengan bentuk terpilin. Bentuk terpilin ini mengakibatkan serat sulit dipecah dan sulit menangkap air sehingga menganggu proses gelatinisasi pati selama ekstrusi. Keberadaan serat juga dapat menurunkan modulus elastisitas adonan. Penurunan modulus elastisitas tidak hanya mengakibatkan pengembangan ekstrudat menurun, namun juga ekstrudat yang dihasilkan lebih keras (Karkle et al., 2012).

14.3.1. Ekstrusi Puffing

Metode ini melibatkan pemanasan dan tekanan tinggi secara tiba-tiba yang menghasilkan ekspansi dan perubahan tekstur pada bahan pangan seperti pada cereal sereal, snack ring, keripik, dan pangan olahan lainnya.

Ekstrusi puffing adalah metode pengolahan pangan yang melibatkan pemanasan dan tekanan tinggi untuk menghasilkan produk yang bengkak atau puffed. Proses ini sering digunakan dalam industri makanan untuk menghasilkan berbagai macam produk, termasuk sereal beras yang bengkak, camilan ringan, dan makanan olahan lainnya.

Proses ekstrusi puffing melibatkan langkah-langkah umum berikut:

1. Pemberian Bahan Baku: Bahan baku yang biasanya digunakan dalam bentuk tepung atau butiran dimasukkan ke dalam mesin ekstrusi.
2. Pemanasan dan Peningkatan Tekanan: Bahan baku dipanaskan dan dikenakan tekanan tinggi dalam mesin ekstrusi. Pemanasan dan peningkatan tekanan ini dapat menyebabkan air dalam bahan baku menguap dan membentuk uap, yang kemudian menciptakan tekanan internal.
3. Ekspansi dan Puffing: Ketika bahan baku keluar dari saluran ekstrusi ke area bertekanan rendah, tekanan internal yang tadi tercipta menyebabkan bahan baku membengkak atau memuai secara cepat. Proses ini disebut dengan puffing.
4. Pemadatan dan Pembentukan Produk: Setelah puffing, produk yang dihasilkan dapat dipadatkan kembali dalam bentuk yang diinginkan. Ini mungkin melibatkan pendinginan cepat atau langkah-langkah tambahan untuk membentuk produk akhir.

Keuntungan dari ekstrusi puffing termasuk efisiensi proses, penggunaan bahan baku yang lebih bervariasi, dan kemampuan untuk menghasilkan produk dengan tekstur dan rasa yang unik. Proses ini banyak digunakan dalam industri makanan untuk menciptakan berbagai macam produk siap makan.

14.3.2 Ekstrusi Cook

Ekstrusi ini melibatkan pemanasan bahan pangan dengan uap air atau bahan cair lainnya dalam kondisi tekanan tinggi seperti pada pasta instan, mi instan, dan produk pangan siap saji lainnya.

Dalam konteks pemasakan pangan, "ekstruksi" merujuk pada proses pengambilan zat-zat tertentu dari bahan pangan menggunakan pelarut tertentu. Proses ini dapat digunakan untuk mendapatkan senyawa-senyawa yang berkontribusi pada rasa, aroma, atau warna makanan. Ada beberapa metode ekstruksi yang umum digunakan dalam dunia kuliner. Berikut adalah beberapa contoh metode ekstruksi yang sering digunakan:

1. Ekstraksi Cairan (Infusi): Proses ini melibatkan perendaman bahan pangan dalam cairan seperti air atau minyak untuk

mengekstrak rasa dan aroma. Contoh paling umum adalah pembuatan teh atau kopi.

2. **Ekstraksi Panas (Decoction):** Proses ini melibatkan pemanasan bahan pangan dalam air untuk mengekstrak senyawa-senyawa yang larut dalam air. Ini sering digunakan dalam pembuatan kaldu atau sup.
3. **Ekstraksi dengan Pelarut (Solvent Extraction):** Proses ini melibatkan penggunaan pelarut seperti alkohol atau minyak untuk mengekstrak senyawa-senyawa tertentu dari bahan pangan. Contoh termasuk ekstraksi minyak dari biji-bijian atau penggunaan alkohol untuk membuat ekstrak vanila.
4. **Ekstraksi dengan Pemanasan dan Tekanan Tinggi (Steam Distillation):** Proses ini umumnya digunakan untuk mengekstrak minyak atsiri dari bahan-bahan seperti rempah-rempah dan tanaman aromatik. Uap air digunakan untuk mengekstrak minyak dari bahan tersebut.
5. **Ekstraksi dengan Garam (Salting Out):** Metode ini melibatkan penambahan garam ke dalam campuran untuk memisahkan senyawa-senyawa tertentu, seperti mengeluarkan air dari sayuran untuk membuat sauerkraut.
6. **Ekstraksi dengan Fermentasi:** Beberapa bahan pangan mengalami proses fermentasi untuk menghasilkan senyawa-senyawa tertentu yang meningkatkan rasa dan keamanan pangan.

Penting untuk dicatat bahwa metode ekstraksi yang dipilih dapat mempengaruhi hasil akhir dari suatu hidangan, termasuk rasa, aroma, dan tekstur. Selain itu, proses ekstraksi juga dapat memainkan peran dalam mempertahankan nilai nutrisi dari bahan pangan.

14.3.3 Ekstrusi Twin-Screw

Ekstrusi ini menggunakan dua sekrup berputar bersama-sama untuk menggiling, memanaskan, dan mengekstrusi bahan pangan seperti pada pemrosesan daging, produk nabati, dan produk pangan lainnya.

Ekstrusi Twin-Screw adalah sebuah proses manufaktur yang menggunakan dua sekrup berputar bersama-sama untuk menghasilkan produk ekstrusi. Proses ini umumnya digunakan dalam industri plastik, makanan, farmasi, dan bahan kimia untuk menciptakan berbagai macam produk seperti pipa plastik, lembaran, film, dan berbagai bentuk produk lainnya.

Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari proses Ekstrusi Twin-Screw:

1. Dua Sekrup:

Sistem ini melibatkan dua sekrup berdampingan yang berputar bersama-sama dalam satu silinder atau ruang ekstrusi. Kedua sekrup ini biasanya memiliki desain yang khusus sesuai dengan jenis material yang diekstrusi.

2. Kontrol yang Lebih Baik:

Ekstrusi Twin-Screw memberikan kontrol yang lebih baik terhadap proses karena setiap sekrup dapat diatur secara independen. Ini memungkinkan penyesuaian yang lebih presisi terhadap suhu, tekanan, dan kecepatan sekrup, sehingga memungkinkan produksi berbagai jenis produk dengan karakteristik yang diinginkan.

3. Kemampuan Pencampuran yang Baik:

Dengan dua sekrup yang berputar bersama-sama, proses pencampuran menjadi lebih efektif. Hal ini bermanfaat dalam mencampur berbagai bahan atau bahan tambahan untuk mencapai sifat-sifat khusus pada produk akhir.

4. Fleksibilitas dalam Proses:

Ekstrusi Twin-Screw memungkinkan produksi produk dengan berbagai tingkat kompleksitas dan sifat-sifat material yang berbeda. Ini membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan tingkat kerumitan yang tinggi atau kombinasi bahan yang berbeda.

5. Efisiensi Energi:

Meskipun memerlukan investasi awal yang lebih besar, proses ini dapat lebih efisien secara energi dalam jangka panjang karena kemampuannya untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi dan efisiensi pencampuran yang baik.

6. Aplikasi yang Luas:

Ekstrusi Twin-Screw digunakan dalam berbagai industri termasuk industri makanan, farmasi, kimia, dan plastik. Produk-produk yang dihasilkan meliputi berbagai jenis lembaran, pipa, film, dan bentuk lainnya.

Penting untuk dicatat bahwa desain dan konfigurasi sekrup, serta parameter operasional, dapat bervariasi tergantung pada jenis material yang diekstrusi dan sifat-sifat yang diinginkan pada produk akhir.

14.3.4 Ekstrusi Panas Rendah

Metode yang memanfaatkan suhu rendah dan tekanan rendah untuk menghasilkan produk pangan dengan kualitas gizi yang lebih baik seperti pada pengolahan sereal, produk bayi, dan produk pangan fungsional.

"Ekstrusi panas rendah" biasanya merujuk pada suatu proses manufaktur di mana bahan dibentuk atau diekstrusi pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan proses ekstrusi konvensional. Ekstrusi sendiri adalah proses pembentukan bahan dengan mendorongnya melalui cetakan atau lubang ekstrusi menggunakan tekanan tinggi.

Proses ekstrusi panas rendah dapat memiliki beberapa keuntungan, tergantung pada jenis bahan yang digunakan dan aplikasinya. Beberapa keuntungan yang mungkin termasuk:

1. Penghematan Energi: Proses ekstrusi pada suhu rendah biasanya membutuhkan energi lebih sedikit daripada ekstrusi pada suhu tinggi.
2. Peningkatan Kualitas Produk: Beberapa bahan mungkin lebih baik diolah pada suhu yang lebih rendah untuk mencegah degradasi atau perubahan sifat fisik yang tidak diinginkan.
3. Keamanan Bahan: Beberapa bahan mungkin lebih rentan terhadap perubahan sifat atau pencemaran pada suhu tinggi,

- sehingga ekstrusi pada suhu rendah dapat membantu mempertahankan keamanan dan kualitas bahan.
4. Kontrol Dimensi yang Lebih Baik: Proses ekstrusi pada suhu rendah mungkin memberikan kontrol yang lebih baik terhadap dimensi produk akhir.

Penerapan ekstrusi panas rendah dapat ditemukan dalam berbagai industri, seperti industri plastik, makanan, farmasi, dan lainnya. Penting untuk memahami sifat-sifat bahan yang diolah dan kebutuhan spesifik aplikasi untuk memutuskan apakah ekstrusi panas rendah adalah pilihan yang tepat.

14.3.5. Ekstrusi Mikro

Proses ekstrusi yang dilakukan pada skala mikro untuk menghasilkan partikel-partikel pangan mikro seperti pada penghasilan nanopartikel, pengencangan bahan pangan, dan penggantian gula.

Sampai dengan pengetahuan saya yang terakhir pada Januari 2022, istilah "Ekstrusi Mikro" tidak begitu umum dikenal atau digunakan secara luas dalam konteks umum atau ilmiah. Namun, kita bisa mencoba memberikan beberapa informasi umum tentang konsep ekstrusi dan kemungkinan interpretasi "mikro" dalam konteks ini.

1. Ekstrusi:

Definisi Umum: Ekstrusi adalah proses manufaktur di mana material dicetak atau dipaksa melalui cetakan untuk membentuk bentuk yang diinginkan. Proses ini sering digunakan dalam pembuatan produk plastik, logam, makanan, dan bahan lainnya.

2. Mikro dalam Konteks Ini:

- a. Mikroscopic Scale: Jika "mikro" di sini merujuk pada skala mikroskopis, mungkin ada hubungan dengan ekstrusi yang dilakukan pada skala kecil atau mikroskopis, mungkin dengan toleransi dimensi yang sangat kecil.
- b. Teknologi Mikrofluida: Ekstrusi mikro juga dapat merujuk pada proses ekstrusi yang terjadi dalam skala mikrofluida, yang umumnya melibatkan aliran cairan dalam kanal mikro

untuk aplikasi seperti pembuatan mikrokapsul, sensor, atau perangkat medis mikro.

3. Penerapan Khusus:

Industri atau Penelitian Tertentu: Mungkin ada konteks spesifik di mana istilah "ekstrusi mikro" digunakan, terkait dengan industri atau penelitian tertentu yang mungkin berkaitan dengan teknologi mikro atau skala kecil.

Penting untuk dicatat bahwa makna istilah dapat bervariasi tergantung pada konteksnya, dan perkembangan atau penemuan baru mungkin telah terjadi setelah pengetahuan saya yang terakhir pada Januari 2022. Jika "ekstrusi mikro" merujuk pada konsep atau teknologi yang baru dikembangkan setelah waktu tersebut, disarankan untuk merujuk ke sumber-sumber terbaru untuk informasi yang lebih akurat.

14.3.6 Ekstrusi Dingin

Ekstrusi ini melibatkan pemanasan bahan pangan dengan suhu yang lebih rendah untuk menjaga kualitas nutrisi dan rasa seperti pada pemrosesan sereal, produksi biskuit, dan produk pangan lainnya.

Ekstrusi dingin merujuk pada proses manufaktur di mana logam atau bahan lainnya ditarik melalui cetakan untuk menghasilkan produk dengan profil yang diinginkan. Proses ini dilakukan pada suhu yang lebih rendah daripada suhu leleh bahan baku tersebut. Berbeda dengan ekstrusi panas, ekstrusi dingin menggunakan suhu yang lebih rendah, sehingga hasilnya memiliki sifat yang berbeda.

Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan tentang ekstrusi dingin:

1. Suhu Rendah: Proses ini dilakukan pada suhu yang jauh di bawah suhu leleh bahan baku. Ini membantu mencegah perubahan struktural yang signifikan pada logam atau bahan lainnya.
2. Presisi dan Toleransi Tinggi: Ekstrusi dingin dapat memberikan toleransi yang lebih tinggi dan keakuratan geometri produk. Ini dapat menjadi pilihan yang baik untuk produk-produk yang membutuhkan dimensi yang sangat presisi.

3. Kekuatan Material yang Meningkat: Karena proses ekstrusi dingin mempertahankan struktur kristal dari bahan, produk yang dihasilkan cenderung memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk yang dihasilkan melalui ekstrusi panas.
4. Pengurangan Pemadatan Bahan: Proses ini dapat membantu mengurangi pemadatan bahan, yang dapat bermanfaat untuk menghasilkan produk dengan kepadatan yang lebih rendah.
5. Penghematan Energi: Karena dilakukan pada suhu lebih rendah, ekstrusi dingin biasanya memerlukan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan ekstrusi panas.

Meskipun ekstrusi dingin memiliki keuntungan-keuntungan ini, tidak semua logam atau bahan cocok untuk proses ini. Pemilihan proses ekstrusi yang tepat bergantung pada sifat-sifat spesifik bahan baku dan persyaratan produk akhir.

14.3.7 Ekstrusi Viscoelastic

Ekstrusi ini menggunakan suhu dan tekanan yang dikendalikan untuk menghasilkan produk dengan struktur viscoelastis seperti pada pembuatan berbagai produk, termasuk daging tiruan dan produk pengganti daging.

Ekstrusi viskoelastis merujuk pada proses ekstrusi bahan yang memiliki sifat viskoelastis. Proses ekstrusi itu sendiri adalah metode manufaktur di mana bahan dipaksa melewati cetakan untuk membentuk profil atau bentuk yang diinginkan. Sifat viskoelastis mengacu pada kombinasi sifat elastis (seperti elastisitas) dan viskoas (seperti kekentalan).

Bahan viskoelastis dapat berubah bentuk dan mengembalikan bentuk awalnya setelah beban dihilangkan (seperti elastisitas), tetapi juga dapat mengalir dan mengalami deformasi seiring waktu saat diberi beban konstan (seperti viskositas). Proses ekstrusi viskoelastis dapat melibatkan bahan seperti polimer viskoelastis atau campuran bahan yang menunjukkan sifat-sifat tersebut.

Proses ekstrusi viskoelastis dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan produk plastik, karet, atau bahan komposit dengan sifat viskoelastis. Hal ini sering diterapkan dalam

industri manufaktur untuk menghasilkan profil, tabung, lembaran, atau produk bentuk lainnya dengan menggunakan teknologi ekstrusi. Proses ini memungkinkan pengolahan bahan yang sulit dibentuk dengan metode lain.

Penting untuk memahami sifat-sifat viskoelastis dari bahan yang digunakan dan mengoptimalkan parameter ekstrusi seperti suhu, tekanan, dan kecepatan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Proses ekstrusi viskoelastis dapat memberikan kontrol yang baik terhadap bentuk dan dimensi produk akhir, serta memberikan keuntungan dalam efisiensi produksi dan biaya.

14.3.8 Ekstrusi Reaksional

Ekstrusi ini melibatkan reaksi kimia selama proses ekstrusi untuk memodifikasi sifat-sifat kimia bahan pangan seperti pada peningkatan nilai nutrisi, modifikasi tekstur, dan perubahan sifat fungsi bahan pangan.

Ekstrusi reaksional secara kimia merujuk pada suatu proses di mana reaksi kimia terjadi bersamaan dengan ekstrusi material dari suatu sistem. Proses ini dapat terjadi dalam berbagai konteks, tergantung pada aplikasinya. Berikut adalah beberapa contoh ekstrusi reaksional secara kimia:

1. Ekstrusi Polimer:

Dalam pembuatan polimer, terutama polimer termoplastik, ekstrusi seringkali digunakan untuk membentuk produk akhir. Proses ekstrusi dapat disertai dengan reaksi kimia, seperti polimerisasi atau cross-linking. Contohnya, ekstrusi reaktif dapat digunakan untuk membentuk produk polimer yang memiliki sifat khusus, seperti kekuatan atau kekerasan tambahan.

2. Ekstrusi Logam:

Dalam proses ekstrusi logam, logam dicetak atau ditarik melalui sebuah cetakan untuk membentuk bentuk yang diinginkan. Beberapa proses ekstrusi logam dapat melibatkan reaksi kimia, seperti pemanasan logam untuk memudahkan deformasi plastiknya atau untuk merangsang reaksi kimia tertentu yang mengubah sifat logam.

3. Ekstrusi Pangan:

Dalam industri pangan, ekstrusi dapat digunakan untuk membuat berbagai produk pangan seperti sereal sarapan, camilan, atau makanan hewan peliharaan. Beberapa proses ekstrusi mungkin melibatkan reaksi kimia, misalnya, ketika bahan-bahan yang diekstrusi mengalami perubahan kimia selama proses, seperti pembentukan senyawa rasa atau pewarna.

4. Ekstrusi Reaksional dalam Kimia Analitik:

Dalam kimia analitik, teknik ekstrusi dapat digunakan sebagai bagian dari proses analisis. Misalnya, ekstrusi dapat digunakan dalam teknik ekstrusi-fluoresensi untuk mengekstraksi senyawa tertentu dari sampel sebelum analisis spektrofluorimetri.

5. Ekstrusi Reaktif dalam Pembuatan Bahan Bangunan:

Dalam industri bahan bangunan, proses ekstrusi dapat digunakan untuk membentuk profil atau bagian-bagian tertentu dari bahan bangunan. Reaksi kimia dapat dimasukkan ke dalam proses ekstrusi untuk meningkatkan sifat-sifat material seperti kekuatan, kekakuan, atau ketahanan terhadap cuaca.

Dalam semua kasus di atas, ekstrusi reaksional secara kimia digunakan untuk menghasilkan produk dengan sifat-sifat yang diinginkan melalui kombinasi proses ekstrusi dan reaksi kimia yang terjadi secara bersamaan. Penerapan teknologi ekstrusi pada pangan dapat meningkatkan efisiensi produksi, meningkatkan kualitas produk, dan memungkinkan inovasi dalam pengembangan produk pangan baru.

14.4 Makanan Ringan Ekstrudat

Makanan ringan ekstrudat adalah makanan ringan yang dibuat melalui proses ekstrusi dari bahan baku tepung dan atau pati untuk pangan dengan penambahan bahan makanan lain serta bahan tambahan makanan lain yang diijinkan dengan atau tanpa melalui proses penggorengan (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

Ekstrusi adalah suatu proses di mana bahan dipaksakan oleh sistem ulir untuk mengalir dalam suatu ruangan yang sempit sehingga akan mengalami pencampuran dan pemasakan sekaligus.

Sumber panas utama dalam proses ekstrusi berasal dari konversi energi mekanik (gesekan) yaitu akibat gesekan antar bahan dan gesekan antara bahan dengan ulir. Kerja ulir tersebut juga menghasilkan akumulasi tekanan dalam sistem barel ekstruder, bahan dipaksakan keluar melalui lubang (die) yang kecil ukurannya dan kembali ke tekanan normal (atmosfer) secara seketika yaitu ketika produk melewati die (Hariyadi, 2000).

Pemasakan ekstrusi adalah kombinasi dari sebuah pompa dan sebuah pengubah panas. Bahan baku masuk ke dalam ekstruder melalui hopper (wadah penampung) dan ter dorong ke depan mengarah ke die (lubang) oleh putaran satu atau lebih ulir (Anonymous, 1993).

Keuntungan proses ekstrusi adalah produktivitas tinggi, bentuk produk sangat khas dan banyak variasinya, mutu produk tinggi karena pemasakan dilakukan pada suhu tinggi dalam jangka waktu yang pendek, sehingga seperti efek UHT (Ultra High Temperature) yaitu mikroba mati namun kerusakan gizi kecil serta biaya dan pemakaian energi per satuan produksi proses ekstrusi adalah rendah (Smith, 1981 dalam Hermanianto, 2000). Menurut Pilli, et al. (2007) proses dengan suhu tinggi dengan waktu yang singkat menghasilkan produk akhir yang berkualitas tinggi yaitu dapat dicerna dengan baik dan nilai nutrisi tinggi. Berkurangnya reaksi penghancuran saat terjadinya proses dengan menggunakan suhu tinggi seperti hilangnya kandungan nutrisi.

Bahan baku ekstrudat yang biasanya terbuat dari biji-bijian akan berpengaruh saat terjadi proses ekstrusi. Perubahan yang berpengaruh pada sifat dari bahan baku ekstrudat ini antara lain adalah pati, protein, lemak dan stabilisasi produk akhirnya. Selama proses ekstrusi, granula pati memecah dan menggelatinisasi kandungannya. Penambahan air selama proses mengakibatkan partikel pati membengkak dan kehilangan kekompakan ikatan yaitu sebagian dari amilosa berdifusi ke luar disebabkan oleh pengaruh panas (Janssen, 1993 dan Wang, et al., 1993). Gelatinisasi pati pada proses ekstrusi disebabkan oleh suhu, tekanan dan gesekan (Smith, 1981). Tingkat gelatinisasi pati selama proses ekstrusi tergantung pada asal bahan baku dan kondisi proses ekstrusi (Linko, et al., 1981).

Tingkat gelatinisasi meningkat dengan semakin rendahnya kadar air (Gomez dan Aguillera, 1983) serta waktu dan suhu proses yang semakin tinggi (Smith, 1981).

Fungsi utama dari ekstrusi pada proses protein adalah untuk mendenaturasi dan memberi tekstur. Adanya suhu dan tekanan yang tinggi dalam ekstruder mengakibatkan ikatan intramolekul pada protein pecah sehingga protein terdenaturasi (Anonymous, 1993). Denaturasi protein adalah modifikasi konformasi struktur, tersier dan kuartener. Denaturasi merupakan fenomena di mana terbentuk konformasi baru dari struktur yang telah ada. Denaturasi protein mengakibatkan turunnya kelarutan, hilangnya aktivitas biologi, peningkatan viskositas dan protein mudah diserang oleh enzim proteolitik (Fennema, 1985). Tekanan yang tinggi dalam ekstruder akan meluruskan ikatan ini sehingga memberikan produk dengan tekstur yang diinginkan. Kondisi aliran dalam die (lubang) sangat penting dalam menghasilkan pelurusan dan struktur yang baik (Anonymous, 1993 dan Wang, et al., 1993). Lemak dan minyak yang ada pada produk ekstrusi akan mengubah tekstur, rasa dan flavor produk (Harper, 1981). Terbentuknya asam lemak dan pati selama proses dapat bertambah dengan meningkatnya jumlah amilosa dalam pati (Mercier, 1980 dalam Artz, et al., 1991). Struktur baru yang terbentuk ini dapat menghambat pengembangan produk ekstrusi. Mekanisme penghambatannya menurut Collison (1968) dalam Polina (1995) adalah lemak akan membentuk suatu lapisan pada bagian luar granula pati dan sekaligus akan menghambat penetrasi air ke dalam granula. Penetrasi air yang lebih sedikit akan menghasilkan gelatinisasi yang rendah. Pengaruh lemak sangat kompleks tergantung jenis lemak, jumlahnya keseimbangan "hidrofilik-lipofilik" dari bahan baku yang digunakan.

Terjadinya inaktivasi enzim disebabkan rusaknya makanan selama penyimpanan, perusakan substansi beracun secara alami dan berkurangnya jumlah mikroba pada produk akhir (Harper, 1981 dalam Wang, et al., 1993). Produk dengan kandungan air sangat rendah dan waktu tinggal yang singkat mungkin tidak menginaktivasi enzim secara total, efek yang menguntungkan dari proses ekstrusi pada stabilitas dan keamanan makanan sudah terlihat nyata (Janssen, 1993).

Proses ekstrusi mengakibatkan pula perubahan kimia dan nutrisi dari ekstrudat yang dihasilkan. Perubahan yang akan terjadi pada karbohidrat yaitu dimana tekanan tinggi dan tekanan pemotong pada pemasakan ekstrusi menambah efisiensi gelatinisasi sehingga produk akhir seringkali tak berbentuk, sekalipun demikian mengandung air yang sangat rendah sehingga matrik pati mudah dicerna (Anonymous, 1993). Terjadinya interaksi protein dan karbohidrat sehingga proporsi pati terhidrolisis untuk melepas glukosa di mana adanya reaksi kimia di dalam ekstruder. Hal terpenting adalah reaksi Maillard yang terjadi antara gula yang berkurang dan kelompok amino bebas dari lisin dan memberikan produk kecoklatan (Johnson, 1993).

Hilangnya kandungan nutrisi mikro antara lain vitamin larut air, vitamin larut lemak dan mineral. Vitamin larut air kehilangan nutrisinya di mana kandungan air tinggi dan suhu mendukung rusaknya vitamin selama proses. Tiamin adalah kelompok vitamin B yang mudah rusak selama proses, sedangkan riboflavin tetap baik dan sedikit terpengaruh pada proses yang singkat (Johnson, 1993 dan Bock, 2000). Aktifitas vitamin A mungkin rusak selama proses pemasakan, tetapi kehilangannya tergantung dari kondisi proses dan komoditas karotenoid alami. Vitamin E terlihat lebih mudah terpengaruh selama proses dan dilaporkan hilang hingga 60% untuk ekstrudat yang mengandung biji gandum (Johnson, 1993). Perusakan anti nutrisi dan racun di mana sel mikroba dan spora rusak secara cepat pada suhu yang dicapai selama proses ekstrusi. Efisiensi sterilisasi tergantung kombinasi suhu dan waktu tinggal di dalam ekstruder (Harper, 1981 dalam Wang, et al., 1993 dan Johnson, 1993). Terjadi pembentukan dan hilangnya flavor yang mudah menguap diakibatkan suhu tinggi yang dihasilkan dari barrel ekstruder, bersamaan dengan air yang panas sehingga ekstrudat timbul dari die, tidak dielakkan hilangnya senyawa volatile mendukung flavour dan aroma (Anonymous, 1993; Harper dan Tribelhorn, 1991). Reaksi Maillard sangat penting sebagai sumber aroma, flavour dan senyawa pewarna yang mendukung enaknya pemasakan dan makanan yang diproses, walaupun mempunyai efek kurang baik terhadap mutu protein. Reaksi

Maillard mudah terjadi dengan adanya asam amino dan gula, suhu, aktifitas air, pH dan waktu tinggal dalam ekstruder (Johnson, 1993).

Tepung ikan adalah komoditas olahan hasil perikanan yang diperoleh dari suatu proses reduksi bahan mentah menjadi suatu produk yang sebagian besar terdiri dari komponen protein ikan. Bisa dipastikan, kegunaannya berfungsi dalam mensuplai protein. Keunggulan protein tepung ikan dibandingkan dengan sumber protein hewan lain maupun protein nabati telah diketahui sejak lama (Irianto, 2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1993. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Edited by Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J. Academic Press Ltd. London.
- Artz, W.E, Rao, S.K. and Sauer, R.M.Jr. 1991. Lipid Oxidation in Extruded Products during Storage as Affected by Extrusion Temperature and Selected Antioxidants. In Food Extrusion Science and Technology. Edited by Kokini, J.L., Ho, Chi-Tong, Karwe, M.V. New York.
- Automatik Plastics Machinery GmbH (2010) Private communication: Strand pelletizing in polymer compounding. Information available through: www.automatikgroup.com/.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 01-2886-2000. Makanan ringan ekstrudat. Jakarta.
- Bock, M.A. 2000. Minor Constituents of Cereals. In Handbook of Cereal Science and Technology. 2nd Edition. Revised and Expanded. Edited by Kulp, K and Ponte, J.G.Jr. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Bouvier J.M., Campanella O.H., 2014. Extrusion Processing Technology Food and Non-Food Biomaterials. John Wiley & Sons, Ltd
- Camire, A.L. and Clydesdale, F.M. 1981. Effect of pH and Heat Treatment on the Binding of Calcium, Magnesium, Zinc and Iron to Wheat Bran and Fractions of Dietary Fiber. *Journal of Food Science*. 46:548–551
- Cantor K (2006) Blown Film Extrusion: an introduction. Munich: Carl Hanser Verlag. Clextral (2013) Private communication: Feeding technology for long bast fibre materials. Information available through: www.clextral.com/.
- Corvalan CM, Okos MR (2003) The influence of power-law rheology on flow distributions in coathanger manifolds. *Polymer Engineering and Science* 43(3): 693–703.
- Damayanti, E. 1986. Mempelajari Pengaruh Penggunaan Bahan Pengikat dan Shortening pada Pembuatan Chips Ekstrudat Biji Melinjo (Gnetum gnemon, L.). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

- De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. 1st Edition. Chapman and Hall. London – Glosgow – Weinhein – New York –Tokyo – Melbourne – Madras. p.:319.
- Della Valle G, Barres C, Plewa J, Tayeb J, Vergnes B (1993) Computer simulation of starchy products transformation by twin-screw extrusion. *Journal of Food Engineering* 19: 1–31.
- Ernawati, E. 1997. Formulasi dan Evaluasi Nilai Gizi Produk Ekstrusi dari Produk Samping Penggilingan Padi (Menir dan Bekatul). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Faelasuffah, S.M. 1997. Mempelajari Karakteristik Chips Ekstrudat Biji Melinjo (Gnetum gnemon, L) dengan Penambahan Tapioka dan Margarin. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Giles HF, Wagner JR, Mount EM (2005) Extrusion: the definition processing guide and handbook. New York: Plastics Design Library,
- Gomez, M.H. and Aguillera, J.M. 1983. Changes in the Starch Fraction During Extrusion Cooking of Corn. *Journal Food Science*. 48 (2):378–381.
- Hariyadi, P. 2000. Produk Ekstrudat, Flakes dan Tepung Kedelai. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Harper, J.M. 1981. Extrusion of Foods. Vol I and II. CRC Press, Inc. Florida.
- Harper, J.M. and Tribelhorn, R.E 1991. Expansion of Native Cereal Starch Extrudates. In *Food Extrusion Science and Technology*. Edited by Kokini, J.L, Ho, ChiTong, Karwe, M.V. New York.
- Hermanianto, J., Syarief, R. dan Wulandari, Z 2000. Analisis Sifat Fisikokimia Produk Ekstrusi Hasil Samping Penggilingan Padi (Menir dan Bekatul). *Buletin Teknologi dan Industri Pangan*. XI (1):5 –10.
- Irianto, H.E 2005. Perbaikan Teknologi Produksi pada Industri Tepung Ikan di Indonesia. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen dan Sosial Ekonomi. 11 (7):2 – 9.
- Janssen, L.P.B.M. 1993. Influence of Process on Raw Material Properties. In *Extrusion Cooking*. Encyclopaedia of Food

- Science, Food Technology and Nutrition. Edited by Macrae, R., Robinson, R.K and Sadler, M.J. Academic Press Ltd. London.
- Johnson, I. 1993. Chemical and Nutritional Changes. In Extrusion Cooking. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Edited by Macrae, R., Robinson, R.K and Sadler, M.J. Academic Press Ltd. London.
- Kaczorowski D (2002) Usures d'un acier inoxydable austénitique dans de l'eau à haute pression et haute température. PhD dissertation, Ecole Centrale de Lyon, France.
- K-Tron (2010) Private communication: Loss-in-weight feeding principle and weight-belt feeding principle. Information available through: www.ktron.com/.
- Levine L (1995) Of paddle mixers and preconditioners. Cereal Foods World 40(6): 452-453.
- Linko, P.P., Colonna, P. and Mercier, C. 1981. High Temperature Short Time Extrusion Cooking. In Pomeranz, Y. (ed.). Advance in Cereal Science and Technology. The AVI AACC Inc., St. Paul, Minnesota.
- Maag Pump Systems AG (2010) Private communication: Basics of gear pumps and basics of compound pelletizing. Information available through: www.maag.com/.
- Malfait, J.L. 2007. Puffed Starch Snack Product. US Patent No. 7,141,257.
- Manas-Zloczower I (2009) Mixing and Compounding of Polymers: theory and practice, 2nd edn. Munich: Carl Hanser Verlag.
- Martelli FG (1983) Twin-Screw Extruders: a basic understanding. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Mesu, G.J. and Boot, Jacobus. 2007. Manufacture of Granola and Snack-Food Products. US Patents No. 7,169,422.
- Michaeli W (2003) Extrusion Dies for Plastics and Rubber: design and engineering computations, 3rd edn. Munich: Carl Hanser Verlag.
- Nurtama, B. dan Sulistiyan, Y. 1997. Suplementasi Ikan pada Makanan Ringan Produk Ekstrusi dengan Bahan Dasar Beras. Buletin Teknologi dan Industri Pangan. VIII (2):32 – 38.

- Oktavia, D.A. 2003. Pengolahan Ekstrudat Berbasis Bekatul dengan Penerapan Linear Programming untuk Penyediaan Makanan Kaya Serat Bagi Orang Dewasa. Program Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Pan, B.S., Kong, Ming-Sheng, Chen, HuiHuang. 1991. Twin Screw Extrusion for Expanded Rice Products: Processing Parameters and Formulation of Extrudate Properties. In Food Extrusion Science and Technology. Edited by Kokini, J.L., Ho, Chi-Tong, Karwe, M.V. New York.
- Pilli, T.D., Carbone, B.F., Fiore, A.G. and Severini, C. 2007. Effect of Some Emulsifiers on the Structure of Extrudates with High Content of Fat. <http://www.aisncommons.js>. Februari 2007
- Polina. 1995. Studi Pembuatan Produk Ekstrusi dari Campuran Jagung, Sorgum dan Kacang Hijau. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Purnomo, H. 1995. Aktivitas Air dan Peranannya dalam Pengawetan Bahan Pangan. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Qi Wang (2007) Advanced analysis and design of polymer sheet extrusion. PhD dissertation, University of Missouri, Columbia, USA.
- Rakhmawaty, A. 1998. Karakteristik Fisik dan Kimia Sereal Sarapan Ekstrudat TripleMix Jagung-Kedelai-Pisang (JKP). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rauwendaal C (2001) Polymer Extrusion, 4th edn. Munich: Carl Hanser Verlag. Reid JD, Campanella OH,
- Sciences Computers Consultants (2013) LUDOVIC: Logiciel d'Utilisation de DOubles Vls Corotatives, version 5.2. Information available through: www.sccconsultants.com/.
- Smith, O.B. 1981. Extrusion Cooking of Cereal and Fortified Foods. Makalah pada Proceeding Extruder Technology. Eight ASEAN Workshop, 14 – 25 Januari 1980. Bangkok.
- Stephen, A.M. and Churms, S.C. 1995. Gums and Mucilages. In Food Polysaccharides and Their Applications. Edited by Stephen, A.M. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Tadmor Z, Klein I (1970) Engineering Principles of Plasticating Extrusion. Polymer Science and Engineering Series. Florida: Robert E Krieger

- Wang, W.M., Klopfenstein, C.F. and Ponte, J.G.Jr. 1993. Effects of Twin Screw Extrusion on the Physical Properties of Dietary Fiber and Other Components of Whole Wheat and Wheat Bran and on the Baking Quality of the Wheat Bran. *Cereal Chemistry*. 70(6) : 707 – 711.
- William Andrew Inc. Hensen F (1997) *Plastics Extrusion Technology*. Munich: Carl Hanser Verlag.
- White JL (1990) *Twin Screw Extrusion: technology and principles*. Munich: Hanser Publishers
- Wulandari, Z. 1997. Analisa Sifat FisikoKimia dan Finansial Produk Ekstrusi Hasil Samping Penggilingan Padi (Menir dan Bekatul). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

BIODATA PENULIS



Ir. Rahmawati, MP

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Lahir di Agam 30 Juli 1967. Menyelesaikan studi S-1 di Universitas Andalas (UNAND) Padang pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian lulus tahun 1990, Selanjutnya melanjutkan Studi di Program Pasca Sarjana Universitas Andalas pada Teknologi Industri Pertanian lulus tahun 2009. Saat ini aktif sebagai Dosen PNS dptk pada Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan aktif dalam melakukan penelitian dan publikasi. Penulis pernah melaksanakan tugas sebagai Ketua program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, dan Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Buku kolaborasi yang ditulis berjudul Sistem Pertanian Terpadu dan Gambir, sejarah, budidaya dan pemanfaatannya. Penulis dapat dihubungi melalui email rahmawati_3007@yahoo.co.id.

BIODATA PENULIS



Dessy Eka Kuliah Sari, S.TP., M.TP
Dosen Program Studi Agroindustri
Jurusan Agroindustri Politeknik Negeri Fakfak

Penulis lahir di Jember tanggal 28 Desember 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroindustri Jurusan Agroindustri Politeknik Negeri Fakfak. Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya. Selama karirnya, penulis terlibat dalam beberapa proyek dan riset yang berkaitan dengan Teknologi Pengolahan Pangan, Kimia Pangan, dan yang lainnya.

Selain menulis, Penulis juga aktif dalam memberikan kuliah dan seminar di berbagai acara terkait dengan Teknologi Hasil Pertanian maupun Agroindustri.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: dessyeka@polinef.id

BIODATA PENULIS



Dr. Erna Rusliana Muhamad Saleh, STP., MSI.
Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Khairun

Penulis lahir di Ternate, 13 Februari 1975. Aktivitas saat ini adalah sebagai dosen tetap di S1 Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Maluku Utara dari tahun 2005 hingga sekarang. Penulis juga mengajar di S2 Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Pasasarjana Universitas Khairun, sejak tahun 2018 hingga sekarang. Pendidikan S1 sampai dengan S3 dilakukan di Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University. Penulis menyukai dunia pendidikan dan tulis menulis. Ini adalah buku ke-7 yang telah penulis buat. Motto hidup: Hidup untuk meraih ridho Allah. Penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik ernaunkhair@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Destiana Adinda Putri, S.TP., M.T.P.

Dosen Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora

Penulis lahir di Mataram tanggal 02 Desember 1994. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Bumigora. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Penulis juga saat ini mengembangkan tugas sebagai Ketua Editor pada Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan (JTMP). Adapun bidang penelitian yang diminati oleh penulis yaitu mengenai Rekayasa Pengolahan Pangan dan Pengembangan Produk Pangan Fungsional dan telah menghasilkan beberapa artikel hasil penelitian maupun literature review yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional ataupun internasional bereputasi,

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: destianaadindap@gmail.com

BIODATA PENULIS



Agustia Dwi Pamujiati, S.TP., MP.
Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian Universitas Kadiri

Penulis lahir di Kediri, Provinsi Jawa Timur 19 Agustus 1990. Jenjang Pendidikan S1 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Jember, lulus tahun 2014. Pendidikan S2 Jurusan Teknologi Agroindustri, Universitas Jember, lulus tahun 2018. Penulis menjadi dosen di Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Kadiri, Kediri, Jawa Timur mulai tahun 2019 hingga sekarang. Pada tahun 2022 hingga saat ini menjabat sebagai Ketua Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian. Penulis juga menjadi Manajer Jurnal Ilmiah Pertanian Indonesia (JINTAN) dan Reviewer Jurnal Ilmiah Agribis Fakultas Pertanian Universitas Tulungagung. Penulis aktif menulis artikel ilmiah pada jurnal nasional maupun internasional bereputasi serta Book Chapter tingkat nasional maupun internasional. Email penulis yaitu tinaagustia@unik-kediri.ac.id sedangkan no WA yaitu 082137668594.

BIODATA PENULIS



Dr. Nurhayati, S.TP, M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Penulis lahir di Lumajang 45 tahun yang lalu. Saat ini mengabdi sebagai dosen pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Gelar doktor Ilmu Pangan dari Institut Pertanian Bogor diraihnya pada wisuda Februari 2012. Dengan segenap jiwa menunaikan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis juga memiliki hobi berbisnis di bidang teknologi&hasil pertanian. Beragam karya telah dihasilkan berupa publikasi ilmiah pada jurnal nasional maupun internasional bereputasi, buku ajar dan buku teks/referensi, serta teknologi pengolahan pangan&hasil pertanian yang sudah diberi paten. Slogan karyanya yakni "*satu lagi, bagimu negeri, ku mengabdi*".

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurhayati.ftp@unej.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Endah Puspitojati, S.TP, MP

Dosen Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan
Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta Magelang

Penulis lahir di Purworejo, Jawa Tengah tanggal 28 Februari 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan, Jurusan Pertanian, Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta Magelang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor, S2 pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya, dan S3 pada Program Studi Ilmu Pangan, Universitas Gadjah Mada. Selama menjadi dosen, penulis pernah dipercaya menjadi konsultan pangan di Republik Fiji. Penulis aktif melakukan penelitian dan publikasi khususnya di bidang pangan fungsional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: endahpuspitojati@gmail.com

BIODATA PENULIS



Emi Kurniawati, S.Si., M.P.

Dosen Program Studi Teknologi Industri Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

Penulis lahir di Banyuwangi tanggal 20 April 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Industri Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia di Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2009 dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknologi Agroindustri di Universitas Jember pada tahun 2016. Penulis menekuni bidang Menulis. Mata kuliah yang pernah diampu antara lain Pengawasan Mutu Pangan, Teknologi Pengemasan Pangan, Manajemen Industri Pangan, Ekonomi Teknik dan Analisis Fisika Pangan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: emi_kurniawati@polije.ac.id.

BIODATA PENULIS



Husnita Komalasari, S.TP., M.Sc.
Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknik
Universitas Bumigora

Penulis lahir di Mataram tanggal 13 April 1996. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Bumigora. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan dan melanjutkan S2 pada Jurusan yang sama yaitu magister Ilmu dan Teknologi Pangan. Penulis memiliki ketertarikan penelitian terkait rekayasa proses pengolahan, pangan fungsional dan menciptakan produk probiotik dan prebiotik yang bermanfaat bagi kesehatan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: husnita@universitasbumigora.ac.id

BIODATA PENULIS



Ramadhani Chaniago

Dosen di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Luwuk
Banggai

Ramadhani Chaniago, lahir di Kota Luwuk Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah, pada hari rabu tanggal 29 Mei Tahun 1986. Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (THP) Universitas Alkhairaat Palu dan Menyelesaikan Pendidikan Magister di Program Studi Sistem-sistem Pertanian (SSP) Universitas Hasanuddin Makassar, Sekarang sementara melanjutkan studi di Program Doktoral Ilmu Pertanian Universitas Tadulako Palu. Sekarang sementara melanjutkan kuliah S3. Memulai karir menjadi Dosen sejak tahun 2009 dan sekarang (2021-2025) diberikan amanah menjadi Wakil Dekan bidang Kemahasiswaan dan Alumni di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Luwuk Banggai. Penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian pada masyarakat yang dilakukan secara mandiri maupun didanai oleh Kementerian terkait dengan tema-tema diversifikasi pangan lokal khas Banggai seperti Pisang Lowe, Sayur Lilin dan Ubi Banggai. Berikut judul buku-buku penulis yang telah terbit dan ber- ISBN

1. Buku Ajar Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian (TPHP) cetakan pertama terbit pada Agustus tahun 2015
2. Buku Ajar Biologi yang terbit pada tahun 2016;
3. Buku Ajar Genetika yang terbit pada tahun 2016;

4. Buku Diversifikasi Pisang Lowe Komoditi Khas Banggai yang terbit pada Januari tahun 2019.
5. Buku Ragam Olahan Sayur Indegenous Khas Luwuk yang terbit pada Mei 2019
6. Buku Kopi Kedelai Luwuk yang terbit pada tahun 2020.
7. Buku Chapter Dasar-dasar Kesehatan Lingkungan yang terbit pada tahun 2021.
8. Buku Chapter Pangan dan Gizi yang terbit pada tahun 2022.
9. Buku Chapter Perjalanan Panjang Secangkir Kopi pada tahun 2023.
10. Buku Chapter Pengantar Ilmu gizi pada tahun 2023.

BIODATA PENULIS



Putu Tessa Fadhila, S.TP., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknologi Industri Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

Penulis lahir di Dili, Timor-Timur pada tanggal 5 Maret tahun 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Industri Pangan jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pertanian dalam Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Jenderal Soedirman pada 2015, pada tahun 2016, Penulis melanjutkan studi di jenjang Magister dalam Program Studi yang sama yakni Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2019.

Penulis diangkat menjadi dosen di Program Studi Teknologi Industri Pangan jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember pada tahun 2021 silam dan telah mengampu beberapa mata kuliah diantaranya Mikrobiologi Dasar, Mikrobiologi Pangan dan Pengolahan, Teknologi Pasca Panen, Teknologi Pengemasan Pangan, Higiene Sanitasai dan Keselamatan Kerja, dan beberapa mata kuliah lainnya. Memiliki moto hidup "*bermimpilah setinggi langit, bilakah jatuh maka kan jatuh diantara bintang-bintang*", penulis berharap untuk dapat terus berkembang dan mengembangkan ilmu di bidangnya serta memberikan manfaat seluas-luasnya melalui karya-karya yang dihasilkan termasuk dengan menekuni bidang menulis. Penulis dapat dihubungi melalui nomor Hp 081229660661 atau melalui e-mail: tessa@polije.ac.id

BIODATA PENULIS

Yani Subaktihah, S.TP.,MP

Dosen tetap pada Program Studi Teknologi Industri Pangan Jurusan
Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember

Yani Subaktihah ,S.TP.,MP lahir di Kota Bondowoso pada tanggal 21 September 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Industri Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Agroindustri. Kajian yang telah dilakukan penulis diantaranya adalah pemanfaatan tepung labu kuning dalam pembuatan *brownies* kukus, substitusi tepung tape pada *cookies*, pemanfaatan tepung daun kelor pada *cookies*, pembuatan meses warna warni dengan menggunakan pewarna alami, dan kajian lain yang berkaitan dengan pemanfaatan produk lokal sebagai bahan pangan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: subaktihah@polije.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Siti Nurhasanah, STP., M.Si
Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Universitas Padjadjaran

Penulis lahir di Brebes pada 17 Mei 1977. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Studi Teknologi Pangan Universitas Padjadjaran. Penulis menekuni bidang keteknikan pengolahan pangan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: siti.nurhasanah@unpad.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, M.Si. CIRR

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas EkaSakti.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, M.Si. CIRR lahir di Desa Bulian Kecamatan Kubutambahan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali pada tanggal 22 Juli 1968. Menamatkan SD No.1 Bulian tahun 1982, SMP 1 Singaraja tahun 1984. SMA Lab Unud Singaraja tahun 1987. Melanjutkan ke Fakultas Pertanian Universitas Mataram tahun 1987 dan tamat 1992. Melanjutkan pendidikan S2 tahun 1995 Ke Pasca sarjana program studi Teknik Pasca Panen IPB tamat 1998. Diberikan kesempatan lanjut ke S3 Ilmu pertanian tamat tahun 2016. Diangkat sebagai Dosen PNSD di Kopertis Wilayah X Padang di tempatkan di Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Pernah menjabat mulai wakil Wakil dekan III Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Dekan Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, sekarang diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas EkaSakti. Terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2023 diberikan kepercayaan oleh pemerintah menjadi guru besar bidang ilmu Teknologi Pengolahan. Punya semboyan hidup kembali ke alam (*back to nature*), banyak kajian-kajian yang sudah dipublikasi dijurnal Internasional terindeks scopus, jurnal nasional terindeks sinta seperti pemanfaatan hasil samping kelapa menjadi produk yang memiliki nilai tambah, penggunaan pengawet alami asap cair pada pengolahan pangan, serta pengolahan

pangan yang lain seperti pengolahan pisang, pembuatan keju cottage dengan penggumpal alami. Selama ini sudah pernah memperoleh paten sederhana pada tahun 2010 tentang kompor briket tahan panas, Pada tahun 2022 memperoleh paten sederhana berjudul Keju Cottage Dari Susu Sapi Dengan Penambahan Belimbing Wuluh.

Informasi lebih lanjut bisa menghubungi email iketutbudaraga@unespadang.ac.id.