

KIMIA BAHAN MAKANAN

**Nur Aeni
Husnah
Eka Cahya Muliawati
Lusia Sudarmi
Khoirul Ngibad
Ani Siti Wiryani
Nur Rezky Khairun Nisaa
Kasta Gurning
Neny Rochyani
Pra Dian Mariadi
Aliyah Fahmi
Haty Latifah Priatni**



GET PRESS INDONESIA

KIMIA BAHAN MAKANAN

Penulis :

Nur Aeni

Husnah

Eka Cahya Muliawati

Lusia Sudarmi

Khoirul Ngibad

Ani Siti Wiryani

Nur Rezky Khairun Nisaa

Kasta Gurning

Neny Rochyani

Pra Dian Mariadi

Aliyah Fahmi

Haty Latifah Priatni

ISBN :

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting : Ilda Melisa, Amd.Kep

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

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah

Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Desember 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Kimia Bahan Makanan ini.

Buku ini membahas Komposisi Kimia Bahan Makanan, Transformasi Kimia dalam Pengolahan Makanan, Reaksi Maillard, Peran Enzim dalam Pengolahan Makanan, Antioksidan dalam Bahan Makanan, Reaksi Oksidasi dalam Makanan, Flavonoid dan Senyawa Bioaktif Lainnya, Rasa dan Aroma Makanan, Kimia Fermentasi, Kimia Pemanis dan Pengganti Gula, Kimia Asam Lemak dan Minyak, Reaksi Caramelization, Analisis Kimia dalam Keamanan Pangan.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR tabel	
BAB 1 KOMPOSISI KIMIA BAHAN MAKANAN	1
1.1 Pengertian Komposisi Kimia Bahan Makanan.....	1
1.2 Karbohidrat.....	1
1.2.1 Karbohidrat Sederhana.....	2
1.2.2 Karbohidrat Kompleks	4
1.3 Protein	6
1.3.1 Protein Hewani	8
1.3.2 Protein Nabati	8
1.4 Lemak	11
1.4.1 Lemak Jenuh.....	11
1.4.2 Lemak Tak Jenuh	12
1.5 Vitamin	13
1.5.1 Vitamin yang Larut di Dalam Lemak.....	13
1.5.2 Vitamin yang Larut di Dalam Air.....	15
1.6 Mineral	17
1.6.1 Kalsium (Ca).....	18
1.6.2 Magnesium (Mg)	18
1.6.3 Besi (Fe).....	19
1.6.4 Zinc (Zn)	19
1.7 Air	20
DAFTAR PUSTAKA.....	22
BAB 2 TRANSFORMASI KIMIA DALAM	
PENGOLAHAN MAKANAN	25
2.1 Pengertian Transformasi Kimia.....	26
2.2 Definisi Bahan Pangan.....	27
2.3 Teknologi Pangan	28
2.4 Proses-proses Transformasi Kimia dalam	
Pengolahan Makanan.....	33
2.4.1 Pemanasan	34
2.4.2 Fermentasi.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	40

BAB 3 REAKSI MAILLARD.....	41
3.1 Pendahuluan.....	41
3.2 Proses Reaksi Maillard.....	42
3.2.1 Tahapan Reaksi Maillard.....	42
3.2.2 Senyawa Hasil Reaksi Maillard.....	46
3.2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi.....	47
3.3 Degradasi-Degradasi pada Reaksi Maillard	48
3.3.1 Degradasi Strecker.....	49
3.3.2 Degradasi Lipid.....	50
3.3.3 Degradasi Tiamin.....	51
3.4 Penelitian terkait Reaksi Maillard.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
BAB 4 PERAN ENZIM DALAM PENGOLAHAN	
BAHAN MAKANAN.....	57
4.1 Pendahuluan.....	57
4.2 Jenis Enzim.....	58
4.2.1 Enzim Pemecah Karbohidrat.....	58
4.2.2 Enzim Pemecah Protein.....	59
4.2.3 Enzim Pemecah Lemak	60
4.3 Pemilihan Penggunaan Enzim.....	60
4.3.1 Sumber Enzim	60
4.3.2 Persyaratan Enzim yang Aman	61
4.3.3 Produksi dan Penggunaan Enzim.....	61
4.4 Peranan Enzim Dalam Pengolahan Pangan	62
4.4.1 Enzim dalam Pengolahan Roti	62
4.4.2 Enzim dalam Pengolahan Susu.....	62
4.4.3 Enzim dalam Pengolahan Buah	63
4.4.4 Enzim dalam Pengolahan Bir.....	63
4.4.5 Enzim dalam Pengolahan Permen.....	63
4.4.6 Enzim dalam Pengolahan Daging	64
4.4.7 Enzim dalam Pengolahan Telur	64
4.4.8 Enzim dalam Pengolahan Ikan	64
4.4.9 Enzim dalam Pengolahan Kedelai	65
4.4.10 Enzim dalam Pengolahan Teh.....	65
4.4.11 Enzim dalam Pengolahan Kopi.....	65
4.4.12 Enzim dalam Pengolahan Bahan Gula (Gula Tebu).....	65

4.4.13 Enzim dalam Rasa Makanan	66
4.4.14 Enzim dalam keadaan Flatulence.....	66
4.4.15 Enzim dalam Pengolahan Bahan Pati ke Bahan Gula Cair	66
4.5 Penutup	67
DAFTAR PUSTAKA	68
BAB 5 ANTIOKSIDAN DALAM BAHAN MAKANAN	71
5.1 Pendahuluan.....	71
5.2 Kelompok Antioksidan	73
5.2.1 Enzim	73
5.2.2 Vitamin	74
5.2.3 Fitokimia	77
5.3 Manfaat Antioksidan dalam Bahan Makanan.....	78
DAFTAR PUSTAKA	80
BAB 6 REAKSI OKSIDASI DALAM MAKANAN	83
6.1 Pendahuluan.....	83
6.2 Konsep Dasar Reaksi Oksidasi	83
6.3 Reaksi Oksidasi dalam Metabolisme Makanan	83
6.3.1 Oksidasi Karbohidrat.....	84
6.3.2 Oksidasi Lemak.....	88
6.3.3 Oksidasi Protein.....	89
6.4 Pengaruh Reaksi Oksidasi pada Kesehatan.....	91
6.5 Kesimpulan.....	91
DAFTAR PUSTAKA	92
BAB 7 FLAVONOID DAN SENYAWA BIOAKTIF LAINNYA.....	93
7.1 Pendahuluan.....	93
7.2 Flavonoid.....	96
7.2.1 Kuersetin.....	100
7.2.2 Rutin.....	101
7.2.3 Apigenin.....	103
7.3 Senyawa Bioaktif Lainnya	104
7.3.1 Resveratrol.....	104
7.3.2 Kurkumin.....	106
7.3.3 Likopen.....	107
7.3.4 Beta karoten	108
DAFTAR PUSTAKA	111

BAB 8 RASA DAN AROMA MAKANAN	113
8.1 Pendahuluan.....	113
8.2 Rasa makanan.....	114
8.2.1 Rasa Manis.....	114
8.2.2 Rasa Asam	118
8.2.3 Rasa Asin	119
8.2.4 Rasa Pahit	120
8.2.5 Rasa Gurih (Umami)	120
8.3 Aroma makanan.....	121
8.3.1 Alkohol.....	122
8.3.2 Aldehyd.....	123
8.3.3 Amina.....	124
8.3.4 Ester.....	124
8.3.5 Keton	125
8.3.6 Lakton.....	125
8.3.7 Terpen.....	126
DAFTAR PUSTAKA	127
BAB 9 KIMIA FERMENTASI	133
9.1 Pendahuluan.....	133
9.2 Prinsip Dasar Fermentasi	134
9.3 Jenis-Jenis Fermentasi	136
9.4 Mekanisme Reaksi dalam Fermentasi.....	137
9.5 Aplikasi Fermentasi dalam Industri.....	139
9.6 Kesimpulan.....	141
DAFTAR PUSTAKA	143
BAB 10 KIMIA PEMANIS DAN PENGGANTI GULA.....	145
10.1 Pemanis Alami.....	146
10.2 Pemanis Buatan	148
10.3 Pengganti Gula Berbasis Alkohol Gula	150
10.4 Mekanisme Kerja Pemanis dan Pengganti Gula.....	151
10.5 Dampak Kesehatan.....	152
DAFTAR PUSTAKA	156
BAB 11 KIMIA ASAM LEMAK DAN MINYAK	159
11.1 Pendahuluan.....	159
11.2 Asam Lemak.....	163
11.3 Minyak	165
11.4 Penggolongan Asam lemak dan Minyak.....	166

11.5 Analisis Asam Lemak dan Minyak.....	167
11.4 Proses Modifikasi Asam Lemak dan Minyak.....	168
11.5 Aplikasi Asam lemak dan Minyak.....	171
11.6 Sifat Fisik Asam Lemak dan Minyak.....	172
11.7 Reaksi Kimia Asam Lemak dan Minyak.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	176
BAB 12 REAKSI CAMELIZATION	177
12.1 Pendahuluan	177
12.2 Definisi dan Proses Karamelisasi.....	178
12.3 Penelitian terkait karamelisasi	186
DAFTAR PUSTAKA.....	190
BAB 13 ANALISIS KIMIA DALAM KEAMANAN PANGAN	191
13.1 Pendahuluan	191
13.2 Tujuan Analisis Kimia dalam Keamanan Pangan	191
13.3 Contoh Senyawa yang Dianalisis.....	192
13.4 Metode Analisis Kimia.....	193
13.4.1 Jenis-jenis Kromatografi.....	193
13.4.2 Analisis Makanan Menggunakan Kromatografi Gas.....	193
13.4.3 Analisis Makanan Menggunakan KCKT/HPLC.....	194
13.4.4 analisis makanan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis.....	195
13.4.5 PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>): Untuk mendeteksi dan mengidentifikasi DNA mikroba dalam makanan.....	196
13.4.6 Spektrofotometri Massa.....	196
13.4.7 Analisis Berbasis Sensor Kimia	198
13.5 Uji Organoleptik.....	199
13.6 Peran Standar Keamanan Pangan.....	201
DAFTAR PUSTAKA.....	203
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Salah satu contoh hasil teknologi pengolahan makanan	29
Gambar 3.1. Skema reaksi Maillard	45
Gambar 6.1. Integrasi Katabolisme Protein, Karbohidrat, dan Lemak	84
Gambar 6.2. Proses Oksidasi Karbohidrat.....	85
Gambar 6.3. Jalur Tahapan Glikolisis.....	86
Gambar 6.4. Reaksi Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat.....	86
Gambar 6.5. Siklus Krebs.....	87
Gambar 6.6. Lipolisis Trigliserida	88
Gambar 6.7. Proses β -Oksidasi Asam Lemak.....	89
Gambar 6.8. Transaminasi Alanin	90
Gambar 6.9. Proses Deaminasi Glutamat.....	91
Gambar 7.1. Rumus struktur Flavonoid	99
Gambar 7.2. Rumus struktur Kuersetin	101
Gambar 7.3. Rumus struktur Rutin.....	102
Gambar 7.4. Rumus struktur Apigenin	103
Gambar 7.5. Rumus struktur Resveratrol	105
Gambar 7.6. Rumus struktur Kurkumin.....	107
Gambar 7.7. Rumus struktur likopen	108
Gambar 7.8. Rumus struktur Beta-karoten	109
Gambar 8.1. Interaksi subunit reseptor manis dengan makanan rasa manis	115
Gambar 8.2. Relatifitas tingkat kemanisan berbagai karbohidrat dengan kondisi suhu.....	118
Gambar 8.3. Senyawa yang memberikan aroma dari biji seledri dan pala	122
Gambar 11.1. Tristearin/trigliserida sederhana	159
Gambar 11.2. Struktur kimia asam-asam lemak jenuh.....	160
Gambar 11.3. Asam-asam lemak tak jenuh	161
Gambar 11.4. Diasetil (kiri)dan 3-hidroksi-2-butanon (kanan)	172
Gambar 11.5. Reaksi pembentukan trigliserida/lemak dari asam lemak dan gliserol.....	173

Gambar 11.6. Reaksi hidrolisis (kiri) dan penyabunan (kanan) dengan NaOH sebagai basa kuat.....	173
Gambar 12.1. Proses Karamelisasi.....	178
Gambar 12.2. Reaksi Umum Polifenol oleh polifenol oksidase (PPO) yang mengkatalisis pencoklatan enzimatis	179
Gambar 13.1. Instrumen Kromatografi Gas	194
Gambar 13.2. Instrumen KCKT	195
Gambar 13.3. Instrumen KCKT	196
Gambar 13.4. Instrumen Spektrofotometri Massa	198

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Nilai Karbohidrat (KH) berbagai bahan makanan (gram/100 gram)	5
Tabel 1.2. Kelompok Lauk Pauk sebagai Sumber Protein Nabati	9
Tabel 1.3. Daftar bahan penyerta Sumber protein hewani untuk 1 porsi ikan segar	10
Tabel 5.1. Berbagai macam jenis vitamin beserta sumber makanannya	76
Tabel 5.2. Berbagai macam jenis vitamin dan akibat dari defisiensi yang ditimbulkan	76
Tabel 5.3. Fitokimia kaya antioksidan dengan sumber makanan dan manfaat kesehatannya	78
Tabel 8.1. Tingkat rasa manis dari pemanis alami dan buatan	116
Tabel 11.1. Asam-asam lemak jenuh	166
Tabel 11.2. Asam-asam lemak tak jenuh	167
Tabel 11.3. Minyak berdasarkan manfaatnya	167

BAB 1

KOMPOSISI KIMIA BAHAN MAKANAN

Oleh Nur Aeni

1.1 Pengertian Komposisi Kimia Bahan Makanan

Kehidupan manusia sangat bergantung pada makanan. Makanan yang kita konsumsi membentuk kita. Makanan yang kita makan juga sehat jika kita sehat, tetapi makan juga dapat menyebabkan masalah kesehatan, terutama jika tidak seimbang, seperti terlalu banyak karbohidrat dan lemak dan kurang sayur-sayuran. Baik orang dewasa maupun anak-anak dapat mengalami masalah kesehatan karena kebiasaan makan buruk seperti itu. Komposisi kimia bahan makanan merupakan kandungan atau zat-zat kimia yang terdapat dalam makanan. Komposisi kimiawi sangat mempengaruhi seseorang dalam membuat pilihan yang tepat mengenai pola makan yang sehat dan menghasilkan kualitas hidup lebih baik secara keseluruhan. Komposisi kimia bahan makanan sangat penting untuk dikenali agar individu memahami peran nutrisi dalam tubuh karena sebagian penyebab terjadinya kerusakan sel dalam tubuh dipengaruhi oleh makanan yang tidak bergizi. Gaya hidup sehat yang dengan mengetahui komposisi kimia bahan makanan tentunya akan melibatkan pemahaman tentang kebutuhan nutrisi yang sesuai untuk mendukung fungsi tubuh secara optimal. Nutrisi merupakan aspek yang sangat penting bagi keseimbangan kehidupan untuk menjaga kesehatan manusia. Komposisi kimia bahan makanan mengacu pada jenis zat gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, air, dan mineral (Frances Sizer, 2017).

1.2 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan tongkat kehidupan bagi organisme dan salah satu zat gizi yang berfungsi untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan oleh manusia, hewan dan bagi berbagai mikroorganisme. Karbohidrat adalah polihidroksi aldehida atau

keton atau senyawa yang menghasilkan senyawa karbohidrat apabila dihidrolisis yang merupakan zat kelompok senyawa organik yang memiliki struktur molekul yang berbeda terdiri atas unsur 1:2:1 yaitu Carbon (C), hidrogen (H), dan Oksigen (O) yang umumnya ditulis dengan rumus empiris $(CH_2O)_n$. Karbohidrat berfungsi untuk menghasilkan energi, selain itu juga berfungsi sebagai pemberi rasa manis pada makanan, penghemat protein, pengatur metabolisme lemak, membantu pengeluaran feses, pelumas kerangka sendi, perekat antar sel, dan pemberi spesifisitas biologi pada permukaan sel hewan (Siregar, 2014). Karbohidrat termasuk dalam dua kategori umum yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks.

1.2.1 Karbohidrat Sederhana

Karbohidrat sederhana atau disebut sebagai gula sederhana merupakan jenis karbohidrat yang mudah di cerna dan dapat langsung ke aliran darah. Setelah dikonsumsi akan membuat suatu individu merasa berenergi. Dimulai di mulut, pencernaan karbohidrat berlanjut ke lambung dan kemudian ke usus halus. Di sana, karbohidrat diserap ke dalam cairan limpa, kemudian ke pembuluh darah kapiler dan kemudian melalui vena. Sebagian vena masuk ke hati dan sebagian lagi masuk ke usus besar. Feses mengeluarkan karbohidrat yang tersisa. Karbohidrat sederhana meliputi (Siregar, 2014):

1. Monosakarida. Ada tiga monosakarida nutrisi penting yaitu glukosa, fruktosa dan galaktosa. Glukosa, juga dikenal sebagai gula anggur, banyak ditemukan di alam dalam jumlah kecil, termasuk sayuran, buah-buahan, jagung, getah pohon dan madu. Glukosa memegang peranan yang sangat penting dalam ilmu gizi. Glukosa merupakan produk akhir pencernaan pati, sukrosa, maltosa dan laktosa pada hewan dan manusia. Selama metabolisme, glukosa merupakan bentuk karbohidrat yang beredar ke seluruh tubuh dan menyediakan sumber energi bagi sel. Fruktosa, juga dikenal sebagai gula buah, adalah gula yang paling manis. Gula ini terutama ditemukan pada madu serta glukosa pada buah-buahan, nektar, dan bahkan sayuran.

2. Disakarida. Ada tiga jenis nutrisi penting sukrosa, maltosa, dan laktosa. Sukrosa juga dikenal sebagai gula tebu atau gula bit. Gula pasir mengandung 99 sukrosa dan dibuat dari kedua bahan makanan tersebut melalui penyulingan dan kristalisasi. Gula merah dibuat dari kelapa, tebu atau tebu melalui proses penyulingan yang tidak sempurna. Sukrosa juga ditemukan pada buah-buahan, sayuran dan madu. Ketika dihidrolisis atau dicerna, sukrosa terurai menjadi unit glukosa dan fruktosa. Maltosa (gula malt) tidak ada secara bebas di alam. Maltosa terbentuk setiap kali pati dipecah. Setelah dicerna atau dihidrolisis, maltosa terurai menjadi dua unit glukosa. Laktosa (gula susu) hanya terdapat pada susu dan terdiri dari satu unit glukosa dan satu unit galaktosa. Banyak orang, terutama mereka yang berkulit berwarna (termasuk orang Indonesia), tidak dapat menoleransi susu sapi karena kurangnya enzim laktase, yang terbentuk di dinding usus dan diperlukan untuk memecah laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. Defisiensi laktase menyebabkan intoleransi laktosa. Selama proses pencernaan, laktosa yang tidak tercerna tidak dapat diserap dan tertinggal di saluran pencernaan. Hal ini berdampak pada jenis mikroorganisme yang berkembang biak, yang menyebabkan kembung, kejang perut, dan diare. Orang tua lebih rentan terhadap ketidaktahanan laktosa.
3. Oligosakarida “sedikit” dalam bahasa Yunani Oligosakarida terdiri dari dua polimer hingga sepuluh monosakarida. Disakarida juga termasuk dalam oligosakarida, tetapi karena peran pentingnya, mereka dibahas secara terpisah. Kebanyakan oligosakarida memiliki setidaknya tiga unit bebas yang terdiri dari rantai unit monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan kovalen, yaitu cincin yang terdiri dari enamatom karbon yang dapat digabungkan melalui ikatan tunggal dan rangkap bergantian (Lehninger, 1982).

1.2.2 Karbohidrat Kompleks

Seperti namanya, karbohidrat kompleks terdiri dari rantai panjang yang terdiri dari ribuan atau ratusan unit monosakarida rantai linear dan bercabang, yang membuatnya lebih sehat dan bergizi. Polisakarida dan selulosa adalah jenis karbohidrat kompleks tanaman yang paling umum.

1. Polisakarida. Pati khas sel tumbuhan dan glikogen adalah polisakarida penyimpan yang penting di alam. Orang memakan karbohidrat utama, pati, dari tumbuh-tumbuhan. Pati biasanya ada pada biji-bijian, dan umbi-umbian. Kacang-kacangan kering, seperti kedelai, kacang merah, dan kacang hijau, mengandung 30-60% pati; gandum, jagung, ubi jalar, kentang, dan singkong mengandung 20–30 persen pati. Pati masak melembutkan dan memecah sel, membuatnya lebih mudah dicerna. Pada tahap tengah pencernaan, dektin dan maltosa dibuat setelah semua bentuk pati dihidrolisis menjadi glukosa. Dekstrin terbentuk dari hidrolisis parsial pati atau terjadi antara hidrolisis pati. Glykogen, juga dikenal sebagai pati hewani, adalah penyimpanan karbohidrat dalam tubuh hewan dan manusia, terutama di otot dan hati. Dua pertigaglikogen disimpan di otot dan sisanya di hati. Glikogen otot hanya dapat digunakan untuk keperluan energi di otot, sedangkan glikogen hati dapat digunakan sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan seluruh sel dalam tubuh (Siregar, 2014).
2. Selulosa merupakan Polisakarida struktural ekstraseluler yang biasa ditemukan pada tumbuhan. Selulosa juga dikenal sebagai serat. Senyawa seperti serat tanah liat tidak larut dalam air dan terdapat pada dinding sel pelindung tumbuhan, terutama pada batang, cabang dan seluruh bagian kayu pada jaringan tumbuhan. Serat mendapat banyak perhatian karena perannya dalam mencegah berbagai penyakit (Lehninger, 1982).

Serat membantu mengurangi berat badan, sembelit, wasir, divertikula, kanker usus besar, diabetes, dan penyakit jantung koroner yang terkait dengan kolesterol tinggi. Biji-bijian, umbi-

umbian, kacang-kacangan kering, dan gula adalah sumber karbohidrat. Bihun, mie, roti, tepung terigu, selai, dan bahan lainnya adalah bahan olahannya. Nasi, jagung, ubi jalar, singkong, talas, dan sorgum adalah makanan pokok yang banyak mengandung karbohidrat. Nilai karbohidrat berbagai bahan pangan (gram/100gram) disajikan pada Tabel 1.1 (Departemen, 1979).

Tabel 1.1. Nilai Karbohidrat (KH) berbagai bahan makanan (gram/100 gram) (Departemen, 1979)

Bahan Makanan	Nilai KH	Bahan Makanan	Nilai KH
Gula pasir	94	Kacang tanah	23,6
Gula kelapa	76	Tempe	12,7
Jelli/jam	64,5	Tahu	1,6
Pati (maizena)	87,6	Pisang ambon	25,8
Bihun	82	Apel	14,9
Makaroni	78,7	Mangga harummanis	11,9
Beras setengah giling	78,3	Pepaya	12,2
Jagung kuning, pipil	73,7	Daun singkong	13
Kerupuk udang dengan pati	68,2	Wortel	9,3
Mie Kering	50	Bayam	6,5
Roti putih	50	Kangkung	5,4
Ketela pohon (singkong)	34,7	Tomat masak	4,2
Ubi jalar merah	27,9	Hati sapi	6
Kentang	19,2	Telur bebek	0,8
Kacang ijo	62,9	Telur ayam	0,7
Kacang merah	59,5	Susu sapi	4,3
Kacang kedelai	34,8	Susu kental manis	4

1.3 Protein

Protein merupakan asam amino yang memiliki ikatan peptida. Mengonsumsi protein, yang dicerna saluran pencernaan, diserap sebagai peptida kecil (di- dan tripeptida) dan asam amino bebas, dan kemudian digunakan untuk resintesis protein dalam sel. Selain itu, beberapa asam amino juga digunakan untuk sintesis spesifik produk (nonprotein), seperti oksida nitrat, poliamina, kreatin, glutathione, nukleotida, glukosamin, hormon, neurotransmitter, dan faktor lainnya. Untuk sebuah individu dalam keseimbangan nitrogen, jumlah protein yang sama dengan asupan protein (nitrogen) harian yang terdegradasi setiap hari dengan nitrogen diekskresikan sebagai urea dan amonia (dengan jumlah kreatinin dan asam urat terbatas). Kerangka karbon asam amino terdegradasi menjadi urea dan amonia diperoleh kembali melalui glukoneogenesis atau sintesis keton, atau dioksidasi menjadi karbon dioksida. Dari 20 asam amino yang ada dalam protein, 9 dianggap sebagai nutrisi yang sangat diperlukan (esensial) pada manusia dewasa karena tubuh tidak mampu mensintesisnya. Protein memiliki fungsi seluler yang penting dalam tubuh karena berpartisipasi dalam biosintesis porfirin, purin, pirimidin, dan urea. Rantai protein adalah sejenis polipeptida yang terdiri dari asam L- α -amino. Polimer asam amino dengan rantai pendek disebut peptida dan berperan penting sebagai hormon. Protein adalah makromolekul yang terdiri dari satu atau dua rantai polipeptida, dan terkadang dua atau lebih polipeptida. Protein dapat ditemukan di setiap sel dan terdiri dari unsur C, H, N, O, S, dan terkadang P, Besi, Zink, dan Kobalt. Di antara lebih dari 300 jenis asam amino yang ada di alam, hanya dua puluh jenis yang digunakan untuk membuat protein, dan manusia dan hewan tingkat tinggi hanya dapat mensintesis sepuluh dari dua puluh jenis tersebut, jadi kita perlu mendapatkan suplemen asam amino dari sumber makanan. Dengan menggabungkan dua puluh asam amino, sel dapat membuat protein yang memiliki berbagai bentuk dan fungsi. Organisme dapat menghasilkan protein untuk berbagai fungsi, seperti enzim, hormon, antibodi, transporter, jaringan otot, bulu, jaring laba-laba, cula badak, antibiotik, protein susu, bisa ular, dan lain-lain, karena bahan penyusunnya yang beragam.

Protein terbagi menjadi dua jenis berdasarkan bagaimana mereka dibuat. Yang pertama adalah protein sederhana. Protein ini hanya akan menghasilkan asam amino jika dihidrolisis. Ini terdiri dari 50% karbon, 7% hidrogen, 23% oksigen, dan 16% nitrogen dan 0-3% belerang. Kedua protein terhubung, dihidrolisisnya protein ini akan menghasilkan asam amino dan senyawa organik atau anorganik. Gugus prostetik adalah bagian non-asam amino yang terkonjugasi pada struktur protein. Nukleoprotein, lipoprotein, fosfoprotein, metaloprotein, dan glikoprotein adalah beberapa contoh protein terkonjugasi.

Jenis Protein: Protein dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan jenis bentuknya:

1. Protein berserat: jenis protein ini memiliki sumbu sejajar dan tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan garam. Contohnya termasuk kolagen, α -keratin, rambut, kuku, bulu, dan kulit.
2. Protein spherical. Protein seperti albumin dan hemoglobin berbentuk helical atau bulat dan larut dalam sistem air.

Struktur penyusun protein menentukan fungsinya. Menurut fungsi biologisnya, beberapa jenis protein adalah

1. Enzim: heksokinase, sitokrom c, dan DNA polimerase
2. Protein yang disimpan. Ovalbumin dan kasein adalah contohnya.
3. Mengangkut protein. Hemoglobin dan hemosianin adalah contohnya.
4. Beberapa protein, seperti miosin, memiliki kemampuan untuk berkontraksi.
5. Protein perlindungan Antibodi dan trombin sama dengan vertebrata.
- f) Racun: ular dan racun jamur.
6. Hormon: insulin dan hormon pertumbuhan.
7. Struktur protein: kolagen dan α -keratin.

Protein bertanggung jawab atas pembentukan dan perkembangan tubuh. Protein adalah zat utama pembentuk sel dalam tubuh, dan jika jumlah karbohidrat dan lemak dalam tubuh

berkurang, protein dapat digunakan sebagai sumber energi. Struktur protein unik karena mengandung N (nitrogen), C (karbon), H (hidrogen), dan O (oksigen), serta S (sulfur), P (fosfor), dan Fe (besi). Fungsi protein dalam tubuh manusia adalah untuk menumbuhkan dan mempertahankan jaringan baru, sehingga tubuh dapat membangun dan mempertahankan jaringan baru. Protein melakukan banyak peran tambahan, seperti sebagai sumber energi utama bersama lemak dan karbohidrat, bahan pembangun, dan agen pengkondisi. Selain itu, protein bertanggung jawab atas proses metabolisme melalui penggunaan enzim dan hormon untuk melindungi tubuh dari zat tertentu. Selain itu, protein mengatur proses metabolisme melalui enzim dan hormon, melindungi tubuh dari zat beracun atau berbahaya dan menjaga sel dan jaringan tubuh tetap sehat. Namun, dalam bentuk gen, protein juga berfungsi untuk menyimpan dan mewariskan sifat-sifat yang diturunkan atau keturunan. Pada gen ini, kode untuk sintesis protein enzim tertentu disimpan, sehingga proses metabolismenya diturunkan atau diwariskan dari orang tua ke anak dan berlanjut ke generasi berikutnya. Makanan hewani dan nabati adalah dua kategori sumber protein makanan.

1.3.1 Protein Hewani

Bahan makanan hewani merupakan sumber protein yang baik, dalam jumlah maupun mutu, seperti telur, susu, daging, unggas, ikan, dan kerang. Protein telur sering kali dianggap sebagai protein ideal (lengkap) yang memiliki profil asam amino yang sangat diperlukan dari protein lain.

1.3.2 Protein Nabati

Protein nabati adalah protein yang berasal dari tumbuhan, dan dapat ditemukan dalam makanan seperti kacang-kacangan, sayuran, dan buah-buahan. Kedelai adalah sumber protein nabati dengan kualitas atau nilai tertinggi, karena protein kacang polong terbatas pada asam amino metionin. Beberapa makanan nabati, termasuk kacang-kacangan seperti buncis, kacang polong, dan lentil, mengandung banyak protein. Namun, relatif sedikit makanan nabati yang menyediakan semua asam amino esensial atau glisin

dalam jumlah yang cukup. Kebanyakan kacang-kacangan cenderung kekurangan dalam metionin, dan meskipun kentang mengandung relatif besar jumlah protein, rasio asam amino yang sangat diperlukan sangat sedikit. Bahan makanan nabati lainnya cenderung mengandung jumlah yang sedikit protein dengan berbagai keterbatasan dalam kualitasnya. Sereal, untuk Misalnya, kandungan lisin dan triptofan cenderung rendah, meskipun mengandung cukup metionin. Jadi, kombinasi makanan nabati yang berbeda dalam masakan seperti nasi dan kacang-kacangan, atau selai kacang dan roti, menghasilkan efek komplementer yang meningkatkan kualitas protein jika dibandingkan dengan salah satu dari jenis makanan yang dikonsumsi sendiri. Oleh karena itu, memang demikian mungkin bagi orang dewasa untuk memperoleh jumlah yang cukup dan protein berkualitas tinggi dari pola makan vegetarian atau vegan. Namun, hal tersebut mungkin diperlukan untuk neonatus, dan itu hanya ada pada bahan makanan hewani. Kuantitas protein dalam suatu makanan biasanya dilaporkan sebagai total kandungan nitrogen dikalikan dengan 6,25. Hal ini dibenarkan sejak saat itu sebagian besar asam amino mengandung 16% nitrogen, namun perlu diketahui bahwa makanan mungkin mengandung senyawa nitrogen tambahan nonprotein, sehingga untuk beberapa bahan makanan dilaporkan kandungan protein mungkin kurang atau berlebihan.

Daftar makanan yang mengandung protein nabati sebagai pengganti satu porsi tempe dengan zat gizi sebanyak dua potong sedang atau lima puluh gram adalah delapan puluh kalori dan enam gram protein, seperti yang disajikan pada Tabel 1.2. (Departemen, 1979).

Tabel 1.2. Kelompok Lauk Pauk sebagai Sumber Protein Nabati

Bahan Makanan	Ukuran Rumah Tangga (URT)	Berat dalam Gram
Kacang Merah Keju	2 ½ Sdm	25
Kacang Kedelai	2 ½ Sdm	25
Kacang Hijau	2 ½ Sdm	25
Kacang Mete	1 ½ Sdm	15
Kacang Tanah	2 Sdm	20

Bahan Makanan	Ukuran Rumah Tangga (URT)	Berat dalam Gram
Kupas Kacang Toto	2 Sdm	20
Kacang Tanah	1 Sdm	15
Kembang Tahu	1 Lembar	20
Oncom	2 Potong	50
Petai Segar	1 Papan/Biji Besar	20
Tahu	2 Potong Sedang	100
Sari Kedelai	2 ½ Gelas	185

Tabel 1.3 menunjukkan daftar lauk pauk yang mengandung protein hewani sebagai imbalan seporsi ikan segar, di mana kandungan gizi satu (satu) potong ikan segar ukuran sedang dengan berat 40 gram adalah 50 kalori.

Tabel 1.3. Daftar bahan penyerta Sumber protein hewani untuk 1 porsi ikan segar (Departemen, 1979)

Bahan Makanan	Ukuran Rumah Tangga (URT)	Berat dalam Gram
Daging sapi	1 potong sedang	35
Daging ayam	1 potong sedang	40
Hati Sapi	1 potong sedang	50
Ikan Asin	1 potong kecil	15
Ikan Teri Kering	1 sendok makan	20
Telur Ayam	1 butir	55
Udang Basah	5 ekor sedang	35
Susu sapi	1 gelas	200
Susu kerbau	½ gelas	100
Susu kambing	¾ gelas	185
Tepung sari kedele	3 sendok makan	20
Tepung susu whole	4 sendok makan	20
Tepung susu krim	4 sendok makan	20

1.4 Lemak

Dua jenis lipid yang paling umum ditemukan di alam adalah minyak dan lemak. Keduanya berbeda dalam konsistensi dan sifat fisik pada suhu ruangan; lemak berbentuk padat, sedangkan minyak berbentuk cair. Jumlah ikatan rangkap, panjang rantai karbon, dan bentuk cis atau trans asam lemak tak jenuh yang berbeda menyebabkan perbedaan titik leleh lemak (Ketaren, 1986). Makanan lemak melakukan banyak hal penting bagi kehidupan. Lemak tidak hanya memiliki efek positif bagi kesehatan, tetapi juga memiliki efek negatif. Dalam tubuh, lemak berfungsi sebagai sumber energi, komponen membran sel, perantara aktivitas biologis antar sel, dan isolator untuk menjaga suhu tubuh, melindungi organ tubuh, dan menyediakan pelarut vitamin A, D, E, dan K (Ketaren, 1986). Penambahan lemak pada makanan membuatnya lebih enak dan membuatnya empuk dan beraroma. Mengonsumsi 9 kilokal per gram lemak menunjukkan bahwa lemak menghasilkan energi dua kali lipat di dalam tubuh daripada protein dan karbohidrat. Asam lemak dan gliserol adalah komponen dasar lemak yang dibuat dari hidrolisis lemak, minyak, dan senyawa lipid lainnya. Berdasarkan jumlah atom karbon (C), adakalanya ikatan rangkap, jumlah ikatan rangkap, dan letak ikatan rangkap, asam lemak penyusun lemak dapat dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh (Fennema, 1996).

1.4.1 Lemak Jenuh

Asam lemak jenuh memiliki ikatan rangkap pada atom karbon, yang berarti mereka tidak rentan terhadap oksidasi dan pembentukan radikal bebas seperti asam lemak tak jenuh. Meningkatkan kadar kolesterol total dan K-LDL, atau kolesterol LDL, adalah efek luar biasa dari asam lemak jenuh (Muller H, 2003). Makanan hewan (seperti daging berlemak, keju, mentega, dan krim) biasanya mengandung kolesterol selain asam lemak jenuh. Akibatnya, mengurangi konsumsi produk hewani akan lebih menguntungkan karena akan mengurangi asupan kolesterol. Setiap empat ons ayam atau daging sapi mengandung 100 mg kolesterol hewani dan asam lemak jenuh, yang dapat meningkatkan kadar K-LDL (kolesterol LDL). Asam lemak jenuh banyak ditemukan pada

minyak kelapa, minyak sawit, dan minyak lain yang digunakan untuk menggoreng (jelantah), meskipun dianggap sebagai sumber asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh juga ditemukan pada banyak lemak hewani. Disarankan untuk mengonsumsi 10 persen asam lemak jenuh (SFA) sebagai bagian dari konsumsi lemak harian sebesar 30 persen dari total energi (Sartika, 2007). Jumlah lemak jenuh rata-rata yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar kolesterol LDL tidak lebih dari 10 persen dari total energi. Hati menghasilkan banyak kolesterol LDL karena konsumsi lemak jenuh, yang berhubungan dengan penyakit jantung dan meningkatkan kadar kolesterol darah, yang dapat menyebabkan pembekuan darah. Namun, itu bergantung pada jenis bahan makanan yang digunakan. Asam lemak jenuh yang dikenal sebagai palmitat banyak ditemukan dalam minyak kelapa dan minyak sawit, tetapi keduanya tidak meningkatkan tingkat kolesterol darah (Mayes, 2003).

1.4.2 Lemak Tak Jenuh

Lemak tak jenuh dibagi menjadi asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA).

1. Asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA (*monounsaturated fatty acid*)) adalah asam lemak yang memiliki satu ikatan rangkap pada rantai atom karbonnya, yang dikenal sebagai asam lemak rantai panjang. Banyak ditemukan dalam minyak zaitun, kedelai, kacang tanah, biji kapas, dan minyak canola, yang masing-masing mengandung 77% MUFA. Asam lemak rantai panjang biasanya menurunkan kadar kolesterol darah, terutama ketika digunakan sebagai suplemen. Salah satu jenis lemak tak jenuh adalah omega-9 (oleat) (Ketaren, 1986).
2. Asam lemak tak jenuh ganda, juga dikenal sebagai PUFA (*polyunsaturated fatty acid*), adalah asam lemak dengan dua atau lebih ikatan rangkap. Pada suhu kamar, mereka cair dan bahkan tetap cair pada suhu rendah karena titik lelehnya yang lebih rendah daripada asam lemak tak jenuh atau asam lemak jenuh. Asam lemak ini banyak ditemukan dalam minyak ikan dan tumbuhan seperti biji bunga matahari, jagung, dan safflower. Salah satu sumber PUFA

alam yang penting bagi kesehatan adalah kacang-kacangan. Contoh PUFA adalah asam linoleat (omega-6) dan omega-3, yang merupakan asam lemak rantai panjang yang banyak ditemukan dalam minyak nabati dan ikan. (Mayes, 2003). Asam lemak tak jenuh ganda, termasuk asam lemak arakhidonat, dan linolenat, bertanggung jawab atas berbagai fungsi, termasuk menjaga fungsi dan integritas membran sel, dan transportasi dan metabolisme lemak. Asam lemak omega-3 sangat penting untuk fungsi otak dan retina. Asam lemak omega-3 membersihkan plasma dari lipoprotein kilomikron dan mungkin juga dari VLDL (lipoprotein dengan tingkat densitas tinggi) serta mengurangi produksi trigliserida, yang berkontribusi pada pencegahan artritis dan penyakit jantung koroner (Almatsier, 2001).

1.5 Vitamin

Vitamin adalah nutrien organik yang hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk berbagai proses biokimiawi dan tidak dapat dibuat oleh tubuh, sehingga harus diperoleh dari makanan. Vitamin A dan B adalah vitamin pertama yang ditemukan, dan keduanya larut dalam lemak dan air. Mereka berfungsi sebagai antioksidan, pertumbuhan, dan sistem kekebalan tubuh (Triana, 2006).

1.5.1 Vitamin yang Larut di Dalam Lemak

Semua molekul hidrofobik apolar, yang merupakan derivat isoprene, adalah vitamin yang larut dalam lemak. Tubuh tidak dapat menghasilkan molekul-molekul ini dalam jumlah yang cukup, jadi mereka perlu diperoleh melalui makanan. Untuk vitamin yang larut dalam lemak ini dapat diserap dengan baik, penyerapan lemak normal diperlukan. Penyerapan molekul vitamin ini harus diangkut dalam darah, terutama oleh lipoprotein atau protein pengikat spesifik. Vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E dan K (Triana, 2006).

1. Vitamin A atau retinal merupakan senyawa poliisoprenoid yang mengandung cincin sikloheksenil. Vitamin A adalah

istilah umum untuk semua senyawa asal hewan yang menunjukkan aktivitas biologis vitamin A. Senyawa tersebut adalah retinal, asam retinoat, dan retinol. Hanya retinol yang memiliki aktivitas vitamin A lengkap, jenis lainnya hanya memiliki fungsi vitamin A sebagian. Vitamin A mengandung vitamin, khususnya karoten. Pada buah-buahan dan sayur-sayuran, vitamin A ditemukan sebagai provitamin dalam bentuk pigmen kuning β -karoten, yang terdiri dari dua molekul retinal yang terhubung ke ujung aldehida rantai karbon. Namun karena β -karoten tidak mengalami metabolisme yang efisien, β -karoten hanya 1/10 efektif dibandingkan sumber vitamin A seperti retinal.

2. Vitamin D adalah prohormon steroid. Vitamin ini diwakili oleh sekelompok senyawa steroid yang ditemukan terutama pada hewan, tetapi juga pada tumbuhan dan ragi. Melalui berbagai proses metabolisme, vitamin D dapat menghasilkan hormon kalsitriol yang berperan sentral dalam metabolisme kalsium dan fosfat. Vitamin D dihasilkan dari provitamin ergosterol dan 7-dehydrocholesterol. Ergosterol ditemukan pada tumbuhan dan 7-dehydrocholesterol pada tubuh hewan. Ergokalsiferol (vitamin D₂) terbentuk pada tumbuhan, sedangkan pada tubuh hewan, kolekalsiferol (vitamin D₃) terbentuk ketika kulit terkena cahaya. Kekurangan vitamin D menyebabkan rakhitis pada anak-anak dan osteoporosis pada orang dewasa. Penyebab kelainan ini adalah pelunakan tulang akibat kekurangan kalsium dan fosfat. Ikan berminyak, kuning telur dan hati merupakan sumber vitamin D yang baik.
3. Vitamin E (tokoferol). Ada beberapa jenis tokoferol dalam bentuk alami. Semuanya merupakan tokol yang digantikan oleh 6-hidroksikroman atau isoprenoid. Kekurangan atau kekurangan vitamin E dapat menyebabkan anemia pada bayi. Kebutuhan vitamin E meningkat seiring dengan meningkatnya asupan lemak tak jenuh ganda. Konsumsi minyak mineral, paparan oksigen (seperti di tenda oksigen) atau berbagai penyakit yang mengakibatkan penyerapan

lemak tidak efektif akan menyebabkan kekurangan vitamin E yang menimbulkan gejala neurologis. Proses pengolahan makanan komersial, termasuk pembekuan, menghancurkan vitamin E. Sumber vitamin E yang baik adalah bibit gandum, biji bunga matahari dan minyak calendula, minyak jagung, dan minyak kedelai.

4. Poliisoprenoid, kelompok naftokuinon tersubstitusi, termasuk vitamin K. Keluarga vitamin K terdiri dari senyawa induk *menadione* (K_3), yang tidak ditemukan di alam. Namun, jika diberikan secara *in vivo*, senyawa tersebut akan alkilasi menjadi salah satu *menaquinone* (K_2). Bentuk utama vitamin K yang ditemukan pada tumbuhan adalah *phenylloquinone* (K_1). *Menaquinone-7* adalah salah satu dari beberapa bentuk polirenoid vitamin K tak jenuh yang ditemukan di jaringan hewan dan dibuat oleh bakteri usus. Penyerapan vitamin K membutuhkan penyerapan lemak yang normal. Malabsorpsi lemak adalah penyebab paling umum dari kekurangan vitamin K. Turunan vitamin K dalam bentuk alaminya diserap hanya dengan adanya garam empedu, seperti lipid lainnya, dan di distribusikan ke dalam darah melalui sistem limfatik, sebagai kilomikron. *Menadione*, larut dalam air, diserap bahkan tanpa adanya garam empedu, langsung masuk ke vena portal hepatis. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan gangguan pendarahan pada bayi baru lahir. Hal ini karena plasenta tidak mengirimkan vitamin K secara efektif. Kekurangan vitamin K mungkin disebabkan oleh malabsorpsi lemak, yang mungkin disertai dengan disfungsi pankreas, penyakit batu empedu, atrofi mukosa usus, atau penyebab gonore lainnya. Selain itu, desinfeksi usus dengan antibiotik juga dapat menyebabkan kekurangan vitamin K (Triana, 2006).

1.5.2 Vitamin yang Larut di Dalam Air

Ada berbagai jenis defisiensi dan penyakit yang berbeda yang dapat disebabkan oleh kekurangan vitamin atau kekurangan vitamin dalam diet. Karena diet yang buruk paling sering disertai dengan keadaan defisiensi multiple, kekurangan vitamin tunggal

kelompok B kompleks jarang terjadi. Di antara vitamin yang larut dalam air adalah penyakit beri-beri (defisiensi tiamin), keilosis, glositis, sebor, dan fotofobia (defisiensi riboflavin), pellagra (defisiensi niasin), neuritis perifer (defisiensi piridoksin), anemia megaloblastik (defisiensi asam folat), dan anemia megaloblastik (defisiensi asam askorbat). Mengonsumsi berbagai jenis makanan dalam jumlah yang cukup dapat membantu Anda menghindari kekurangan vitamin. (Triana, 2006).

1. Vitamin B berfungsi sebagai kofaktor dalam banyak reaksi enzimatik yang dilakukan tubuh kita. Tiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niasin (vitamin B3, asam nikotinat, nikotinamida), asam pantotenat (vitamin B5), vitamin B6 (piridoksin, piridoksal, piridoksamin), biotin, vitamin B12 (kobalamin), dan asam folat adalah vitamin B yang penting untuk nutrisi manusia. Kelebihan vitamin diekskresikan melalui urin dan oleh karena itu jarang terkumpul hingga mencapai konsentrasi beracun. Simpanan vitamin B kompleks terbatas (kecuali kobalamin), sehingga vitamin B kompleks harus dikonsumsi secara rutin.
2. Asam askorbat, atau bentuk aktif vitamin C, berfungsi sebagai donor setara yang mengurangi jumlah reaksi tertentu yang sangat penting. Asam askorbat dioksidasi menjadi asam dehidroaskorbat, yang dapat berfungsi sebagai sumber vitamin. Asam askorbat memiliki potensial hidrogen sebesar $+0,008$ V, yang memungkinkannya mereduksi senyawa seperti oksigen molekuler, nitrat, dan sitokrom a dan c. Beberapa proses yang membutuhkan asam askorbat termasuk hidroksilasi prolin dalam sintesis kolagen, dalam proses penguraian tirosin, oksidasi Hidroksi-fenilpiruvat menjadi homogentisat dan sintesis epinefrin dari tirosin pada tahap dopamine-hidroksilase dan pembentukan asam empedu pada tahap awal 7 alfa-hidroksilase. Korteks adrenal mengandung banyak vitamin C, yang akan habis dengan cepat jika kelenjar tersebut dirangsang oleh homocysteine. Buah-buahan dan sayuran mengandung banyak vitamin C (Triana, 2006).

1.6 Mineral

Dalam ilmu biokimia, atau lebih khusus lagi, mineral adalah semua unsur kimia yang ada di jaringan hidup kecuali karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Jika bahan biologi dibakar, semua persenyawaan-persenyawaan organik akan rusak, karbon akan berubah menjadi gas karbon dioksida (CO_2), dan hidrogen akan berubah menjadi uap air, dan nitrogen akan berubah menjadi uap nitrogen (N_2). Sebagian besar mineral akan ada dalam abu sebagai senyawa organik sederhana yang bergabung satu sama lain, yaitu logam dengan nonlogam atau bergabung dengan oksigen membentuk senyawa organik. Oleh karena itu, mineral disebut juga dengan abu atau bahan anorganik. Mineral dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu esensial dan non-esensial. Tergantung pada kuantitasnya, mineral juga dapat dibagi menjadi mineral utama atau mineral makro dan mineral jejak atau trace mineral (sering juga disebut unsur langka atau unsur aeolian atau unsur jejak) (Stryer, 1995).

1. Mineral primer atau unsur hara makro adalah mineral yang bersifat esensial atau alami yang diperoleh dalam tubuh hewan dalam jumlah yang relatif besar. Yang termasuk di sini adalah kalsium (Ca), fosfat (P), belerang (S), kalium (K), natrium (Na), klorida (Cl) dan magnesium (Mg).
2. Unsur jejak atau trace mineral (trace elements, rare elements, angina elements), khususnya mineral yang esensial dalam jumlah yang sangat kecil dan sering ditemukan dalam jaringan dengan konsentrasi yang sangat rendah. Unsur-unsur berikut termasuk dalam kategori ini: tembaga (Cu), besi (Fe), sink (Zn), mangan (Mn), cobalt (Co), iodium (I), malibdenum (Mo), dan selenium (Se) (Stryer, 1995). Mineral yang dianggap esensial bagi hewan termasuk fluor (F), barium (Ba), strontium (Sr), cadmium (Cd), dan krom (Cr). Makanan tidak mengandung mineral dalam bentuk radikal molekul, seperti yang terjadi dalam metabolisme protein, karbohidrat, dan lemak. Ion positif seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , dan Na^+ ditemukan dalam makanan dalam bentuk garam organik atau asam anorganik, atau mereka berasosiasi dengan protein atau lipid dan kemudian

diabsorbsi oleh tubuh. Meskipun mineral hanyalah sebagian kecil dari jaringan badan, mereka sangat bermanfaat untuk berbagai proses penting. Jumlahnya berkisar antara 2% dan 0,00004% (M.Clydesdale, 1995).

1.6.1 Kalsium (Ca)

Sebagai unsur makro, kalsium dan fosfor membentuk 70% abu tubuh. Sekitar 99% kalsium tubuh terdapat pada gigi dan tulang, yang merupakan komponen tulang yang paling penting. Unsur ini juga berfungsi sebagai penambah pada tumbuhan. Defisiensi Ca pada tanaman (khususnya tanaman herba) menunjukkan lemahnya tanaman dan lemahnya akar tumbuh. Unsur Ca biasanya ditemukan dalam biji-biji dan hijauan kayu, serta dalam susu dan makanan hewan. Salah satu masalah yang harus diperhatikan dalam hal nutrisi adalah masalah penyerapannya. Konsentrasi kalsium ionik yang berpengaruh secara faal berkisar antara 5–6 mg per 100 ml serum, dan kalsium normal dalam darah manusia atau hewan berkisar antara 9–11 mg per 100 ml serum, berbentuk ionik dan non ionik. Konsentrasi kalsium ionik yang berpengaruh secara faal berkisar antara 5 dan 6 mg per 100 ml. Kalsium yng non-ionik terikat dengan protein, terutama plasma albumin, dan sebagian kecil terikat dalam bentuk kalsium-sitrat kompleks. Semua sel membutuhkan kalsium. Kalsium dapat ditemukan dalam makanan seperti susu, keju, telur, kacang-kacangan, sayur-sayuran, buah-buahan. Ca adalah unsur utama yang menyusun gigi dan tulang (McLaren, 1981).

1.6.2 Magnesium (Mg)

Tubuh mengandung 21 gram magnesium dan senyawa 70 persen yang terdiri dari kalsium dan fosfor dalam garam kompleks tulang. Mereka yang tersisa berada di jaringan lunak dan cairan tubuh. Mg adalah kation utama jaringan lunak. fungsinya dalam otot untuk mengubah karbohidrat menjadi enzim dalam sistem glikolisis. Karena Mg adalah bagian dari chlorophyl, banyak dalam tumbuh-tumbuhan. Banyak magnesium (100-400 mg/100 gram) ditemukan dalam derivat

dari cacao, berbagai jenis nuts, kedelai, dan beberapa makanan laut. Ada konsentrasi 100–200 miligram per 100 gram kacang-kacangan dan padi-padian. Seorang pria harus mengonsumsi 350 mg setiap hari, sedangkan wanita harus mengonsumsi 300 mg setiap hari. Magnesium membantu menjaga tekanan darah normal, kekuatan tulang, dan detak jantung yang stabil. Kekurangan magnesium meningkatkan risiko berbagai masalah kesehatan (Fennema, 1996).

1.6.3 Besi (Fe)

Sejak lama, mineral besi telah digunakan untuk mengobati kekurangan darah. Setelah ditemukan bahwa unsur besi terdapat di dalam molekul hemoglobin darah, semuanya menjadi jelas. Besi juga memainkan peran penting bagi tumbuhan, yaitu membentuk senyawa *prfirin*-besi, yang merupakan prekursor klorofil. Molekul hemoglobin ikan, burung, dan manusia masing-masing mengandung 0,345 unsur besi. Daging, organ seperti hepar, jantung, dan limpa adalah sumber besi terbaik. Kuning telur, gandum, ikan, kerang, kurma, kacang-kacangan, bayam, tebu, dan *Havemont* adalah sumber lainnya. Sebagian besar besi yang ditemukan dalam makanan adalah dalam bentuk besi (Fe^{3+}), yang dapat berupa besi hidroksida atau senyawa besi organik. 70% zat besi dalam plasma dibawa ke sumsum tulang untuk sintesis sel darah merah. Dengan menggunakan isotop besi, kita melihat bahwa 27 miligram zat besi diperlukan setiap hari; 75% dari jumlah tersebut digunakan untuk sintesis hemoglobin; pada orang normal, 800 hingga 9.000 gram hemoglobin disintesis dalam 120 hingga 125 hari. Mineral besi membawa oksigen ke tubuh manusia (Stryer, 1995).

1.6.4 Zinc (Zn)

Salah satu mikronutrien penting yang bertanggung jawab atas fungsi kekebalan tubuh adalah zinc (Zn). Sel sel kekebalan tubuh cenderung kehilangan kemampuan mereka untuk mempertahankan fungsi kekebalan dalam kondisi defisiensi zinc (Stewart, 2016). Kadar zinc dalam plasma dapat diukur untuk mengetahui tingkat zinc dalam tubuh. Asupan zinc dari makanan dan suplementasi memengaruhi salah satunya. Jumlah zinc normal

dalam plasma adalah 0,66-1,10 g/mL. Asupan zinc yang tidak cukup dapat menyebabkan atrofi timus, lymphopenia, dan kegagalan dalam memerangi infeksi virus atau mikroba (Hebel, 2008). Zinc tidak hanya merupakan kofaktor dari banyak enzim dan berfungsi dalam metabolisme gizi, tetapi juga mengontrol aktivasi sel-sel kekebalan yang melawan infeksi. Dalam kasus infeksi HIV, kekurangan zinc dalam plasma dapat menghambat pembentukan sel T. Ini pada akhirnya dapat mengurangi imunitas humoral dan seluler, menyebabkan penyakit berkembang lebih lanjut, dan meningkatkan risiko kematian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suplementasi zinc pada penderita HIV/AIDS memiliki hasil yang kontroversial. Tujuan dari ulasan sistematis ini adalah untuk mengevaluasi tingkat zinc pada individu yang menderita HIV atau AIDS serta dampak suplementasi zinc terhadap imunitas mereka. Penelitian yang dilakukan pada orang dewasa yang terinfeksi HIV berusia di atas 18 tahun yang menjalani pengobatan rawat jalan atau rawat inap dan menerima hanya suplementasi zinc atau multivitamin dan mineral. Metode ini digunakan untuk melakukan tinjauan literatur. Hasil peninjauan sembilan artikel menunjukkan bahwa suplementasi zinc dengan dosis minimal 12 mg per hari (atau 12 mg setiap hari atau selama satu bulan) meningkatkan limfosit CD4+ dan status IFN- γ pada sebagian besar orang terinfeksi HIV. Selain itu, suplemen seng membantu mengobati infeksi lain seperti diare, pneumonia, dan tuberkulosis. Ada bukti bahwa suplemen zinc dapat meningkatkan kekebalan penderita HIV/AIDS (Farapti, 2019).

1.7 Air

Air adalah zat kimia dengan rumus kimia H_2O , di mana dua atom hidrogen terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Pada kondisi standar, tekanan 100 kPa (1 bar) dan suhu 273,15 K (0°C), air tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Banyak bahan kimia lainnya dapat dilarutkan oleh bahan kimia ini, seperti garam, gula, asam, gas tertentu, dan berbagai jenis molekul organik. Mineral penting untuk kehidupan organisme. Selain itu, kehidupan membutuhkan air. Karena sebagian besar tubuh kita terdiri dari air, tanaman tidak dapat bertahan hidup jika tanah benar-benar kering

karena akar tidak dapat menyerap mineral penting dari dalam tanah. Air terdiri dari pelarut. Air disebut universal karena banyak zat dapat larut dalamnya. Kehidupan bergantung pada air. Menurut (Ball, 2005), semua makhluk hidup tidak dapat hidup tanpa air. Air adalah zat, bahan, atau elemen penting untuk semua bentuk kehidupan yang diketahui ada di Bumi, tetapi tidak ada di planet lain. Hampir 71% permukaan Bumi terdiri dari air. Ada 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta meter kubik) air di Bumi. Sebagian besar ada di laut (air asin) dan di lapisan es (di kutub dan puncak gunung). Namun, air juga dapat datang dalam bentuk awan, hujan, sungai, permukaan air tawar, danau, uap air, dan laut. Siklus air melibatkan aliran air dari permukaan tanah (sungai dan muara) menuju laut melalui penguapan, hujan, dan aliran lainnya. Kehidupan manusia bergantung pada air bersih. Di banyak negara di seluruh dunia, ada kekurangan air. Air dalam jumlah besar tidak hanya ditemukan di Bumi tetapi juga di kutub utara dan selatan planet Mars, serta di bulan Europa dan Enceladus (Peter, 2006). Satu-satunya zat yang secara alami ditemukan di permukaan bumi dalam salah satu dari tiga bentuk air: padat (es), cair (air), atau gas (uap). Sebagian besar tubuh organisme hidup adalah air. Air membentuk sekitar tujuh puluh hingga sembilan puluh persen bahan organik. Di lingkungan perairan, terjadi reaksi kimia yang mendukung kehidupan setiap makhluk hidup. Tubuh membutuhkan 1 hingga 2,5 liter atau 6 hingga 8 gelas air mineral setiap hari untuk menjaga pencernaan, metabolisme, zat makanan, dan keseimbangan tubuh (Asmadi, 2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier. 2001. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Almatsier, S. 2009. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Asmadi. 2011. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Ball, P. 2005. Water and life. *Nature*, 1042-1049.
- Departemen, D. G. 1979. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: . Bharata Karya Aksara.
- Farapti, P. H. 2019. Zinc Status and The Role of Zinc Supplementation on Immune System in HIV/AIDS Patients: A Systematic Review. *Media Gizi Indonesia*, 115–122.
- Fennema. 1996. Food Chemistry. In M. Dekker, *Kimia Pangan* (pp. 9-22). USA: Inc.
- Frances Sizer, E. W. 2017. *Nutrition: Concepts and Controversies* (14 ed.). Cengage Learning.
- Hebel, M. U. 2008. Effect of Long-Term Zinc Supplementation and Deprivation on Gene Expression in Human THP-1 Mononuclear cells. *Journal Trace Elem Med Bio*, 325–336.
- Ketaren. 1986. *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Lehninger, A. L. 1982. *Biochemistry*. The Johns Hopkins University School Of Medicine: Worth Publisher, Inc.
- M.Clydesdale, F. 1995. *Food Nutrition and Health*. Newyork: The A VI Publishing Company Inc. WeStport, Connecticut.
- Mayes. 2003. *Biokimia*. Jakarta: IPB.
- McLaren, D. 1981. *Nutrition and its Disorders*. Melbourne and New York: Churchill Livingstone Edinburgh London.
- Muller H, L. A. 2003. The serum LDL/HDL cholesterol ratio is influenced more favorably by exchanging saturated with unsaturated fat than by reducing saturated fat in the diet of women. *Journal Nutrition*, 23-35.
- Peter, G. 2006. *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press.
- Sartika. 2007. *Pengaruh Asupan Asam Lemak Trans Terhadap Profil Lipid*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Siregar, N. S. 2014. Karbohidrat. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 38-44.
- Sizer, F. W. 2017. *Nutrition: Concepts and Controversies*. Cengage Learning.
- Stewart, S. C. 2016. Lower Plasma Zinc Levels in Hyperglycemic People Living with HIV in the MASH cohort. *Journal of AIDS & Clinical Research*, 542-551.
- Stryer. 1995. *Biochemistry*. America: Appleton & Lange.
- Triana, V. 2006. Macam-Macam Vitamin dan Fungsinya Dalam Tubuh Manusia. *Andalas Journal of Public Health*, 1-9.

BAB 2

TRANSFORMASI KIMIA DALAM PENGOLAHAN MAKANAN

Oleh Husnah

Manusia membutuhkan berbagai hal dalam kehidupannya agar bisa bertahan hidup.. Seiring perkembangan zaman kebutuhan ini bisa dipenuhi melalui berbagai cara. Bahkan untuk memenuhi kebutuhan ini manusia menciptakan dan mengembangkan teknologi agar dapat mempersingkat waktu, ruang dan jarak.

Dalam kehidupan ini semua terjadi sesuai kehendak Tuhan YME, baik terjadi secara alami maupun yang direkayasa oleh manusia. Setiap peristiwa tentu ada yang melatar belakangi. Begitupun dengan reaksi kimia yang terjadi dalam setiap aspek kehidupan. Di kehidupan kita tidak terlepas dari proses kimiawi, seperti perkaratan besi, pembusukan makanan, penguraian senyawa-senyawa, pelapukan, berbagai industri (pembuatan pupuk, semen, dll), proses pengolahan air, pembuatan berbagai olahan makanan, bahkan terjadi dalam tubuh kita yaitu proses pencernaan makanan.

Setiap perubahan yang terjadi, dimana perubahan itu tidak bisa dikembalikan lagi menjadi semula (bahan asal) maka bisa dikatakan bahwa telah terjadi reaksi/proses kimiawi. Karena itu ilmu kimia sering disebut sebagai transformer dalam kehidupan. Banyak hal bisa dilakukan perubahan (rekayasa) melalui ilmu kimia baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Transformasi kimia ini ada yang terjadi secara alami, tetapi banyak juga yang terjadi dengan adanya campur tangan manusia. Transformasi secara alami seperti pematangan buah di pohon, proses pencernaan didalam tubuh, pembusukan makhluk hidup yang sudah mati, dll. Tetapi manusia dengan segala kemampuan yang dimilikinya berusaha mengembangkan transformasi sesuai kebutuhan dan keinginannya, seperti pembuatan dan pengolahan

makanan (tape dibuat melalui fermentasi singkong, yogurt diolah dari fermentasi susu, dll), pengolahan mineral dan bahan tambang lainnya menjadi barang yang bisa memenuhi kebutuhan manusia (biji besi, bauksit, emas, tembaga, dll), pengembangan industri (tekstil, semen, pupuk, kertas, dll).

Kegiatan pengolahan sumber daya alam oleh manusia melalui proses kimia ini tentu saja harus diawasi dan dikendalikan oleh manusia itu sendiri dan lembaga yang berwenang, karena setiap tindakan yang dilakukan pasti akan berdampak negatif jika dilakukan tanpa kontrol dan kendali, apalagi dilakukan secara kontinyu. Sumber daya alam pada dasarnya memiliki kemampuan untuk merecovery dirinya sendiri, tetapi jika proses pemanfaatannya berlebihan dan melewati ambang batas, maka akan terjadi kerusakan. Karena itu setiap tindakan perubahan secara kimia yang dilakukan manusia seyogyanya harus memiliki aturan dan kendali dari berbagai pihak.

2.1 Pengertian Transformasi Kimia

Sebuah senyawa bisa mengalami perubahan menjadi lebih sederhana struktur kimianya atau senyawa yang berbeda di dalam lingkungan hidup. Hal inilah yang sering disebut dengan Transformasi Kimia. Perubahan ini bisa diakibatkan oleh beberapa hal seperti aktivitas antropogenik atau nonantropogenik.

Mungkin tidak banyak yang tahu bahwa ilmu kimia adalah transformer. Ilmu kimia bisa melakukan transformasi. Bayangkan saja, jika kita keluar dari rumah, mengunci pintu, membuka pagar, menyalakan mobil, kita memerlukan beberapa kunci. Anak kunci kita terbuat dari logam. Pagar kita dari besi. Mobil kita banyak komponennya terbuat dari besi. Padahal tadinya besi berada di tambang besi dalam bentuk tanah berbesi, bertembaga, bertimbal, bermerkuri, yang dipisah-pisahkan karena orang kimia mengetahui caranya. Kita bisa memilih mobil bercat putih, tembok bercat hijau lembut, sepatu dan tas merah, permen dan es krim warna warni yang lembut, semua adalah transformasi-transformasi kimia dari atom dan molekul yang ada di alam, Ini tidak mudah, tidak semudah memetik buah mangga dan

mengupasnya serta memakannya. Walaupun secara alami buah mangga yang mentah bisa menjadi asam manis lalu manis sekali, juga merupakan transformasi kimia.

Transformasi kimia terjadi secara alami, maupun dilakukan dengan sengaja oleh manusia. Buah menjadi matang dan busuk misalnya, adalah transformasi kimia yang terjadi secara alami. Demikian proses itu terjadi secara spontan tanpa campur tangan manusia. Namun besi di tanah menjadi anak kunci atau pagar, adalah transformasi kimia oleh usaha manusia. Banyak sekali yang telah dilakukan manusia atas alam. Bukan saja merubah mineral bumi, mengganti dan membuat bahan berenergi juga bisa.

2.2 Definisi Bahan Pangan

Makanan menjadi kebutuhan utama manusia untuk menjamin keberlangsungan hidup manusia karena itu sangat penting untuk dipenuhi. Kebutuhan ini tentu saja berasal dari sumber daya alam hayati (hewani dan nabati).

Definisi pangan berdasarkan UU Pangan No. 7 / 1996 adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman. Sedangkan pengertian pangan lebih diperluas terutama ruang lingkup jenis pangannya berdasarkan UU No. 18 / 2012 tentang Pangan. pangan didefinisikan segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati, produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air baik yang diolah maupun tidak diolah diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyimpanan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan dan minuman (Prabowo, 2015).

2.3 Teknologi Pangan

Di era industri dan globalisasi ini, hampir semua kehidupan telah tersentuh oleh transformasi kimia, tak terkecuali pada pengolahan makanan. Dulu manusia hanya mengolah makanan secara sederhana. Bahkan bahan-bahan yang digunakan pun masih mengandalkan sumber dari alam seperti garam, gula, pandan, rempah-rempah, dll.

Semakin berkembangnya teknologi dan informasi, manusia semakin dituntut untuk mengembangkan kualitas dari produk olahannya, dan kebutuhan utama manusia yaitu makanan menjadi prioritas untuk dikembangkan, salah satunya melalui transformasi kimia dalam pengolahan makanan (teknologi pangan).

Berbagai cara yang digunakan manusia dalam rumah tangga atau industri pengolahan makanan dalam mengubah bahan baku makanan menjadi produk makanan ataupun mengubah produk makanan tersebut menjadi berbagai bentuk yang lain guna memenuhi kebutuhan makanan untuk manusia maupun hewan, disebut pengolahan makanan. Dalam proses pengolahan makanan harus dilakukan sebaik mungkin agar kandungan gizi dalam makanan tidak hilang.

Pangan merupakan kebutuhan mendasar yang mempunyai arti penting dalam kehidupan manusia. Ini adalah komponen penting dalam kehidupan kita sehari-hari dan tidak dapat diabaikan. Akibatnya, banyak produsen berupaya menciptakan makanan berkualitas tinggi yang aman dan bergizi. Evolusi teknologi juga memainkan peran penting dalam perkembangan industri makanan. Seiring dengan semakin sibuknya manusia, permintaan akan pilihan makanan cepat saji dan nyaman pun meningkat. Pengenalan makanan yang diawetkan dan dikemas, serta makanan instan, adalah contohnya. Kemajuan ini telah memberikan banyak manfaat bagi masyarakat.

Dalam pengolahan makanan, ada dua aspek penting yang perlu diperhatikan. Pertama, pangan yang dikonsumsi harus memenuhi standar keamanan, yaitu harus menarik secara visual, enak, serta memiliki tekstur dan konsistensi yang

sesuai dengan preferensi konsumen. Kedua, harus memenuhi kebutuhan gizi yang di syaratkan (Mulyani, 2017).

Kebutuhan gizi tersebut disyaratkan bebas dari segala pengotor baik yang bersifat biologis, kimia maupun fisik (Rakhmawati, 2015). Penting juga untuk mempertimbangkan kebersihan makanan di setiap tahap proses pengolahan. Hal ini penting untuk mencegah konsumsi makanan yang berpotensi menjadi vektor penularan penyakit, yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan (Marpaung et al., 2012; Yunus, 2015; Assidiq et al., 2019; Khotimah, 2015).

Di satu sisi, proses produksi bahan pangan dapat menghasilkan produk yang bergizi, aman dikonsumsi, dan menggugah selera. Di sisi lain, pengolahan juga dapat menimbulkan dampak sebaliknya, seperti produksi bahan kimia berbahaya yang dapat menyebabkan produk kekurangan nutrisi atau tidak aman untuk dikonsumsi. Selain itu, sifat sensorik produk juga dapat terkena dampak negatif, seperti perubahan warna, tekstur, bau, atau rasa yang mungkin kurang disukai konsumen. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengoptimalkan pengolahan bahan makanan untuk mencapai hasil yang diinginkan sekaligus meminimalkan dampak negatifnya. Memahami dampak pengolahan terhadap nilai gizi dan keamanan sangatlah penting, namun yang tidak kalah pentingnya adalah memastikan bahwa pengolahan makanan dilakukan dengan cara yang menghasilkan produk yang aman dan bernilai gizi tinggi.



Gambar 2.1. Salah satu contoh hasil teknologi pengolahan makanan
(Sumber : <https://media.ikopin.ac.id>)

Teknologi pengolahan makanan ini bagian dari ilmu teknologi pangan yang merupakan disiplin ilmu sains yang menggabungkan prinsip-prinsip dasar biokimia, mikrobiologi, teknik dan gizi dalam konteks makanan. Ilmu teknologi pangan mengaplikasikan pengetahuan yang relevan terkait dengan bahan pangan, terutama dalam mengolah bahan pangan setelah panen, dengan tujuan menggunakan teknologi untuk meningkatkan kualitas dan memberikan nilai tambah pada bahan pangan tersebut.

Pertanyaan yang muncul tentang manfaat teknologi pangan dalam kehidupan sehari-hari dapat disebabkan oleh dampak cepatnya kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) di sektor pangan. Meskipun telah ada banyak inovasi yang telah dilahirkan, sebagian masyarakat masih memandang bahwa pangan yang terbaik adalah yang berasal secara alami, bukan hasil modifikasi teknologi pangan. Namun, perlu diakui bahwa seiring dengan pertumbuhan industri pangan di Indonesia, teknologi pangan memainkan peran yang signifikan dalam kemajuan sektor ini.

Dengan bantuan teknologi pangan, kita dapat memahami karakteristik kimia, fisik, dan biologis suatu bahan pangan. Selain itu, kita juga dapat menggali berbagai metode pengelolaan bahan pangan, termasuk proses, pengemasan, penyimpanan, pengawetan, dan banyak lainnya.

Disiplin ilmu ini memberikan wawasan mengenai manfaat teknologi pangan yang merujuk pada penciptaan bahan pangan yang efisien dan dapat diakses oleh masyarakat sehari-hari. Meskipun demikian, manfaat teknologi pangan jauh lebih luas. Berikut beberapa keuntungannya dalam konteks kehidupan manusia:

1. Mengawetkan Makanan

Kebutuhan manusia untuk pangan yang bersifat rutin, meskipun sumber alam menghasilkannya secara berkala, membuat aspek ini menjadi sangat penting dalam konteks teknologi pangan. Teknik pengawetan menjadi salah satu poin penting ketika menjelaskan manfaat teknologi pangan dalam kehidupan sehari-hari.

Teknologi pangan memungkinkan kita untuk menyimpan hasil panen dan makanan agar dapat digunakan secara bertahap. Ini membantu kita memahami betapa pentingnya memperpanjang masa simpan makanan dengan menghindari masalah pembusukan yang dapat terjadi pada bahan pangan. Penerapan teknik pengawetan ini membantu kita mengakui manfaat teknologi pangan dalam mendistribusikan bahan makanan ke berbagai lokasi, terutama ketika mengirimkan bantuan pangan ke daerah yang terkena bencana alam.

2. Menghilangkan Penyakit dari Makanan

Dalam teknologi pangan kita juga akan mendalami pemahaman tentang mikroba yang terkait dengan bahan makanan. Penerapan ilmu ini sangat bermanfaat dalam mengenali berbagai mikroba yang menjadi sumber penyakit yang mungkin ada pada bahan makanan. Ilmu teknologi pangan mengajarkan kita cara mengatasi mikroba berbahaya ini, sehingga bahan makanan menjadi lebih aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

Dalam keseharian, kita dapat memahami apa manfaat teknologi pangan dalam hal ini melalui proses pasteurisasi yang terbukti membuat susu lebih aman dan steril untuk dikonsumsi. Proses ini membunuh mikroba patogen dalam susu tanpa mengubah rasa atau nutrisi produk, sehingga memastikan bahwa makanan yang kita konsumsi lebih aman dan sehat. Dengan demikian, teknologi pangan berkontribusi secara signifikan dalam menjaga keamanan pangan dan kesehatan masyarakat.

3. Meningkatkan Nutrisi Makanan

Manfaat teknologi pangan lain yang dapat dirasakan adalah peningkatan kualitas nutrisi dalam makanan yang kita konsumsi. Belajar tentang ilmu teknologi pangan mendorong kita untuk terus berinovasi dalam pengolahan bahan makanan. Inovasi ini menghasilkan beragam pilihan makanan yang lebih banyak tersedia bagi masyarakat. Dengan memahami hal ini,

kita dapat melihat bahwa teknologi pangan tidak hanya berperan dalam menciptakan makanan yang memenuhi kebutuhan gizi, tetapi juga dalam menciptakan makanan yang memuaskan selera dan mendukung kesehatan tubuh melalui kandungannya.

Dengan demikian, teknologi pangan memberikan kontribusi positif dalam menyediakan makanan yang tidak hanya bergizi, tetapi juga lezat dan bermanfaat bagi kesejahteraan tubuh kita. Teknologi pangan membantu menciptakan berbagai pilihan yang memungkinkan kita untuk menikmati makanan dengan cita rasa yang beragam sambil menjaga kesehatan dan kualitas gizi yang diperlukan.

Kehadiran teknologi pangan memberikan peluang yang lebih besar bagi masyarakat untuk menikmati berbagai jenis makanan, yang pada akhirnya membantu mencapai asupan nutrisi yang seimbang. Contoh yang menggambarkan peningkatan nutrisi dalam makanan yang berhasil dicapai melalui teknologi pangan adalah proses fortifikasi garam, yang efektif dalam mencegah penyakit gondok. Hal ini memastikan bahwa masyarakat memiliki akses ke beragam pilihan makanan, yang pada akhirnya berkontribusi pada diet yang seimbang dan peningkatan kesehatan secara keseluruhan.

4. Meningkatkan Efisiensi Menyantap Makanan

Efisiensi dalam mengonsumsi makanan bisa didapat melalui teknologi pangan, dimana Inovasi-inovasi dalam teknologi pangan memberikan kemudahan bagi masyarakat dalam mengonsumsi makanan. beberapa contoh dari inovasi ini dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti susu cair yang siap diminum, bumbu penyedap instan, kopi instan tanpa ampas, dan lain-lain. Dalam ilmu teknologi pangan, kita memahami berbagai aspek mulai dari karakteristik bahan baku hingga pemilihan kemasan. Melalui pemahaman ini, kita dapat mengaplikasikan teknologi untuk menciptakan produk makanan yang lebih efisien dan praktis bagi konsumsi masyarakat.

5. Mengurangi Kerugian Sisa Bahan Pangan

Ilmu teknologi pangan tidak hanya terkait dengan pengetahuan mengenai pengolahan bahan pangan, tetapi juga mencakup aspek produksi dan distribusi produk tersebut hingga sampai ke tangan konsumen. Dalam ilmu ini, kita mempelajari berbagai teknik modifikasi bahan pangan untuk menciptakan sistem produksi bahan pangan yang lebih efisien. Sebagai contoh, kita memahami cara petani dapat meningkatkan hasil panen dari ladang atau kebun mereka, serta bagaimana mengubah sisa bahan pangan menjadi produk yang tetap bermanfaat dan dapat dikonsumsi oleh masyarakat dalam berbagai bentuk yang berbeda.

Manfaat ini memberikan dukungan yang signifikan bagi para petani dalam upaya meminimalkan kerugian pasca panen. Sisa bahan pangan yang sebelumnya tidak terjual dapat tetap dimanfaatkan, bahkan dalam bentuk yang berbeda. Di lapangan, dampak positif dari aspek ini dapat dilihat saat panen tomat dan bawang yang melimpah. Sisa-sisa dari hasil panen tersebut tidak langsung dibuang, melainkan bawang yang tersisa dapat diolah menjadi bawang goreng siap konsumsi, sementara tomat yang tersisa dapat diubah menjadi saus tomat. Ini adalah contoh konkret bagaimana teknologi pangan dapat membantu mengurangi pemborosan bahan pangan dan meningkatkan keberlanjutan dalam pertanian.

2.4 Proses-proses Transformasi Kimia dalam Pengolahan Makanan

Salah satu tujuan utama dari teknologi pangan adalah untuk mendukung kelangsungan hidup manusia dengan meningkatkan kualitas bahan makanan yang tersedia. Hal ini dapat dicapai melalui berbagai metode, seperti mengolah bahan mentah menjadi makanan siap konsumsi, serta memproses bahan setengah jadi untuk memperpanjang masa simpannya dan mengubahnya menjadi makanan siap saji.

Penting untuk diingat bahwa tidak semua bahan makanan memerlukan pengolahan intensif sebelum dikonsumsi. Namun,

sebagian besar bahan makanan memerlukan pengolahan agar bisa mencapai cita rasa, aroma, dan tampilan terbaiknya.

Oleh karena itu, bagian penting dari teknologi pangan melibatkan transformasi kimia dalam proses pengolahan makanan. Beberapa proses yang mengakibatkan perubahan kimia yang terjadi dalam pengolahan makanan meliputi:

2.4.1 Pemanasan

Mengolah atau memasak adalah proses pemberian panas kepada bahan makanan dengan tujuan tertentu. Fungsi pemanasan ini mencakup peningkatan rasa, memfasilitasi pencernaan, perbaikan tekstur, peningkatan penampilan, dan pembunuhan mikroorganisme. Perambatan panas dari sumber panas ke dalam bahan makanan biasanya terjadi melalui tiga cara:

1. **Konduksi:** Ini adalah proses perambatan panas melalui bahan perantara yang bersentuhan langsung dengan bahan makanan yang dimasak. Contohnya, ketika kita memasak dengan griddle, wajan teflon, merebus dalam panci, atau menggoreng menggunakan wajan.
2. **Konveksi:** Ini adalah perambatan panas melalui pergerakan massa bahan perantara yang membawa panas bersamanya. Contohnya, ketika kita memasak dengan memanaskan oven, udara panas bergerak dan membawa panas ke bahan makanan.
3. **Radiasi:** Ini adalah perambatan panas melalui pancaran langsung dari sumber panas ke bahan makanan tanpa perlu perantara. Contohnya, saat memanaskan makanan dalam oven microwave, panas dipancarkan langsung ke makanan dan memanaskan bagian luar dan dalam secara cepat.

Pemanasan makanan dapat menyebabkan berbagai perubahan dalam kualitas makanan, termasuk:

1. **Perubahan Warna:** Proses pemanasan dapat mengakibatkan perubahan warna dalam makanan. Ini terjadi karena reaksi kimia pada pigmen alami, seperti klorofil (yang memberikan warna hijau), senyawa karotenoid (yang memberikan warna oranye), antosianin (yang memberikan warna merah atau

- ungu), dan betalain (yang memberikan warna merah atau kuning). Beberapa pigmen makanan dapat mengalami perubahan warna atau pemudaran selama proses pemanasan.
2. Cita Rasa dan Tekstur: Pemanasan juga dapat memengaruhi cita rasa dan tekstur makanan. Misalnya, pemanasan dapat menyebabkan pelunakan tekstur makanan dan kehilangan keutuhan jaringan atau sel. Ini terjadi karena pemanasan dapat merusak struktur sel dan zat-zat kimia dalam bahan makanan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi rasa dan nilai gizi makanan. Beberapa senyawa kimia dalam makanan juga dapat mengalami perubahan selama proses pemanasan, yang dapat mempengaruhi cita rasa.

Perubahan-perubahan ini penting untuk dipahami dalam pengolahan makanan, karena mereka dapat memengaruhi kualitas akhir makanan dan bagaimana makanan itu diterima oleh konsumen. Beberapa teknik pengolahan makanan dirancang untuk meminimalkan perubahan-perubahan ini atau bahkan memanfaatkannya untuk menciptakan rasa dan tekstur yang diinginkan dalam makanan.

2.4.2 Fermentasi

Fermentasi, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), adalah proses penguraian metabolisme senyawa organik yang dilakukan oleh mikroorganisme, yang menghasilkan energi. Fermentasi adalah suatu proses alami di mana mikroorganisme, dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen), seperti ragi dan bakteri, mengubah karbohidrat, seperti pati dan gula, menjadi alkohol atau asam. Alkohol atau asam ini berperan sebagai pengawet alami dan memberikan rasa yang berbeda pada makanan yang mengalami fermentasi.

Fermentasi adalah salah satu teknik pengolahan makanan tertua di dunia dan telah ada sejak sekitar 6000 tahun sebelum Masehi, diperkirakan berasal dari peradaban kuno China. Hingga saat ini, fermentasi tetap menjadi teknik populer dalam pengolahan makanan, digunakan dalam pembuatan berbagai produk seperti tempe, keju, yoghurt, tape, kimchi, natto, acar, hingga wine. Makanan

yang melalui proses fermentasi berbeda dengan makanan yang sudah basi, karena fermentasi merupakan proses pengawetan alami yang menjaga makanan tetap layak untuk dikonsumsi.

Fermentasi adalah proses yang memiliki tujuan umum untuk menghasilkan produk turunan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas produk hasil fermentasi meliputi asam, garam, suhu, oksigen, mikroorganisme, dan alkohol.

Proses fermentasi memiliki dampak besar terhadap rasa, aroma, dan tekstur makanan, serta dapat memperpanjang umur simpan makanan. Selain itu, makanan yang melalui proses fermentasi juga dapat memiliki dampak positif bagi kesehatan jika dikonsumsi. Oleh karena itu, fermentasi telah menjadi teknik yang ada secara turun-temurun dan terus mengalami perkembangan dalam pengelolaannya.

Dalam jurnal "Utilization of Microorganism on the Development of Halal Food Based on Biotechnology" (Faridah dan Sari, 2019) makanan fermentasi dapat dibagi menjadi empat macam dilihat dari prosesnya yaitu :

1. **Fermentasi Alkoholik:** Ini adalah jenis fermentasi di mana mikroorganisme, seperti ragi, mengubah gula menjadi alkohol dan gas. Contoh produk fermentasi alkoholik meliputi bir, wine, dan anggur.
2. **Fermentasi Asam Laktat:** Pada jenis fermentasi ini, mikroorganisme mengubah gula menjadi asam laktat. Contoh produk fermentasi asam laktat meliputi yoghurt, kefir, dan beberapa jenis acar.
3. **Fermentasi Asam Asetat:** Dalam fermentasi ini, mikroorganisme menghasilkan asam asetat sebagai produk utama. Contoh produk fermentasi asam asetat meliputi cuka.
4. **Fermentasi Alkoholik dan Asam Laktat:** Beberapa produk fermentasi menggabungkan proses alkoholik dan asam laktat. Contoh produk ini termasuk kimchi dan beberapa jenis keju.

Setiap jenis fermentasi menghasilkan produk makanan yang memiliki karakteristik dan rasa yang unik, serta memberikan manfaat gizi dan kesehatan yang beragam. Proses fermentasi telah digunakan selama ribuan tahun dalam berbagai budaya untuk

menghasilkan makanan yang lebih tahan lama dan memiliki nilai tambah.

Kelebihan Proses Fermentasi

1. Meningkatkan nilai gizi makanan.
Fermentasi dapat meningkatkan nilai gizi makanan karena dalam proses fermentasi, zat-zat makanan yang awalnya sulit dicerna oleh tubuh dapat dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah diserap. Ini berarti bahwa makanan hasil fermentasi seringkali mengandung nutrisi yang lebih tinggi dan lebih mudah dicerna.
2. Meningkatkan Mutu Suatu Produk.,
Proses fermentasi dapat memberikan makanan cita rasa yang lebih baik, yang pada gilirannya meningkatkan variasi mutu makanan. Dengan fermentasi, makanan bisa memiliki rasa yang lebih kaya dan beragam
3. Makanan Hasil Fermentasi Lebih Mudah Dimakan.
Mikroorganisme dalam fermentasi dapat memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Akibatnya, makanan hasil fermentasi sering lebih mudah untuk dicerna dan dikonsumsi. Sebagai contoh, dalam susu fermentasi seperti yoghurt, laktosa dipecah menjadi bentuk yang lebih mudah dicerna.
4. Menghambat Pertumbuhan Mikroorganisme Patogen.
Fermentasi dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dalam makanan. Beberapa hasil fermentasi seperti alkohol dan asam memiliki sifat antimikroba yang membantu melindungi makanan dari mikroorganisme berbahaya.
5. Kehadiran Enzim.
Dalam makanan yang melalui proses fermentasi, kehadiran enzim merupakan faktor penting yang membuat makanan lebih mudah dicerna. Enzim-enzim ini membantu memecah nutrisi dalam makanan, sehingga tubuh dapat menyerapnya dengan lebih efisien.

Semua manfaat ini menjadikan fermentasi sebagai teknik penting dalam pengolahan makanan yang tidak hanya

meningkatkan kualitas makanan, tetapi juga memberikan keuntungan bagi kesehatan dan nilai gizi makanan.

Kekurangan Proses Fermentasi

1. Membuat tekstur makanan berubah dan lebih permeable (berpori), terhadap air pengolahan.

contohnya kapang dengan miseliumnya bisa masuk ke dalam makanan sehingga dapat mengubah tekstur makanan, membuatnya lebih berpori, dan lebih permeabel terhadap air pengolahan. Ini adalah efek yang sering terjadi dalam beberapa jenis fermentasi. Contoh lainnya adalah dalam pembuatan roti, kapang digunakan untuk mengubah tekstur adonan dan memberikan struktur berpori pada roti. Kapang menghasilkan gas karbon dioksida sebagai produk sampingan dari metabolisme mereka, dan gas ini menciptakan gelembung-gelembung udara dalam adonan, yang menghasilkan tekstur yang lebih ringan dan berpori pada roti.

Sementara itu, dalam fermentasi tempe, kapang *Rhizopus oligosporus* tumbuh di dalam kedelai dan membentuk miselium yang mengubah tekstur kedelai menjadi lebih padat dan memberikan cita rasa khas tempe. Proses ini juga membuat kedelai lebih permeabel terhadap air, sehingga memudahkan fermentasi dan pemrosesan.

Jadi, efek perubahan tekstur dan porositas makanan adalah salah satu hasil umum dari fermentasi yang sering memberikan karakteristik unik pada berbagai jenis makanan hasil fermentasi.

2. Dalam beberapa jenis makanan hasil fermentasi, terutama jika proses fermentasi tidak dikendalikan dengan baik, ada kemungkinan terjadinya keracunan.

Hal ini disebabkan oleh produksi racun oleh mikroorganisme yang ikut dalam proses fermentasi. Contoh kasus yang terkenal adalah racun yang dihasilkan oleh *Clostridium botulinum* dalam pembuatan tempe bongkrek.

Clostridium botulinum adalah bakteri anaerobik yang dapat menghasilkan racun botulinum. Ketika tumbuh dalam kondisi anaerobik, seperti dalam pembuatan tempe bongkrek, bakteri ini dapat menghasilkan racun botulinum yang sangat beracun. Jika racun ini tidak dihancurkan selama proses fermentasi, makanan yang dihasilkan bisa menjadi beracun dan berbahaya jika dikonsumsi.

Oleh karena itu, sangat penting untuk mengendalikan proses fermentasi dengan hati-hati, termasuk mengawasi suhu, pH, dan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri berbahaya. Selain itu, pastikan kebersihan dan sanitasi selama proses fermentasi juga dijaga dengan baik untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme patogen.

Ketika makanan hasil fermentasi diproduksi secara aman dan prosesnya dikendalikan dengan benar, risiko keracunan dapat diminimalkan, dan makanan hasil fermentasi dapat dinikmati dengan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Faridah, H. D., & Sari, S. K. 2019. *Utilization of microorganism on the development of halal food based on biotechnology*. *Journal of Halal Food Based on Biotechnology*
<https://media.ikopin.ac.id>)
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)
- Mulyani, R., 2017. Pengetahuan, Sikap dan Perilaku Higiene Pengolah Makanan. *Jurnal Ilmiah Keperawatan Sai Betik*, 10(1), 6-12.
- Marpaung, N., Santi, D.N., & Marsaulina, I., 2012. Hygiene Sanitasi Pengolahan Dan Pemeriksaan Escherichia Coli Dalam Pengolahan Makanan Di Instalasi Gizi Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Tahun 2012. *Lingkungan dan Keselamatan Kerja*, 1(2).
- Prabowo. 2015. Kebijakan Pemerintah Dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Di Indonesia, *Jurnal Mediagro*.
- Undang-Undang Pangan No. 7 Tahun 1996
- Undang-Undang Pangan UU No. 18 Tahun 2012

BAB 3

REAKSI MAILLARD

Oleh Eka Cahya Muliawati

3.1 Pendahuluan

Reaksi Maillard merupakan suatu reaksi kompleks antara asam amino dengan gula yang terjadi pada suhu tinggi, umumnya pada proses pemanasan makanan. Reaksi ini pertama kali ditemukan oleh seorang ahli kimia Prancis bernama Louis-Camille Maillard pada awal abad ke-20. Reaksi Maillard memainkan peran penting dalam pembentukan aroma, warna, dan rasa pada berbagai produk pangan yang dipanaskan, seperti roti panggang, kopi, daging panggang, dan produk pangan lainnya.

Secara umum, reaksi ini melibatkan interaksi antara gula reduksi (seperti glukosa atau fruktosa) dengan asam amino (komponen pembentuk protein) dalam kondisi pemanasan. Tahapan utama reaksi Maillard melibatkan pembentukan senyawa-senyawa kompleks yang memberikan karakteristik khusus pada makanan yang diproses dengan cara ini.

Beberapa tahapan kunci dalam Reaksi Maillard melibatkan pembentukan senyawa intermediat seperti Amadori, yang kemudian mengalami reaksi lebih lanjut membentuk senyawa-senyawa aromatik yang memberikan ciri khas pada makanan tersebut. Selain itu, reaksi ini juga dapat berkontribusi pada perubahan warna makanan, yang sering kali diinginkan dalam industri pangan untuk meningkatkan daya tarik visual.

Meskipun Reaksi Maillard memberikan banyak manfaat, terutama dalam meningkatkan kompleksitas rasa dan aroma, namun pada beberapa kasus, bisa juga menyebabkan pembentukan senyawa-senyawa yang dianggap sebagai potensial karsinogen. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang reaksi ini memiliki dampak penting pada pengolahan pangan dan pengembangan produk baru.

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang Reaksi Maillard, penelitian terus dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaannya dalam industri pangan, sekaligus mempertimbangkan dampak kesehatan yang mungkin terkait.

3.2 Proses Reaksi Maillard

3.2.1 Tahapan Reaksi Maillard

Reaksi Maillard terdiri dari beberapa tahapan kompleks, dan pembentukan glikosilamin adalah salah satu tahap awalnya. Berikut adalah penjelasan singkat tentang ketiga tahapan utama Reaksi Maillard:

Tahap 1: Pembentukan Glikosilamin

1. Interaksi Gula dan Asam Amino:

Tahap awal Reaksi Maillard melibatkan interaksi antara gula reduksi (seperti glukosa atau fruktosa) dengan asam amino bebas pada asam amino, peptida, atau protein dari protein makanan.

2. Pembentukan Basa Schiff dan Produk Amadori:

Interaksi ini menghasilkan basa Schiff, yang merupakan senyawa antara yang terbentuk dari ikatan antara gugus amino dan gugus karbonil. Selanjutnya basa Schiff mengalami penataan ulang menjadi senyawa antara yang disebut produk Amadori (Heyns Rearrangement). Ini adalah senyawa glikosilamin yang stabil dan dapat menjadi intermediate yang penting dalam reaksi selanjutnya. Senyawa intermediate reaktif itu seperti 1-deoksiglukoson dan 3-deoksiglukoson melalui pengaturan ulang amino-deoksialdosa atau -deoksiketosa.

Tahap 2: Dehidrasi dan Pembentukan Turunan Furan, Redukton, dan Lainnya

1. Dehidrasi Produk Amadori:

Produk Amadori dapat mengalami dehidrasi, membentuk senyawa yang lebih reaktif, termasuk turunan furan dan redukton.

2. Pembentukan Senyawa Reaktif:

Turunan furan, redukton, dan senyawa karbonil lainnya dapat terbentuk selama tahap ini. Komponen 1-deoksiglukoson atau

3-deoksiglukoson melalui reaksi retroaldol membentuk alpha dikarbonil reaktif, seperti piruvaldehida dan diasetil. Senyawa-senyawa ini memiliki potensi untuk membentuk kompleks aroma dan rasa. Senyawa alpha dikarbonil reaktif bereaksi dengan komponen lain, seperti amonia dan hidrogensulfida, membentuk komponen citarasa seperti pirazin, piridon, pirol, furan, dan lain sebagainya.

Tahap 3: Pengubahan dari Furan dan Karbonil menjadi Senyawa Citarasa dan Warna

1. Reaksi Lebih Lanjut:

Senyawa-senyawa yang dihasilkan selama tahap sebelumnya dapat mengalami serangkaian reaksi lebih lanjut, termasuk fragmentasi dan polimerisasi (Muliawati *et al.*, 2017, 2019; Cahya Muliawati, Yustia and Mirzayanti, 2021).

2. Pembentukan Senyawa Citarasa dan Warna:

Akhirnya, senyawa-senyawa ini dapat berkontribusi pada pembentukan senyawa citarasa dan warna yang memberikan karakteristik khas pada makanan yang mengalami Reaksi Maillard.

Catatan Penting:

1. Variabilitas Produk:

Produk akhir Reaksi Maillard dapat sangat bervariasi tergantung pada kondisi pemanasan, jenis asam amino dan gula yang terlibat, serta faktor-faktor lain.

2. Pentingnya Reaksi Melibatkan Suhu Tinggi:

Reaksi Maillard umumnya terjadi pada suhu tinggi, seperti pada proses panggang, pemanggangan, dan penggorengan, yang memberikan kontribusi pada pengembangan warna dan citarasa pada makanan.

Penting untuk dicatat bahwa Reaksi Maillard merupakan proses yang sangat kompleks dan dapat terjadi dalam berbagai variasi, membentuk berbagai senyawa yang memberikan karakteristik sensorik khas pada makanan yang diproses.

Selanjutnya dapat dijelaskan pada Gambar skema reaksi Maillard yang dikemukakan oleh John E. Hodge (1953) adalah salah satu representasi yang menggambarkan tahapan-tahapan utama dalam reaksi ini. Reaksi Maillard yang umum melibatkan gula reduksi dan asam amino dijelaskan dengan baik oleh skema Hodge. Berikut adalah ringkasan tahapannya:

1. Awal Reaksi:

Gula Reduksi (R-CHO) dan Asam Amino (NH₂-R'): Gula reduksi, seperti glukosa atau fruktosa, berinteraksi dengan asam amino (NH₂-R') dari protein makanan.

2. Pembentukan Produk Amadori:

Intermediat Amadori (H₁N₁C₂R₃): Interaksi antara gula reduksi dan asam amino menghasilkan senyawa antara yang disebut produk Amadori (H₁N₁C₂R₃).

3. Tahap Dehidrasi:

Dehidrasi Amadori (H₂N=CR₃): Produk Amadori mengalami dehidrasi, membentuk senyawa yang lebih reaktif yang dapat mengalami serangkaian reaksi lanjutan.

4. Pembentukan Senyawa α-diketona:

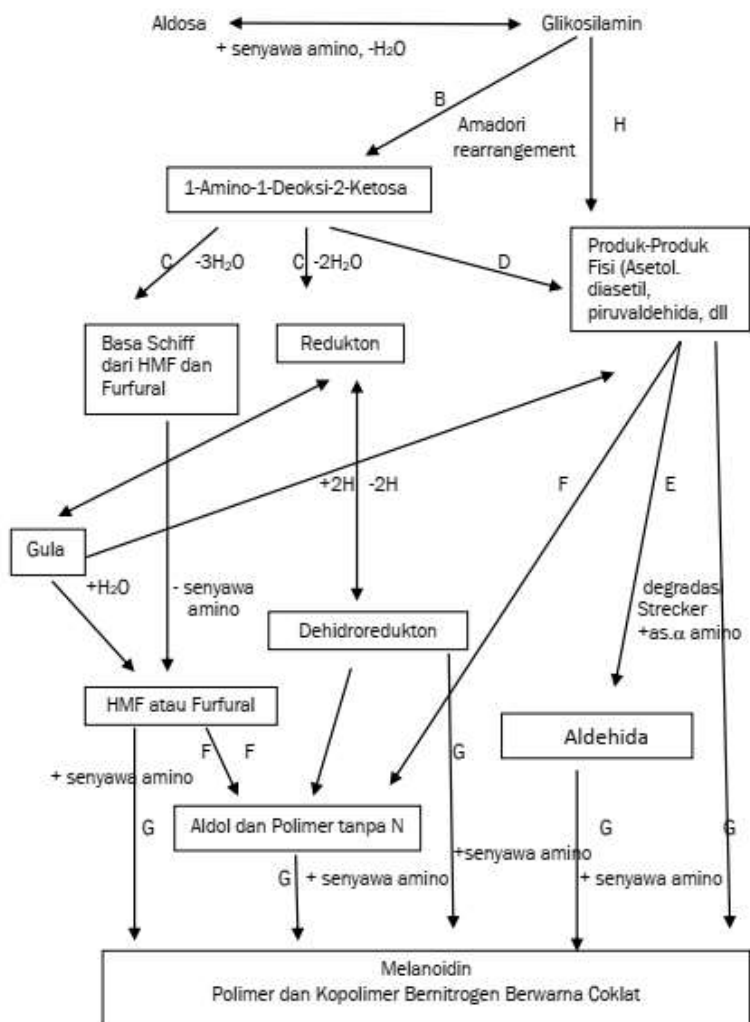
α-diketona (R₃C=O): Melalui serangkaian reaksi, termasuk dehidrasi dan deoksidasi, terbentuk senyawa α-diketona yang merupakan intermediate yang penting dalam pembentukan senyawa aroma.

5. Fragmentasi dan Pembentukan Senyawa Aromatik:

Senyawa Aromatik yang Berkontribusi pada Aroma: Senyawa α-diketona dapat mengalami fragmentasi dan reaksi lainnya, membentuk senyawa-senyawa aromatik seperti pirazin, yang memberikan aroma khas pada produk pangan.

6. Pembentukan Pigmen Melanoidin:

Pigmen Melanoidin (Brown Compounds): Selama reaksi, juga terbentuk pigmen melanoidin yang memberikan warna coklat atau keemasan pada produk pangan.



Gambar 3.1. Skema reaksi Maillard (Khetarpaul and Chauhan, 1990)

Skema Hodge memberikan gambaran umum tentang bagaimana gula reduksi dan asam amino bereaksi selama pemanasan untuk membentuk senyawa kompleks yang mempengaruhi rasa, aroma, dan warna pada makanan yang mengalami proses Reaksi Maillard. Penting untuk dicatat bahwa skema ini merupakan representasi umum dan bahwa reaksi ini

dapat bervariasi tergantung pada kondisi spesifik pemanasan dan komposisi bahan pangan yang terlibat.

3.2.2 Senyawa Hasil Reaksi Maillard

Senyawa hasil reaksi Maillard dapat menghasilkan berbagai jenis senyawa kompleks, termasuk senyawa-senyawa oksigen heterosiklik, senyawa nitrogen heterosiklik bersulfur, dan senyawa nitrogen heterosiklik. Beberapa contoh senyawa-senyawa ini termasuk dalam kelompok senyawa-senyawa aromatik yang memberikan karakteristik unik pada produk pangan yang mengalami proses Maillard. Berikut adalah beberapa contoh:

1. Senyawa Oksigen Heterosiklik:

- a. **Pirazin:** Terbentuk dari reaksi antara asam amino dan gula, memberikan aroma panggang atau kopi.
- b. **Oksazin dan Tiazin:** Contoh lain dari senyawa oksigen heterosiklik yang dapat memberikan kontribusi pada aroma dan rasa.

2. Senyawa Nitrogen Heterosiklik Bersulfur:

- a. **Tiouril:** Terbentuk dari reaksi antara asam amino yang mengandung sulfur (seperti sistin) dengan gula, memberikan karakteristik rasa dan aroma.
- b. **Tiazol:** Contoh lain dari senyawa nitrogen heterosiklik bersulfur yang dapat terbentuk selama Reaksi Maillard.

3. Senyawa Nitrogen Heterosiklik:

- a. **Piridin, Pirazin, dan Pirimidin:** Beberapa senyawa nitrogen heterosiklik dapat terbentuk sebagai produk akhir reaksi Maillard, memberikan kontribusi pada aroma dan warna produk pangan.
- b. **Imidazol:** Contoh lain yang dapat terbentuk selama proses Maillard.

Semua senyawa-senyawa ini berkontribusi pada kompleksitas rasa dan aroma yang dihasilkan selama Reaksi Maillard. Warna yang dihasilkan juga dapat berasal dari senyawa pigmen melanoidin yang terbentuk selama reaksi tersebut. Perbedaan dalam komposisi asam amino, gula, dan kondisi pemanasan dapat menghasilkan variasi dalam jenis senyawa yang

terbentuk, memberikan karakteristik sensorik yang unik pada setiap produk pangan yang melibatkan reaksi Maillard.

3.2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi

Pembentukan senyawa-senyawa hasil Reaksi Maillard dipengaruhi oleh beberapa faktor kunci. Berikut adalah penjelasan singkat tentang bagaimana setiap faktor tersebut memengaruhi reaksi Maillard:

1. Jenis Gula Pereduksi:

Jenis gula pereduksi, seperti glukosa, fruktosa, atau laktosa, dapat memengaruhi produk akhir reaksi Maillard. Gula-gula ini memiliki reaktivitas yang berbeda dan dapat menghasilkan senyawa-senyawa aromatik yang berbeda.

2. Jenis Asam Amino:

Berbagai asam amino dalam protein memberikan kontribusi pada pembentukan senyawa-senyawa tertentu selama reaksi Maillard. Asam amino dengan rantai samping yang mengandung sulfur, seperti sistin, dapat membentuk senyawa heterosiklik bersulfur.

3. Rasio Antara Gula Pereduksi dengan Asam Amino:

Rasio antara jumlah gula pereduksi dan asam amino dapat memengaruhi tingkat reaksi Maillard. Rasio yang tinggi dapat meningkatkan pembentukan produk, tetapi jika rasio ini terlalu tinggi, bisa menyebabkan pembentukan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan.

4. Suhu:

Suhu pemanasan adalah faktor kritis. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju reaksi Maillard, tetapi suhu yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan atau bahkan pembakaran.

5. pH (Keasaman):

pH makanan juga memengaruhi reaksi Maillard. Kondisi asam atau basa dapat mempengaruhi kecepatan dan jenis senyawa yang terbentuk. Kondisi asam cenderung meningkatkan pembentukan senyawa-senyawa asam.

6. Kadar Air dan Aktivitas Air:

Kelembaban atau kadar air dalam bahan pangan memengaruhi aktivitas air, yang dapat mempengaruhi laju reaksi Maillard. Kadar air yang tinggi dapat memperlambat reaksi tersebut.

Semua faktor ini saling terkait dan memainkan peran penting dalam mengarahkan hasil akhir reaksi Maillard. Pemahaman mendalam terhadap faktor-faktor ini membantu dalam mengendalikan proses pemanasan pada pembuatan makanan untuk mencapai karakteristik sensorik yang diinginkan.

3.3 Degradasi-Degradasi pada Reaksi Maillard

Reaksi Maillard, meskipun memberikan kontribusi pada aroma, rasa, dan warna makanan yang dihasilkan, juga dapat menyebabkan degradasi nutrisi dan pembentukan senyawa-senyawa yang dianggap tidak diinginkan. Beberapa aspek degradasi yang terkait dengan Reaksi Maillard antara lain:

1. Degradasi Nutrisi:

- a. **Asam Amino:** Reaksi Maillard dapat mengakibatkan kerugian asam amino yang penting. Asam amino esensial dapat terdegradasi, mengurangi nilai nutrisi protein dalam makanan.
- b. **Vitamin:** Beberapa vitamin, terutama vitamin B dan vitamin C, dapat terdegradasi selama reaksi Maillard. Vitamin-vitamin ini penting untuk kesehatan tubuh, dan degradasi mereka dapat mengurangi kualitas nutrisi makanan.

2. Pembentukan Senyawa Karsinogenik:

Beberapa senyawa yang terbentuk selama Reaksi Maillard, terutama pada suhu tinggi, dapat memiliki sifat karsinogenik. Contohnya, akrilamida adalah senyawa karsinogenik yang dapat terbentuk selama pemanasan makanan yang mengandung asam amino dan gula, seperti kentang goreng atau roti panggang.

3. Pembentukan Senyawa yang Berkaitan dengan Penyakit:

Reaksi Maillard pada suhu tinggi dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang berhubungan dengan penyakit degeneratif, termasuk diabetes dan aterosklerosis.

4. Pembentukan Senyawa yang Menyebabkan Alergi:

Beberapa senyawa hasil Reaksi Maillard dapat berkontribusi pada reaksi alergi pada beberapa individu. Misalnya, produk reaksi antara protein susu dan gula dapat menjadi alergen bagi beberapa orang.

Untuk mengatasi potensi degradasi dan pembentukan senyawa tidak diinginkan, penelitian terus dilakukan untuk mengoptimalkan kondisi pemanasan, memahami faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi Maillard, dan mengembangkan metode pengolahan yang lebih baik. Pemilihan bahan baku, kontrol suhu, dan manajemen waktu pemanasan dapat membantu meminimalkan dampak negatif reaksi Maillard pada kualitas nutrisi dan keamanan pangan.

Sementara itu, pada proses reaksi maillard terdapat 3 degradasi yaitu degradasi Strecker, degradasi Lipida, dan degradasi Thiamin.

3.3.1 Degradasi Strecker

Degradasi Strecker adalah salah satu aspek dari Reaksi Maillard yang dapat terjadi selama interaksi antara asam amino dan gula. Degradasi Strecker melibatkan pembentukan senyawa volatil yang memberikan kontribusi pada aroma makanan. Berikut adalah ringkasan tentang Degradasi Strecker dalam konteks Reaksi Maillard:

1. Asam Amino dan Gula:

Pada tahap awal Reaksi Maillard, asam amino dari protein makanan berinteraksi dengan gula pereduksi, menghasilkan senyawa antara, seperti produk Amadori.

2. Degradasi Strecker:

- a. Produk Amadori kemudian dapat mengalami degradasi Strecker, yang melibatkan pemecahan produk Amadori

menjadi senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma makanan.

- b. Senyawa volatil ini termasuk aldehida, keton, dan asam karboksilat, yang memiliki aroma khas dan berperan dalam membentuk karakteristik rasa pada produk pangan yang mengalami Reaksi Maillard.

3. Contoh Senyawa yang Dihasilkan:

- a. **Aldehida:** Contohnya, metilpropanal, yang memberikan aroma panggang atau karamel.
- b. **Keton:** Misalnya, diasetil, yang memberikan aroma mentega.
- c. **Asam Karboksilat:** Misalnya, asam butanoat, yang memberikan aroma buah.

4. Kontribusi pada Aroma:

- a. Degradasi Strecker berperan penting dalam membentuk profil aroma kompleks pada berbagai produk pangan yang dipanaskan, seperti roti panggang, kopi, dan daging panggang.
- b. Senyawa-senyawa volatil yang dihasilkan selama degradasi Strecker dapat memberikan nuansa aroma yang kaya dan beragam.

Penting untuk dicatat bahwa kontribusi Degradasi Strecker pada aroma dapat bervariasi tergantung pada jenis asam amino, gula, dan kondisi pemanasan. Kontrol suhu dan waktu pemanasan juga dapat memengaruhi tingkat dan jenis senyawa volatil yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang faktor-faktor ini penting untuk menghasilkan produk pangan dengan karakteristik sensorik yang diinginkan.

3.3.2 Degradasi Lipid

Secara umum, lipida atau lemak tidak secara langsung terlibat dalam Reaksi Maillard, yang utamanya melibatkan interaksi antara gula reduksi dan asam amino pada suhu tinggi. Meskipun begitu, lipida atau lemak dapat mengalami perubahan dan degradasi selama proses pemanasan yang melibatkan Reaksi Maillard, terutama jika pemanasan dilakukan pada suhu yang tinggi dan

dalam kondisi tertentu. Perubahan ini dapat memengaruhi rasa, aroma, dan warna produk pangan.

Berikut adalah beberapa dampak degradasi lipid pada reaksi Maillard:

1. Pembentukan Senyawa Aroma dan Warna:

Produk degradasi lipid, seperti asam lemak bebas, dapat berinteraksi dengan senyawa-senyawa hasil Reaksi Maillard, menyumbang pada profil aroma dan warna produk pangan.

2. Reaksi Degradasi Lipid-Oksidatif:

Pada suhu tinggi, degradasi lipid dapat melibatkan reaksi oksidatif yang menghasilkan senyawa-senyawa seperti aldehida, keton, dan hidroperoksida. Senyawa-senyawa ini dapat memberikan kontribusi pada karakteristik rasa dan aroma.

3. Pembentukan Senyawa Karsinogenik:

Pembakaran lemak atau proses pemanasan yang ekstrem dapat menyebabkan pembentukan senyawa karsinogenik, seperti polisiklik hidrokarbon dan akrilamida.

4. Perubahan Tekstur dan Konsistensi:

Perubahan fisik pada lipida dapat terjadi selama proses pemanasan, yang dapat memengaruhi tekstur dan konsistensi produk pangan.

Penting untuk mencatat bahwa sifat dan dampak degradasi lipid dapat bervariasi tergantung pada jenis lemak yang terlibat, suhu pemanasan, dan keberadaan komponen-komponen lain dalam makanan. Oleh karena itu, kontrol suhu dan kondisi pemanasan merupakan faktor penting dalam pengelolaan degradasi lipid selama proses pemanasan makanan, termasuk selama Reaksi Maillard. Pemahaman ini penting untuk mengoptimalkan proses pengolahan makanan dan mencapai hasil akhir yang diinginkan dari segi sensorik dan kualitas produk.

3.3.3 Degradasi Tiamin

Degradasi tiamin (vitamin B1) dapat terjadi selama Reaksi Maillard karena tiamin sangat sensitif terhadap panas dan reaksi oksidasi. Tiamin adalah salah satu vitamin B kompleks yang penting

untuk metabolisme karbohidrat dan berperan dalam fungsi sistem saraf. Pada kondisi pemanasan yang tinggi, tiamin dapat mengalami degradasi, dan ini dapat berpengaruh pada kualitas nutrisi dari produk pangan yang melibatkan Reaksi Maillard.

Beberapa faktor yang berkontribusi pada degradasi tiamin selama Reaksi Maillard meliputi:

1. Suhu Tinggi:

Tiamin rentan terhadap pemanasan pada suhu tinggi, dan Reaksi Maillard seringkali melibatkan suhu yang dapat menyebabkan degradasi tiamin.

2. Kandungan Gula dan Asam Amino:

Kandungan gula dan asam amino dalam makanan dapat memengaruhi tingkat degradasi tiamin. Produk sampingan dari Reaksi Maillard yang terbentuk selama pemanasan dapat berinteraksi dengan tiamin dan menyebabkan degradasi.

3. Kondisi Oksidatif:

Kondisi oksidatif yang mungkin terjadi selama pemanasan dapat meningkatkan risiko degradasi tiamin.

4. Waktu Pemanasan:

Lama waktu pemanasan juga dapat memengaruhi tingkat degradasi tiamin.

Untuk meminimalkan degradasi tiamin selama Reaksi Maillard, beberapa tindakan dapat diambil:

1. Pemilihan Metode Pengolahan yang Lebih Lembut:

Menggunakan metode pengolahan makanan yang lebih lembut atau suhu pemanasan yang lebih rendah dapat membantu meminimalkan degradasi tiamin.

2. Pemilihan Bahan Baku:

Memilih bahan baku yang kaya tiamin atau menambahkan tiamin ke produk akhir dapat membantu mempertahankan kandungan nutrisi.

3. Pemantauan Suhu dan Waktu Pemanasan:

Pemantauan suhu dan waktu pemanasan selama proses produksi makanan penting untuk mengontrol tingkat degradasi tiamin.

Penting untuk dicatat bahwa degradasi tiamin bukan hanya terkait dengan Reaksi Maillard tetapi juga dapat terjadi selama proses pemanasan lainnya. Oleh karena itu, perhatian terhadap faktor-faktor ini penting untuk menjaga kualitas nutrisi makanan yang dihasilkan.

3.4 Penelitian terkait Reaksi Maillard

Reaksi Maillard telah menjadi subjek penelitian intensif oleh ilmuwan dan peneliti di berbagai bidang, termasuk ilmu pangan, kimia, biologi, dan teknologi pangan. Berikut adalah beberapa penelitian terkait Reaksi Maillard yang dapat memberikan gambaran tentang berbagai aspek dan aplikasinya:

- 1. "Maillard Reaction and Food Science: A Critical Review on the Impact of the Maillard Reaction on the Sensory and Nutritional Quality of Foods"**

Penelitian ini meninjau dampak Reaksi Maillard pada kualitas sensorik dan nutrisi makanan. Faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan waktu pemanasan dievaluasi untuk memahami pengaruhnya pada hasil reaksi Maillard.

- 2. "Recent Advances in the Maillard Reaction: Modifying the Reactivity of Amino Acids, Proteins, and Peptides and Their Functions in Foods"**

Studi ini membahas kemajuan terbaru dalam pemahaman Reaksi Maillard, termasuk modifikasi reaktivitas asam amino, protein, dan peptida. Implikasi fungsionalnya pada produk pangan juga dieksplorasi.

- 3. "Maillard Reaction Products in Processed Food: Pros and Cons"**

Penelitian ini mengevaluasi produk-produk Reaksi Maillard dalam makanan olahan, membahas aspek positif dan negatif dari pembentukan senyawa-senyawa tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan senyawa Maillard juga diselidiki.

- 4. "Impact of the Maillard Reaction on the Nutritional Value and Allergenicity of Food Proteins"**

Studi ini fokus pada dampak Reaksi Maillard pada nilai nutrisi dan alergenitas protein pangan. Evaluasi risiko alergenik dan

perubahan nutrisi selama proses pemanasan menjadi perhatian utama.

5. "Applications of the Maillard Reaction in the Food Industry"

Penelitian ini mengeksplorasi aplikasi Reaksi Maillard dalam industri makanan, termasuk pengembangan produk baru, perbaikan rasa, dan peningkatan warna dan aroma.

6. "Maillard Reaction in Food Chemistry: An Overview"

Penelitian ini memberikan gambaran umum tentang Reaksi Maillard dalam kimia pangan, menyoroti mekanisme dan produk-produk utama yang terbentuk selama reaksi tersebut.

7. "Maillard Reaction in Living Organisms"

Studi ini melibatkan penelitian tentang dampak Reaksi Maillard dalam organisme hidup, termasuk implikasi kesehatan dan kontribusinya terhadap kondisi seperti diabetes dan penuaan.

Penelitian-penelitian ini mencerminkan berbagai aspek Reaksi Maillard dan sejauh mana pengetahuan kita tentang fenomena ini telah berkembang. Penelitian terus dilakukan untuk memahami secara lebih mendalam dampak Reaksi Maillard pada sifat sensorik, nutrisi, dan kesehatan produk pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahya Muliawati, E., Yustia, D. and Mirzayanti, W. 2021. 'Membran Polieugenol Tersulfonasi (PET) sebagai Potensi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung', *Journal of Research and Technology*, 7(2), pp. 247–256.
- Khetarpaul, N. and Chauhan, B.M. 1990. 'Improvement in HCl-extractability of minerals from pearl millet by natural fermentation', *Food Chemistry*, 37(1), pp. 69–75. Available at: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(90\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(90)90046-7).
- Muliawati, E.C. *et al.* 2017. 'Membran campuran daripada poli(eugenol sulfonat) dan polieterimida sulfonat yang menjanjikan untuk sel bahan api metanol langsung', *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21(3), pp. 659–668. Available at: <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2103-15>.
- Muliawati, E.C. *et al.* 2019. 'Sulfonated PEI membrane with GPTMS-TiO₂ as a filler for potential direct methanol fuel cell (DMFC) applications', *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(4), pp. 555–560. Available at: <https://doi.org/10.11113/mjfas.v15n4.1216>.

BAB 4

PERAN ENZIM DALAM PENGOLAHAN BAHAN MAKANAN

Oleh Lusia Sudarmi

4.1 Pendahuluan

Dalam kehidupan, makanan menjadi kebutuhan primer yang menjadi kebutuhan pokok setiap manusia. Bahan makanan yang terdapat di alam dijadikan bahan pangan dengan dikonsumsi secara langsung ataupun melalui pengolahan baik dengan cara tradisional maupun modern. Salah satu hal yang memegang peranan dalam berbagai pengolahan bahan makanan tersebut adalah adanya enzim. (Mayashopa, A.Y, *et.al*, 2015). Pengolahan pangan sendiri merupakan suatu praktik untuk menjadikan bahan pangan mentah yang berasal dari hewan dan tumbuhan menjadi layak untuk dikonsumsi dengan bantuan agen biologis/enzim. (Ozatay, S, 2020). Penggunaan enzim dibedakan dalam 2 cara yakni secara langsung dan tidak langsung. Biasanya dalam pengolahan produk pangan menggunakan enzim yang tidak langsung/endogenus yang melibatkan mikroorganisme misal dalam pengolahan tempe, kecap, yogurt dan lain sebagainya. (Azhar, M, 2016).

Enzim sendiri merupakan suatu biokatalis hasil produksi sel-sel hidup yang berperan dalam proses biokimia. Enzim diketahui dapat mempercepat suatu reaksi lebih cepat dibandingkan saat reaksi tersebut tidak mendapat katalis yakni dapat mempercepat 10^8 sampai 10^{11} kali lebih cepat. (Nababan, M, *et.al*, 2019). Enzim merupakan biokatalis yang sangat spesifik, terlibat dalam semua proses penting kehidupan seperti replikasi, transkripsi DNA, sintesis protein, metabolisme, regulasi sel dan transduksi sinyal, selain itu mereka menghasilkan pergerakan atau ATP. (Chaudhary, S, *et.al*, 2015).

Pada bahan makanan, sifat enzim dapat menguntungkan namun juga dapat merugikan. (Ngatirah, 2017). Enzim sendiri

sangat bermanfaat dalam hal meningkatkan kualitas produk makanan (meningkatkan rasa dan tekstur), mengurangi biaya produksi (manfaat ekonomi) dan mengurangi waktu proses pembuatan produk pangan. (Ozatay, S, 2020, Raveendran,S, *et al*, 2018)

4.2 Jenis Enzim

Enzim dibagi berdasarkan substrat yang dipecah yaitu:

1. Enzim pemecah karbohidrat

Enzim yang masuk dalam enzim pemecah karbohidrat adalah amilase, selulose, pectinase, beta-galaktosidase, invertase, dekstranase dan pullulanase.

2. Enzim pemecah protein

Enzim yang masuk dalam enzim pemecah protein adalah protease, tripsin, renin, lisozim, pepsin, ficin, papain, bromelin dan ribonuclease

3. Enzim pemecah lemak

Enzim yang termasuk dalam enzim pemecah lemak adalah lipase, esterase dan lipoksigenase

4. Enzim pemecah substrat lain

(Ngatirah, 2017)

5.2.1 Enzim Pemecah Karbohidrat

1. Enzim Pemecah Pati

Enzim yang digunakan dalam memecah pati adalah enzim pemecah rantai cabang α -1.6 glikosidik dan enzim pemecah rantai lurus α -1.4 glikosidik. Enzim pemecah rantai lurus sendiri dibedakan menjadi tiga yaitu enzim α -amilase, enzim β -amilase dan glukoamilase. Sedangkan enzim pemecah rantai cabang dibedakan menjadi 2 yaitu enzim yang memecah secara langsung (enzim Pullulanase/R-enzim dan enzim isoamilase) dan secara tidak langsung (enzim *glukosidase transferase*). (Ngatirah, 2017).

Enzim amilase mampu melakukan proses katalis pada proses hidrolisis pati ke hasil molekul yang lebih sederhana yaitu glukosa, maltosa dan dekstrin. Ikatan glukosida pada pati

akan dipecah oleh enzim amilase. (Nangin, D & Sutrisno, A, 2015)

2. Enzim Pemecah Selulosa

Enzim ini disebut juga enzim selulose (β -1,4 glukano hidrolase) yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan memutus ikatan glikosidik β -1,4. Enzim selulose terdiri atas 3 macam yaitu faktor C1, glukonase dan β -glukosidase/selobiase. (Ngatirah, 2017, Nababan, *et.al*, 2019). Enzim selulosa juga dapat berguna untuk mengonversi selulosa menjadi gula yang lebih sederhana dan hasil konversi etanol menjadi lebih tinggi. Enzim selulosa didapatkan dari mikroorganisme (berupa fungi dan bakteri) atau dari hasil produksi tanaman atau hewan. (Nababan, M, *et.al*, 2019)

3. Enzim Pemecah Pektin

Enzim yang memecah pektin, terdiri atas unit asam galakturonat dan asam pektat. Pektin sendiri banyak dijumpai dalam sayur. Enzim ini dikelompokkan menjadi enzim depolimerase dan enzim pektin esterase. (Ngatirah, 2017) Enzim pektinase akan mengkatalisis proses hidrolisis ikatan glikosidik pada polimer pektik. Zat pektik yang biasanya ditemukan dalam tomat, nanas, jeruk, appel lemon, kulit jeruk berperan sebagai substrat alami untuk enzim pektinase. (Raveendran, S, *et.al*, 2018)

4. Enzim Pemecah Disakarida

Enzim pemecah disakarida adalah enzim invertase/sakarase/sukrase dan enzim laktase/ β -galaktosidase. (Ngatirah, 2017)

4.2.2 Enzim Pemecah Protein

Enzim pemecah protein disebut juga enzim proteolitik. Enzim terdiri atas dua makna yakni proteinase dimana enzim yang bersifat ekstraseluler akan menghidrolisis molekul protein menjadi fragmen yang besar serta peptidase yang bersifat intraseluler yang menghidrolisis fragmen polipeptida menjadi asam amino. Enzim

protease biasanya digunakan dalam proses pengempukan daging, pembuatan keju dan lain sebagainya. (Ngatirah, 2017).

Protease umumnya dikategorikan menjadi dua kelompok besar berdasarkan tempat kerjanya yaitu eksopeptidase (protease yang memutus ikatan peptida pada terminal N atau C) dari rantai polipeptida) dan endopeptidase (protease yang memotong ikatan peptida jauh dari ujung substrat/membelah ikatan internal). Protease juga diklasifikasikan menjadi protease asam, basa dan netral berdasarkan pH aktifnya. (Mamo, J & Assefa, F, 2018)

4.2.3 Enzim Pemecah Lemak

Enzim pemecah lemak adalah enzim lipase yang meghidrolisis lemak dan minyak untuk menghasilkan asam lemak dan gliserol. Enzim ini mengkatalisis proses hidrolisis jangka panjang pada rantai trigliserida. Secara alami alami enzim ini ada di dalam perut dan pankreas manusia/spesies hewan lainnya. (Raveendran, S, *et.al*, 2018). Enzim lipase dapat digunakan unuk memperoleh produk yang bernilai tiinggi dari sumber alam, contohnya adalh produksi omega 6 dan omega 9 dengan menggunakan lipase yang telah dimobilisasi dalam hidolisis minyak tumbuhan. (Atalah, J, *et.al*, 2019)

Enzim lipase mempunyai beberapa sifat sebagai berikut yakni: Aktifitas dari enzim ini bergantung pada pH dan suhu lingkungan, bergantung pada asal enzim dan substrat, bergantung pada senyawa pengemulsi serta ada tidaknya garam dalam substrat. (Ngatirah, 2017)

4.3 Pemilihan Penggunaan Enzim

4.3.1 Sumber Enzim

Enzim ada dalam berbagai sumber, diantaranya adalah dari bahan hewan, tanaman ataupun mikrobia. (Ozatay, S, 2020) Sumber enzim yang berasal dari hewan biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit namun bersifat ramah lingkungan atau tidak toksik dan ditemukan dalam usus, lambung, pankreas ataupun telur.

Enzim yang berasal dari tumbuhan/tanaman juga bersifat ramah lingkungan dan tidak toksik. Sumbernya dapat ditemukan dalam kecambah, getah pepaya, getah nanas, jahe ataupun jenis

lobak. Enzim yang berasal dari mikrobial, diperoleh melalui strain yang diproduksi dalam jumlah yang banyak/tinggi. Strain tersebut juga tidak memiliki sifat toksik/patogen. Contoh sumber enzim yang berasal dari mikroba adalah *A. Oryzae*, *B. Subtilis* dan lain-lain. (Ngatirah, 2017)

Enzim yang diperoleh dari mikroorganisme lebih baik dibandingkan dengan enzim yang berasal dari hewan dan tumbuhan karena mikroorganisme dapat dimanipulasi secara genetika untuk meningkatkan skala produksi. (Singh P & Kumar, S, 2019)

4.3.2 Persyaratan Enzim yang Aman

Enzim yang aman harus memenuhi beberapa syarat, diantaranya adalah:

1. Mempunyai bahan dasar atau senyawa yang tidak berbahaya
2. Bahan dasar/senyawa bukan tempat yang sesuai untuk tempat tumbuh mikroba yang membentuk toksin
3. Mempunyai sifat tidak larut dalam makanan
4. Batas untuk kontaminasi senyawa kimia Arsen: ≤ 3 mg/kg, senyawa logam: ≤ 10 mg/kg dan logam Pb : ≤ 40 mg/kg
5. Batas untuk kontaminasi mikroba : *Salmonella* : Negatif dalam 25 g, Coliform ≤ 30 /g, *E.colli* Negatif dalam 25 g, total koloni : $\leq 5 \times 10^4$, aktifitas dari antibiotik dan mikotoksin negatif.
6. Sifatnya tidak mengalami peningkatan selama penggunaan dan diproduksi sesuai dengan peraturan yang berlaku. (Ngatirah, 2017)

4.3.3 Produksi dan Penggunaan Enzim

1. Produksi Enzim

Dalam memproduksi enzim maka produksinya harus sesuai dengan ketentuan dari FDA. FCC (*Food Chemical Codex*) mengeluarkan aturan yakni sumber enzim yang berasal dari hewan, hewan tersebut harus diperiksa dengan teliti sebelum dipotong dan sarana kebersihan dari sumber hewan tersebut harus baik. Untuk sumber yang berasal dari

tanaman/tumbuhan, maka tanaman tersebut mesti bebas dari bahan berbahaya/residu bahaya misal residu pestisida dan lain-lain. Untuk sumber yang berasal dari mikrobial, saat produksi/fermentasi harus dikendalikan supaya tidak memproduksi senyawa yang bersifat toksin. (Ngatirah, 2017)

2. Penggunaan Enzim

Enzim digunakan dalam berbagai industri (industri makanan, minuman dan lain sebagainya maupun industri rumah tangga.

4.4 Peranan Enzim Dalam Pengolahan Pangan

4.4.1 Enzim dalam Pengolahan Roti

Dalam pengolahan roti, enzim yang berperan adalah amilase, protease, pentosanase, lipoksigenase. (Ngatirah, 2017). Enzim berperan untuk menghindari pemborosan roti dan memperpanjang umur simpan roti, selain itu penambahan enzim lipase dan amilase pada proses pembuatan roti akan mengurangi kristalisasi pati pada roti. (Ozatay, S, 2020)

4.4.2 Enzim dalam Pengolahan Susu

Dalam pengolahan susu, produk yang biasanya menggunakan enzim adalah produk-produk seperti keju, yoghurt dan kefir. Enzim yang digunakan adalah enzim yang masuk dalam golongan protease misal enzim renin, laktase, katalase, transglutaminase dan lipase. (Ngatirah, 2017, Ozatay, S, 2020).

Sebagai contoh, renin mempunyai aksi enzimatis dan non enzimatis yang menyebabkan susu akan menggumpal, susu berubah menjadi struktur gel karena suhu dan efek kalsium. Enzim lipase yang berasal dari hewan/mikroba akan menghasilkan keju yang bening dengan rasa yang lebih baik, rasa pahit rendah dan bau menyengat sedangkan proteinase bila dikombinasi dengan lipase atau peptidase menghasilkan keju yang mempunyai rasa enak dan rasa pahit yang rendah. Enzim laktase berguna untuk memecah laktosa menjadi galaktosa dan glukosa dimana hal ini berguna untuk meningkatkan rasa manis, kelarutan dan meningkatkan agen pencernaan. Laktase ini menjadi penting karena dapat mengurangi dan menghilangkan laktosa pada produk susu dan ini sangat

penting untuk mereka yang menderita intoleransi laktosa.(Ozatay, S, 2020)

4.4.3 Enzim dalam Pengolahan Buah

Dalam pengolahan buah, enzim yang berperan adalah enzim pektinase, selulose, tannase dan amilase. Enzim digunakan untuk membuat sari buah, ekstrak dan konsentrat buah. (Ngatirah, 2017, Ozatay, S, 2020). Enzim pektinase bermanfaat untuk memecah dan menghilangkan pektin guna meningkatkan hasil, meningkatkan stabilitas dari produk buah. Selain itu campuran dari enzim selulase dan glukosidase berguna untuk membantu proses maserasi buah-buah yang mengandung karbohidrat tinggi seperti mangga, pisang, pepaya menjadi jus yang lebih berkualitas. Enzim karbohidrase juga membantu meningkatkan maserasi yang meningkatkan proses ekstraksi jus, meningkatkan warna dan rasa jus buah. (Simpson, *et.al*, 2012).

4.4.4 Enzim dalam Pengolahan Bir

Dalam pengolahan bir, enzim yang berperan adalah enzim amilase, enzim proteinase. Enzim amilase berperan dalam perubahan molekul biji hingga membentuk maltosa dan dekstrin. Bentuk dari maltosa akan terhidrolisis menjadi glukosa yang dengan bantuan sel ragi/yeast akan difermentasi menjadi alkohol. Enzim proteinase sendiri akan berperan dalam hidrolisa senyawa dari protein malt dan membentuknya menjadi protein terlarut.(Ngatirah, 2017).

Penambahan enzim protease selama proses fermentasi bir memiliki manfaat signifikan untuk menghilangkan kabut, yang mana kabut pada produksi bir dapat mempengaruhi produk akhir dari bir. (Mamo, J & Assefa, F, 2018)

4.4.5 Enzim dalam Pengolahan Permen

Dalam pengolahan permen, enzim berperan dalam mengubah bentuk sukrosa menjadi fruktosa sehingga ada rasa manis. Enzim yang digunakan dalam pengolahan permen biasanya adalah enzim dari golongan invertase. Dimana enzim ini akan menghidrolisis gugus terminal non reduktif B-D-fruktopuranosida.

(Ngatirah, 2017). Enzim amilase dan invertase akan membantu memproduksi sirup tinggi maltosa dan glukosa untuk produk permen, sedangkan enzim lipase berguna untuk memodifikasi lemak mentega untuk meningkatkan rasa mentega serta mengurangi rasa manis dalam permen. (Simpson, *et.al*, 2012)

4.4.6 Enzim dalam Pengolahan Daging

Pada pengolahan daging, enzim berperan dalam pelarutan protein ikan, hidrolisis olahan protein (untuk pangan ternak) dan untuk membantu dalam proses pengempukan daging. Enzim yang biasa digunakan adalah enzim protease.

Pada proses pengempukan daging, enzim yang sering digunakan adalah enzim yang bersifat termostabil dan masuk dalam golongan sisteinil-protease misal enzim papain, enzim ficin dan enzim bromelin. Enzim papain banyak digunakan karena efektif. (Ngatirah, 2017). Enzim papain sangat efisien menyebabkan degradasi signifikan pada protein mylofibrillar dan kolagen. (Ozatay, S, 2020)

4.4.7 Enzim dalam Pengolahan Telur

Pada pengolahan telur enzim berperan untuk mengurangi jumlah glukosa dalam cairan telur. Enzim membantu untuk mencegah perubahan warna yang disebabkan oleh reaksi mailard dan pembentukan off flavor. Enzim yang digunakan adalah enzim glukosa oksidase/katalase. (Ngatirah, 2017). Enzim glukosa oksidase (GOX) katalase bermanfaat menghilangkan glukosa telur dan mengurangi reaksi mailard, untuk memecah sisa H₂O₂ pada produk/bahan telur menjadi H₂O dan O₂ setelah sterilisasi. (Simpson, B.K, *et.al*, 2012)

4.4.8 Enzim dalam Pengolahan Ikan

Pada pengolahan ikan, enzim berperan dalam pembuatan konsentrat protein ikan yang melibatkan enzim protease komersial (ficin, bromelin, protease mikroba *A.niger*, *B. Licheniformis*/ekstrak pankreas babi). (Ngatirah, 2017)

4.4.9 Enzim dalam Pengolahan Kedelai

Pada pengolahan kedelai, enzim berperan dalam proses hidrolisa kedelai menjadi hidrolisat protein kedelai. Prosesnya dengan cara kedelai yang telah bebas dari lemak diekstraksi dan dilanjutkan dengan proses proteolisis dimana ditambahkan enzim protease, selanjutnya dilanjutkan dengan proses pengasaman dan diakhiri dengan proses sentrifugasi. (Ngatirah, 2017). Selain itu perlakuan awal pada kedelai dapat dilakukan dengan menambahkan enzim galactosidase yang bisa diperoleh dari *Bacillus spp.* (Simpson, B.K, *et.al*, 2012)

4.4.10 Enzim dalam Pengolahan Teh

Pada pembuatan teh, enzim yang berperan adalah enzim tannase. Enzim ini berguna untuk mencegah terjadinya endapan /presipitat pada teh. Selain itu pada teh hijau, enzim tanase dapat menghilangkan senyawa pembentuk buih, hal ini supaya teh terlihat jernih. (Ngatirah, 2017). Enzim pektinase dan tannase juga membantu maserasi daun teh yang meningkatkan kekuatan dan warna teh serta untuk menghilangkan zat tanin. (Simpson, B.K, *et.al*, 2012).

4.4.11 Enzim dalam Pengolahan Kopi

Enzim dalam pengolahan kopi digunakan untuk menghilangkan pulp dan digunakan dalam pembuatan kopi ekstrak. Pada proses fermentasi, pulp disekitar biji kopi dihilangkan dengan melibatkan aktifitas enzim penghancur pulp (senyawa pektin). Selain senyawa pektin perlu juga adanya bantuan/penambahan dari enzim hemiselulosa ataupun menggunakan enzim komersial seperti enzim pektolitik. Dalam pembuatan kopi ekstrak, enzim berguna untuk menghidrolisis senyawa glukomanan/gum dimana enzim ini membantu mencegah pembentukan bentuk gel dalam konsentrat kopi. (Ngatirah, 2017)

4.4.12 Enzim dalam Pengolahan Bahan Gula (Gula Tebu)

Pada industri yang mengolah bahan gula atau gula tebu maka enzim berperan dalam proses hidrolisis untuk mengubah pati yang berasal dari tebu hingga menjadi kristal gula. Enzim yang

biasa digunakan adalah penambahan enzim α -amilase, enzim dektranase untuk hidrolisis senyawa dekstran dan senyawa galaktoman serta penambahan enzim α -galaktosidase untuk hidrolisis senyawa rafinosa. (Ngatirah, 2017)

4.4.13 Enzim dalam Rasa Makanan

Peranan enzim dalam pembentukan cita rasa suatu makanan dilakukan melalui proses flavorase. Cita rasa makanan sendiri ditentukan oleh adanya senyawa atau precusor yang kadang terbentuk pada fase terakhir. Contohnya pada kubis, citarasa yang terbentuk oleh adanya kerja senyawa isotiosianat (prekursor) yang berubah saat ada enzim tioglikosidase pada senyawa tioglikosida. Cita rasa yang dihasilkan adalah alliltiosianat dan dimetilsulfonat. (Ngatirah, 2017)

4.4.14 Enzim dalam keadaan Flatulence

Pada keadaan flatulence, enzim berperan dalam mengurangi kadar stakhiosa. Flatulence merupakan sebuah kondisi dimana timbul banyak gas dalam usus karena banyak mengonsumsi makanan kacang-kacangan yang mengandung stakhiosa dan rafinosa. Usus tidak dapat mencerna sehingga bakteri melakukan proses fermentasi yang menghasilkan gas. Oleh karena itu untuk mengurangi kadar stakhiosa maka ditambahkan enzim stakhiase (*A.niger*) pada pembuatan susu kedelai. (Ngatirah, 2017)

4.4.15 Enzim dalam Pengolahan Bahan Pati ke Bahan Gula Cair

Pengolahan bahan pati ke bahan cair yakni ke dalam bentuk cair atau sirup dalam bentuk glukosa atau maltosa untuk kemudian menjadi fruktosa, hal ini terjadi dengan bantuan enzim glukosa isomerase untuk mengubah isomae glukosa. Pengolahan bahan pati ini dapat dilakukan dengan cara kimiawi, enzimatik dan kolaborasi dari kimiawi dan enzimatik. Pengolahan yang dilakukan dengan proses kimiawi menggunakan HCl encer yang menghasilkan sirup glukosa dengan DE (*Dextrose Equivalent*) 55. Pada pembuatan HFS (*High Fructose Syrup*) enzim dan basa berperan mengubah glukosa disomerisasi menjadi fruktosa. (Ngatirah, 2017)

4.5 Penutup

Enzim dengan berbagai golongan, sangat berperan dalam pengolahan makanan yang beranekaragam bagi manusia. Enzim dapat diterapkan dalam berbagai industri pengolahan makanan karena mempunyai keunggulan yang lebih efektif, selektif dan jauh lebih tidak berbahaya. Maka perlu tetap dilakukan uji keamanan, agar enzim yang boleh kita gunakan dalam pengolahan bahan makanan bagi manusia tetap aman dan sesuai dengan ketentuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atalah, J., Moreno, P, C., Espina, G & Blamey, J, M. 2019. *Thermophiles and The Applications of Their Enzymes as New Biocatalysts*. Bioresource Technology No. 280, 478-488.
- Azhar, M. 2016. *Biomolekul Sel*. Padang: UNP Press
- Chaudhary, S., Sagar, S., Kumar, M., Sengar, R.S & Tomar, A. 2015. *The Use of Enzymes in Food Processing: A Review*. South Asian Journal of Food Technology and Environment. 1 (3&4), 190-210.
- Mamo, J & Assefa, F. 2018. *The Role of Microbial Aspartic Protease Enzyme in Food and Beverage Industries*. Journal of Food Quality. <https://doi.org/10.1155/2018/7957269>
- Mayashopa, A.Y., Herfianita, F., & Sutrisno, A. 2015. *Aplikasi Enzim Transglutaminase Pada Produk Pangan: Kajian Pustaka*. Jurnal Pangan dan agroindustri Vol. 3 No. 3 p. 1145-1151
- Nababan, M., Gunam, I.B.G., & Wijaya, A.M. M. 2019. *Produksi Enzim Selulase Kasar Dari Bakteri Selulolitik*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri Vol. 7 No. 2, 190-199
- Nangin, D & Sutrisno, A. 2015. *Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah dari Mikroba : Kajian Pustaka*. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No. 3 p.1032-1039
- Ngatirah. 2017. *Enzim Dalam Pengolahan Pangan*. Yogyakarta: Instiper
- Ozatay, S. 2020. *Recent Applications of Enzymes in Food Industry*. Journal of Current Research on Engineering, Science and Technology (JoCREST) Vo. 1. Issue 1. Doi: 10.26579/jocrest.52
- Raveendran, S., Parameswaran, B., Ummalya, S, B., Abraham, A., Mathew, A, K., Madhavan, A., Rebello, S & Pandey, A. 2018. *Applications of Microbial Enzymes in Food Industry*. Food Technology & Biotechnology Vol. 56, No.1. Doi: 10.17113/ftb.56.01.18.5491
- Simpson, B.K., Rui, X & Klomklao, S. 2012. *Enzymes in Food Processing*. Food Biochemistry and Food Processing, Second Edition. 181-206

Singh, P & Kumar, S. 2019. *Microbial Enzyme in Food Biotechnology*.
Enzymes in Food Biotechnology. <https://doi.org/10.1016/B978-0.12.813280.7.00002-5>

BAB 5

ANTIOKSIDAN DALAM BAHAN MAKANAN

Oleh Khoirul Ngibad

5.1 Pendahuluan

Antioksidan merupakan senyawa yang memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tubuh dengan melawan radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan yang menyebabkan terjadinya kerusakan sel – sel dan jaringan dalam tubuh (Ngibad et al., 2020). Proses oksidasi dalam tubuh menghasilkan radikal bebas, yang jika tidak dikendalikan, dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi pada berbagai penyakit (Pham-Huy et al., 2008).

Antioksidan berfungsi dengan cara menghentikan reaksi berantai radikal bebas. Antioksidan tersebut mengambil elektron yang hilang pada radikal bebas sehingga menghentikan kerusakan sel. Beberapa contoh antioksidan alami termasuk vitamin C, vitamin E, flavonoid, dan senyawa lain yang dapat ditemukan dalam berbagai makanan seperti sayuran, buah-buahan, biji-bijian, dan kacang-kacangan (Poljsak, 2011).

Konsep antioksidan adalah penting karena senyawa ini bertindak sebagai penangkal radikal bebas. Mereka memberikan elektron tambahan kepada radikal bebas, sehingga menghentikan reaksi berantai yang dapat merusak sel-sel tubuh. Ini membantu menjaga kesehatan tubuh dan mengurangi risiko terkena penyakit degeneratif seperti kanker, penyakit jantung, dan penuaan dini (Lobo et al., 2010).

Antioksidan memainkan peran penting dalam kesehatan dan nutrisi karena kemampuannya melawan efek oksidasi yang merusak dalam tubuh. Berikut adalah poin – poin penting yang menyoroti pentingnya antioksidan dalam menjaga kesehatan secara keseluruhan:

1. Perlindungan terhadap stres oksidatif
Stres oksidatif terjadi ketika ada ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan dalam tubuh. Antioksidan membantu menetralkan radikal bebas, mencegah kerusakan sel dan mengurangi risiko penyakit kronis (Ngibad *et al.*, 2020).
2. Sifat *anti-aging* atau anti penuaan
Antioksidan dapat berfungsi sebagai anti penuaan yang dapat membantu melindungi kulit dari penuaan dini yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan radiasi UV sehingga meningkatkan penampilan awet muda (Zehiroglu *et al.*, 2019).
3. Efek anti-peradangan:
Beberapa antioksidan memiliki sifat anti-inflamasi yang dapat mengurangi peradangan dalam tubuh. Hal tersebut dapat bermanfaat dalam menangani kondisi seperti radang sendi dan penyakit inflamasi lainnya (Zehiroglu *et al.*, 2019).
4. Pencegahan penyakit kronis
Antioksidan, terutama vitamin C dan E, beta-karoten, dan lainnya, dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit kronis seperti penyakit jantung, kanker, dan gangguan mata (Willcox *et al.*, 2004).

Antioksidan alami berlimpah dalam makanan dan dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam makanan seseorang. Buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan biji-bijian merupakan sumber antioksidan yang kaya, menawarkan berbagai manfaat kesehatan (Xu *et al.*, 2017). Konsumsi makanan kaya antioksidan ke dalam pola makan adalah cara proaktif untuk mendukung kesehatan dan melindungi tubuh dari efek berbahaya stres oksidatif. Buah beri, buah-buahan, kacang-kacangan, coklat, sayuran dan produknya merupakan makanan dan minuman umum dengan nilai antioksidan tinggi (Carlsen *et al.*, 2010).

5.2 Kelompok Antioksidan

5.2.1 Enzim

Antioksidan enzim adalah jenis antioksidan yang ditemukan dalam tubuh dan berfungsi sebagai pertahanan alami melawan radikal bebas. Beberapa antioksidan enzim yang penting antara lain: superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathion peroksidase (Kurutas, 2016). Enzim-enzim ini bekerja dengan cara mengkatalis reaksi kimia yang mengubah radikal bebas menjadi senyawa yang lebih stabil dan kurang berbahaya.

Mekanisme kerja dari antioksidan enzim adalah sebagai berikut (Jeeva *et al.*, 2015):

1. Superoksida Dismutase (SOD)

SOD mengubah superoksida menjadi hidrogen peroksida dan oksigen. Dengan demikian, dapat membantu mengurangi tingkat radikal bebas yang dapat merusak sel.

2. Katalase

Katalase menguraikan hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Mekanisme kerja tersebut merupakan mekanisme penting dalam menjaga keseimbangan radikal bebas dalam sel.

3. Glutathion Peroksidase

Mekanisme kerjanya adalah mengubah hidrogen peroksida dan senyawa organik lainnya menjadi air dan alkohol. Dengan demikian, dapat membantu mengurangi peradangan dan kerusakan sel.

Mekanisme kerja dari antioksidan enzim di atas menjadi penting karena radikal bebas dapat merusak lipida, protein, dan DNA dalam sel, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit dan penuaan. Antioksidan enzim bekerja secara sinergis dengan antioksidan lain, seperti vitamin C dan E, untuk melindungi tubuh dari efek berbahaya radikal bebas.

Antioksidan enzim adalah senyawa yang membantu tubuh melindungi diri dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Beberapa makanan alami mengandung antioksidan enzim yang berperan penting dalam menjaga kesehatan. Berikut adalah contoh bahan makanan yang mengandung antioksidan enzim antara lain:

1. Blueberry

Buah blueberry mengandung antioksidan enzim seperti *Superoksida Dismutase* (SOD) yang dapat membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Sun et al., 2018).

2. Sayuran

Sayuran seperti brokoli mengandung enzim antioksidan seperti *Glutation Peroksidase* (GPx). Sayuran hijau kaya akan nutrisi dan membantu melawan kerusakan sel (Pruteanu et al., 2023).

Mengonsumsi makanan yang mengandung antioksidan enzim dapat membantu tubuh dalam melawan efek negatif radikal bebas dan menjaga kesehatan secara keseluruhan. Penting untuk mencakup makanan-makanan ini dalam pola makan sehari-hari untuk mendapatkan manfaat antioksidan yang optimal.

5.2.2 Vitamin

Antioksidan merupakan senyawa yang membantu melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif akibat radikal bebas. Beberapa vitamin memainkan peran penting sebagai antioksidan dalam makanan dan membantu menetralkan molekul berbahaya tersebut. Berikut penjelasan mengenai vitamin sebagai antioksidan penting dalam makanan:

1. Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C adalah antioksidan kuat yang larut dalam air yang ditemukan dalam buah jeruk, beri, dan sayuran. Vitamin C bekerja dengan cara menghentikan reaksi berantai radikal bebas dan mengubah radikal bebas tersebut menjadi senyawa yang kurang berbahaya dan membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Lü et al., 2010).

2. Vitamin E (Tokoferol)

Vitamin E merupakan antioksidan yang larut dalam lemak yang melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif. Kacang-kacangan, biji-bijian, dan minyak nabati merupakan sumber yang kaya vitamin E. Vitamin E berfungsi sebagai perangkap radikal bebas dalam membran sel sehingga

- dapat membantu mencegah kerusakan pada membran sel dan lipid sel yang penting (Lü et al., 2010).
3. Vitamin A (Retinol)
Vitamin A memiliki peran dalam menjaga kesehatan mata dan kulit. Ini dapat membantu melindungi mata dari kerusakan oksidatif (Thirunavukarasu et al., 2022).
 4. Vitamin D
Vitamin D adalah salah satu pengendali utama peradangan sistemik, stres oksidatif, dan fungsi pernapasan mitokondria. Vitamin D merupakan mikronutrien yang dimetabolisme menjadi hormon sekosteroid multifungsi yang penting bagi kesehatan manusia. Sebagian besar vitamin D yang dibutuhkan tubuh manusia dapat dihasilkan oleh paparan sinar matahari pada musim panas, dan sumber makanan berperan sebagai pendukung ketika paparan sinar matahari terbatas atau tidak efektif untuk produksi vitamin D (Wimalawansa, 2019). Selain itu, Vitamin D juga dapat melindungi dari stres oksidatif dan peradangan pada sel retina manusia (Fernandez-Robredo et al., 2020).
 5. Beta-Karoten (Provitamin A)
Beta-karoten adalah prekursor vitamin A dan bertindak sebagai antioksidan. Beta-karoten berlimpah dalam buah-buahan dan sayuran berwarna oranye dan kuning seperti wortel, ubi jalar, dan mangga (González-Peña et al., 2023).
 6. *Lycopene*
Lycopene adalah karotenoid yang ditemukan dalam tomat, semangka, dan jeruk bali merah muda. *Lycopene* memiliki sifat antioksidan dan dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit tertentu (Story et al., 2010).
 7. Lutein dan Zeaxanthin
Karotenoid ini berperan penting untuk kesehatan mata dan ditemukan dalam sayuran berdaun hijau seperti: bayam dan kangkung. Karotenoid ini melindungi mata dari kerusakan oksidatif (Abdel-Aal et al., 2013) (Roberts et al., 2009).

Tabel 5.1. menunjukkan sumber makanan yang mengandung berbagai macam jenis vitamin.

Tabel 5.1. Berbagai macam jenis vitamin beserta sumber makanannya

Jenis vitamin	Sumber makanan
Vitamin A	Wortel, Ubi jalar, Bayam, kubis, Mangga, Hati
Vitamin C	Buah jeruk (jeruk, lemon), Paprika merah, Kiwi, Stroberi, Brokoli
Vitamin D	Ikan berlemak (salmon, mackerel), Produk susu yang diperkaya (susu, yogurt), Telur
Vitamin K	Sayuran berdaun hijau (kangkung, bayam, sawi), Brokoli, kubis Brussel
Vitamin E	Kacang-kacangan (almond, biji bunga matahari), Bayam, Alpukat, Labu mentega

Vitamin merupakan mikronutrien penting yang berperan penting dalam berbagai fungsi tubuh. Kekurangan vitamin ini dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan. Tabel 5.2 merangkum berbagai jenis vitamin dan dampak apabila kekurangan asupan vitamin tersebut.

Tabel 5.2. Berbagai macam jenis vitamin dan akibat dari defisiensi yang ditimbulkan

Jenis vitamin	Akibat dari defisiensi yang ditimbulkan
Vitamin D	Melemahnya tulang, osteoporosis, dan risiko patah tulang yang lebih tinggi, terutama pada orang lanjut usia.
Vitamin C	Mengakibatkan penyakit kudis yang ditandai dengan kelelahan, gusi bengkak, dan penyembuhan luka lambat.
Vitamin A	menyebabkan gangguan penglihatan, kelemahan sistem kekebalan tubuh, dan masalah kulit.
Vitamin E	Mengakibatkan gangguan saraf dan kerusakan sel darah merah.
Vitamin B Kompleks	Menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk masalah neurologis.

5.2.3 Fitokimia

Fitokimia, berasal dari kata Yunani “phyto” (berarti “tanaman”), adalah senyawa alami yang ditemukan pada tumbuhan. Senyawa ini berperan penting dalam pertumbuhan, perkembangan, dan mekanisme pertahanan berbagai spesies tumbuhan. Fitokimia juga dikenal sebagai fitonutrien yang merupakan senyawa bioaktif yang terdapat pada tumbuhan. Fitonutrien tidak dianggap sebagai nutrisi penting, seperti: vitamin dan mineral, namun menawarkan banyak manfaat kesehatan apabila dimasukkan ke dalam makanan manusia. Fitokimia diklasifikasikan menjadi dua kategori utama (Kumar et al., 2023) (Prakash, 2020):

1. Senyawa Primer:

Senyawa primer merupakan fungsi dasar tanaman, termasuk klorofil untuk fotosintesis, protein untuk pertumbuhan, dan gula untuk produksi energi.

2. Senyawa Sekunder:

Senyawa ini tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman tetapi berfungsi sebagai mekanisme pertahanan terhadap hama, penyakit, dan pemicu stres lingkungan. Beberapa fitokimia sekunder yang umum termasuk terpenoid, alkaloid, flavonoid, fenolik, dan lain - lainnya.

Fitokimia telah mendapat perhatian karena potensi manfaat kesehatannya pada manusia. Senyawa fitokimia menunjukkan sifat antioksidan, anti-inflamasi, dan antikanker. Mengonsumsi makanan yang kaya fitokimia telah dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit kronis, termasuk penyakit jantung dan kanker.

Di antara fitokimia yang disebut-sebut berpotensi memberikan manfaat kesehatan adalah polifenol, flavonoid, isoflavonoid, antosianidin, fitoestrogen, terpenoid, karotenoid, limonoid, fitosterol, glukosinolat, dan serat. Fitokimia kaya antioksidan ini dijelaskan di bawah pada Tabel 7.3 (Prakash, 2020).

Tabel 5.3. Fitokimia kaya antioksidan dengan sumber makanan dan manfaat kesehatannya

No	Fitokimia	Sumber makanan
1	Karotenoid	Wortel, tomat, peterseli, sayuran berdaun oranye dan hijau, chenopoda, fenugreek, bayam, kubis, dan lobak.
2	Fitosterol	Sayuran, kacang-kacangan, buah – buahan, biji – bijian
3	Limonoid	Buah jeruk
4	Polifenol ➤Flavonoid ➤Isoflavonoid ➤Anthocyanidins	Buah – buahan, sayuran, sereal, minuman, kacang-kacangan, coklat, minyak sayur
5	Glukosinolat	Sayuran kucifer
6	Fitoestrogen	Kacang – kacang, buah beri, biji-bijian, sereal, anggur merah, kacang tanah, anggur merah
7	Terpenoid (Isoprenoid)	Lumut, lumut hati, alga, lumut kerak, jamur
8	Serat	Buah-buahan dan sayuran (berdaun hijau), oat
9	Polisakarida	Buah-buahan dan sayur-sayuran
10	Saponin	Oat, daun, bunga, dan buah hijau tomat

5.3 Manfaat Antioksidan dalam Bahan Makanan

Antioksidan merupakan komponen penting dalam bahan makanan yang menawarkan banyak manfaat kesehatan. Senyawa alami ini memainkan peran penting dalam melindungi tubuh dari efek radikal bebas dan stres oksidatif yang merusak. Beberapa manfaat antioksidan dalam bahan makanan, antara lain (Rahaman *et al.*, 2023):

- 1. Perlindungan Terhadap Stres Oksidatif
Antioksidan menetralkan radikal bebas berbahaya dalam tubuh, mengurangi stres oksidatif, yang terkait dengan berbagai penyakit kronis dan penuaan.

2. Sifat Anti Inflamasi

Banyak antioksidan memiliki sifat anti-inflamasi, membantu melawan peradangan dalam tubuh, yang merupakan faktor umum dalam penyakit kronis.

3. Kesehatan Jantung

Antioksidan seperti flavonoid dalam coklat hitam dan polifenol dalam anggur merah berkontribusi terhadap kesehatan jantung dengan meningkatkan aliran darah dan mengurangi risiko penyakit jantung.

4. Pencegahan Kanker

Beberapa antioksidan, seperti likopen pada tomat dan sulforaphane pada brokoli, telah dikaitkan dengan penurunan risiko kanker.

5. Kesehatan Kulit

Antioksidan seperti vitamin C dan E melindungi kulit dari kerusakan akibat sinar UV dan membantu menjaga penampilan awet muda.

6. Kesehatan Mata

Antioksidan, termasuk lutein dan zeaxanthin yang ditemukan dalam sayuran hijau, sangat penting untuk menjaga kesehatan penglihatan dan mengurangi risiko kondisi mata terkait usia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aal, E.-S. M., Akhtar, H., Zaheer, K., & Ali, R. (2013). Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients*, 5(4), 1169–1185. <https://doi.org/10.3390/nu5041169>
- Carlsen, M. H., Halvorsen, B. L., Holte, K., Bøhn, S. K., Dragland, S., Sampson, L., Willey, C., Senoo, H., Umezono, Y., Sanada, C., Barikmo, I., Berhe, N., Willett, W. C., Phillips, K. M., Jacobs, D. R., & Blomhoff, R. (2010). The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition Journal*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3>
- Fernandez-Robredo, P., González-Zamora, J., Recalde, S., Bilbao-Malavé, V., Bezunartea, J., Hernandez, M., & Garcia-Layana, A. (2020). Vitamin D Protects against Oxidative Stress and Inflammation in Human Retinal Cells. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/antiox9090838>
- González-Peña, M. A., Ortega-Regules, A. E., Anaya de Parrodi, C., & Lozada-Ramírez, J. D. (2023). Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids-A Review. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/plants12020313>
- Jeeva, J. S., Sunitha, J., Ananthalakshmi, R., Rajkumari, S., Ramesh, M., & Krishnan, R. (2015). Enzymatic antioxidants and its role in oral diseases. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 7(Suppl 2), S331-3. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.163438>
- Kumar, A., P, N., Kumar, M., Jose, A., Tomer, V., Oz, E., Proestos, C., Zeng, M., Elobeid, T., K, S., & Oz, F. (2023). Major Phytochemicals: Recent Advances in Health Benefits and Extraction Method. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(2). <https://doi.org/10.3390/molecules28020887>
- Kurutas, E. B. (2016). The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutrition Journal*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0186-5>

- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Lü, J.-M., Lin, P. H., Yao, Q., & Chen, C. (2010). Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 14(4), 840–860. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>
- Ngibad, K., & Lestari, L. P. (2020). Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Fenolik Total Daun Zodia (*Evodia suaveolens*). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 94. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.35580.94-109>
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science: IJBS*, 4(2), 89.
- Poljsak, B. (2011). Strategies for reducing or preventing the generation of oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2011, 194586. <https://doi.org/10.1155/2011/194586>
- Prakash, B. (2020). *Functional and preservative properties of phytochemicals*. Academic Press.
- Pruteanu, L. L., Bailey, D. S., Grădinaru, A. C., & Jäntschi, L. (2023). The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/antiox12040860>
- Rahaman, M. M., Hossain, R., Herrera-Bravo, J., Islam, M. T., Atolani, O., Adeyemi, O. S., Owolodun, O. A., Kambizi, L., Daştan, S. D., Calina, D., & Sharifi-Rad, J. (2023). Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. *Food Science & Nutrition*, 11(4), 1657–1670. <https://doi.org/10.1002/fsn.3.3217>
- Roberts, R. L., Green, J., & Lewis, B. (2009). Lutein and zeaxanthin in eye and skin health. *Clinics in Dermatology*, 27(2), 195–201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.01.011>

- Story, E. N., Kopec, R. E., Schwartz, S. J., & Harris, G. K. (2010). An update on the health effects of tomato lycopene. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 189–210. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124120>
- Sun, Y., Li, M., Mitra, S., Hafiz Muhammad, R., Debnath, B., Lu, X., Jian, H., & Qiu, D. (2018). Comparative Phytochemical Profiles and Antioxidant Enzyme Activity Analyses of the Southern Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) at Different Developmental Stages. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(9). <https://doi.org/10.3390/molecules23092209>
- Thirunavukarasu, A. J., Ross, A. C., & Gilbert, R. M. (2022). Vitamin A, systemic T-cells, and the eye: Focus on degenerative retinal disease. *Frontiers in Nutrition*, 9, 914457. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.914457>
- Willcox, J. K., Ash, S. L., & Catignani, G. L. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 275–295.
- Wimalawansa, S. J. (2019). Vitamin D Deficiency: Effects on Oxidative Stress, Epigenetics, Gene Regulation, and Aging. *Biology*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/biology8020030>
- Xu, D.-P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J.-J., & Li, H.-B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 96.
- Zehiroglu, C., & Ozturk Sarikaya, S. B. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4757–4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>

BAB 6

REAKSI OKSIDASI DALAM MAKANAN

Oleh Ani Siti Wiryani

6.1 Pendahuluan

Reaksi oksidasi adalah proses kimia yang melibatkan pemindahan elektron dari satu molekul atau atom ke molekul atau atom lainnya. Reaksi oksidasi adalah bagian penting dari banyak proses biologis, termasuk metabolisme makanan dalam tubuh manusia. Dalam materi ini, kita akan menjelaskan bagaimana reaksi oksidasi terjadi dalam makanan, mengapa ini penting, dan bagaimana pengaruhnya terhadap kesehatan kita.

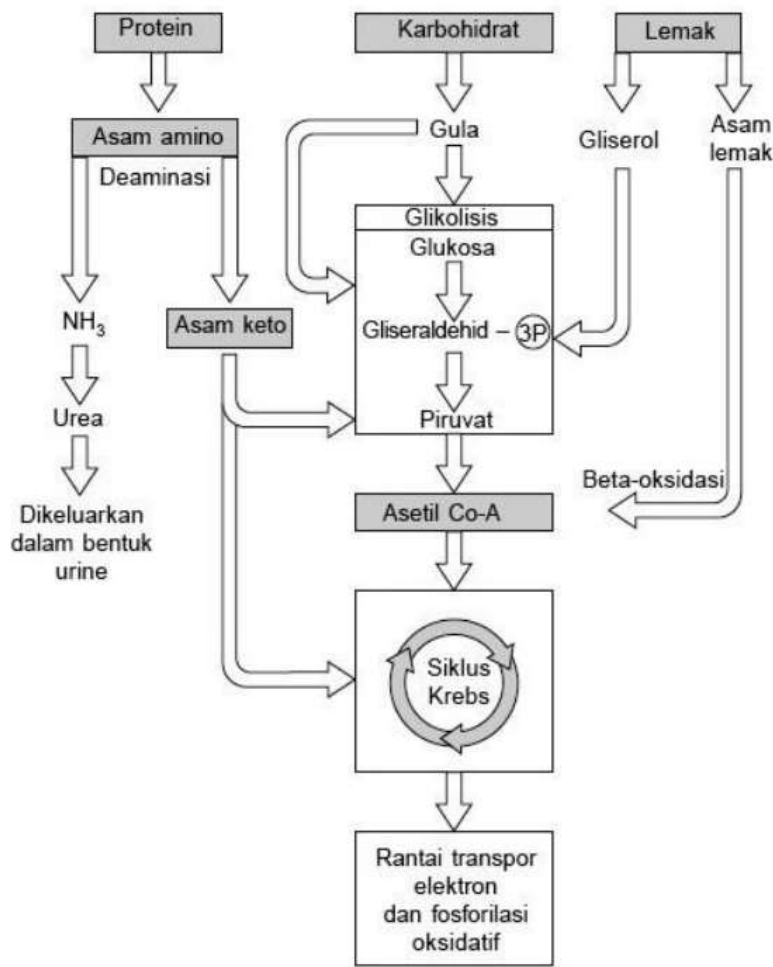
6.2 Konsep Dasar Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi melibatkan pemindahan elektron dari molekul yang satu ke molekul yang lain. Molekul yang melepaskan elektron disebut sebagai "zat teroksidasi" atau "reduktor," sementara molekul yang menerima elektron disebut sebagai "zat tereduksi" atau "oksidan." Dalam konteks makanan, reaksi oksidasi seringkali melibatkan senyawa seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino (Bard, *et al.*, 2002).

6.3 Reaksi Oksidasi dalam Metabolisme Makanan

Makronutrien adalah komponen utama dalam makanan yang memberikan tubuh manusia dengan sumber energi. Makronutrien utama yang dikonsumsi dalam makanan meliputi karbohidrat, lemak, dan protein (Festy, 2018). Proses oksidasi adalah cara di mana tubuh mengubah makronutrien ini menjadi energi yang digunakan untuk semua fungsi tubuh. Metabolisme adalah serangkaian proses kimia yang terjadi dalam tubuh untuk mengubah makanan menjadi energi yang dapat digunakan dan bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan sel. Berikut ini adalah penjelasan mengenai oksidasi

karbohidrat, lemak, dan protein sebagai makronutrien pada makanan.

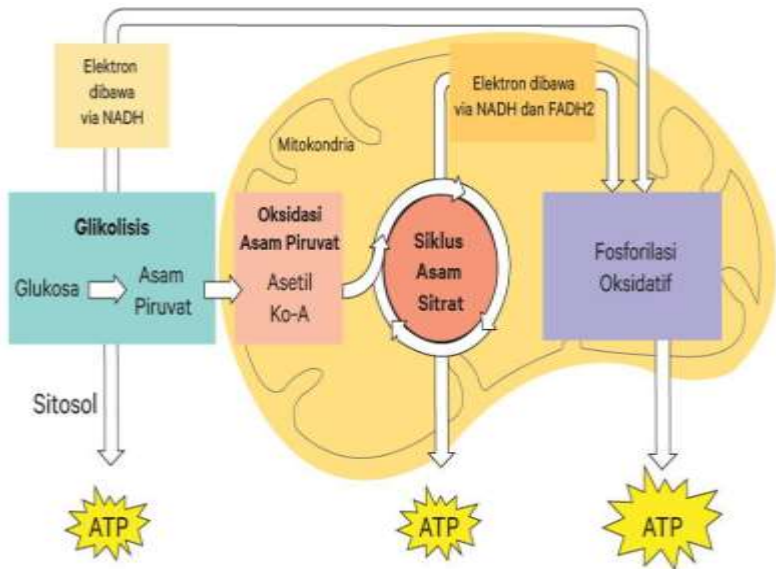


Gambar 6.1. Integrasi Katabolisme Protein, Karbohidrat, dan Lemak
(sumber: Solomon, et al. 2008)

6.3.1 Oksidasi Karbohidrat

Oksidasi karbohidrat adalah salah satu proses kunci dalam metabolisme manusia. Proses ini melibatkan konversi karbohidrat, terutama glukosa, menjadi energi yang diperlukan untuk semua aktivitas tubuh dan fungsi seluler. Inilah bagaimana tubuh kita

menghasilkan ATP, mata uang energi seluler. Proses metabolisme ini mencakup beberapa tahap utama yang melibatkan reaksi oksidasi, yaitu glikolisis, siklus Krebs, dan forforilasi oksidatif (Solomon, *et al.* 2008).

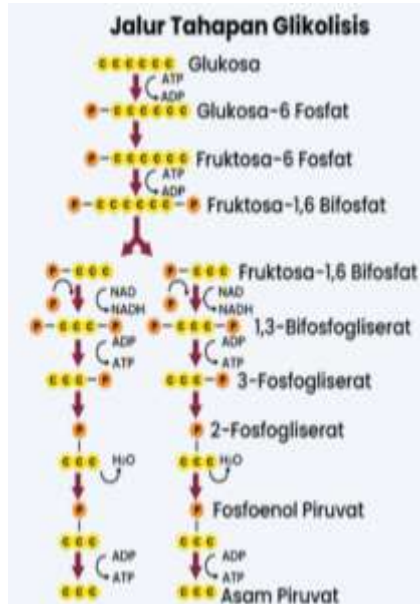


Gambar 6.2. Proses Oksidasi Karbohidrat

(sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/respirasi-anaerob/>, diakses 25 Oktober 2023)

1. Glikolisis

Glikolisis adalah proses awal dalam metabolisme karbohidrat, di mana glukosa dipecah menjadi dua molekul piruvat. Selama glikolisis, sejumlah kecil energi dilepaskan dan beberapa elektron dan proton diambil oleh molekul lain (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

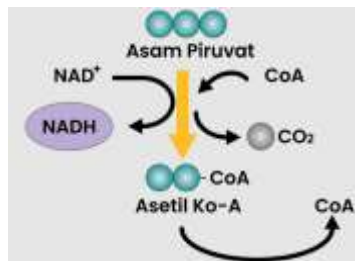


Gambar 6.3. Jalur Tahapan Glikolisis

(sumber: <https://www.siswapedia.com/proses-dan-tahapan-glikolisis/>, diakses 25 Oktober 2023)

2. Dekarboksilasi Oksidatif

Dekarboksilasi oksidatif adalah reaksi antara glikolisis dan siklus Krebs. Dalam proses ini, asam piruvat diubah menjadi asetil Ko-A dan menghasilkan NADH (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

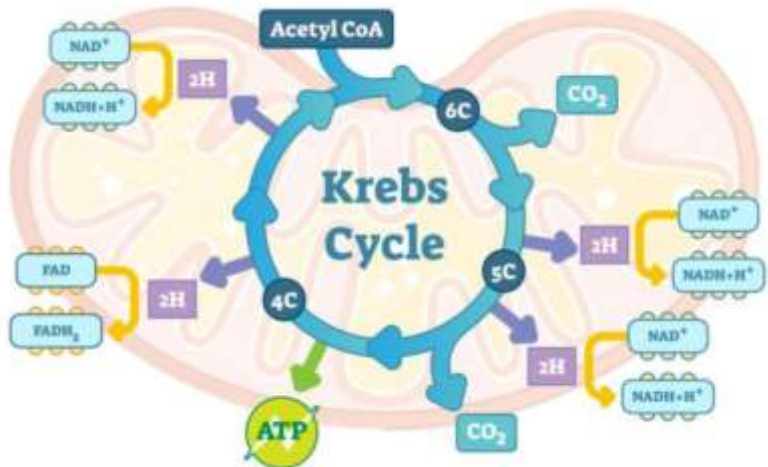


Gambar 6.4. Reaksi Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat

(sumber: <https://generasibiologi.com/2017/07/pengertian-tahapan-reaksi-metabolisme-katabolisme-karbohidrat.html>, diakses 15 Oktober 2023)

3. Siklus Krebs

Siklus Krebs (siklus asam sitrat) adalah suatu proses yang terjadi dalam mitokondria sel, di mana piruvat dipecah lebih lanjut menjadi karbon dioksida dan energi dilepaskan dalam bentuk ATP (adenosin trifosfat). Selama siklus Krebs, terjadi berbagai reaksi oksidasi yang menghasilkan elektron yang diambil oleh sistem transport elektron (Henggu & Nurdiansyah, 2021).



Gambar 6.5. Siklus Krebs

(sumber: <https://katadata.co.id/intan/berita/634fa2e39eae8-siklus-krebs-yang-patut-diketahui>, diakses 10 Oktober 2023)

4. Transpor Elektron

Rantai transport elektron adalah proses yang terjadi di dalam membran mitokondria. Dalam rantai ini, elektron dari NADH dan FADH₂ dipompa melalui serangkaian protein yang menghasilkan gradien elektrokimia yang akhirnya digunakan untuk menghasilkan ATP melalui proses fosforilasi oksidatif.

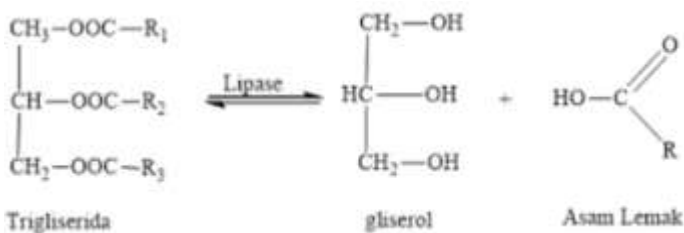
Proses	Masukan Energi	Hasil	Jumlah Energi
Glikolisis	2 ATP + 2 NADH	2 ATP + (2×3 ATP)	= 8 ATP
Siklus Krebs	2 NADH	2 × 3 ATP	= 6 ATP
Dekarboksilasi Oksidatif	2 ATP + 6 NADH + 2 FADH ₂	2 ATP + (6×3 ATP) + (2 × 2 ATP)	=24 ATP
Total Energi yang Dihasilkan			38 ATP

6.3.2 Oksidasi Lemak

Oksidasi lemak adalah proses biokimia di mana molekul lemak dipecah menjadi energi yang dapat digunakan oleh sel-sel tubuh. Proses ini terjadi dalam mitokondria sel-sel tubuh dan merupakan salah satu cara utama tubuh manusia memperoleh energi.

1. Lipolisis

Lipolisis adalah proses pemecahan lemak atau trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol dalam tubuh. Proses ini terjadi sebagai respons terhadap kebutuhan tubuh untuk energi. Lipolisis biasanya terjadi dalam jaringan adiposa (lemak) di dalam tubuh (Muhammad, 2022).



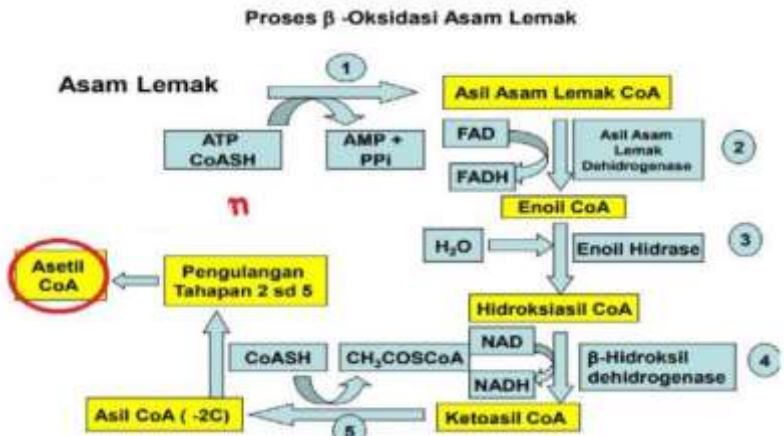
Gambar 6.6. Lipolisis Trigliserida

(sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/proses-metabolisme-lemak/>, diakses 30 Oktober 2023)

2. Beta-Oksidasi

Beta oksidasi adalah proses penting dalam metabolisme lemak yang terjadi dalam mitokondria sel-sel tubuh. Proses ini merupakan cara utama tubuh menguraikan molekul-

molekul lemak, terutama asam lemak, menjadi energi yang dapat digunakan.



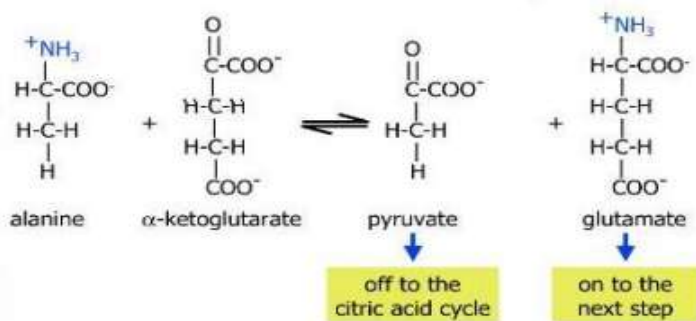
Gambar 6.7. Proses β -Oksidasi Asam Lemak
(sumber: <https://drzuhdy.com/beta-oksidasi-asam-lemak/>,
diakses 28 Oktober 2023)

6.3.3 Oksidasi Protein

Protein adalah komponen dasar sel-sel dan digunakan untuk pertumbuhan, perbaikan, dan fungsi tubuh. Protein dioksidasi sebagai sumber energi hanya dalam situasi darurat ketika karbohidrat dan lemak tidak mencukupi. Oksidasi protein adalah proses biokimia di mana protein dipecah menjadi asam amino dan digunakan untuk memproduksi energi atau sintesis molekul yang dibutuhkan oleh tubuh (Anwar, 2023). Oksidasi protein terjadi ketika tubuh membutuhkan energi tambahan, dan pasokan karbohidrat dan lemak terbatas. Asam amino yang terdapat dalam protein dipecah dalam beberapa tahap:

- ## 1. Transaminasi

Proses transfer gugus amino dari suatu asam amino ke asam amino lain sehingga menjadi berbagai molekul intermediet (Solomon, et al. 2008).



Gambar 6.8. Transaminasi Alanin

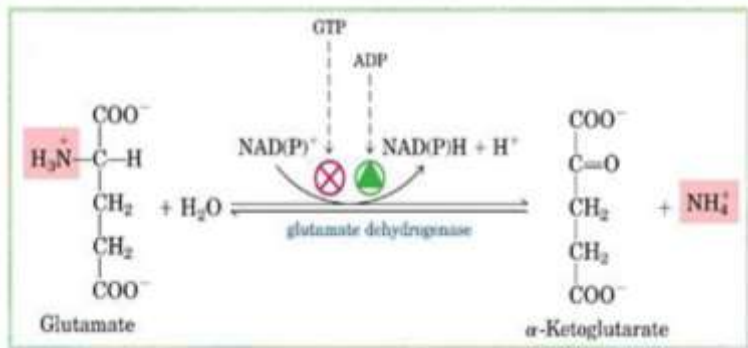
(sumber:

https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/96e8091924b1dbc6c4458e707f682f45.pdf, diakses 27 Oktober 2023)

Salah satu contoh transaminasi dapat dilihat pada Gambar 6.8. Gugus amina pada alanin dapat ditransferkan ke asam amino lain, contohnya α -ketoglutarat menghasilkan piruvat (intermediet dalam siklus Krebs) dan glutamat (asam amino yang baru). Glutamat yang dihasilkan dapat langsung masuk ke dalam siklus Krebs, namun piruvat yang dihasilkan akan diubah terlebih dahulu menjadi asetil ko-A yang selanjutnya akan masuk ke siklus Krebs.

2. Deaminasi

Dergrasasi asam amino berlanjut dengan pelepasan gugus amino kemudian diekskresi menjadi urine. Di dalam mitokondria terjadi reaksi deaminasi oksidatif yang dikatalisis oleh L-glutamate gehydrogenase (enzim yang terdapat dalam matriks mitokondria) (Solomon, et al. 2008).



Gambar 6.9. Proses Deaminasi Glutamat

(sumber:

<https://pspk.fkunissula.ac.id/sites/default/files/UREUM%20AA%202019.pdf>, diakses 30 Oktober 2023)

Asam amino glutamat dapat mengalami deaminasi (penghilangan gugus amina) dengan melibatkan NAD^+ sehingga menghasilkan NADH , α -ketoglutarat, dan ammonia bebas.

6.4 Pengaruh Reaksi Oksidasi pada Kesehatan

Makronutrien adalah komponen utama dalam makanan yang memberikan tubuh manusia dengan sumber energi. Makronutrien utama yang dikonsumsi dalam makanan meliputi karbohidrat, lemak, dan protein. Proses oksidasi adalah cara di mana tubuh mengubah makronutrien ini menjadi energi yang digunakan untuk semua fungsi tubuh.

6.5 Kesimpulan

Reaksi oksidasi dalam makanan adalah bagian penting dari metabolisme manusia. Memahami bagaimana proses ini berlangsung dan bagaimana mengelolanya melalui diet seimbang dapat membantu kita menjaga kesehatan yang baik dan mencegah berbagai masalah kesehatan yang berhubungan dengan reaksi oksidasi berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Y. A. S. 2023. *Biokimia 1 Protein & Asam Nukleat*. Malang: CV Literasi Nusantara Abadi.
- Bard, A. J., Zoski, C. G., Faulkner, L. R., Leddy, J., Dunwoody, D. 2002. *Student Solutions Manual to Accompany Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2e*. United Kingdom: Wiley.
- Festy, P. 2018. *Buku ajar gizi dan diet*. Surabaya: UMSurabaya Publishing.
- Henggu, K. U., & Nurdiansyah, Y. 2021. Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 3(2), 9-17.
- <https://drzuhdy.com/beta-oksidasi-asam-lemak/>, diakses 28 Oktober 2023
- <https://generasibiologi.com/2017/07/pengertian-tahapan-reaksi-metabolisme-katabolisme-karbohidrat.html>, diakses 15 Oktober 2023
- <https://katadata.co.id/intan/berita/634fa2e39eab/8-siklus-krebs-yang-patut-diketahui>, diakses 10 Oktober 2023
- <https://pspk.fkunissula.ac.id/sites/default/files/UREUM%20AA%202019.pdf>, diakses 30 Oktober 2023
- https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/96e8091924b1dbc6c4458e707f682f45.pdf, diakses 27 Oktober 2023
- <https://www.gurupendidikan.co.id/proses-metabolisme-lemak/>, diakses 30 Oktober 2023
- <https://www.gurupendidikan.co.id/respirasi-anaerob/>, diakses 25 Oktober 2023
- <https://www.siswapedia.com/proses-dan-tahapan-glikolisis/>, diakses 25 Oktober 2023
- Muhammad, H. F. L. 2022. *Nutrigenetik: rekomendasi kebutuhan energi dan zat gizi makro berbasis genetik untuk layanan personalized nutrition*. Indonesia: UGM Press.
- Solomon, Berg, & Martin. 2008. *Biology 8th Edition*. Belmont: Thompson Higher Education.

BAB 7

FLAVONOID DAN SENYAWA BIOAKTIF LAINNYA

Oleh Nur Rezky Khairun Nisaa

7.1 Pendahuluan

Senyawa bioaktif adalah senyawa kimia dalam makanan yang memiliki potensi untuk memberikan manfaat kesehatan kepada konsumen ketika dikonsumsi dalam jumlah yang cukup. Beberapa senyawa bioaktif yang umumnya ditemukan dalam makanan dan manfaat kesehatan adalah fitoestrogen, fenolik, kurkumin, resveratrol, kolin, asam folat dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan peran penting gizi dalam kesehatan manusia, penelitian dalam bidang senyawa bioaktif semakin mendalam. Keterlibatan senyawa-senyawa ini dalam proses biologis tubuh manusia telah memicu minat yang lebih luas dalam pemahaman lebih lanjut tentang potensi kesehatan dari konsumsi bahan pangan yang kaya senyawa bioaktif.

Penelitian pada senyawa bioaktif pada bahan pangan melibatkan analisis dan karakterisasi komponen-komponen kimia yang terkandung dalam pangan tersebut. Penelitian semacam ini melibatkan metode-metode analisis laboratorium yang canggih untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi senyawa-senyawa tersebut. Selain itu, pemahaman tentang interaksi senyawa-senyawa ini dengan sistem biologis manusia juga menjadi fokus utama, mengingat kompleksitas respons tubuh terhadap konsumsi pangan.

Salah satu kelompok utama senyawa bioaktif pada bahan pangan adalah senyawa fitokimia. Senyawa ini ditemukan dalam tumbuhan dan memberikan warna, aroma, dan rasa pada pangan. Beberapa contoh senyawa fitokimia yang dikenal luas antara lain flavonoid, karotenoid, dan senyawa sulfur. Flavonoid, sebagai contoh, ditemukan dalam berbagai buah-buahan dan sayuran, dan

telah dikaitkan dengan sifat antioksidan yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif.

Selain senyawa fitokimia, senyawa bioaktif lainnya yang penting dalam pangan adalah asam lemak omega-3 dan omega-6. Kedua jenis asam lemak ini termasuk dalam kelompok asam lemak tak jenuh dan dikenal memiliki dampak positif pada kesehatan jantung dan fungsi kognitif. Sumber utama asam lemak omega-3 adalah ikan laut dalam, sementara asam lemak omega-6 dapat ditemukan dalam minyak nabati seperti minyak bunga matahari.

Pentingnya senyawa bioaktif dalam bahan pangan bukan hanya terbatas pada aspek kesehatan fisik, tetapi juga mencakup dampaknya pada kesehatan mental. Beberapa senyawa bioaktif, seperti asam amino triptofan yang ditemukan dalam produk susu, dapat berperan pada produksi serotonin, neurotransmitter yang berhubungan dengan perasaan bahagia dan kesehatan mental. Penelitian lebih lanjut pada senyawa-senyawa ini juga melibatkan pemahaman tentang peran mereka dalam mencegah dan mengelola penyakit. Misalnya, beberapa senyawa bioaktif telah diidentifikasi memiliki potensi sebagai zat antiinflamasi dan antimikroba, membuka peluang untuk pengembangan pangan fungsional yang dapat membantu meningkatkan kesehatan secara keseluruhan.

Dalam konteks ini, penting untuk memahami peran pangan sebagai sumber utama senyawa bioaktif. Dengan demikian, pemilihan dan konsumsi pangan yang tepat dapat menjadi strategi utama dalam mencapai kesehatan yang optimal. Penelitian lebih lanjut dalam bidang ini akan terus menggali potensi senyawa-senyawa bioaktif baru dan memperdalam pemahaman tentang mekanisme kerja mereka dalam tubuh manusia. Pemahaman yang lebih baik tentang senyawa-senyawa ini dan dampaknya pada tubuh manusia tidak hanya memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat untuk pengembangan pangan fungsional, tetapi juga membuka jalan menuju formulasi diet yang lebih efektif untuk pencegahan dan pengelolaan berbagai kondisi kesehatan.

Berikut beberapa contoh senyawa bioaktif yang umumnya ditemukan dalam makanan dan manfaat kesehatan yang terkait dengan mereka:

No	Senyawa Bioaktif	Sumber	Manfaat
1	Resveratrol	Anggur merah, kulit kacang merah	Potensi melindungi jantung, memiliki sifat anti-penuaan, dan mungkin mendukung kesehatan otak
2	Lycopene	Tomat, semangka, paprika merah	Perlindungan terhadap kanker prostat, kanker payudara, dan kondisi terkait jantung
3	Kurkumin	Kunyit	Sifat antiinflamasi, antioksidan, dan mungkin memiliki efek melawan kanker
4	Betakaroten	Wortel, labu, ubi jalar	Penting untuk kesehatan mata, sistem kekebalan tubuh, dan kulit
5	Omega-3 Asam Lemak	Ikan berlemak seperti salmon, sarden	Mendukung kesehatan jantung, otak, dan memiliki sifat antiinflamasi
6	Flavonoid (termasuk quercetin, kaempferol, dll.)	Berbagai buah-buahan, sayuran, teh hijau	Antioksidan, antiinflamasi, mendukung kesehatan jantung, dan berbagai manfaat kesehatan lainnya
7	Fitoestrogen	Kedelai, kacang-kacangan	Potensi mendukung kesehatan jantung, menopause, dan mengurangi risiko kanker
8	Kolin	Kuning telur, kacang polong	Penting untuk fungsi otak dan metabolisme lemak

No	Senyawa Bioaktif	Sumber	Manfaat
9	Glukosinolat	Sayuran cruciferous seperti brokoli, kubis	Potensi melindungi terhadap kanker dan memiliki sifat antioksidan
10	Lutein dan Zeaxanthin	Sayuran berdaun hijau seperti bayam, kale	Melindungi kesehatan mata dan mengurangi risiko degenerasi makula
11	Probiotik	Yogurt, miso, kimchi	Mendukung kesehatan usus dengan meningkatkan bakteri baik dalam saluran pencernaan
12	Prebiotik	Bawang, bawang putih, pisang	Memberikan makanan untuk bakteri baik dalam usus, mendukung kesehatan pencernaan
13	Asam Folat	sayuran berdaun hijau, kacang-kacangan, dan sereal	untuk pertumbuhan sel, kesehatan sel darah merah, dan pencegahan cacat tabung saraf pada bayi yang belum lahir

7.2 Flavonoid

Senyawa flavonoid adalah kelompok senyawa polifenol yang luas distribusinya di alam dan ditemukan dalam berbagai jenis tumbuhan, termasuk buah-buahan, sayuran, teh, dan anggur. Pengertian mendalam tentang senyawa ini membutuhkan pemahaman struktur kimianya, fungsi biologisnya, serta manfaat kesehatan yang dapat diperoleh melalui konsumsi pangan yang mengandung flavonoid. Secara kimia, flavonoid memiliki struktur dasar yang disebut sebagai cincin flavan, yang terdiri dari dua cincin aromatik yang terhubung oleh rantai karbon. Struktur inilah yang memberikan sifat kimia dan aktivitas biologis khas pada senyawa flavonoid. Dalam keluarga flavonoid, terdapat berbagai jenis seperti

flavonol, flavon, flavanon, isoflavon, dan antosianidin, yang masing-masing memiliki varian struktur khasnya sendiri.

Fungsi biologis flavonoid pada tumbuhan melibatkan berbagai proses, seperti pigmen warna pada bunga yang membantu dalam penyerbukan oleh serangga, perlindungan terhadap radiasi UV, serta peran dalam pertahanan tumbuhan terhadap patogen dan serangga. Struktur kimia flavonoid memungkinkan mereka berinteraksi dengan enzim-enzim tumbuhan dan memodulasi aktivitas metabolik. Di samping itu, flavonoid juga berperan dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Pentingnya flavonoid pada manusia terutama terletak pada perannya sebagai senyawa bioaktif dengan potensi kesehatan. Seiring dengan penelitian yang terus berkembang, telah diketahui bahwa flavonoid dapat memberikan manfaat signifikan pada kesehatan manusia. Salah satu fungsi utamanya adalah sebagai antioksidan, yang berarti mereka dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Manfaat antioksidan flavonoid terkait erat dengan potensinya untuk mengurangi stres oksidatif dalam tubuh. Stres oksidatif terjadi ketika radikal bebas melebihi kapasitas tubuh untuk menetralkan atau menghilangkan mereka. Dalam konteks ini, flavonoid dapat membantu mengurangi risiko berbagai penyakit degeneratif, termasuk penyakit jantung dan beberapa jenis kanker.

Selain itu, flavonoid juga ditemukan memiliki sifat antiinflamasi, yang dapat membantu dalam mengurangi peradangan kronis dalam tubuh. Inflamasi kronis telah dikaitkan dengan sejumlah besar penyakit, termasuk penyakit autoimun dan beberapa gangguan neurodegeneratif. Flavonoid juga memainkan peran penting dalam mendukung fungsi kardiovaskular. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi flavonoid dapat membantu mengurangi tekanan darah, meningkatkan kesehatan pembuluh darah, dan mengurangi risiko penyakit jantung koroner. Ini terkait dengan kemampuan flavonoid untuk meningkatkan elastisitas pembuluh darah dan mengurangi oksidasi kolesterol LDL, yang merupakan faktor risiko utama penyakit jantung.

Dalam konteks kesehatan metabolik, flavonoid juga telah menunjukkan potensi dalam mengatur kadar gula darah dan

meningkatkan sensitivitas insulin. Hal ini dapat memiliki dampak positif pada pencegahan dan pengelolaan diabetes tipe 2. Selain manfaat kesehatan fisik, flavonoid juga diketahui memiliki dampak positif pada kesehatan mental. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa konsumsi makanan yang kaya flavonoid dapat terkait dengan peningkatan kognisi dan perlindungan terhadap penurunan fungsi kognitif terkait usia. Ini menunjukkan potensi flavonoid dalam mendukung kesehatan otak dan mengurangi risiko penyakit neurodegeneratif seperti Alzheimer.

Flavonoid dan senyawa turunannya adalah kelompok senyawa kimia yang banyak ditemukan di alam, terutama pada tumbuhan, dan memiliki beragam fungsi biologis serta aktivitas farmakologis yang signifikan. Struktur kimia flavonoid yang khas, yang terdiri dari cincin flavan dengan dua cincin aromatik yang terhubung oleh rantai karbon, memberikan karakteristik unik pada senyawa ini. Flavonoid diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok utama, termasuk flavonol, flavon, flavanon, isoflavon, dan antosianidin, yang masing-masing memiliki karakteristik dan manfaat kesehatan yang berbeda.

Flavonoid terbagi atas beberapa kelompok atau turunan berdasarkan rumus strukturnya, salah satunya adalah flavonol. Flavonol sering ditemukan pada berbagai jenis buah-buahan dan sayuran, seperti apel, bawang merah, dan teh hijau. Struktur flavonol melibatkan cincin flavan dengan gugus hidroksi tambahan, yang memberikan sifat antioksidan pada senyawa ini. Flavonol telah diteliti secara mendalam karena potensinya dalam memberikan manfaat kesehatan, terutama dalam melawan stres oksidatif dan peradangan dalam tubuh.

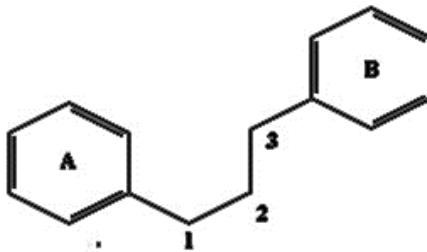
Flavon adalah kelompok flavonoid lain yang sering dijumpai dalam berbagai sumber pangan. Contohnya adalah quercetin, yang ditemukan dalam apel, bawang, dan anggur merah. Quercetin memiliki sifat antioksidan dan antiinflamasi yang kuat. Senyawa ini juga dikaitkan dengan potensi kesehatan yang signifikan, termasuk kemampuannya untuk meningkatkan kesehatan kardiovaskular dan menurunkan risiko penyakit kronis.

Flavanon, varian lain dari flavonoid, memiliki struktur cincin flavan tetapi dengan perbedaan pada posisi gugus hidroksi. Contoh

flavanon yang umum adalah hesperetin dan naringenin, yang banyak ditemukan dalam jeruk. Kedua senyawa ini telah menarik perhatian karena sifat antioksidan dan potensi mereka dalam meningkatkan kesehatan jantung.

Isoflavon adalah kelompok flavonoid yang umumnya ditemukan dalam kacang-kacangan, kedelai, dan produk-produk kedelai. Struktur isoflavon menyerupai struktur estrogen, dan oleh karena itu, isoflavon sering dianggap memiliki efek modulator hormon. Kajian menunjukkan bahwa isoflavon dapat memberikan manfaat hormonal, seperti mengurangi gejala menopause pada wanita dan menawarkan perlindungan terhadap risiko kanker tertentu.

Rumus struktur flavonoid umumnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7.1. Rumus struktur Flavonoid

Rumus dasar flavonoid adalah $C_6-C_3-C_6$, ini menggambarkan bagaimana rantai karbon dalam struktur flavonoid terdiri dari tiga cincin karbon yang berhubungan satu sama lain. Tiga cincin ini adalah cincin A: Terdiri dari 6 atom karbon, membentuk cincin heterosiklik yang umumnya mengandung oksigen (atom oksigen atau dua atom oksigen yang bersebelahan). Contoh atom yang bisa ada dalam cincin ini adalah oksigen (O) atau nitrogen (N). Cincin B: Terdiri dari 3 atom karbon, membentuk cincin alifatik tak jenuh (tanpa ikatan rangkap). Ini adalah cincin yang menghubungkan cincin A dan C. Cincin C: Terdiri dari 6 atom karbon, seperti cincin A. Cincin ini juga biasanya mengandung oksigen dalam bentuk berbagai gugus fungsional, seperti gugus hidroksil (-OH) atau gugus metoksil (-OCH₃). Struktur flavonoid yang spesifik akan bervariasi tergantung pada tipe flavonoid tertentu. Ada berbagai subkelas

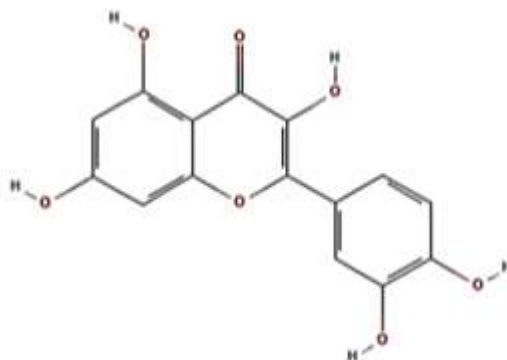
flavonoid yang berbeda, seperti flavon, flavonol, flavanon, flavanonol, isoflavon, dan lain-lain, yang memiliki variasi dalam struktur cincin dan gugus fungsional yang terkait.

7.2.1 Kuersetin

Kuersetin, yang merupakan flavonol yang termasuk dalam kelompok flavonoid, adalah senyawa bioaktif yang memiliki beragam sifat biologis dan potensi kesehatan. Secara kimia, kuersetin ditemukan dalam berbagai jenis makanan, terutama dalam buah-buahan dan sayuran. Pada tingkat molekuler, struktur kuersetin melibatkan cincin flavon yang terhubung oleh rantai karbon, yang memberikan kerangka kerja untuk berbagai aktivitas biologisnya.

Salah satu sifat utama kuersetin yang telah menarik perhatian ilmiah adalah kemampuannya sebagai antioksidan. Sebagai senyawa antioksidan, kuersetin dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Radikal bebas, yang dapat dihasilkan selama proses metabolisme normal dan dapat meningkat akibat paparan lingkungan, dapat menyebabkan stres oksidatif dan berkontribusi pada perkembangan berbagai penyakit kronis. Dalam konteks ini, kuersetin dapat membantu mengurangi risiko penyakit kardiovaskular, kanker, dan penyakit neurodegeneratif. Kemampuannya untuk melindungi sel-sel dari stres oksidatif membuktikan peran kuersetin dalam menjaga integritas struktural dan fungsional sel tubuh.

Sumber utama kuersetin adalah makanan, terutama buah-buahan dan sayuran tertentu. Bawang merah, apel, brokoli, dan teh hijau adalah contoh makanan yang kaya akan kuersetin. Namun, suplementasi kuersetin juga menjadi pilihan, terutama bagi mereka yang kesulitan untuk memenuhi kebutuhan kuersetin melalui pola makan sehari-hari.



Gambar 7.2. Rumus struktur Kuersetin

Kuersetin, sejenis flavonoid, memiliki rumus struktur kimia $C_{15}H_{10}O_7$. Struktur ini terdiri dari inti flavonol yang memiliki dua cincin aromatik dengan ikatan ganda dan sejumlah gugus hidroksi. Rumus struktur quercetin menunjukkan adanya gugus karbonil pada cincin C, serta gugus hidroksi yang melekat pada posisi berbeda dalam cincin tersebut. Gugus hidroksi tersebut memberikan quercetin sifat antioksidan dan antiinflamasi yang dapat mendukung kesehatan manusia.

7.2.2 Rutin

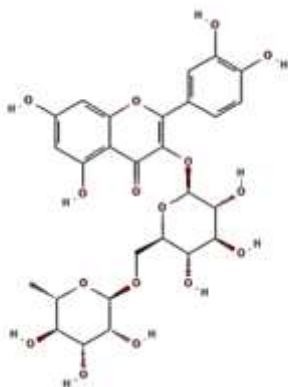
Rutin, juga dikenal sebagai quercetin-3-rutinoside, adalah flavonoid yang berasal dari keluarga senyawa bioaktif yang banyak ditemukan pada tumbuhan. Secara kimia, rutin termasuk dalam kelompok flavonol dan memiliki struktur yang melibatkan cincin flavon dengan rantai gula rutinose yang melekat pada molekulnya. Rutin dapat ditemukan dalam berbagai jenis makanan, terutama pada buah-buahan, sayuran, dan teh. Penelitian yang terus berkembang telah mengungkapkan berbagai sifat biologis dan potensi kesehatan yang dimiliki oleh rutin.

Sifat antioksidan rutin menjadi fokus utama dalam pemahaman manfaat kesehatannya. Sebagai senyawa antioksidan, rutin memiliki kemampuan untuk melawan radikal bebas yang dapat menyebabkan stres oksidatif dalam tubuh.

Stres oksidatif terkait erat dengan berbagai kondisi kesehatan kronis, termasuk penyakit jantung, kanker, dan penuaan dini. Dengan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif, rutin dapat berpotensi memberikan perlindungan terhadap perkembangan berbagai penyakit degeneratif.

Rutin dapat ditemukan dalam berbagai jenis buah-buahan, seperti apel, ceri, dan jeruk. Sayuran hijau, teh hijau, dan bawang merah juga merupakan sumber yang baik. Meskipun rutin umumnya dianggap aman, konsultasi dengan profesional kesehatan sebelum mengambil suplemen rutin tetap dianjurkan, terutama bagi individu yang memiliki kondisi kesehatan tertentu atau sedang mengonsumsi obat-obatan.

Rutin, juga dikenal sebagai *quercetin-3-rutinoside*, adalah senyawa flavonoid yang ditemukan dalam berbagai tanaman, termasuk buckwheat, daun teh hijau, dan apel. Rumus struktur rutin dapat dijelaskan sebagai glikosida flavonol yang terdiri dari dua bagian utama: inti flavonol quercetin dan gula rutinose. Inti quercetin terdiri dari dua cincin aromatik dengan ikatan ganda dan gugus hidroksi, sementara rutinose, atau *rhamnose-6-O-glucoside*, adalah gula yang terikat pada quercetin. Struktur ini memberikan sifat antioksidan dan antiinflamasi pada rutin, yang telah menarik perhatian dalam penelitian terkait manfaat kesehatan. Rutin dianggap sebagai senyawa bioaktif dengan potensi untuk mendukung kesehatan jantung, mengurangi peradangan, dan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif.

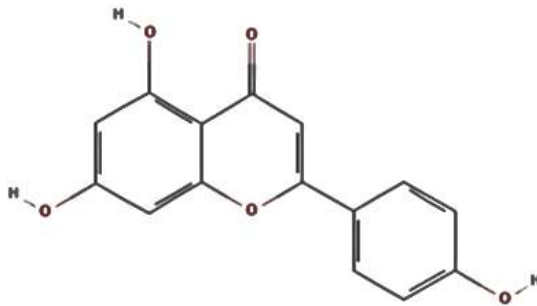


Gambar 7.3. Rumus struktur Rutin

7.2.3 Apigenin

Apigenin adalah senyawa flavonoid yang termasuk dalam kelompok senyawa polifenol yang ditemukan secara alami dalam berbagai jenis tumbuhan, terutama dalam berbagai jenis buah-buahan dan sayuran. Senyawa ini dikenal karena aktivitas antioksidannya yang kuat dan telah menarik perhatian para peneliti dalam bidang kesehatan manusia. Dalam uraian ini, kita akan membahas berbagai aspek yang terkait dengan apigenin, termasuk sifat kimianya, sumber alaminya, potensi manfaat kesehatan, dan aplikasinya dalam konteks medis dan farmakologi.

Dari segi struktur kimia, apigenin termasuk dalam keluarga flavonoid, yang mencakup sejumlah besar senyawa bioaktif dengan cincin aromatik dan gugus hidroksi. Apigenin memiliki cincin flavon yang terhubung dengan dua cincin benzena, membentuk struktur yang khas untuk flavonoid. Gugus hidroksi yang terdapat pada apigenin memberikan sifat antioksidan yang signifikan, membuatnya berperan dalam melawan stres oksidatif dalam tubuh.



Gambar 7.4. Rumus struktur Apigenin

Apigenin dapat ditemukan dalam berbagai jenis makanan, terutama dalam sayuran seperti selada, peterseli, seledri, dan bit. Selain itu, apigenin juga hadir dalam beberapa jenis buah-buahan seperti apel dan ceri. Sumber alami ini memberikan cara yang baik untuk mengintegrasikan apigenin ke dalam pola makan sehari-hari, mendukung asupan senyawa bioaktif ini untuk mendukung kesehatan. Salah satu sifat utama apigenin adalah kemampuannya sebagai antioksidan. Sebagai senyawa antioksidan, apigenin dapat

membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas.

Apigenin juga menunjukkan potensi dalam mendukung kesehatan jantung. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa apigenin dapat membantu menurunkan tekanan darah dan mengurangi risiko penyakit kardiovaskular. Efek ini kemungkinan terkait dengan kemampuannya untuk meningkatkan fungsi pembuluh darah dan melawan oksidasi kolesterol LDL, yang dapat membantu mencegah terjadinya penyakit jantung. Apigenin juga menunjukkan potensi dalam mendukung sistem kekebalan tubuh. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa apigenin dapat merangsang produksi sel-sel kekebalan tubuh, seperti limfosit dan sel natural killer, yang dapat membantu tubuh melawan infeksi dan penyakit.

7.3 Senyawa Bioaktif Lainnya

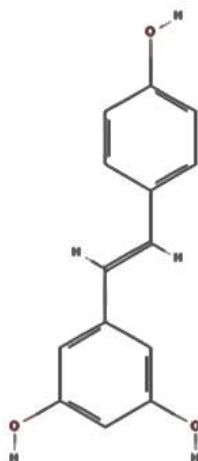
7.3.1 Resveratrol

Resveratrol adalah senyawa polifenol yang ditemukan secara alami dalam berbagai jenis tumbuhan, terutama pada kulit buah anggur merah, kacang arachis, dan beberapa tanaman herbal seperti *Polygonum cuspidatum*. Senyawa ini telah menarik perhatian ilmuwan dan peneliti karena potensinya dalam memberikan manfaat kesehatan bagi manusia. Resveratrol memiliki struktur khas yang terdiri dari dua cincin benzena dan satu cincin heptena, yang memberikan sifat antioksidan dan antiinflamasi. Gugus hidroksi pada struktur ini memberikan kemampuan antioksidan, yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas.

Salah satu sumber utama resveratrol adalah kulit anggur merah, dan ini telah menjadi dasar bagi konsep bahwa konsumsi moderat anggur merah dapat memberikan manfaat kesehatan. Selain itu, resveratrol juga dapat ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil di beberapa jenis buah-buahan seperti stroberi dan blueberry, serta dalam kacang arachis. Meskipun anggur merah sering dianggap sebagai sumber utama resveratrol, penting untuk dicatat bahwa jumlah resveratrol dalam anggur bisa bervariasi

tergantung pada jenis anggur, metode pembuatan anggur, dan kondisi pertumbuhan tanaman.

Salah satu sifat utama resveratrol yang menarik adalah kemampuannya sebagai antioksidan. Sebagai senyawa antioksidan, resveratrol dapat membantu melawan radikal bebas dalam tubuh. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil dan dapat menyebabkan stres oksidatif, yang berkontribusi pada penuaan sel, peradangan, dan berbagai penyakit kronis. Dengan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif, resveratrol dapat berperan dalam pencegahan penyakit dan mendukung kesehatan umum.



Gambar 7.5. Rumus struktur Resveratrol

Resveratrol, sebuah senyawa polifenol yang ditemukan dalam tanaman tertentu, memiliki rumus molekul $C_{14}H_{12}O_3$ dan berbentuk trans-stilbena dengan berat molekul sekitar 228,25 g/mol. Struktur kimiawi resveratrol mencakup dua cincin fenol yang terhubung oleh ikatan etilena di pusatnya. Cincin fenol tersebut masing-masing memiliki gugus hidroksi pada posisi 3, 5, dan 4', memberikan senyawa ini tiga gugus hidroksi dalam totalnya. Struktur trans-stilbena resveratrol memberikan ketahanan terhadap oksidasi dan memainkan peran penting sebagai antioksidan. Gugus hidroksi pada struktur ini dapat berinteraksi dengan radikal bebas, membantu melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Penelitian ilmiah telah menunjukkan bahwa resveratrol

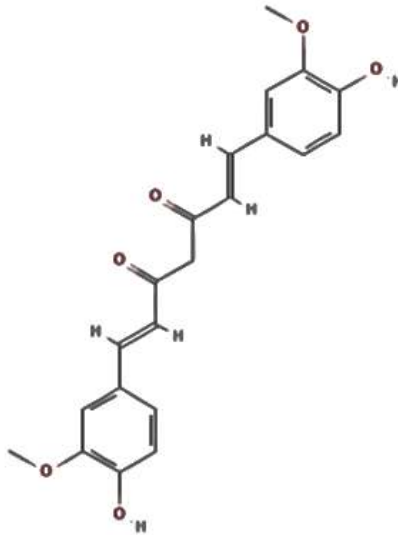
juga memiliki sifat anti-inflamasi dan antikanker, yang dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan.

7.3.2 Kurkumin

Kurkumin adalah senyawa polifenol yang ditemukan dalam kunyit (*Curcuma longa*), sebuah tumbuhan yang telah lama digunakan dalam masakan tradisional dan pengobatan di berbagai bagian dunia, terutama di Asia. Senyawa ini memberikan warna kuning pada kunyit dan telah menarik perhatian penelitian karena potensi manfaat kesehatannya. Dalam uraian ini, kita akan membahas berbagai aspek yang terkait dengan kurkumin, termasuk sifat kimianya, sumber alaminya, potensi manfaat kesehatan, dan aplikasinya dalam makanan.

Dari segi struktur kimia, kurkumin termasuk dalam kelompok senyawa kurkuminoid, yang merupakan turunan dari kelompok senyawa fenol. Kurkumin memiliki struktur kimia khas yang terdiri dari dua cincin benzena yang terhubung oleh sejumlah ikatan ganda dan gugus metoksil. Struktur ini memberikan sifat antioksidan dan antiinflamasi pada kurkumin, yang memiliki dampak positif pada kesehatan manusia.

Sumber utama kurkumin adalah akar kunyit. Untuk memanfaatkan kurkumin, akar kunyit dihancurkan dan diolah untuk menghasilkan bubuk kunyit yang sering digunakan sebagai bahan tambahan makanan dan pewarna alami. Selain itu, kunyit juga dapat digunakan dalam bentuk segar atau direbus untuk menghasilkan minuman tradisional seperti jamu. Konsumsi kunyit sebagai bagian dari pola makan telah menjadi bagian dari tradisi kuliner dan pengobatan di berbagai budaya. Dengan rumus kimia $C_{21}H_{20}O_6$, kurkumin termasuk dalam kelompok senyawa kurkuminoid. Struktur kimianya terdiri dari dua gugus metoksi dan dua gugus fenol yang terikat pada inti heptafenil-1,3,5-heksatrien-1,7-dion. Rumus struktur kurkumin mencerminkan ikatan rangkap dan cincin aromatik yang berkontribusi pada sifat antioksidan dan antiinflamasi senyawa ini.



Gambar 7.6. Rumus struktur Kurkumin

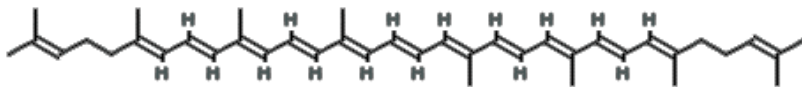
7.3.3 Likopen

Likopen adalah senyawa karotenoid yang memberikan warna merah pada beberapa buah dan sayuran, terutama pada tomat, semangka, dan paprika merah. Likopen termasuk dalam keluarga karotenoid, yang merupakan pigmen tumbuhan yang memberikan warna pada berbagai jenis buah dan sayuran. Struktur kimia likopen terdiri dari serangkaian ikatan ganda dan cincin hidrogen-karbon yang memberikannya sifat antioksidan. Struktur ini memungkinkan likopen untuk berfungsi sebagai penangkap radikal bebas dalam tubuh, melindungi sel-sel dari kerusakan oksidatif.

Likopen sangat larut dalam lemak, dan penyerapannya dalam tubuh manusia ditingkatkan dengan keberadaan lemak dalam makanan. Oleh karena itu, konsumsi likopen bersama dengan sumber lemak sehat seperti minyak zaitun dapat meningkatkan penyerapan dan manfaatnya. Proses pematangan dan pemanasan juga dapat meningkatkan ketersediaan likopen dalam makanan. Sebagai penangkap radikal bebas, likopen membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh oksidasi, yang dapat berkontribusi pada penuaan dan perkembangan penyakit.

Salah satu sumber utama likopen adalah tomat dan produk berbasis tomat. Saat tomat matang, kandungan likopennya meningkat, dan proses pengolahan seperti memasak dan penghancuran tomat untuk membuat saus atau pasta tomat dapat meningkatkan ketersediaan likopen. Sebuah studi menunjukkan bahwa likopen dalam produk tomat yang telah dimasak memiliki tingkat serapan yang lebih baik daripada yang mentah. Selain tomat, likopen juga dapat ditemukan dalam semangka merah dan paprika merah. Warna merah yang cerah pada buah-buahan ini menandakan kandungan likopen yang tinggi. Pengolahan dan pematangan buah dan sayuran ini juga dapat meningkatkan ketersediaan likopen. Menariknya, likopen dalam semangka terutama terdapat pada daging buah yang berwarna merah tua, sedangkan bagian putih yang biasanya dihindari oleh banyak orang juga mengandung likopen.

Likopen adalah senyawa karotenoid yang memiliki rumus kimia $C_{40}H_{56}$. Struktur kimianya terdiri dari delapan unit isoprena, membentuk rangkaian panjang yang terdiri dari ikatan ganda dan cincin hidrogen-karbon. Rumus kimia $C_{40}H_{56}$ mencerminkan struktur kimiawi kompleks ini yang memberikan warna merah pada berbagai buah dan sayuran. Dalam strukturnya, likopen memiliki sistem ikatan ganda konjugasi yang panjang, yang menciptakan sifat antioksidan yang kuat. Konjugasi ini memungkinkan likopen untuk menangkap dan menetralkan radikal bebas dalam tubuh, melindungi sel-sel dari kerusakan oksidatif.



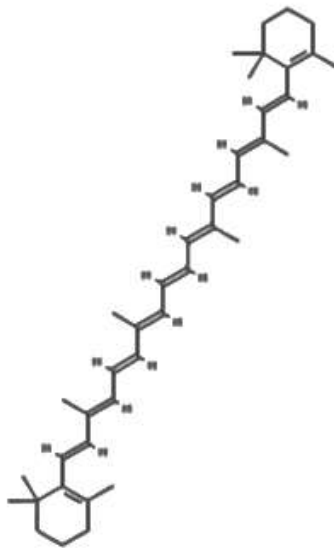
Gambar 7.7. Rumus struktur likopen

7.3.4 Beta karoten

Beta-karoten, yang juga dikenal sebagai provitamin A, adalah senyawa karotenoid yang ditemukan dalam berbagai bahan makanan, terutama pada buah dan sayuran berwarna oranye dan hijau tua. Beta-karoten terkenal karena perannya sebagai prekursor vitamin A dalam tubuh manusia, yang sangat penting untuk

kesehatan mata, kulit, sistem kekebalan tubuh, dan pertumbuhan sel. Dalam uraian ini, kita akan membahas secara lengkap mengenai beta-karoten, termasuk aspek kimia dan gizi, serta berbagai manfaatnya bagi kesehatan.

Beta-karoten adalah senyawa karotenoid yang termasuk dalam keluarga pigmen fotosintesis, yang berperan dalam proses penangkapan energi matahari pada tanaman. Secara kimiawi, beta-karoten memiliki rumus molekul $C_{40}H_{56}$, yang mencerminkan strukturnya yang kompleks dan terdiri dari empat belas unit isoprena. Dengan struktur yang terdiri dari delapan ikatan konjugasi dan dua cincin beta-ionon, beta-karoten memiliki sifat antioksidan yang kuat. Ikatan konjugasi ini memberikan kemampuan beta-karoten untuk menangkap radikal bebas dalam tubuh manusia, yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan sel.



Gambar 7.8. Rumus struktur Beta-karoten

Beta-karoten dapat ditemukan dalam berbagai buah dan sayuran, terutama pada wortel, ubi jalar, bayam, dan mangga. Warna oranye dan hijau pada banyak buah dan sayuran menandakan keberadaan beta-karoten. Konsumsi makanan yang

mengandung beta-karoten penting untuk memenuhi kebutuhan vitamin A, terutama bagi mereka yang tidak mendapatkan cukup vitamin A dari sumber hewani. Absorpsi beta-karoten dalam tubuh manusia terjadi dalam usus halus, di mana beta-karoten dipecah menjadi dua molekul retinal (bentuk vitamin A) oleh enzim-enzim tertentu. Ketersediaan lemak dalam makanan juga meningkatkan penyerapan beta-karoten. Setelah diserap, beta-karoten diangkut oleh lipoprotein dalam darah menuju hati dan disimpan dalam sel-sel lemak.

Salah satu fungsi utama beta-karoten dalam tubuh adalah sebagai prekursor vitamin A. Setelah dipecah di usus halus, beta-karoten memberikan dua molekul retinal, yang dapat digunakan untuk sintesis vitamin A. Vitamin A sangat penting untuk fungsi penglihatan, pertumbuhan sel, perbaikan jaringan, dan fungsi normal sistem kekebalan tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, N. 2019. Kurkumin pada *Curcuma longa* sebagai Tatalaksana Alternatif Kanker. *Jurnal Agromedicine*, 6(2).
- Böhm, V. 2012. Lycopene and heart health. *Molecular nutrition & food research*, 56(2), 296-303.
- Caseiro, M., Ascenso, A., Costa, A., Creagh-Flynn, J., Johnson, M., & Simões, S. 2020. Lycopene in human health. *Lwt*, 127, 109323.
- Harborne, J. B. 1987. Metode fitokimia: Penuntun cara modern menganalisis tumbuhan. Bandung: Penerbit ITB, 78.
- Kim, J. K., & Park, S. U. (2020). Recent insights into the biological functions of apigenin. *EXCLI journal*, 19, 984-991.
- Kulkarni, S. S., & Cantó, C. 2015. The molecular targets of resveratrol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1852(6), 1114-1123.
- Malaguarnera, L. 2019. Influence of resveratrol on the immune response. *Nutrients*, 11(5), 946.
- Meng, T., Xiao, D., Muhammed, A., Deng, J., Chen, L., & He, J. 2021. Anti-inflammatory action and mechanisms of resveratrol. *Molecules*, 26(1), 229.
- National Center for Biotechnology Information. 2023. PubChem Compound Summary for CID 5280343, Quercetin. Retrieved September 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Quercetin>.
- National Center for Biotechnology Information. 2023. PubChem Compound Summary for CID 446925, Lycopene. Retrieved September 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lycopene>.
- National Center for Biotechnology Information. 2023. PubChem Compound Summary for CID 969516, Curcumin. Retrieved September 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Curcumin>.
- National Center for Biotechnology Information. 2023. PubChem Compound Summary for CID 445154, Resveratrol. Retrieved September 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Resveratrol>.

- National Center for Biotechnology Information. 2023. PubChem Compound Summary for CID 5280489, Beta-Carotene. Retrieved September 26, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Beta-Carotene>.
- Negahdari, R., Bohlouli, S., Sharifi, S., Maleki Dizaj, S., Rahbar Saadat, Y., Khezri, K., ... & Raeesi, S. 2021. Therapeutic benefits of rutin and its nanoformulations. *Phytotherapy Research*, 35(4), 1719-1738.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., Gresinta, E., Biologi, P., & Teknik, F. 2018. Penetapan kadar senyawa fitokimia (tanin, saponin dan flavonoid) sebagai kuersetin pada ekstrak daun inggu (*Ruta angustifolia* L.). *Jurnal Eksakta*, 18(1), 19-29.
- Rezki, R. S., Anggoro, D., & Siswarni, M. Z. 2015. Ekstraksi multi tahap kurkumin dari kunyit (*Curcuma domestica* Valet) menggunakan pelarut etanol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(3), 29-34.
- Utari, D. A. P., Anggreni, N. P. R., Putri, P. R. J., & Laksmiani, N. P. L. 2021. Aktivitas Kuersetin sebagai Antihipertensi secara in silico. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(1).
- Widyasari, E. M., Sriyani, M. E., Daruwati, I., Halimah, I., & Nuraeni, W. 2019. Karakteristik Fisikokimia Senyawa Bertanda ^{99m}Tc -Kuersetin. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, 20(1), 9-18.
- Widyasari, E. M., Sriyani, M. E., Daruwati, I., Halimah, I., & Nuraeni, W. 2019. Karakteristik Fisikokimia Senyawa Bertanda ^{99m}Tc -Kuersetin. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, 20(1), 9-18.
- Yenrina, R. 2015. Metode analisis bahan pangan dan komponen bioaktif. *Andalas University Press, Padang*, hal, 4, 39.

BAB 8

RASA DAN AROMA MAKANAN

Oleh Kasta Gurning

8.1 Pendahuluan

Makanan merupakan suatu zat yang memiliki nutrisi dan gizi yang dikonsumsi untuk dimetabolisme menghasilkan energi dalam pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Kandungan nutrisi dan gizi terpenting dalam suatu makanan yaitu karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan mineral. Makanan secara alami telah memiliki rasa dan aroma yang khas secara spesifik dari setiap makanan itu sendiri. Rasa dan aroma yang khas dari setiap makanan diberikan dari kombinasi komponen volatil dan non-volatil yang terkandung dalam makanan itu sendiri (Chapman et al., 2019; Sun et al., 2020). Rasa dan aroma yang dihasilkan makanan berkaitan dengan indra pengecap dan penciuman. Misalnya, minuman beralkohol dari anggur memberikan rasa dan aroma yang khas dan karakteristik dibandingkan minuman beralkohol yang lain. Golongan senyawa yang bertanggungjawab dalam memberikan rasa dan aroma yang khas dari anggur seperti senyawa *proanthocyanidins* (golongan tanin), golongan terpenoid (monoterpenoid, seskuiterpenoid, C₁₃ norisoprenoid), golongan senyawa prekursor aromatik aldehid, senyawa ester, tiol, golongan glikosida, dan golongan peptidase (Ferreira, 2010; González-Barreiro et al., 2015; Kosseva et al., 2017). Golongan glikosidase dan peptidase dilaporkan memainkan peran penting dalam rasa dan aroma dari anggur (González-Barreiro et al., 2015). Kombinasi dari rasa dan aroma sangat menentukan selera disamping tekstur dan warna makanan itu sendiri. Rasa dan aroma bisa saja berubah karena proses pengolahan, penyimpanan, pembusukan (oksidasi), dan pertumbuhan jamur yang terjadi pada makanan. Bab ini akan mengulas secara terpisah antara rasa dan aroma dari suatu makanan.

8.2 Rasa makanan

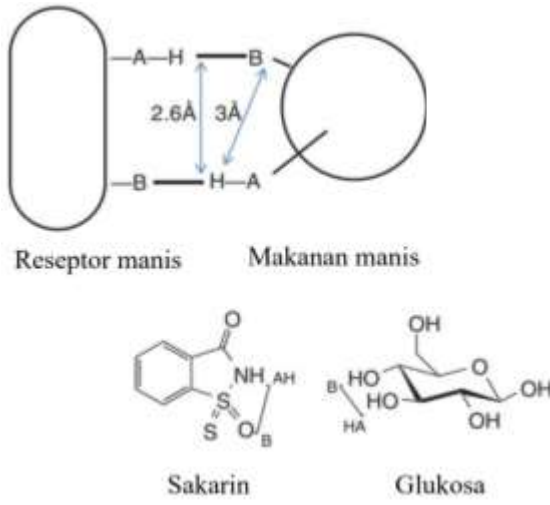
Rasa dari suatu makanan seperti yang diuraikan sebelumnya sangat berkaitan erat dengan indra pengecapan yang terjadi di mulut yang disampaikan ke otak untuk merespon dan menentukan rasa makanan itu sendiri. Penilaian rasa makanan dari setiap manusia bisa saja berbeda tergantung persepsi dan sensitifitas (Kosseva et al., 2017). Rasa merupakan modalitas sensorik yang melibatkan persepsi oral terhadap komposisi (kandungan kimia) dari makanan yang merangsang sel reseptor dalam pengecapan yang menstimulus pengecap di epitel rongga mulut dan faring. Oleh karena itu, rasa makanan akan memberikan fungsi memberikan evaluasi toksisitas dan kandungan nutrisi serta sekaligus menentukan apakah makanan tersebut dikonsumsi atau tidak (Breslin, 2013). Jika makanan setelah dirasa dan sesuai dengan persepsi kita, maka makanan akan dikunyah bersama air liur untuk di cerna untuk di metabolisme dalam tubuh. Rasa dari suatu makanan berdasarkan reseptor biokimia mulut, ada lima pembagian dari rasa yaitu manis, asam, asin, pahit dan gurih (*umami*) (Breslin, 2013; Choi & Han, 2015; Reed et al., 2006). Cita rasa dari berbagai masakan dengan kombinasi lima rasa dasar makanan tersebut tentu sangat banyak hal ini juga dipengaruhi oleh kombinasi ribuan aroma yang mudah menguap yang di transferkan ke rongga hidung saat kita menikmati setiap makanan (Choi & Han, 2015). Ketika kita memiliki gangguan indra pembau (hidung), seperti pilek atau hidung tersumbat kita tidak dapat merasakan rasa makanan dengan baik bila dibandingkan dengan orang normal.

8.2.1 Rasa Manis

Kenikmatan rasa ketika mencicipi suatu makanan yang dimediasi reseptor di mulut dan respon otak (Mennella & Bobowski, 2015). Makanan yang mengandung golongan karbohidrat (Breslin, 2013), protein (T_1R_2 dan T_1R_3) memberikan rasa manis (Mennella & Bobowski, 2015). Karbohidrat (gula) dalam mikroorganisme hidup sangat berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan. Peran gula yaitu sebagai sumber energi dalam bentuk adenosin trifostat (ATP) dan sebagai komponen utama dalam penyusun struktural bagi tumbuhan. Golongan karbohidrat yang termasuk

dalam penyusun struktural bagi tumbuhan seperti selulosa, hemiselulosa dan pektin. Gula terkonjugasi dengan bahan kimia lain memiliki peran sebagai penutup (melindungi) sel (Choi & Han, 2015).

Karbohidrat dalam tubuh menjadi sumber energi utama yang kesediaannya harus di suplay melalui makanan setiap harinya. Ketika karbohidrat masuk kedalam tubuh mengalami metabolisme menghasilkan energi untuk memenuhi kebutuhan harian kita sebahagian akan disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot (sebagai cadangan). Oleh karena itu, ketika karbohidrat dari suplay makanan belum tersedia, tubuh kita akan mengubah glikogen untuk menghasilkan energi. Prinsip sensoris rasa manis di modelkan dengan sederhana antara sub unit HA-B (Gambar 8.1). H menggambarkan hidrogen dan A dan B merupakan atom spesifik dari molekul lain (misal atom Oksigen dan Nitrogen). Ketika gugus HA dan B dari reseptor manis berinteraksi dengan gugus B dari gugus HA pada gula, maka akan memunculkan reaksi pensinyalan yang kemudian ditransmisikan ke otak yang akan merespon dan menunjukkan rasa manis. Banyak zat yang gula memberikan rasa manis seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, maltosa, laktosa, aspartam, sakarin, dan pemanis buatan lainnya(Choi & Han, 2015).



Gambar 8.1. Interaksi subunit reseptor manis dengan makanan rasa manis (Choi & Han, 2015).

Pemanis buatan dalam industri makanan sering digunakan sebagai pilihan utama penguat rasa manis pada makanan, karena interaksi ikatan antar aseptor manis dengan pemanis buatan lebih kuat dibandingkan pemanis alami (sukrosa). Hal inilah yang mendukung mengapa skor indeks tingkat kemanisan dari pemanis buatan lebih tinggi daripada indeks kemanisan sukrosa walaupun penggunaannya dalam jumlah sedikit. Tabel 8.1 daftar dan tingkat kemanisan dari berbagai pemanis alami dan buatan. Perlu diingat bahwa ketika pemanis buatan melampaui dari tingkat rentang rasa manis, bukan menguatkan rasa manis akan tetapi menimbulkan rasa pahit yang meningkat (Choi & Han, 2015).

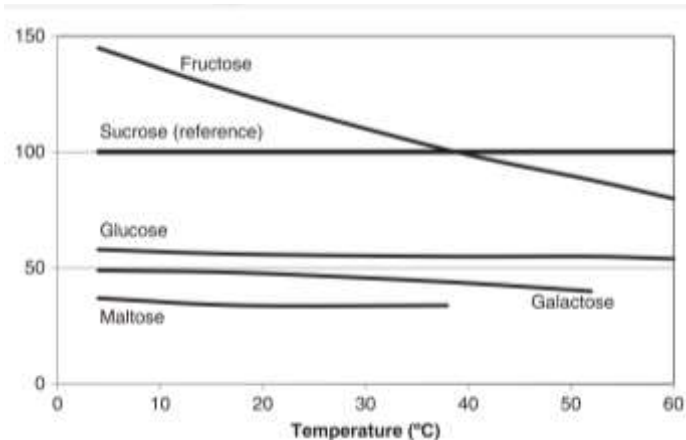
Tabel 8.1. Tingkat rasa manis dari pemanis alami dan buatan (Choi & Han, 2015)

Molekul	Tingkat kemanisan		Molekul	Tingkat kemanisan	
	Rentang	Rata-rata		Rentang	Rata-rata
D-fruktosa	100-180	121	Sakarin	30.000-60.000	-
Sukrosa	-	100	Siklamat	-	3.000
D-glukosa	50-82	64	Aspartam	16.000-22.000	-
L-glukosa	-	64	Alitam	-	200.000
D-galaktosa	32-67	50	Asesulfam K	-	20.000
α-D-manosa	32-59	-	Sukralosa	40.000-80.000	-
β-D-manosa	Pahit (<i>bitter</i>)	-	Thaumatococ	200.000-300.000	-
Tagatose	-	92	Glycyrrhizin	5.000-10.000	-
Maltose	32-60	43	Stevioside	20.000-30.000	-
Laktosa	16-45	33			
Trehalose	-	50			
Xylitol	-	90			
Sorbitol	-	93			

Makanan olahan dengan rasa manis yang tinggi apalagi bersumber dari pemanis buatan meningkatkan risiko terjadinya obesitas, penyakit kardiovaskular, hipertensi, kanker, dan karies gigi. Ada dua faktor yang mempengaruhi manusia terhadap pola makan obesogenik dan tinggi gula: (1) preferensi rasa bawaan yang didorong dengan kesukaan terhadap makanan siap saji dengan kaya asupan gula (rasa manis), dan (2) kurangnya paparan dimasa kanak-kanan dengan asupan makanan sehat (Mennella et al., 2016). Respon rasa manis terhadap berbagai makanan dari setiap orang dan setiap jenis molekul gula akan memberikan rasa manis yang berbeda-beda. Sukrosa memberikan rasa manis dan bertahan lama tetapi memerlukan waktu untuk berikatan dengan reseptor rasa manis dan menyampaikan respon sinyal ke saraf. Rasa manis fruktosa dikenali dengan cepat dan dalam tingkat yang lebih besar, namun rasa manisnya juga hilang dengan sangat cepat. Sebaliknya, rasa manis sirup maltosa dirasakan secara perlahan dan samar, namun rasa manisnya bertahan lebih lama. Reaksi cepat fruktosa digunakan di banyak makanan untuk memperkuat rasa manis pada makanan lain. Semua jenis gula, sukrosa memiliki khasiat yang paling bermanfaat, dimana termasuk gula termanis kedua setelah fruktosa, dan memberi rasa manis yang kuat bahkan dalam konsentrasi yang sangat tinggi seperti pada permen atau selai. Sukrosa juga larut dengan baik dalam air. Ketika sukrosa dipanaskan tanpa air, sukrosa mulai meleleh pada suhu sekitar 160 °C, dan suhu sekitar 170 °C sukrosa mulai menjadi karamel dan membentuk rasa dan bau yang berbeda. Ketika larutan sukrosa dipanaskan dengan sedikit asam, larutan tersebut diubah menjadi fruktosa dan glukosa. Viskositas sukrosa yang tinggi dalam air merupakan sifat yang sangat penting dalam melakukan olahan makanan dengan rasa manis (Choi and Han, 2015).

Kebanyakan gula, fruktosa mengubah struktur molekulnya menjadi berbagai susunan di dalam air, ada dalam bentuk cincin (yaitu segi enam atau segi lima) dan juga dalam bentuk rantai. Kekuatan pengikatan molekul gula pada reseptor rasa manis manusia bervariasi tergantung pada status strukturnya. Bentuk struktur dengan tingkat rasa manis yang paling kuat adalah cincin beranggota enam (yaitu piranosa) pada suhu rendah. Jika suhu naik,

rasa manis relatif gula menurun karena struktur gula berubah menjadi cincin beranggota lima (yaitu furanosa). Ketika suhu mencapai 60°C, rasa manis relatif fruktosa berkurang hampir setengahnya (Gambar 10.2). Sebaliknya, rasa manis glukosa dan sukrosa tidak berubah drastis. Kondisi suhu dingin, rasa manis relatif fruktosa hampir dua kali lipat dibandingkan glukosa atau sukrosa. Oleh karena itu, minuman dingin manisnya sukrosa setengah jumlah fruktosa, namun dengan kalori yang lebih sedikit. Inilah sebabnya mengapa sirup jagung fruktosa tinggi banyak digunakan untuk minuman dingin. Namun, rasa manis fruktosa jauh lebih rendah dibandingkan sukrosa dalam minuman panas; dengan demikian, sukrosa biasa digunakan dalam kopi atau teh.



Gambar 8.2. Relatifitas tingkat kemanisan berbagai karbohidrat dengan kondisi suhu (Choi & Han, 2015).

8.2.2 Rasa Asam

Rasa asam merupakan salah satu ukuran jenis kualitas rasa dasar yang dideteksi oleh lidah dari suatu makanan. Rasa asam dideteksi oleh sel reseptor rasa (TRCs), sel epitel termodifikasi yang berada di kuncup pengecap di bagian lidah dan langit-langit mulut. Makanan sering dilakukan pengolahan menggunakan mikroba dengan tujuan mengubah rasa makanan yang tidak asam menjadi lebih asam melalui fermentasi (Frank et al., 2022). Rasa asam yang ditimbulkan dari makanan kecenderungan jenis asam organik

seperti asam laktat (hasil fermentasi susu) dan asam sitrat (pada buah-buahan).

Banyak produk olahan makanan yang menjadi asam seperti pada minuman, manisan, agar-agar, selai, jeli, produk susu, daging olahan, lemak, dan minyak. Pengolahan makanan bertujuan untuk menyediakan dan meningkatkan cita rasa makanan dan minuman. Selain berkontribusi terhadap rasa, pengasaman umumnya digunakan untuk mengontrol pH guna menghambat pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan dalam produk makanan dan membantu sifat pembentuk gel pada makanan penutup gelatin, selai, jeli, dan permen jeli. Banyak pengasaman juga mempunyai kemampuan untuk mengkelat ion logam dan bertindak secara sinergis untuk memberikan aktivitas antioksidan. Selain itu, rasa asam makanan telah digunakan untuk mengubah viskositas dan sifat leleh dan memberikan rasi yang bertindak sebagai bahan pengawet (Neta et al., 2007). Disamping asam organik yang disebutkan diatas, senyawa asam amino ada yang bersifat asam seperti asam aspartat dan glutamat. Sifat asam ini disamping indikator rasa (kualitatif), sifat asam juga dapat ditentukan berdasarkan indikator kekuatan sifat asam (pH) dari suatu makanan itu sendiri. Kebanyakan orang dengan makanan rasa asam dapat mengganggu kenikmatan atau ketidaksenangan terhadap makanan itu sendiri. Orang cenderung menolak rasanya dan hal ini dapat menimbulkan respons berbeda dalam tindakan menelan, karena melibatkan rasa tidak senang (Cola et al., 2010).

8.2.3 Rasa Asin

Rasa asin pada makanan terutama ditimbulkan oleh ion Na^+ . Namun kation lain seperti Ca^{2+} , K^+ , Li^+ , dan NH_4^+ juga menunjukkan rasa asin. Garam mineral dan organik selain natrium klorida menimbulkan rasa asin, tetapi pada tingkat yang lebih rendah. Logam dalam bentuk ion Na^+ adalah satu-satunya kation yang menghasilkan rasa garam yang baik bagi manusia yang terdapat dalam garam dapur (Briand & Salles, 2016). Rasa asin yang terdapat dalam garam dapur menjadi wajib digunakan dalam memasak makanan guna memberikan rasa yang tepat dengan takaran yang tepat sesuai dengan selera. Pengolahan berbagai makanan khususnya

pengawetan ikan dengan pengasinan sering digunakan guna memperpanjang *life time* ikan sebelum diolah untuk dikonsumsi melalui pencegahan pertumbuhan bakteri dan menunda terjadinya pembusukan pada makanan.

8.2.4 Rasa Pahit

Lebih dari puluhan ribu molekul berbeda mungkin bertanggung jawab atas rasa pahit. Respons terhadap makanan pahit (pahit dengan intensitas tinggi) bagi sebagian orang menjadi sesuatu momok yang tidak disukai, berbeda halnya pada beberapa makanan misalnya bir masih memiliki tingkat kepahitan tertentu yang masih banyak disukai orang. Struktur kimia molekul yang dianggap pahit sangat beragam. Molekul pahit termasuk dalam kelas kimia yang berbeda sehingga strukturnya dapat bervariasi, seperti garam, flavonoid, asam, alkaloid, asam amino, dan peptida (Briand & Salles, 2016). Senyawa yang memberikan rasa pahit pada makanan yaitu golongan alkaloid seperti kuina (*quinine*) yang terdapat pada tanaman kina.

Golongan alkaloid dapat ditemukan pada beberapa jenis makanan secara alami dan produk hasil olahan dengan penambahan untuk alasan tertentu. Golongan senyawa ini dapat terbentuk secara alami pada salah satu bahan makanan utama atau pada bahan yang ditambahkan untuk memberi rasa (rempah-rempah). Penambahan golongan senyawa alkaloid murni pada minuman ringan untuk memberi rasa (pahit seperti kina) atau untuk minuman ringan yang merangsang (kafein) atau dapat dalam produk herbal yang dijual sebagai suplemen makanan atau obat-obatan ramah lingkungan (mengandung alkaloid pirolizidin) (Brime, 2010).

8.2.5 Rasa Gurih (*Umami*)

Rasa gurih pada makanan dapat dilakukan dengan penambahan Monosodium Glutamat (MSG). Rasa gurih secara alamiah telah terdapat pada berbagai makanan seperti daging, sayuran, dan makanan laut. Rasa gurih sebagai bahan tambahan lainnya termasuk dalam kelompok *purin-5'-nukleotida*: *inosin-5'-monofosfat* (IMP) dan *guanosin-5'-monofosfat* (GMP) seperti l-

glutamat dan l-aspartat. Banyak peptida, yang dihasilkan melalui proteolisis protein yang berasal dari produk tumbuhan atau hewan atau diperoleh dengan sintesis kimia dapat memberikan rasa gurih yang kuat pada makanan olahan. Octapeptida Lys-Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala hasil hidrolisis dari daging sapi yang dapat memberikan rasa gurih. Kemudian, peptida kecil yang diisolasi dari hidrolisat kacang tanah yang terdapat pada kecap jepang. Rasa gurih lainnya telah diidentifikasi dalam berbagai makanan, seperti piroglutamil diidantipeptida dalam hidrolisat enzimatis gluten gandum yang mengalami reaksi dideamidasi (Briand & Salles, 2016). Dideaminasi yaitu reaksi kimiawi pada metabolisme dengan melepaskan gugus amina dari molekul asam amino.

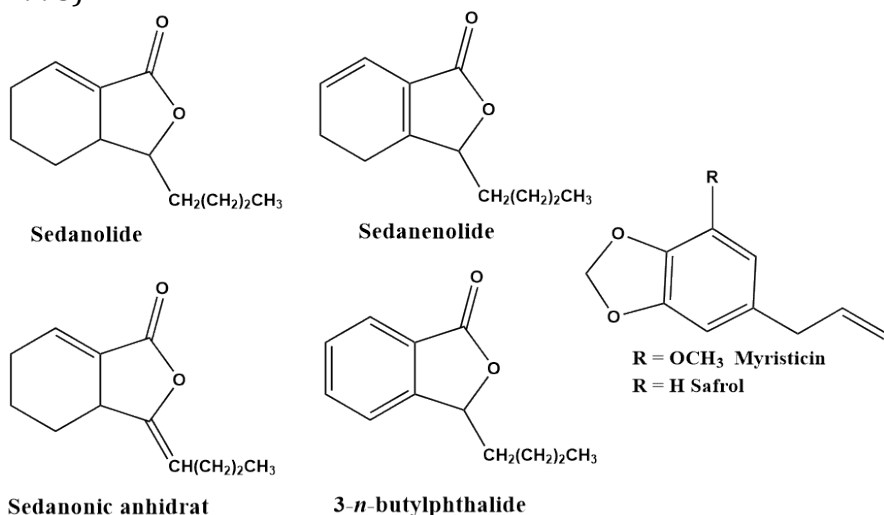
8.3 Aroma makanan

Aroma dari setiap makanan sangatlah beranekaragam tergantung dari jenis dan komposisi dari setiap senyawa kimia yang terkandung di dalamnya. Kandungan senyawa kimia dalam makanan yang memberikan aroma didominasi oleh senyawa-senyawa kimia yang bersifat mudah menguap (volatil) (Shibamoto et al., 1993). Aroma alamiah makanan sangat sensitif terhadap pengolahan dan penyimpanan makanan. Pengolahan dan penyimpanan yang tidak tepat sering membuat aroma alamiah dari makanan itu bisa berubah atau bahkan hilang (Prost et al., 2012). Aroma makanan menjadi salah satu kunci yang ditawarkan oleh pelaku industri makanan dalam menarik selera konsumennya.

Aroma diidentifikasi oleh indra penciuman melalui hidung (deteksi ortonasal) dan melalui tenggorokan setelah dilepaskan dengan cara mengunyah (deteksi retronasal) dari suatu makanan. Kekuatan aroma yang diberikan setiap makanan tergantung dari konsentrasi atau intensitasnya. Jika intensitasnya tinggi atau melebihi batas ambang deteksi (ortonasal dan retronasal) maka aroma tersebut dapat dirasakan, akan tetapi jika tidak melampaui batas ambang deteksi maka aroma yang diberikan tidak terdeteksi dan diperlukan suatu senyawa tertentu yang mampu meningkatkan aroma tersebut. Misalnya, senyawa aroma seperti mawar, 2-feniletanol, dapat dideteksi oleh manusia pada 1000 µg/L di dalam air,

sedangkan senyawa aroma lainnya *damascenone* dengan aroma teh hanya dapat dirasakan pada 4 ng/L di dalam air (Zeng et al., 2019).

Makanan memberikan aroma yang khas seperti biji seledri yang mengandung golongan *Phthalides* seperti *3-n-butylphthalide*, *sedanolide*, *sedanenolide* dan *sedanonic anhydrous* (Gambar 10.3). Golongan senyawa yang memberikan aroma yang khas dari biji seledri juga memiliki potensi sebagai penenang dan tokmik saraf. Aroma tumbuhan dihasilkan dari senyawa myristicin dan dilaporkan memiliki potensi aktivitas dalam pengobatan gangguan pencernaan, rematik, kolera dan perut kembung (Shibamoto et al., 1993).



Gambar 8.3. Senyawa yang memberikan aroma dari biji seledri dan pala (Shibamoto et al., 1993).

Banyaknya aroma yang tersedia diberbagai makanan dan membawa aroma yang khas dan identik, berdasarkan gugus fungsinya senyawa dibedakan menjadi beberapa klasifikasi, antara lain:

8.3.1 Alkohol

Makanan yang mengandung gugus fungsi alkohol dapat merangsang rasa suka, karena mampu meningkatkan pelepasan opioid, dan merangsang transmisi saraf GABA dan dopaminergik.

Secara neurologis, rasa suka terbukti dipengaruhi oleh neurotransmisi opioid, endocannabinoid, dan GABA, sedangkan keinginan tampaknya bergantung pada neurotransmisi dopaminergik (Schrieke et al., 2015). Meningkatkan produksi alkohol dari makanan dapat dilakukan dengan fermentasi. Misalnya dalam fermentasi yang dilanjutkan dengan fraksi anggur yang mudah menguap tidak hanya mengandung alkohol, tetapi juga metabolit utama fermentasi alkohol, seperti alkohol yang lebih tinggi dan asam asetat, asam lemak volatil dan etil ester, asam lemak bercabang dan etil ester, asetoin, diasetil, dan asetaldehida (De-La-Fuente-Blanco et al., 2016). Beberapa senyawa alkohol yang terdapat dalam makanan yaitu isobutanol, isoamil alkohol, β -feniletanol, dan metionol pada aroma anggur, benzil alkohol (teroksidasi menjadi benzaldehida, almond), etil maltol (buah matang), furaneol (stroberi), mentol (peppermint) (De-La-Fuente-Blanco et al., 2016). Konsumsi berlebihan dari alkohol dapat mengubah asupan makanan, dan konsumsi alkohol berlebihan dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan (Foster & Marriott, 2006; Traversy & Chaput, 2015).

8.3.2 Aldehid

Golongan senyawa aldehid sebagian besar berperan penting sebagai senyawa perasa dan pewangi. Aksesibilitas dari beberapa prekursor yang seringkali dimanfaatkan dan tersedia dalam jumlah besar yang tersebar luasnya makanan yang berasal dari tumbuhan dan hewan (Hammer et al., 2021). Beberapa senyawa golongan aldehid yang mencirikan aroma yang khas pada makanan seperti heksanal (terdapat pada jus apel, tomat), *Z*-3-heksenal (terdapat pada jus apel, tomat, salmon), oktanal (orange jus), *E*-2-nonenal (terdapat pada roti gandum, daging sapi), *E*-*Z*-2,6-nonadienal (terdapat pada buah mentimun, dan salmon), *E*-*E*-2,4-dekadienal (terdapat pada daun peterseli segar, dan daging sapi), benzaldehida (marzipan, almond), heksanal (hijau, berumput), sinamaldehida (kayu manis), citral (serai, minyak lemon), neral (jeruk, serai), vanillin (vanila). (Tsuzuki, 2019).

8.3.3 Amina

Amina dapat dibagi menjadi endogen dan eksogen. Kelompok pertama mencakup neurotransmitter yang diproduksi oleh jaringan. Kelompok ini mencakup katekolamin (dopamin, epinefrin, dan norepinefrin), indolamin (serotonin, melatonin dan 5-hydroxytryptamine), dan histamin. Kelompok ini terdapat dalam daging, ikan dan buah-buahan dan memainkan peran penting dalam tubuh sebagai neurotransmitter. Amina eksogen dapat disebabkan oleh aktivitas dekarboksilase mikroflora fermentatif (Wójcik et al., 2021). Golongan senyawa amina seperti kadaverin (daging yang membusuk), Indole (bunga melati), putresin (daging yang membusuk), piridin (sangat tidak enak), trimetilamina (ikan) merupakan senyawa aroma utama dalam makanan. Pengolahan makanan secara termal mempunyai banyak konsekuensi yang menguntungkan, meskipun hal ini juga menghasilkan beberapa efek yang tidak diinginkan, seperti pembentukan zat yang berpotensi mutagenik dan karsinogenik. Diantaranya, pembentukan amina aromatik heterosiklik (HAA) telah dikaitkan dengan sifat karsinogenik daging olahan. Pengolahan makanan yang tidak tepat dapat membuat hilangnya nutrisi tertentu, pembentukan senyawa beracun, dan produksi senyawa yang berdampak negatif pada persepsi rasa, tekstur, atau warna. Secara khusus, pembentukan zat yang berpotensi mutagenik dan karsinogenik. Misalnya, pembentukan akrilamida atau furan pada makanan kaya karbohidrat, atau akrolein atau kloropropanediol dalam bahan kaya lipid (Zamora & Hidalgo, 2020).

8.3.4 Ester

Golongan senyawa ester sebagian besar merupakan hasil esterifikasi asam lemak oleh ragi selama fermentasi alkohol dan merupakan salah satu kelompok senyawa terbesar dan terpenting yang terlibat dalam cita rasa minuman fermentasi (de-la-Fuente-Blanco et al., 2020). Misalnya, senyawa etil ester dari asam heksanoat, oktanoat, dan dekanat serta isoamil dan isobutil asetat merupakan senyawa aroma khas anggur. Ester adalah komponen volatil utama dalam anggur merah, dan juga merupakan komponen aroma penting dalam Baijiu Tiongkok, terhitung hampir 35%

hingga 70% dalam berbagai jenis aroma. Umumnya, ester menghasilkan aroma buah, bunga, dan manis, seperti apel, pisang, nanas, mawar, dan madu (Niu et al., 2020). Senyawa golongan ester lain yang terdapat pada berbagai makanan antara lain frukton (buah, seperti apel), oktil asetat (jeruk), isoamil asetat (pisang), pentil pentanoat (apel, nanas).

8.3.5 Keton

Golongan senyawa keton, bersamaan dengan aldehid memainkan peran penting dalam keseluruhan rasa makanan olahan atas aroma khas makanan fermentasi dan yang mengalami oksidasi (Niu et al., 2020). Keton juga memberikan efek aroma yang khas seperti asetil pirolin menimbulkan bau roti segar dan melati, asetil tetrahidropiridin juga menimbulkan bau roti segar dan popcorn, senyawa 2,3-butanedione (diacetyl) dan 2,3-pentanedione juga merupakan senyawa aroma utama produk susu fermentasi (yogurt) (Smid & Kleerebezem, 2014). Senyawa golongan keton juga di temukan pada buah apel hasil fermentasi seperti *Undecan-2-one*, asetofenon, 2-dekanon, dan 3,5-dien-2-oktanon (Madrera et al., 2015). Senyawa 6-methyl-5-octen-2-one, 3-methyl-2-butanone, 4-methyl-3-penten-2-one yang memberi aroma pada roti gandum (Pacyński et al., 2015).

8.3.6 Lakton

Golongan senyawa lakton adalah senyawa aroma yang diturunkan dari lemak yang berkontribusi besar terhadap profil rasa keju secara. Secara kimia, golongan senyawa lakton merupakan ester siklik yang dibentuk oleh kondensasi intramolekul asam lemak hidroksi. Lakton yang khas dalam keju adalah γ - dan δ -lakton yang masing-masing mengandung cincin beranggota 5 dan 6. Konsentrasi γ -dan δ -lakton biasanya tidak dengan konsentrasi tinggi dan memiliki ambang bau yang rendah dan menunjukkan seperti rasa buah yang kuat serta rasa manis serta menjadi pemberi aroma utama (Chen, Liu, Yu, Xu, et al., 2022). Golongan senyawa lakton yang memberikan aroma yang khas pada keju yaitu δ -dodecalactone, γ -octanoic lactone, δ -octalactone, 6-(Z)-dodecen- γ -lactone dan γ -dodecalactone (Chen, Liu, Yu, Lou, et al., 2022).

8.3.7 Terpen

Senyawa terpen (*pinene*, *myrcene*, *limonene*, *terpinene*, *p-cymene*) dicirikan sebagai senyawa dengan struktur hidrokarbon sederhana sedangkan terpenoid (hidrokarbon yang mengandung oksigen) didefinisikan sebagai kelas terpen yang dimodifikasi dengan gugus fungsi berbeda dan gugus metil teroksidasi yang dipindahkan atau dihilangkan pada berbagai posisi (Masyita et al., 2022). Golongan senyawa ini sering disebut dengan istilah yang sama hanya dengan terpenoid, padahal sesungguhnya terpenoid merupakan hasil modifikasi dari struktur terpen yang mengalami penambahan atom oksigen (Petrović et al., 2019). Golongan terpenoid mewakili biomolekul tertua yang diketahui dan ditemukan. Golongan senyawa terpen dan terpenoid merupakan metabolit sekunder tumbuhan yang secara alami dan paling melimpah serta beragam. Disamping keanekaragaman dan memberikan aroma juga dilaporkan memberikan aktivitas biologis yang potensial untuk di eksploitasi secara tradisional dan modern sebagai bahan aktif obat. Golongan senyawa terpenoid biasanya sebagai komponen utama minyak atsiri pada sebagian besar tanaman yang menawarkan beragam aroma menyenangkan mulai dari bunga, buah, hingga aroma kayu atau balsamic. Senyawa myrtenal, *p-cymene* dan *D-limonene* merupakan tiga zat golongan terpen yang mudah menguap sebagai aroma utama blueberry (Ferrão et al., 2022). Senyawa-senyawa yang termasuk ke dalam terpen dan terpenoid seperti geraniol (serei), ocimene (*Ocimum basilicum*), myrcene (rosemary), citral (lemon), limonena (kulit buah jeruk), mentol (peppermint), tymol (spesies *oregano* dan thyme), dan carvarol (orange)(Petrović et al., 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Breslin, P. A. S. (2013). An evolutionary perspective on food and human taste. *Current Biology*, 23(9), R409–R418. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.04.010>
- Briand, L., & Salles, C. (2016). Taste perception and integration. In *Flavor: From Food to Behaviors, Wellbeing and Health* (pp. 101–119). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100295-7.00004-9>
- Brime, L. (2010). *Chemical food safety*. Cambridge University Press.
- Chapman, J., Elbourne, A., Truong, V. K., Newman, L., Gangadoo, S., Rajapaksha Pathirannahalage, P., Cheeseman, S., & Cozzolino, D. (2019). Sensomics - from conventional to functional NIR spectroscopy- Shining light over the aroma and taste of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 91, 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.013>
- Chen, C., Liu, Z., Yu, H., Lou, X., Huang, J., Yuan, H., Wang, B., Xu, Z., & Tian, H. (2022). Characterization of six lactones in cheddar cheese and their sensory interactions studied by odor activity values and feller's additive model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(1), 301–308. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c07924>
- Chen, C., Liu, Z., Yu, H., Xu, Z., & Tian, H. (2022). Flavoromic determination of lactones in cheddar cheese by GC–MS–olfactometry, aroma extract dilution analysis, aroma recombination and omission analysis. *Food Chemistry*, 368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130736>
- Choi, N.-E., & Han, J. H. (2015). *How flavor works* (Edition First). John Wiley & Sons, Ltd.
- Cola, P. C., Gatto, A. R., Gonçalves da SILVA, R., Spadotto, A. A., Sschelp, A. O., & Henry, M. A. C. de A. (2010). The influence of sour taste and cold temperature in pharyngeal transit duration in patients with stroke. *Arq Gastroenterol*, 47(1), 18–21.

- De-La-Fuente-Blanco, A., Sáenz-Navajas, M. P., & Ferreira, V. (2016). On the effects of higher alcohols on red wine aroma. *Food Chemistry*, 210, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.021>
- de-la-Fuente-Blanco, A., Sáenz-Navajas, M. P., Valentin, D., & Ferreira, V. (2020). Fourteen ethyl esters of wine can be replaced by simpler ester vectors without compromising quality but at the expense of increasing aroma concentration. *Food Chemistry*, 307. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125553>
- Ferrão, L. F. V., Sater, H., Lyrene, P., Amadeu, R. R., Sims, C. A., Tieman, D. M., & Munoz, P. R. (2022). Terpene volatiles mediates the chemical basis of blueberry aroma and consumer acceptability. *Food Research International*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111468>
- Ferreira, V. (2010). Volatile aroma compounds and wine sensory attributes. In *Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality* (pp. 3–28). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9781845699284.1.3>
- Foster, R. K., & Marriott, H. E. (2006). Alcohol consumption in the new millennium - weighing up the risks and benefits for our health. *Nutrition Bulletin*, 31(4), 286–331. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00588.x>
- Frank, H. E. R., Amato, K., Trautwein, M., Maia, P., Liman, E. R., Nichols, L. M., Schwenk, K., Breslin, P. A. S., & Dunn, R. R. (2022). The evolution of sour taste. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 289, Issue 1968). Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1918>
- González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2015). Wine aroma compounds in grapes: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(2), 202–218. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.650336>

- Hammer, A. K., Emrich, N. O., Ott, J., Birk, F., Fraatz, M. A., Ley, J. P., Geissler, T., Bornscheuer, U. T., & Zorn, H. (2021). Biotechnological production and sensory evaluation of ω 1-unsaturated aldehydes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(1), 345–353. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06872>
- Kosseva, M. R., Joshi, V. K., & Panesar, P. S. (2017). *Science and Technology of Fruit Wine Production*. Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Madrera, R. R., Bedriñana, R. P., & Valles, B. S. (2015). Production and characterization of aroma compounds from apple pomace by solid-state fermentation with selected yeasts. *LWT*, 64(2), 1342–1353. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.056>
- Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T. Bin, Nainu, F., & Simal-Gandara, J. (2022). Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry: X*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Mennella, J. A., & Bobowski, N. K. (2015). The sweetness and bitterness of childhood: Insights from basic research on taste preferences. *Physiology and Behavior*, 152, 502–507. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.05.015>
- Mennella, J. A., Bobowski, N. K., & Reed, D. R. (2016). The development of sweet taste: From biology to hedonics. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 17(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9360-5>
- Neta, E. R. D. C., Johanningsmeier, S. D., & McFeeters, R. F. (2007). The chemistry and physiology of sour taste - A review. *Journal of Food Science*, 72(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00282.x>
- Niu, Y., Zhu, Q., & Xiao, Z. (2020). Characterization of perceptual interactions among ester aroma compounds found in Chinese Moutai Baijiu by gas chromatography-olfactometry, odor Intensity, olfactory threshold and odor activity value. *Food Research International*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108986>

- Pacyński, M., Wojtasiak, R. Z., & Mildner-Szkudlarz, S. (2015). Improving the aroma of gluten-free bread. *LWT*, 63(1), 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.032>
- Petrović, J., Stojković, D., & Soković, M. (2019). Terpene core in selected aromatic and edible plants: natural health improving agents. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 90, pp. 423–451). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.009>
- Prost, C., Poinot, P., Rannou, C., & Arvisenet, G. (2012). Bread aroma. In *Breadmaking: Improving quality, Second Edition* (pp. 523–561). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9780857095695.3.523>
- Reed, D. R., Tanaka, T., & McDaniel, A. H. (2006). Diverse tastes: Genetics of sweet and bitter perception. *Physiology and Behavior*, 88(3), 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.05.033>
- Schrieke, I. C., Stafleu, A., Griffioen-Roose, S., de Graaf, C., Witkamp, R. F., Boerrigter-Rijneveld, R., & Hendriks, H. F. J. (2015). Moderate alcohol consumption stimulates food intake and food reward of savoury foods. *Appetite*, 89, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.01.021>
- Shibamoto, T., Bjeldanes, L. F., Taylor, S. L., Kinsella, J. E., Archer FDA, D., Jesse Gregory, D. F., Harlander, S. K., Lund, D. B., Schneeman, B. O., & Macrae, R. (1993). *Introduction to food toxicology food science and technology*. Academic Press, Inc.
- Smid, E. J., & Kleerebezem, M. (2014). Production of aroma compounds in lactic fermentations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5(1), 313–326. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092339>
- Sun, L. bin, Zhang, Z. yong, Xin, G., Sun, B. xin, Bao, X. jing, Wei, Y. yun, Zhao, X. mei, & Xu, H. ran. (2020). Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms. *Trends in Food Science and Technology*, 96, 176–187. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.018>
- Traversy, G., & Chaput, J. P. (2015). Alcohol consumption and obesity: an update. *Current Obesity Reports*, 4(1), 122–130. <https://doi.org/10.1007/s13679-014-0129-4>

- Tsuzuki, S. (2019). Higher Straight-Chain Aliphatic Aldehydes: Importance as Odor-Active Volatiles in Human Foods and Issues for Future Research. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(17), 4720–4725. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01131>
- Wójcik, W., Łukasiewicz, M., & Puppel, K. (2021). Biogenic amines: formation, action and toxicity – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2634–2640. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10928>
- Zamora, R., & Hidalgo, F. J. (2020). Formation of heterocyclic aromatic amines with the structure of aminoimidazoazarenes in food products. *Food Chemistry*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126128>
- Zeng, L., Watanabe, N., & Yang, Z. (2019). Understanding the biosyntheses and stress response mechanisms of aroma compounds in tea (*Camellia sinensis*) to safely and effectively improve tea aroma. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2321–2334. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1506907>

BAB 9

KIMIA FERMENTASI

Oleh Neny Rochyani

9.1 Pendahuluan

Fermentasi adalah suatu proses biokimia yang telah mengilhami dan mempengaruhi sejarah manusia selama berabad-abad. Sebelum kita memahami kimia fermentasi dengan lebih mendalam, mari kita tinjau beberapa momen bersejarah yang memandu perkembangan pemahaman ini.

Kita sering tidak menyadari sejauh mana fermentasi telah menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari. Yogurt yang lezat, kopi yang harum, sebenarnya yang sedang dinikmati merupakan hasil dari proses fermentasi. Lebih dari sekadar pengalaman rasa, ini adalah produk kimia yang rumit yang melibatkan interaksi antara mikroorganisme dan senyawa organik kompleks.

Pemanfaatan fermentasi dalam pembuatan alkohol, roti, keju, dan berbagai produk pangan telah ditemukan berabad-abad yang lalu. Bangsa Mesir kuno, bangsa Romawi, dan budaya Tiongkok kuno adalah beberapa contoh masyarakat kuno yang telah memanfaatkan fermentasi dalam produksi makanan dan minuman.

Seiring berjalannya waktu, perkembangan ilmu mikrobiologi membuka pandangan baru terhadap peran mikroorganisme dalam fermentasi. Penemuan mikroskop oleh Antonie van Leeuwenhoek pada abad ke-17 menjadi langkah awal dalam pemahaman kita tentang dunia mikroskopis yang tersembunyi dalam proses fermentasi.

Fermentasi tidak hanya terbatas pada produksi makanan dan minuman. Industri farmasi, industri kimia, dan bahkan produksi bahan bakar terbarukan telah memanfaatkan prinsip fermentasi dalam menghasilkan berbagai produk dan bahan yang diperlukan dalam kehidupan modern.

Bab ini bertujuan untuk memahami dunia kimia fermentasi. Untuk itu akan dijelaskan konsep dasar kimia yang mendasari proses fermentasi, jenis-jenis fermentasi yang ada, serta penerapannya dalam berbagai industri. Dengan pemahaman mendalam tentang kimia fermentasi, diharapkan dapat mengetahui dengan jelas peran penting kimia fermentasi dalam menciptakan produk dan teknologi yang telah mengubah cara hidup.

Pemahaman yang lebih dalam tentang kimia fermentasi akan memberi pengetahuan tentang kontribusi besar yang telah dibuat oleh proses ini dalam menciptakan makanan lezat, obat-obatan penting, dan upaya menuju dunia yang lebih berkelanjutan.

9.2 Prinsip Dasar Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan transformasi zat organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Prinsip dasar fermentasi dapat diuraikan dalam beberapa komponen kunci:

1. **Substrat:** Fermentasi dimulai dengan substrat organik. Substrat ini bisa berupa gula, amilum, lignoselulosa, atau senyawa organik lainnya, tergantung pada jenis fermentasi. Substrat berfungsi sebagai sumber karbon dan energi bagi mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi.
2. **Mikroorganisme:** Mikroorganisme adalah agen utama dalam fermentasi. Jenis mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi dapat bervariasi. Beberapa mikroorganisme umum yang digunakan dalam fermentasi adalah bakteri dan ragi. Mereka memiliki kemampuan khusus untuk menguraikan atau mengubah substrat menjadi produk yang diinginkan.
3. **Kondisi Anaerobik:** Salah satu ciri khas fermentasi adalah bahwa proses ini terjadi dalam kondisi anaerobik, yang berarti tanpa adanya oksigen atau dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas. Kondisi ini mempengaruhi jenis reaksi kimia yang terjadi dalam fermentasi dan mengarah pada pembentukan produk yang berbeda dari respirasi aerobik.
4. **Produk:** Produk akhir fermentasi bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme yang terlibat dan substrat yang

digunakan. Beberapa produk fermentasi yang umum meliputi alkohol (seperti etanol), asam organik (seperti asam laktat atau asam asetat), gas (seperti CO₂), dan berbagai senyawa lainnya.

5. **Pertumbuhan Mikroorganisme:** Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi berkembang biak selama proses ini. Dalam beberapa kasus, pertumbuhan mikroorganisme dapat dikendalikan agar menghasilkan produk yang diinginkan.
6. **Kinetika Reaksi:** Fermentasi melibatkan serangkaian reaksi kimia yang dikendalikan oleh berbagai faktor, seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, dan konsentrasi produk. Kinetika reaksi sangat penting untuk memahami dan mengoptimalkan proses fermentasi.
7. **Kemurnian Kultur:** Untuk mencapai hasil yang konsisten dalam fermentasi, penting untuk menjaga kemurnian kultur mikroorganisme yang digunakan. Kontaminasi oleh mikroorganisme lain dapat mengganggu proses fermentasi dan menghasilkan produk yang tidak diinginkan.
8. **Monitoring dan Kontrol:** Selama proses fermentasi, perlu dilakukan pemantauan dan kontrol yang cermat terhadap parameter seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, konsentrasi produk, dan pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini dapat dilakukan untuk memastikan bahwa fermentasi berlangsung dengan baik dan menghasilkan produk yang berkualitas.

Prinsip dasar fermentasi merupakan dasar bagi berbagai aplikasi dalam berbagai industri, termasuk pangan dan minuman, bahan bakar, obat-obatan, dan industri kimia. Pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip ini memungkinkan pengembangan proses fermentasi yang efisien dan menghasilkan produk dengan kualitas yang diinginkan.

9.3 Jenis-Jenis Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia yang dapat menghasilkan berbagai produk melalui transformasi zat organik oleh mikroorganisme. Terdapat beberapa jenis fermentasi yang berbeda, tergantung pada jenis mikroorganisme yang terlibat dan produk akhir yang dihasilkan. Berikut adalah penjelasan detail tentang beberapa jenis fermentasi yang umum:

1. Fermentasi Alkoholik:

Mikroorganisme: Raginya merupakan agen utama dalam fermentasi alkoholik. Contoh terkenal adalah *Saccharomyces cerevisiae*.

Substrat: Gula, seperti glukosa dan fruktosa, adalah substrat yang umum digunakan.

Produk: Produk utama adalah alkohol, khususnya etanol, serta karbon dioksida (CO_2).

Aplikasi: Fermentasi alkoholik digunakan dalam pembuatan anggur, bir, dan etanol sebagai bahan bakar. Proses ini juga digunakan dalam produksi roti, di mana CO_2 yang dihasilkan membantu roti mengembang.

2. Fermentasi Asam Laktat:

Mikroorganisme: Bakteri asam laktat, seperti *Lactobacillus*, adalah yang utama dalam fermentasi ini.

Substrat: Gula, seperti laktosa dalam susu, adalah substrat umum dalam fermentasi asam laktat.

Produk: Produk utama adalah asam laktat. Fermentasi ini memberi makanan seperti yogurt, keju, dan sauerkraut rasa asam.

3. Fermentasi Asam Asetat:

Mikroorganisme: Bakteri asetat, seperti *Acetobacter*, adalah yang utama dalam fermentasi asam asetat.

Substrat: Alkohol (biasanya etanol) adalah substrat utama.

Produk: Produk utama adalah asam asetat. Proses ini digunakan dalam produksi cuka.

4. Fermentasi Metan:

Mikroorganisme: Arkea metanogen adalah yang utama dalam fermentasi ini.

Substrat: Senyawa organik kompleks, seperti asam lemak dan asam asetat, diubah menjadi metana (CH_4).

Produk: Produk utama adalah metana. Fermentasi metan terjadi dalam proses anaerobik yang disebut biodigester dan digunakan dalam produksi biogas.

5. Fermentasi Asam Butirat:

Mikroorganisme: Beberapa jenis bakteri, seperti *Clostridium*, terlibat dalam fermentasi ini.

Substrat: Substrat utama adalah senyawa organik kompleks, seperti selulosa dan lignin.

Produk: Produk utama adalah asam butirat. Proses ini terjadi dalam kondisi anaerobik dan digunakan dalam produksi bioplastik dan bahan kimia lainnya.

6. Fermentasi Asam Sitrat:

Mikroorganisme: Strain tertentu dari *Aspergillus niger* umumnya digunakan dalam fermentasi ini.

Substrat: Glukosa atau sukrosa sering digunakan sebagai substrat.

Produk: Produk utama adalah asam sitrat, yang digunakan dalam industri makanan dan farmasi.

Jenis fermentasi di atas adalah hanya beberapa contoh dari berbagai proses fermentasi yang ada. Setiap jenis fermentasi memiliki mikroorganisme, substrat, dan produk yang khas. Pemahaman tentang berbagai jenis fermentasi memungkinkan penerapan yang tepat dalam berbagai industri dan aplikasi.

9.4 Mekanisme Reaksi dalam Fermentasi

Mekanisme reaksi dalam fermentasi adalah serangkaian proses biokimia yang terjadi dalam sel mikroorganisme saat mengubah substrat organik menjadi produk akhir. Mekanisme ini

bervariasi tergantung pada jenis fermentasi dan jenis mikroorganisme yang terlibat, namun ada beberapa konsep umum yang dapat dijelaskan secara lebih detail:

1. Glikolisis:

Glikolisis adalah langkah awal dalam sebagian besar fermentasi. Proses ini terjadi di dalam sitoplasma sel mikroorganisme. Dalam glikolisis, substrat seperti glukosa dipecah menjadi dua molekul piruvat. Proses ini menghasilkan sedikit energi dalam bentuk ATP (adenosine triphosphate). Piruvat adalah produk antara glikolisis yang dapat diubah lebih lanjut dalam reaksi fermentasi selanjutnya.

2. Konversi Piruvat:

Piruvat yang dihasilkan dari glikolisis adalah molekul kunci dalam fermentasi. Reaksi selanjutnya akan tergantung pada jenis mikroorganisme yang terlibat. Dalam fermentasi alkoholik, piruvat diubah menjadi etanol dan CO_2 . Reaksi ini dilakukan oleh ragi dan melibatkan beberapa langkah reaksi. Dalam fermentasi asam laktat, piruvat diubah menjadi asam laktat oleh bakteri asam laktat, seperti *Lactobacillus*. Ini adalah reaksi reduksi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir. Dalam fermentasi asam asetat, piruvat diubah menjadi asam asetat oleh bakteri asetat, seperti *Acetobacter*. Ini adalah reaksi oksidasi yang menghasilkan asam asetat.

3. Reaksi Tambahan :

Beberapa jenis fermentasi melibatkan reaksi tambahan sesuai dengan produk yang diinginkan. Misalnya, dalam fermentasi metan, arkea metanogen mengubah berbagai senyawa organik menjadi metana melalui serangkaian reaksi khusus. Reaksi tambahan ini dapat melibatkan enzim dan kofaktor yang berbeda tergantung pada jenis fermentasi.

4. Pertumbuhan Mikroorganisme:

Selama fermentasi, mikroorganisme yang terlibat akan berkembang biak. Pertumbuhan ini memerlukan sumber energi dan nutrisi yang diambil dari substrat atau dari lingkungan

sekitarnya. Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme dapat menjadi kunci dalam menghasilkan produk yang diinginkan dengan kemurnian yang tinggi. Pemahaman mekanisme reaksi dalam fermentasi adalah penting untuk mengoptimalkan proses fermentasi dan menghasilkan produk dengan kualitas yang diinginkan. Setiap jenis fermentasi memiliki serangkaian reaksi khusus yang mengarah pada produk akhir yang spesifik sesuai dengan tujuan produksi dan mikroorganisme yang digunakan.

9.5 Aplikasi Fermentasi dalam Industri

Fermentasi memiliki beragam aplikasi dalam berbagai industri dan telah menjadi teknologi inti dalam pembuatan produk-produk penting. Berikut adalah penjelasan detail tentang aplikasi fermentasi dalam beberapa industri utama:

Industri Pangan dan Minuman:

1. Pembuatan Roti: Fermentasi digunakan dalam pembuatan roti untuk menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dari aktivitas ragi yang mengembangkan adonan, membuat roti menjadi empuk dan berongga.
2. Produksi Bir dan Anggur: Fermentasi alkoholik digunakan untuk mengubah gula menjadi alkohol, menghasilkan bir dan anggur.
3. Yogurt dan Keju: Fermentasi asam laktat digunakan untuk mengubah laktosa dalam susu menjadi asam laktat, menciptakan tekstur dan rasa khas dalam yogurt dan keju.

Industri Bahan Bakar:

1. Produksi Etanol: Fermentasi alkoholik digunakan untuk menghasilkan etanol dari substrat seperti jagung atau tebu sebagai bahan bakar alternatif dan bahan baku dalam industri kimia.
2. Biogas: Fermentasi metan digunakan dalam biodigester untuk menghasilkan biogas (CH_4) dari limbah organik, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Industri Obat-obatan:

1. Antibiotik: Fermentasi digunakan dalam produksi antibiotik, seperti penisilin dan streptomisin, dengan menggunakan bakteri atau jamur yang menghasilkan senyawa antimikroba ini.
2. Vitamin dan Enzim: Fermentasi juga digunakan dalam produksi vitamin dan enzim yang digunakan dalam suplemen dan industri farmasi.

Industri Kimia:

1. Asam Asetat: Fermentasi asam asetat digunakan dalam produksi asam asetat yang digunakan dalam industri kimia, seperti produksi plastik.
2. Asam Sitrat: Fermentasi asam sitrat digunakan dalam produksi asam sitrat, yang merupakan bahan penting dalam makanan, minuman, dan obat-obatan.
3. Bahan Kimia Khusus: Mikroorganisme dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan senyawa kimia khusus, seperti polimer, surfaktan, dan senyawa lainnya.

Industri Pertanian:

1. Pupuk Organik: Fermentasi limbah organik dari pertanian dan peternakan digunakan untuk menghasilkan pupuk organik yang kaya akan nutrisi untuk tanaman.
2. Pakan Ternak: Fermentasi digunakan untuk memproses bahan pakan, meningkatkan nilai nutrisinya, dan membantu dalam pencernaan hewan ternak.

Industri Lingkungan:

1. Bioremediasi: Mikroorganisme digunakan dalam fermentasi untuk mendegradasi limbah berbahaya dan menghilangkan polutan dari lingkungan.
2. Pembersihan Air Limbah: Proses fermentasi digunakan dalam pembersihan air limbah untuk menghilangkan polutan organik.

Aplikasi fermentasi juga ditemukan dalam produksi bahan kimia hijau, bahan makanan fungsional, bahan kosmetik, dan banyak industri lainnya. Teknologi fermentasi terus berkembang, termasuk dengan penggunaan mikroorganisme yang dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan produk yang lebih efisien dan inovatif. Dengan demikian, fermentasi berperan penting dalam mendukung berbagai aspek kehidupan sehari-hari dan keberlanjutan industri.

9.6 Kesimpulan

Bab ini menguraikan prinsip dasar, jenis-jenis fermentasi, mekanisme reaksi, dan berbagai aplikasi dalam berbagai industri. Dalam bab ini, kita dapat mengambil beberapa kesimpulan penting: Fermentasi adalah Proses Biokimia Penting: Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan transformasi zat organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik. Ini adalah proses yang penting dalam produksi berbagai produk mulai dari makanan dan minuman hingga bahan bakar dan obat-obatan.

Prinsip Dasar Fermentasi: Prinsip dasar fermentasi melibatkan substrat organik, mikroorganisme, kondisi anaerobik, dan produk akhir. Proses fermentasi dapat dimulai dengan berbagai substrat dan melibatkan berbagai mikroorganisme yang menghasilkan produk yang berbeda.

Jenis-Jenis Fermentasi: Terdapat berbagai jenis fermentasi, seperti fermentasi alkoholik, asam laktat, asam asetat, metan, dan lainnya. Setiap jenis fermentasi memiliki mekanisme reaksi khusus yang mengarah pada produk akhir yang spesifik.

Mekanisme Reaksi: Mekanisme reaksi dalam fermentasi dimulai dengan glikolisis, diikuti dengan konversi piruvat menjadi produk akhir. Proses ini dapat melibatkan serangkaian reaksi yang dikendalikan oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat.

Aplikasi dalam Berbagai Industri: Fermentasi memiliki aplikasi yang luas dalam industri pangan dan minuman, bahan bakar, obat-obatan, kimia, pertanian, lingkungan, dan industri lainnya. Proses fermentasi memberikan solusi untuk produksi berbagai produk dan pengolahan limbah organik.

Inovasi dalam Fermentasi: Teknologi fermentasi terus berkembang dengan penggunaan mikroorganisme yang dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan produk yang lebih efisien dan inovatif. Ini memiliki potensi besar dalam pengembangan produk baru dan berkelanjutan.

Dengan pemahaman yang mendalam tentang kimia fermentasi, maka akan dapat diketahui bagaimana mikroorganisme dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai produk yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Fermentasi adalah salah satu contoh utama bagaimana kimia dan biologi dapat digabungkan untuk menghasilkan manfaat besar dalam berbagai aspek industri dan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Brock, T. D., Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. 2017. "Brock Biology of Microorganisms." Pearson.
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. 2017. "Principles of Fermentation Technology." Elsevier.
- Zhang, H., & Ma, Y. 2015. "Fermentation in biotechnology." Handbook of Food Chemistry (pp. 73-100). Springer.
- Rehm, H. J., & Reed, G. 2002. "Biotechnology: Enzymes, biomass, food, and feed." Wiley-VCH.
- Schuster, K. C., & Sleytr, U. B. 2017. "Bacterial S-layers as a tool to create functional protein matrices for biotechnological and biomedical applications." Current Opinion in Biotechnology, 48, 27-33.

BAB 10

KIMIA PEMANIS DAN PENGGANTI GULA

Oleh Pra Dian Mariadi

Kimia pemanis berkaitan dengan senyawa kimia yang digunakan untuk memberikan rasa manis pada makanan dan minuman. Pemanis dapat berasal dari sumber alami atau dihasilkan secara sintetis. Pemanis memiliki sifat yang membuatnya lebih manis daripada gula, sehingga jumlah yang dibutuhkan untuk mencapai rasa manis yang diinginkan lebih sedikit, yang pada gilirannya dapat membantu mengurangi asupan kalori (Ardriani dan Gunanti, 2004).

Pengganti gula adalah istilah yang mencakup pemanis buatan dan alami yang digunakan sebagai alternatif untuk gula atau sirup gula dalam makanan dan minuman. Pengganti gula digunakan untuk memberikan rasa manis tanpa menambahkan kalori atau dengan menambahkan kalori dalam jumlah yang sangat sedikit. Tujuan utama penggunaan pengganti gula adalah untuk menyediakan opsi makanan dan minuman yang lebih rendah kalori atau bebas gula bagi individu yang ingin mengurangi konsumsi gula atau mempertahankan kontrol berat badan.

Pemanis bekerja dengan merangsang reseptor rasa manis di lidah. Ini mengirimkan sinyal ke otak bahwa makanan atau minuman yang dikonsumsi memiliki rasa manis, meskipun tidak ada atau hanya ada sedikit kalori yang terlibat dalam proses ini. Meskipun banyak pemanis dianggap aman oleh badan pengawas pangan, ada beberapa kontroversi seputar efek jangka panjang dari penggunaan pemanis buatan. Beberapa penelitian telah mengaitkan penggunaan pemanis dengan masalah kesehatan tertentu. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan pemanis dengan bijak dan konsultasi dengan profesional kesehatan jika diperlukan. Selain itu,

banyak orang lebih suka memilih pemanis alami atau pengganti gula yang kurang diproses untuk menghindari potensi risiko kesehatan.

10.1 Pemanis Alami

Pemanis alami adalah senyawa kimia yang memberikan rasa manis pada makanan dan minuman, berasal dari sumber-sumber alami seperti tumbuhan. Pemanis alami ini memberikan alternatif untuk penggunaan gula pasir atau pemanis buatan yang sering dikaitkan dengan peningkatan kadar gula dan kalori. Berikut adalah beberapa pemanis alami yang umum digunakan (BPOM RI, 2014) :

1. Stevia:

- a. **Sumber:** Tanaman Stevia rebaudiana.
- b. **Karateristik:** Stevia mengandung senyawa steviol glikosida, yang memberikan rasa manis tanpa kalori. Steviol glikosida terlalu manis untuk dipecah oleh tubuh, sehingga sebagian besar dari mereka dikeluarkan melalui urin tanpa memberikan kalori yang signifikan.

2. Honey (Madu):

- a. **Sumber:** Diproduksi oleh lebah dari nektar bunga.
- b. **Karateristik:** Madu adalah pemanis alami yang kaya akan nutrisi dan memiliki berbagai senyawa bioaktif. Meskipun madu mengandung kalori, ia juga membawa manfaat kesehatan seperti antioksidan dan sifat antimikroba.

3. Maple Syrup (Sirup Maple):

- a. **Sumber:** Dihasilkan dari getah pohon maple.
- b. **Karateristik:** Sirup maple mengandung sejumlah nutrisi seperti kalsium, potassium, dan zat besi. Meskipun mengandung kalori, beberapa orang memilih sirup maple sebagai pilihan yang lebih alami daripada gula pasir.

4. Agave Nectar (Nektar Agave):

- a. **Sumber:** Diambil dari tanaman agave.
- b. **Karateristik:** Agave nectar adalah pemanis cair yang lebih manis daripada gula pasir, sehingga jumlah yang dibutuhkan lebih sedikit. Meskipun mengandung kalori, sebagian besar dikonsumsi dalam jumlah yang lebih kecil.

5. Monk Fruit (Buah Luo Han Guo):

- a. **Sumber:** Buah monk yang berasal dari Asia.

- b. Karakteristik:** Monk fruit mengandung senyawa seperti mogrosides, yang memberikan rasa manis tanpa kalori. Sebagai pemanis alami, monk fruit dapat digunakan dalam bentuk sirup atau bubuk.

6. Erythritol:

- a. Sumber:** Ditemukan dalam buah dan sayuran.
- b. Karakteristik:** Erythritol adalah gula alkohol yang memberikan rasa manis tanpa kalori. Tubuh tidak sepenuhnya mencerna erythritol, sehingga sebagian besar dikeluarkan melalui urin tanpa memberikan kontribusi signifikan terhadap kalori.

Kelebihan Pemanis Alami:

1. Tidak menambah kalori atau menambahkan jumlah kalori yang sangat sedikit.
2. Beberapa pemanis alami membawa manfaat kesehatan tambahan, seperti antioksidan atau sifat antimikroba.
3. Cocok untuk orang yang perlu membatasi konsumsi gula dan kalori.

Pertimbangan:

1. Beberapa pemanis alami seperti madu dan sirup maple, meskipun alami, tetap tinggi kalorinya, sehingga perlu dikonsumsi dengan bijak.
2. Efek kesehatan jangka panjang dari beberapa pemanis alami mungkin memerlukan penelitian lebih lanjut.

Penting untuk diingat bahwa meskipun pemanis alami bisa menjadi alternatif yang lebih sehat dibandingkan dengan gula pasir, konsumsi secara berlebihan tetap dapat memiliki dampak negatif terhadap kesehatan. Konsultasi dengan profesional kesehatan atau ahli gizi dapat membantu menentukan pilihan pemanis yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi individu.

10.2 Pemanis Buatan

Pemanis buatan adalah senyawa kimia yang memberikan rasa manis pada makanan dan minuman, diproduksi secara sintesis (Handayani dan Agustina, 2015). Pemanis ini sering digunakan sebagai alternatif untuk gula karena kemampuannya memberikan rasa manis tanpa atau dengan memberikan sedikit kalori. Berikut adalah beberapa pemanis buatan yang umum digunakan:

1. Aspartam

- a. Komposisi: Aspartam terdiri dari dua asam amino, asam aspartat, dan fenilalanin.
- b. Karakteristik: Aspartam memiliki kekuatan manis yang tinggi dan sering digunakan dalam produk-produk rendah kalori atau bebas gula.

2. Sakarin

- a. Komposisi: Sakarin adalah senyawa organik aromatik yang bersifat sintesis.
- b. Karakteristik: Sakarin dikenal memiliki rasa manis yang intens dan sering digunakan dalam bentuk tablet atau bubuk.

3. Acesulfame-K

- a. Komposisi: Juga dikenal sebagai Ace-K, ini adalah senyawa organik yang sering digunakan sebagai pemanis buatan.
- b. Karakteristik: Acesulfame-K adalah pemanis yang sangat stabil pada suhu tinggi, sehingga cocok untuk digunakan dalam produk-produk yang dipanaskan.

4. Siklalat (Marliza et. al. 2019)

- a. Komposisi: Siklalat adalah senyawa garam kalsium atau natrium dari asam sikloheksamida sulfonat.
- b. Karakteristik: Siklalat memiliki rasa manis yang relatif intens, tetapi telah dilarang atau dibatasi dalam beberapa negara karena kekhawatiran terkait dengan efek sampingnya.

5. Sucralose

- a. Komposisi: Sucralose dibuat dari sukrosa (gula pasir) dengan menggantikan tiga atom hidrogen dengan tiga atom klorin.

- b. Karakteristik: Sucralose memiliki kekuatan manis yang tinggi dan stabil pada suhu tinggi, sehingga cocok untuk digunakan dalam memasak dan membakar.

6. Neotame

- a. Komposisi: Neotame adalah derivatif dari aspartam yang dimodifikasi secara struktural.
- b. Karakteristik: Neotame memiliki kekuatan manis yang sangat tinggi dan sering digunakan dalam produk-produk dengan kebutuhan rasa manis yang rendah.

Kelebihan Pemanis Buatan

1. Tidak menambah kalori atau menambahkan kalori dalam jumlah yang sangat sedikit.
2. Kelebihan manisannya memungkinkan penggunaan dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan gula, sehingga mengurangi konsumsi kalori.

Pertimbangan

1. Beberapa pemanis buatan mungkin memiliki efek samping atau kontroversi terkait dengan keamanan, meskipun badan pengawas pangan umumnya telah menilai mereka aman untuk dikonsumsi dalam batas yang ditetapkan.
2. Beberapa orang mungkin mengalami reaksi alergi atau sensitivitas terhadap pemanis buatan tertentu.
3. Dalam beberapa kasus, penggunaan berlebihan pemanis buatan dapat mempengaruhi preferensi rasa, menyebabkan keinginan untuk rasa manis yang lebih intens.

Meskipun pemanis buatan umumnya dianggap aman oleh badan pengawas pangan, penting untuk mengonsumsinya dengan bijak dan sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan (Lestari, 2011). Jika ada kekhawatiran kesehatan tertentu atau jika seseorang memiliki kondisi kesehatan tertentu, konsultasi dengan profesional kesehatan atau ahli gizi disarankan sebelum mengonsumsi pemanis buatan secara berlebihan.

10.3 Pengganti Gula Berbasis Alkohol Gula

Pengganti gula berbasis alkohol gula, juga dikenal sebagai pemanis poliol atau gula alkohol, adalah kelompok senyawa kimia yang memiliki rasa manis seperti gula tetapi dengan lebih sedikit kalori (Destryana *et al.*, 2019). Mereka umumnya digunakan sebagai pengganti gula konvensional dalam makanan dan minuman, terutama untuk memberikan rasa manis tanpa menambahkan sebanyak kalori. Berikut adalah beberapa gula alkohol yang umum digunakan:

1. Sorbitol

- a. Sumber: Ditemukan dalam berbagai buah dan sayuran.
- b. Karakteristik: Sorbitol memberikan rasa manis dan memiliki tekstur yang mirip dengan gula pasir. Meskipun memberikan kalori, sorbitol memberikan lebih sedikit kalori daripada gula.

2. Mannitol

- a. Sumber: Ditemukan dalam alga dan buah-buahan.
- b. Karakteristik: Mannitol digunakan sebagai pemanis dan pengental dalam beberapa produk makanan. Seperti sorbitol, mannitol memberikan rasa manis dengan lebih sedikit kalori.

3. Xylitol

- a. Sumber: Ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran tertentu, serta sering diproduksi secara sintesis.
- b. Karakteristik: Xylitol memiliki rasa manis yang mirip dengan gula pasir dan digunakan dalam produk-produk rendah kalori dan bebas gula. Selain itu, xylitol dikenal memiliki sifat antimikroba dan dapat membantu mencegah kerusakan gigi.

4. Erythritol

- a. Sumber: Ditemukan dalam buah dan sayuran, dan juga dapat diproduksi secara fermentasi.
- b. Karakteristik: Erythritol adalah gula alkohol yang memberikan rasa manis tanpa memberikan kalori signifikan. Tubuh tidak sepenuhnya mencerna erythritol, sehingga sebagian besar dari konsumsi erythritol

dikeluarkan melalui urin tanpa memberikan kontribusi signifikan terhadap kalori.

5. Isomalt

- a. Komposisi: Terbuat dari gula sorbitol dan gula glukosa.
- b. Karakteristik: Isomalt memberikan rasa manis yang mirip dengan gula dan sering digunakan dalam permen karet dan permen lainnya. Isomalt memiliki daya tahan terhadap panas dan dapat digunakan dalam produk-produk yang dipanaskan.

Kelebihan Pengganti Gula Berbasis Alkohol Gula:

1. Memberikan rasa manis tanpa menambahkan kalori atau dengan memberikan jumlah kalori yang sangat sedikit.
2. Beberapa gula alkohol, seperti xylitol dan erythritol, dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan, seperti sifat antimikroba dan potensi untuk mendukung kesehatan gigi.

Pertimbangan:

1. Konsumsi berlebihan gula alkohol dapat menyebabkan masalah pencernaan seperti gas, kembung, dan diare pada beberapa orang.
2. Beberapa orang mungkin lebih sensitif terhadap efek samping dari gula alkohol, dan konsumsi yang berlebihan dapat menyebabkan efek laksatif.

Penting untuk menggunakan pengganti gula berbasis alkohol gula dengan bijak dan memperhatikan reaksi individu terhadapnya. Jika ada kekhawatiran kesehatan tertentu atau jika seseorang memiliki kondisi kesehatan tertentu, konsultasi dengan profesional kesehatan atau ahli gizi disarankan sebelum mengonsumsi gula alkohol secara berlebihan.

10.4 Mekanisme Kerja Pemanis dan Pengganti Gula

Mekanisme kerja pemanis dan pengganti gula melibatkan interaksi dengan reseptor rasa di lidah dan transmisi sinyal ke otak untuk memberikan persepsi rasa manis tanpa memberikan atau

dengan memberikan kalori yang sangat sedikit. Berikut adalah mekanisme kerja umum pemanis dan pengganti gula:

1. Interaksi dengan Reseptor Rasa Manis

Pemanis dan pengganti gula berinteraksi dengan reseptor rasa manis di lidah. Reseptor ini terletak pada sel-sel rasa manis yang terdistribusi di permukaan lidah dan di bagian lain mulut.

2. Aktivasi Reseptor

Ketika pemanis atau pengganti gula terlarut dalam air (seperti dalam saliva), mereka berinteraksi dengan reseptor rasa manis. Pada molekuler, ini terjadi ketika pemanis atau pengganti gula berikatan dengan bagian-bagian reseptor yang dirancang untuk mendeteksi molekul-molekul rasa manis.

3. Aktivasi Sel Rasa Manis

Aktivasi reseptor rasa manis memicu suatu respons pada sel rasa manis. Sel rasa manis kemudian mengirimkan sinyal listrik ke sistem saraf pusat melalui serangkaian peristiwa biokimia yang kompleks.

4. Transmisi Sinyal ke Otak

Sinyal-sinyal yang dihasilkan oleh sel rasa manis mencapai otak melalui serat saraf. Otak kemudian menginterpretasikan sinyal-sinyal ini sebagai persepsi rasa manis.

10.5 Dampak Kesehatan

Penggunaan pemanis dan pengganti gula dapat memiliki berbagai dampak terhadap kesehatan, dan pengaruh ini dapat bervariasi tergantung pada jenis pemanis yang digunakan, jumlah konsumsi, dan kondisi kesehatan individu (Uchar dan Yilmaz, 2015). Berikut adalah beberapa dampak yang perlu dipertimbangkan:

1. Pengaruh terhadap Berat Badan

- a. Pemanis Buatan:** Beberapa penelitian telah menunjukkan hubungan antara konsumsi pemanis buatan dengan peningkatan nafsu makan dan keinginan untuk rasa manis. Meskipun pemanis buatan sendiri biasanya rendah kalori atau bebas kalori, efek ini dapat berdampak pada berat badan jika menyebabkan peningkatan konsumsi makanan lain yang tinggi kalori.

- b. Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol:** Beberapa gula alkohol dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti kembung dan diare, terutama jika dikonsumsi dalam jumlah besar.
- 2. Metabolisme dan Resistensi Insulin**
 - a. Pemanis Buatan:** Beberapa penelitian pada hewan menyiratkan bahwa konsumsi pemanis buatan tertentu mungkin terkait dengan perubahan metabolisme dan resistensi insulin. Namun, bukti pada manusia masih belum sepenuhnya jelas.
 - b. Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol:** Beberapa gula alkohol seperti erythritol dan xylitol dapat memiliki sedikit atau tidak ada dampak pada gula darah dan insulin.
- 3. Kesehatan Gigi**
 - a. Pemanis Buatan:** Pemanis buatan sering tidak menyebabkan kerusakan gigi karena bakteri dalam mulut tidak dapat mengubahnya menjadi asam yang merusak enamel gigi.
 - b. Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol:** Beberapa gula alkohol seperti xylitol dapat memiliki efek positif pada kesehatan gigi karena memiliki sifat antimikroba dan dapat membantu mencegah pembentukan plak.
- 4. Perubahan Preferensi Rasa**
 - a. Pemanis Buatan:** Penggunaan pemanis buatan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi preferensi rasa seseorang, meningkatkan keinginan untuk rasa manis yang lebih intens.
 - b. Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol:** Beberapa orang melaporkan aftertaste atau efek dingin dari gula alkohol yang dapat memengaruhi preferensi rasa.
- 5. Efek Psikologis dan Kebiasaan Makan**
 - a. Pemanis Buatan:** Penggunaan pemanis buatan dapat memperkuat hubungan antara rasa manis dan asupan kalori, yang dapat memengaruhi kebiasaan makan dan pola makan secara keseluruhan.

- b. **Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol:** Penggunaan pengganti gula dapat membantu individu untuk membatasi konsumsi gula dan kalori, tetapi efeknya dapat bervariasi.

6. Kesehatan Usus dan Pencernaan

Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol: Beberapa orang mungkin mengalami gangguan pencernaan seperti kembung, gas, atau diare setelah mengonsumsi gula alkohol dalam jumlah besar.

7. Reaksi Alergi atau Sensitivitas

Pemanis Buatan dan Pengganti Gula Berbasis Gula Alkohol: Beberapa orang dapat mengalami reaksi alergi atau sensitivitas terhadap beberapa pemanis atau gula alkohol tertentu.

8. Efek Samping Lainnya

- a. Beberapa gula alkohol dapat memberikan efek laksatif dalam jumlah besar.
- b. Pemanis buatan tertentu seperti aspartam memiliki batasan penggunaan pada orang yang memiliki fenilketonuria, sebuah kondisi genetik yang memengaruhi kemampuan tubuh untuk memproses fenilalanin.

9. Dampak Psikologis

Efek Placebo: Beberapa orang melaporkan bahwa penggunaan pemanis buatan memberikan rasa kenyang yang kurang dari gula, yang dapat berkontribusi pada konsumsi kalori yang lebih tinggi secara keseluruhan.

10. Pengaruh pada Kesehatan Umum

Kaitan antara konsumsi pemanis dan pengganti gula dengan penyakit tertentu masih menjadi subjek penelitian dan perdebatan. Beberapa penelitian menunjukkan korelasi dengan risiko penyakit tertentu, tetapi hubungan sebab-akibat seringkali belum jelas.

11. Peran dalam Manajemen Kondisi Kesehatan

Bagi orang dengan kondisi kesehatan tertentu, seperti diabetes, pengganti gula dapat menjadi alat manajemen yang berguna untuk mengendalikan kadar gula darah.

Dalam banyak kasus, penggunaan pemanis dan pengganti gula dapat menjadi bagian dari pola makan yang sehat dan

membantu dalam manajemen berat badan atau kondisi kesehatan tertentu (Das Neves et al., 2020). Namun, seperti halnya dengan segala hal, penggunaannya sebaiknya dilakukan dengan bijak dan disesuaikan dengan kondisi kesehatan individu. Konsultasi dengan profesional kesehatan atau ahli gizi dapat memberikan panduan yang lebih spesifik sesuai dengan kebutuhan dan tujuan kesehatan seseorang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiarini, O., & Gunanti, I. R. 2004. Kajian Keamanan Pangan Ditinjau dari Kandungan Pewarna Sintetis dan Pemanis Buatan dalam Minuman Jajanan (Studi pada Sdn Dukuh Menanggal Ii/425 Gayungan Surabaya). Buletin Penelitian Sistem Kesehatan, 7(1), 21103.
- BPOM, R. 2014. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Bahan Tambahan Pangan Pemanis. Jakarata: BPOM, 1–63.
- Das Neves, A. O. C., Melo, T. A., Nunes, M. B., & Romano, C. C. 2020. Effect of saccharin sodium and the sodium cyclamate on human cells treated with lactobacillus plantarum lp62. Food & Nutrition Journal.
- Destryana, R. Amilia, Ratih Yuniastri, Aryo Wibisono. 2019. Pengaruh Jenis Pemanis yang Berbeda terhadap Sifat Kimia Kopi Lengkuas. Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno, Vol. 4, No. 2, 2019. Hal. 68-72.
- Handayani, T., & Agustina, A. 2015. Penetapan kadar pemanis buatan (Na-siklamat) pada minuman serbuk instan dengan metode alkalimetri. Jurnal Farmasi Sains dan Praktis, 1(1), 1–6.
- Lestari, D. 2011. Analisis Adanya Kandungan Pemanis Buatan (Sakarín dan Siklamat) pada Jamu Gendong di Pasar Gubug Grobogan. Jurnal Gizi dan Pangan, 10(3), 44–47.
- Marliza, H., Mayefis, D., & Islamiati, R. 2019. Analisis Kualitatif Sakarin dan Silamat pada Es Doger di Kota Batam. JURNAL FARMASI DAN ILMU KEFARMASIAN INDONESIA, 6(2), 81–84.
- Ramadhani, N., Herlina, H., & Utama, A. J. F. 2018. Penetapan Kadar Natrium Siklamat Pada Minuman Ringan Kemasan Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV. Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia, 4(1), 7–12.
- Tahir, I. A. C., & Vitrianty, V. 2013. Analisis Kandungan Pemanis Buatan Pada Sari Buah Markisa Produksi Makassar. As-Syifaa Jurnal Farmasi, 5(2), 185–191.

Uçar, A., & Yilmaz, S. 2015. Saccharin genotoxicity and carcinogenicity: A review. *Adv. Food Sci*, 37, 138–142.

BAB 11

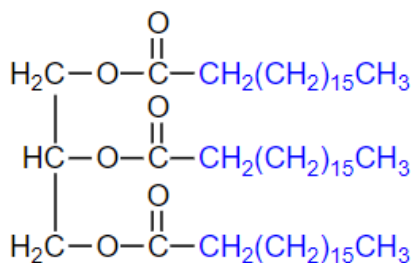
KIMIA ASAM LEMAK DAN MINYAK

Oleh Aliyah Fahmi

11.1 Pendahuluan

Asam lemak merupakan komponen penting lipid (komponen sel hidup yang larut dalam lemak) pada tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Secara umum, asam lemak terdiri dari rantai lurus dengan jumlah atom karbon genap, dengan atom hidrogen di sepanjang rantai dan di salah satu ujung rantai, serta gugus karboksil ($-\text{COOH}$) di ujung lainnya. Gugus karboksil itulah yang menjadikannya asam (asam karboksilat).

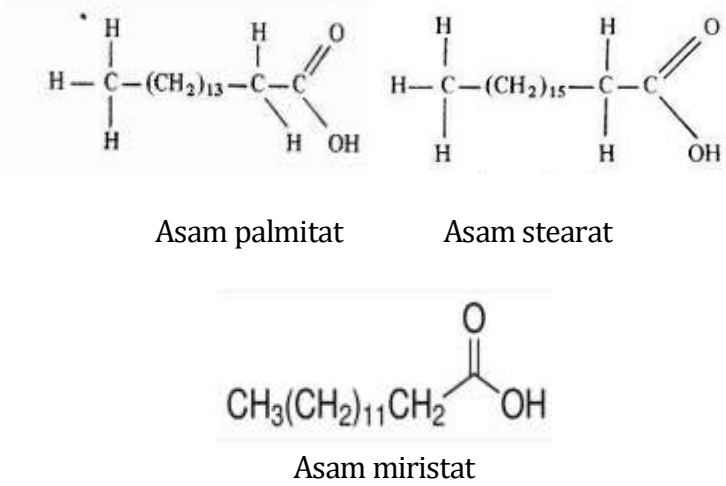
Jika ikatan karbon-ke-karbon semuanya tunggal, maka asamnya jenuh; jika salah satu ikatannya rangkap dua atau rangkap tiga, asamnya tidak jenuh dan lebih reaktif. Beberapa asam lemak memiliki rantai bercabang; yang lain mengandung struktur cincin (misalnya prostaglandin). Asam lemak tidak ditemukan dalam keadaan bebas di alam; umumnya mereka ada dalam kombinasi dengan gliserol (alkohol) dalam bentuk trigliserida.



Gambar 11.1. Tristearin/trigliserida sederhana (Sumber dari Britannica, 2023))

Di antara asam lemak yang paling banyak didistribusikan adalah asam lemak berkarbon 16 dan 18, atau dikenal sebagai asam palmitat dan asam stearat. Asam palmitat dan stearat terdapat pada

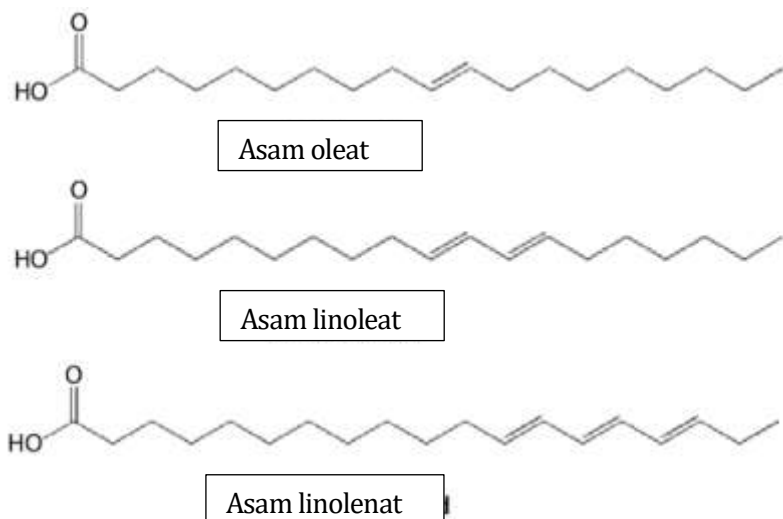
lipid sebagian besar organisme. Pada hewan, asam palmitat menyumbang 30 persen lemak tubuh. Minyak ini menyumbang 5 hingga 50 persen lipid dalam lemak nabati, terutama dalam minyak sawit. Asam stearat melimpah di beberapa minyak nabati (misalnya mentega kakao dan shea butter) dan merupakan proporsi lipid yang relatif tinggi yang ditemukan dalam lemak ruminansia.



Gambar 11.2. Struktur kimia asam-asam lemak jenuh (Sumber dari Wikipedia, 2023)

Banyak hewan tidak dapat mensintesis asam linoleat (asam lemak omega-6) dan asam alfa-linolenat (asam lemak omega-3). Namun, asam lemak tersebut diperlukan untuk proses seluler dan produksi asam lemak omega-3 dan omega-6 lain yang diperlukan. Oleh karena itu, karena harus dikonsumsi melalui makanan, maka disebut asam lemak esensial. Asam lemak omega-6 dan omega-3 yang masing-masing berasal dari asam linoleat dan asam alfa-linolenat, dibutuhkan oleh banyak mamalia secara kondisional. Asam lemak omega-6 dan omega-3 dibentuk di dalam tubuh dari asam lemak induknya tetapi tidak selalu pada tingkat yang dibutuhkan untuk menjaga kesehatan atau perkembangan. Bayi manusia, misalnya, diperkirakan mempunyai kebutuhan esensial bersyarat akan asam docosahexaenoic (DHA), yang berasal dari

asam alfa-linolenat, dan mungkin juga akan asam arakidonat, yang berasal dari asam linoleat.



Gambar 11.3. Asam-asam lemak tak jenuh (Sumber dari Baishya et al., 2017).

Asam lemak memiliki berbagai aplikasi komersial. Misalnya, mereka digunakan tidak hanya dalam produksi berbagai produk makanan namun juga dalam sabun, deterjen, dan kosmetik. Sabun adalah garam natrium dan kalium dari asam lemak. Beberapa produk perawatan kulit mengandung asam lemak yang dapat membantu menjaga kesehatan penampilan dan fungsi kulit. Asam lemak, khususnya asam lemak omega-3, juga biasa dijual sebagai suplemen makanan (Britannica, 2023).

Lemak dan minyak disebut trigliserida (atau triasilgliserol) karena merupakan ester yang terdiri dari tiga unit asam lemak yang bergabung dengan gliserol, suatu trihidroksi alkohol: Jika ketiga gugus OH pada molekul gliserol diesterifikasi dengan asam lemak yang sama, maka ester yang dihasilkan disebut trigliserida sederhana.

Trigliserida disebut lemak jika berbentuk padat pada suhu 25°C; disebut minyak jika pada suhu tersebut berbentuk cair. Perbedaan titik leleh ini mencerminkan perbedaan derajat

ketidakjenuhan dan jumlah atom karbon dalam asam lemak penyusunnya. Trigliserida yang diperoleh dari sumber hewani biasanya berbentuk padat, sedangkan yang berasal dari tumbuhan umumnya berupa minyak. Oleh karena itu, kita biasa membicarakan lemak hewani dan minyak nabati.

Tidak ada rumus tunggal yang dapat ditulis untuk mewakili lemak dan minyak alami karena keduanya merupakan campuran trigliserida yang sangat kompleks yang mengandung banyak asam lemak berbeda. Tabel menunjukkan komposisi asam lemak dari beberapa lemak dan minyak umum. Komposisi lemak atau minyak tertentu dapat bervariasi tergantung pada spesies tumbuhan atau hewan asal serta faktor pola makan dan iklim. Sebagai contoh saja, lemak babi dari babi yang diberi makan jagung lebih jenuh dibandingkan lemak babi dari babi yang diberi makan kacang. Asam palmitat merupakan asam lemak jenuh yang paling melimpah, sedangkan asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh yang paling melimpah.

Meskipun trigliserida sederhana telah disintesis di laboratorium, trigliserida sederhana jarang terdapat di alam. Sebaliknya, trigliserida khas yang diperoleh dari lemak dan minyak alami mengandung dua atau tiga komponen asam lemak berbeda dan karenanya disebut trigliserida campuran. Minyak dan lemak merupakan bagian penting dari pola makan sehat. Secara struktural mereka adalah ester gliserol dengan tiga asam lemak (disebut triasilgliserol atau trigliserida). Asam lemak inilah yang memberi fungsi pada lemak.

Secara kimia, mereka dapat dibagi menjadi empat jenis utama (asam lemak jenuh, cis-tak jenuh tunggal, cis-tak jenuh ganda, dan asam lemak trans.) Dalam istilah yang sangat luas, asam lemak jenuh dan asam lemak trans berbentuk padat pada suhu kamar sedangkan asam lemak tak jenuh cis berbentuk cair pada suhu kamar. Meskipun tidak ada lemak alami yang 100% jenuh atau 100% tak jenuh (tetapi merupakan campuran keduanya), lemak sering disebut sebagai 'jenuh' atau 'tak jenuh' karena dominasi satu atau jenis asam lemak lainnya.

Pilihan lemak yang digunakan dalam jenis produk makanan tertentu sering kali bergantung pada fungsi yang dibutuhkan. Aspek utama dari pilihan fungsi ini adalah

1. Titik leleh dan profil leleh (bagaimana kandungan lemak padat berubah seiring suhu),
2. Karakteristik kristalisasi,
3. Stabilitas penyimpanan (khususnya stabilitas oksidatif)
4. Karakteristik nutrisi.

Dari sudut pandang fungsionalitas produk, kelompok produk makanan yang berbeda akan memiliki kebutuhan yang berbeda pula. Produk roti (misalnya kue kering dan biskuit) memerlukan lemak dengan jumlah lemak padat dalam jumlah sedang (25-40%) selama persiapan adonan untuk memberikan tekstur ringan tanpa keluarnya minyak yang berlebihan pada produk akhir. Cokelat harus berbahan dasar mentega kakao, baik dari sudut pandang legislatif maupun fungsional, dan lemak apa pun yang digunakan untuk menggantikan mentega kakao juga harus mematuhi undang-undang serta harus meleleh dan mengkristal dengan cara yang sama seperti mentega kakao. Secara umum, es krim harus berbahan dasar lemak yang setidaknya 50% padat pada suhu 0°C dan meleleh di bawah suhu mulut. Minyak goreng harus memiliki stabilitas oksidatif sebaik mungkin agar dapat memperpanjang umur penggorengan dan juga stabilitas penyimpanan yang baik pada produk akhir (Britannica, 2023; Libretexts, 2023; Fahmi, A, 2022).

11.2 Asam Lemak

Asam lemak jenuh seperti asam laurat (C_{12}), miristat (C_{14}) dan, pada tingkat lebih rendah, asam palmitat (C_{16}) menunjukkan efek buruk secara keseluruhan terhadap kolesterol darah, sedangkan asam stearat (C_{18}) dianggap memiliki efek buruk terhadap kolesterol darah.

Asam lemak dapat dikelompokkan menjadi empat jenis utama:

1. Jenuh
2. Tak jenuh tunggal

3. Tak jenuh ganda
4. Trans

Asam lemak jenuh merupakan rantai lurus atom karbon yang terdiri dari gugus metilen (CH_2) antara ujung metil dan gugus asam karboksilat. Asam lemak jenuh yang paling umum adalah asam laurat (C_{12}), asam palmitat (C_{16}) dan asam stearat (C_{18}). Asam lemak jenuh rantai pendek ditemukan dalam lemak mentega (misalnya C_4 , asam butirrat) dan minyak kelapa (misalnya C_8 , asam kaprilat, dan C_{10} , asam kaprat).

Asam lemak tak jenuh tunggal mengandung ikatan rangkap karbon-karbon tunggal dalam rantai karbon. Ini biasanya dalam konfigurasi *cis*. Asam lemak tak jenuh tunggal yang paling umum adalah asam oleat, mengandung 18 atom C (karbon). Pada asam oleat, ikatan rangkap terjadi antara atom karbon 9 dan 10 (dihitung dari gugus COOH)

Asam lemak tak jenuh ganda memiliki lebih dari satu ikatan rangkap dalam rantai karbon. Asam lemak tak jenuh ganda yang umum adalah asam linoleat (18 atom karbon dan 2 ikatan rangkap antara atom karbon 9/10 dan 12/13) dan asam linolenat (18 atom karbon dan 3 ikatan rangkap antara atom karbon 9/10, 13/12 dan 15/16).

Posisi ikatan rangkap ini dapat dihitung dari ujung rantai yang lain, ujung gugus metil. Dalam dua contoh ini, ikatan rangkap pertama yang ditemukan dalam asam linoleat berada pada atom karbon keenam dan, oleh karena itu, asam linoleat juga disebut asam tak jenuh ganda omega-6. Dalam asam linolenat, ikatan rangkap pertama berada pada atom karbon ketiga sehingga asam linolenat disebut asam tak jenuh ganda omega-3.

Jenis asam lemak keempat, asam lemak trans, juga merupakan asam tak jenuh tetapi, dalam hal ini, sebagian atau seluruh ikatan rangkap berada dalam konfigurasi *trans*. Hal ini paling sering ditemukan sebagai hasil dari hidrogenasi lemak atau dengan menyimpan lemak pada suhu yang sangat tinggi ($>200^\circ\text{C}$) untuk jangka waktu yang lama. Dengan demikian, bahan-bahan tersebut secara bertahap dapat diproduksi dan menumpuk di minyak goreng bekas. Namun asam lemak trans juga ditemukan

secara alami pada susu dan daging hewan ruminansia seperti sapi. Kadar asam lemak trans alami pada susu sapi adalah sekitar 5%, meskipun kadarnya sampai mencapai 9%. Asam lemak trans dalam susu sebagian besar adalah asam vaccenic (trans-monounsaturate dengan ikatan rangkap antara atom karbon 11 dan 12) dan asam linoleat terkonjugasi (CLA) dengan ikatan rangkap cis antara atom karbon 9 dan 10 dan ikatan rangkap trans antara atom karbon 11 dan 12. Asam lemak ini belum ditemukan mempunyai akibat buruk dan bahkan mungkin berdampak positif.

Menambah panjang rantai asam lemak akan meningkatkan titik lelehnya sehingga asam stearat (C_{18}) meleleh pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan asam laurat (C_{12}). Meningkatnya jumlah ikatan rangkap cis dalam asam lemak menurunkan titik lelehnya - jadi, mengingat kelompok asam lemak dengan 18 atom karbon, titik leleh menurun dari stearat (tidak ada ikatan rangkap) ke oleat (satu ikatan rangkap) ke linoleat (dua ikatan rangkap) menjadi asam linolenat (tiga ikatan rangkap). Mengubah konfigurasi ikatan rangkap dari cis ke trans meningkatkan titik leleh - sehingga asam elaidat (setara trans dengan asam oleat) memiliki titik leleh lebih tinggi daripada asam oleat (Libretext, 2023).

11.3 Minyak

Minyak mengandung asam-asam lemak. Minyak kelapa merupakan lemak alami yang paling jenuh (biasanya sekitar 94% lemak jenuhnya. Lemak jenuh lainnya adalah minyak inti sawit (biasanya 82% jenuh), mentega kakao (biasanya 60-64% jenuh) dan minyak sawit (biasanya 51% jenuh). Lemak babi dan lemak sapi juga sering dianggap termasuk dalam kategori lemak jenuh ini meskipun biasanya hanya mengandung 40% dan 37% lemak jenuh (Talbot, 2011).

Komposisi asam lemak minyak nabati dibentuk oleh campuran asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh yang diklasifikasikan menurut jumlah ikatan tak jenuhnya menjadi asam lemak tak jenuh tunggal atau asam lemak tak jenuh ganda. Namun demikian, masing-masing minyak nabati yang dianalisis memiliki distribusi asam lemak spesifik tergantung pada sumber tanamannya. Jadi, dampaknya terhadap kesehatan manusia dapat

dinilai berdasarkan masing-masing asam lemak karena pengaruhnya yang berbeda terhadap kesehatan manusia dan risiko penyakit serius (Orsavova et al, 2015).

Minyak zaitun dan minyak lobak kaya akan asam tak jenuh tunggal – biasanya masing-masing 56-83% dan 50-66%. Minyak kedelai biasanya mengandung 53% asam linoleat dan 8% asam linolenat (Gunstone et al, 1994).

Ada banyak masalah kesehatan dan nutrisi yang terkait dengan asam lemak trans sehingga penggunaan hidrogenasi sebagai teknik modifikasi minyak kini telah dihapuskan secara bertahap baik di Inggris maupun di banyak negara lain di seluruh dunia. baik secara sukarela maupun karena peraturan perundang-undangan (WHO, 2015).

11.4 Penggolongan Asam lemak dan Minyak

Asam lemak dan minyak dapat dibedakan berdasarkan beberapa penggolongan, yaitu:

1. Berdasarkan kejenuhannya (ada atau tidak adanya ikatan rangkap)

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya. Asam lemak jenuh mempunyai rantai zig-zag yang sesuai satu sama lain, menyebabkan gaya tarik vanderwalls tinggi, sehingga pada umumnya berwujud padat.

Tabel 11.1. Asam-asam lemak jenuh

Nama Asam	Struktur Kimia
Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
Laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

(Sumber dari Fahmi, A., 2022).

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung satu ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya.

Asam lemak dengan lebih dari satu ikatan dua tidak lazim, terutama terdapat pada minyak nabati, minyak ini disebut *polyunsaturated*. Trigliserida mengandung 3 asam lemak yang bersifat tak jenuh maupun jenuh. Asam lemak tak jenuh (*polyunsaturated*/memiliki ikatan rangkap) cenderung berbentuk minyak sedangkan asam lemak jenuh (*poly saturated*/tidak memiliki ikatan rangkap) cenderung memadat pada atau dibawah suhu kamar.

Tabel 11.2. Asam-asam lemak tak jenuh

Nama Asam	Struktur Kimia
Palmitoelat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Linolenat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

(Sumber dari Fahmi, A., 2022).

2. Berdasarkan manfaatnya

Berdasarkan manfaatnya minyak digolongkan kepada minyak bumi (kandungan umum alkana), minyak hewani dan nabati (kandungan umumnya trigliserida) dan minyak atsiri (minyak volatil).

Tabel 11.3. Minyak berdasarkan manfaatnya

Sumber	Keterangan
Minyak bumi	Sumber bahan bakar
Minyak hewani/nabati	Sumber makanan
Minyak atsiri	Sumber obat-obatan

(Sumber dari Fahmi, A., 2022).

11.5 Analisis Asam Lemak dan Minyak

Analisis asam lemak dan minyak yang umum dilakukan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan tujuan untuk apa dianalisis yaitu:

1. Penentuan kuantitatif, yaitu penentuan kadar lemak dan minyak yang terdapat dalam bahan makanan.
2. Penentuan kualitas minyak sebagai bahan makanan, yang berkaitan dengan proses ekstraksinya, atau ada pemurnian lanjutan, misalnya penjernihan (*refining*), penghilangan bau (*deodorizing*), penghilangan warna (*bleaching*). Penentuan tingkat kemurnian minyak ini sangat erat kaitannya dengan daya tahannya selama penyimpanan, sifat gorengnya, baunya maupun rasanya. Tolak ukur kualitas ini adalah angka asam lemak bebasnya (*free fatty acid* atau FFA), angka peroksida, tingkat ketengikan dan kadar air.
3. Penentuan sifat fisika maupun kimia yang khas ataupun mencirikan sifat minyak tertentu. data ini dapat diperoleh dari angka iodinenya, angka *Reichert-Meissel*, angka polenske, angka krischner, angka penyabunan, indeks refraksi titik cair, angka kekentalan, titik percik, komposisi asam lemak, dan sebagainya (Fahmi, A., 2022).

11.4 Proses Modifikasi Asam Lemak dan Minyak

Tidak ada satu pun lemak alami, atau bahkan kombinasi lemak alami, yang memberikan persyaratan fungsional yang tepat untuk aplikasi produk tertentu sehingga minyak dan lemak perlu melalui beberapa bentuk pemrosesan. Ada tiga jenis utama proses modifikasi minyak yang digunakan dalam makanan yaitu:

1. Hidrogenasi
2. Fraksinasi
3. Interesterifikasi

Hidrogenasi adalah reaksi antara hidrogen dan ikatan rangkap karbon-karbon dalam asam lemak tak jenuh. Ini mengubah asam lemak tak jenuh *cis* menjadi jenuh atau tak jenuh *trans*. Baik asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh *trans* memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan asam lemak tak jenuh *cis* alami sehingga hidrogenasi meningkatkan kekerasan dan kandungan lemak padat pada lemak.

Dengan adanya katalis (biasanya nikel), ikatan rangkap dalam minyak cair dapat bereaksi dengan hidrogen melalui dua

cara. Salah satu molekul hidrogen dapat bereaksi dengan atom karbon dalam ikatan tak jenuh untuk mengubahnya menjadi ikatan tunggal jenuh. Minyak ini memiliki titik leleh yang lebih tinggi sehingga minyak cair dapat diubah menjadi lemak padat. Cara lain reaksinya adalah dengan mengubah ikatan rangkap cis menjadi ikatan rangkap trans. Karena asam lemak trans memiliki titik leleh lebih tinggi dibandingkan asam tak jenuh cis, minyak cair kembali diubah menjadi lemak dengan titik leleh lebih tinggi. Terlepas dari rendahnya kadar asam lemak trans pada beberapa lemak susu dan daging, asam lemak trans hanya diproduksi melalui proses hidrogenasi industri (atau melalui perlakuan panas yang buruk pada minyak). Oleh karena itu, hidrogenasi mengubah minyak cair menjadi lemak padat yang berpotensi lebih fungsional dan mengubah komposisi asam lemak dari campuran minyak awal secara signifikan.

Fraksinasi dimulai dengan minyak yang sebagian berbentuk cair dan sebagian padat pada suhu tertentu (minyak sawit, shea butter, dan minyak inti sawit adalah minyak yang biasanya difraksinasi). Fase padat dan cair dipisahkan dan digunakan dalam aplikasi berbeda. Tidak seperti hidrogenasi, tidak terjadi perubahan kimia pada asam lemak itu sendiri. ini murni proses pemisahan.

Fraksinasi adalah proses modifikasi lain yang menghasilkan lemak yang lebih keras dan memiliki titik leleh lebih tinggi (Gibon, 2006). Dalam hal ini lemak ditahan pada suhu yang sebagian cair dan sebagian padat. Kristal padat dipisahkan melalui filtrasi untuk menghasilkan fraksi stearin padat yang titik lelehnya lebih tinggi dibandingkan minyak awal dan fraksi olein cair yang titik lelehnya lebih rendah dibandingkan minyak awal. Umumnya, hanya lemak yang meleleh pada kisaran suhu yang luas yang cocok untuk fraksionasi. Lemak yang paling sering difraksinasi adalah minyak sawit, minyak inti sawit, lemak mentega, dan shea butter, meskipun minyak kelapa dan mentega kakao juga terkadang difraksinasi. Dalam kebanyakan kasus, minyak difraksinasi satu kali untuk menghasilkan dua fraksi yang disebutkan stearin dan olein. Namun, minyak sawit dapat difraksinasi dua kali untuk menghasilkan tiga fraksi stearin dengan titik leleh sangat tinggi ($>50^{\circ}\text{C}$) atau fraksi

atas, fraksi titik leleh sedang (sekitar 34°C) dan fraksi cair dengan titik leleh rendah pada suhu kamar, fraksi olein (Talbot, 2011).

Minyak biasanya difraksinasi dengan salah satu dari dua cara. Fraksinasi kering melibatkan penahanan minyak pada suhu yang diperlukan untuk mendapatkan fraksi padat dan cair. Fraksinasi basah menggunakan pelarut, biasanya aseton, untuk melarutkan seluruh lemak. Larutan ini kemudian didinginkan hingga fraksi stearin mengkristal. Keuntungan fraksinasi kering adalah lebih murah, tidak memerlukan pengolahan tahan api dan menghasilkan kualitas olein yang sangat baik. Fraksinasi basah, sebaliknya, digunakan jika kualitas stearin atau, dalam kasus minyak sawit, fraksi tengahnya sangat penting. Namun, hal ini memerlukan pabrik yang tahan api dan proses perolehan kembali pelarut yang baik, yang membuatnya menjadi proses yang jauh lebih mahal (Gibon, 2006).

Interesterifikasi adalah suatu proses di mana ikatan ester antara asam lemak dan gliserol diputus dan kemudian dibentuk kembali, biasanya dalam konformasi yang acak (namun dapat diprediksi). Namun, enzim spesifik dapat digunakan sebagai katalis untuk menghindari pemutusan ikatan ester pada posisi sentral molekul trigliserida sehingga memungkinkan produksi trigliserida yang terstruktur dengan sengaja. Masing-masing proses modifikasi ini memungkinkan pembentukan lemak dengan fungsi leleh, kristalisasi dan stabilitas yang berbeda dari minyak awal.

Dari proses interesterifikasi, beberapa katalis enzim mempunyai kemampuan untuk memutus hanya hubungan antara tulang punggung gliserol triasilgliserol dan asam lemak pada posisi 1 dan 3 luar, sehingga asam lemak apa pun teresterifikasi di posisi 2 tengah. -posisi sendirian. Hal ini memungkinkan apa yang disebut triasilgliserol terstruktur diproduksi untuk sifat dan fungsi tertentu.

Hubungan ester antara tulang punggung gliserol triasilgliserol dan asam lemak yang ada terputus dan kemudian terbentuk kembali. Selama proses ini, gugus asam lemak dapat berpindah-pindah dalam campuran reaksi sehingga gugus tersebut tidak serta merta membentuk kembali ikatan di tempat di mana asam lemak tersebut putus. Oleh karena itu terjadi pengacakan posisi asam lemak pada molekul triasilgliserol. Karena fungsi

peleburan dan kristalisasi lemak bergantung pada posisi asam lemak serta jenis asam lemak, karakteristik fisik lemak akhir benar-benar berbeda - namun diperkirakan demikian - dari campuran awal. Interesterifikasi tidak mengubah komposisi asam lemak secara keseluruhan, hanya posisi asam lemak pada tulang punggung gliserol (Libretexts, 2023).

11.5 Aplikasi Asam lemak dan Minyak

Aplikasi makanan yang berbeda memerlukan titik leleh yang berbeda dan profil leleh yang berbeda (perubahan persentase lemak padat seiring suhu) untuk fungsi pemrosesan dan sensorik. Kemampuan untuk menyediakan berbagai lemak dan minyak dengan karakteristik fisik yang berbeda merupakan hal yang sangat penting bagi engembang produk pangan. Namun, asam lemak dalam kelompok yang berbeda ini (dan, dalam beberapa kasus, asam lemak dalam kelompok yang sama) mempunyai efek nutrisi yang berbeda, terutama pengaruhnya terhadap kadar kolesterol darah yang, pada gilirannya, dapat berdampak pada risiko penyakit kardiovaskular.

Selain itu semua, minyak dan lemak yang digunakan tidak boleh menimbulkan masalah kesehatan yang merugikan. Selama abad ke-20, hidrogenasi mungkin merupakan proses modifikasi yang paling umum digunakan. Namun, ia menghasilkan asam lemak trans tingkat tinggi. Hal ini telah terbukti merugikan kesehatan terutama dalam hal pengaruhnya terhadap kadar kolesterol darah. Mereka meningkatkan kolesterol *low-density lipoprotein* (LDL) yang merugikan dan menurunkan kolesterol *high-density lipoprotein* (HDL) yang bermanfaat sehingga meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (CVD) yang lebih besar pada beberapa individu. Sebagai konsekuensinya, pada tahun-tahun awal abad ke-21 terjadi reformulasi luas pada banyak produk makanan dan pengembangan alternatif non-hidrogenasi terhadap lemak terhidrogenasi sebelumnya. Sebaliknya, minyak tak jenuh cis menunjukkan efek positif pada kadar kolesterol darah karena menurunkan kolesterol LDL dan meningkatkan kadar kolesterol HDL (Libretexts, 2023).

11.6 Sifat Fisik Asam Lemak dan Minyak

Asam lemak merupakan asam karboksilat rantai panjang penyusun trigliserida/ lemak dan minyak murni tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karakteristik warna, bau, dan rasa yang kita kaitkan dengan beberapa di antaranya dihasilkan oleh zat asing yang larut dalam lemak dan telah diserap oleh lipid tersebut. Misalnya, warna kuning pada mentega disebabkan oleh adanya pigmen karoten; rasa mentega berasal dari dua senyawa diasetil dan 3-hidroksi-2-butanon yang diproduksi oleh bakteri dalam krim pematangan yang menjadi bahan pembuatan mentega.

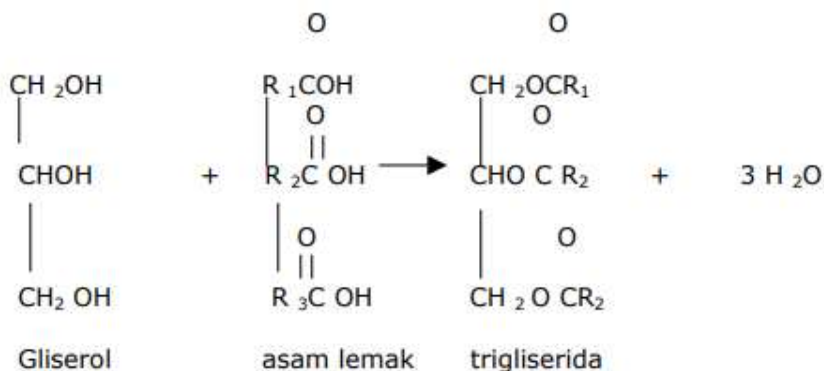


Gambar 11.4. Diasetil (kiri) dan 3-hidroksi-2-butanon (kanan)
(Sumber dari Libretexts, 2023)

Lemak dan minyak lebih ringan dari air, memiliki massa jenis sekitar $0,8 \text{ g/cm}^3$. Bahan ini merupakan konduktor panas dan listrik yang buruk sehingga berfungsi sebagai isolator yang sangat baik bagi tubuh, memperlambat hilangnya panas melalui kulit (Libretexts, 2023).

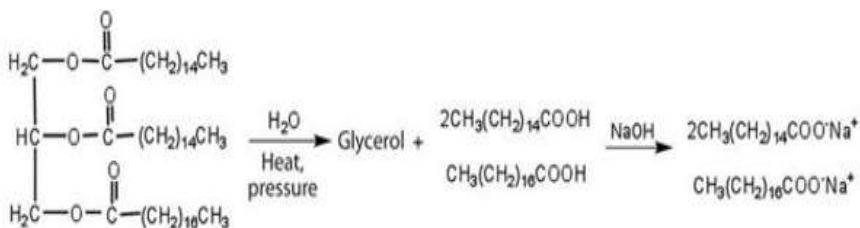
11.7 Reaksi Kimia Asam Lemak dan Minyak

Senyawaan gliserol dari trigliserida membentuk minyak dan lemak. Pembentukannya terjadi melalui kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak, yang biasanya berbeda, yang menghasilkan satu molekul trigliserida dan satu molekul air (Sumber dari Herlina & Ginting, 2002).



Gambar 11.5. Reaksi pembentukan trigliserida/lemak dari asam lemak dan gliserol (Sumber dari Herlina & Ginting., 2002)

Lemak dan minyak dapat berpartisipasi dalam berbagai reaksi kimia, misalnya, karena trigliserida merupakan ester, maka trigliserida dapat dihidrolisis dengan adanya asam, basa, atau enzim spesifik yang dikenal sebagai lipase. Hidrolisis lemak dan minyak dengan adanya basa digunakan untuk membuat sabun dan disebut saponifikasi. Saat ini sebagian besar sabun dibuat melalui hidrolisis trigliserida (seringkali dari lemak, minyak kelapa, atau keduanya) menggunakan air pada tekanan dan suhu tinggi (700 lb/in² (~50 atm atau 5.000 kPa) dan 200°C). Natrium karbonat atau natrium hidroksida kemudian digunakan untuk mengubah asam lemak menjadi garam natriumnya (molekul sabun):



Gambar 11.6. Reaksi hidrolisis (kiri) dan penyabunan (kanan) dengan NaOH sebagai basa kuat (Sumber dari Libretexts, 2023)

Dalam proses komersial, jumlah ikatan rangkap yang dihidrogenasi dikontrol dengan cermat untuk menghasilkan lemak

dengan konsistensi yang diinginkan (lunak dan lentur). Minyak nabati yang murah dan melimpah (kanola, jagung, kedelai) diubah menjadi margarin dan lemak untuk memasak. Dalam pembuatan margarin, misalnya, minyak terhidrogenasi parsial dicampur dengan air, garam, dan susu kering tanpa lemak, bersama dengan bahan penyedap rasa, bahan pewarna, serta vitamin A dan D, yang ditambahkan untuk mendekati tampilan, rasa, dan nutrisi. mentega. Pengawet dan antioksidan juga ditambahkan. Pada sebagian besar selai kacang komersial, minyak kacang telah dihidrogenasi sebagian untuk mencegahnya terpisah. Konsumen dapat mengurangi jumlah lemak jenuh dalam makanan mereka dengan menggunakan minyak asli yang belum diolah pada makanan, namun kebanyakan orang lebih suka mengoleskan margarin pada roti panggang daripada menuangkan minyak ke atasnya.

Banyak orang beralih dari mentega ke margarin atau mentega nabati karena kekhawatiran bahwa lemak jenuh hewani dapat meningkatkan kadar kolesterol darah dan menyebabkan penyumbatan arteri. Namun, selama hidrogenasi minyak nabati, terjadi reaksi isomerisasi yang menghasilkan asam lemak trans yang disebutkan dalam esai pembuka. Namun, penelitian menunjukkan bahwa asam lemak trans juga meningkatkan kadar kolesterol dan meningkatkan kejadian penyakit jantung. Asam lemak trans tidak memiliki lengkungan pada strukturnya, seperti yang terjadi pada asam lemak cis sehingga tersusun rapat seperti halnya asam lemak jenuh. Konsumen kini disarankan untuk menggunakan minyak tak jenuh ganda dan margarin lunak atau cair dan mengurangi total konsumsi lemak hingga kurang dari 30% dari total asupan kalori setiap hari.

Lemak dan minyak yang bersentuhan dengan udara lembab pada suhu kamar akhirnya mengalami reaksi oksidasi dan hidrolisis yang menyebabkannya menjadi tengik dan menimbulkan bau khas yang tidak sedap. Salah satu penyebab bau adalah pelepasan asam lemak yang mudah menguap melalui hidrolisis ikatan ester. Mentega, misalnya, melepaskan asam butirat, kaprilat, dan kaprat yang berbau busuk. Mikroorganisme yang ada di udara menghasilkan lipase yang mengkatalisis proses ini. Ketengikan

hidrolitik dapat dengan mudah dicegah dengan menutup lemak atau minyak dan menyimpannya di lemari es.

Ketengikan merupakan kekhawatiran utama dalam industri makanan, itulah sebabnya ahli kimia makanan selalu mencari antioksidan baru dan lebih baik, yaitu zat yang ditambahkan dalam jumlah sangat kecil (0,001%–0,01%) untuk mencegah oksidasi dan dengan demikian menekan ketengikan. Antioksidan adalah senyawa yang afinitasnya terhadap oksigen lebih besar dibandingkan dengan lipid dalam makanan; dengan demikian mereka berfungsi dengan secara istimewa menghabiskan pasokan oksigen yang diserap ke dalam produk. Karena vitamin E memiliki sifat antioksidan, maka membantu mengurangi kerusakan lipid dalam tubuh, terutama asam lemak tak jenuh yang ditemukan dalam lipid membran sel (Libretexts, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Baishya, P., Mandal, M., Gogoi, P., & Maji, T. K. 2017. Natural polymer-based nanocomposites: a greener approach for the future. *Handbook of composites from renewable materials, Nanocomposites: Science and Fundamentals*, 7, 433-459.
- Britannica, T. 2023. Fatty acid. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/fatty-acid>
- Fahmi, A. 2022. *Bahan Ajar Analisis Makanan dan Minuman*. Penerbit Widina, Bandung.
- Gibon, V. 2006. Fractionation of lipids for use in food. *Modifying lipids for use in food*, 201-233.
- Gunstone, F. D., Harwood, J. L., & Padley, F. B. 1994. *Dictionary. The Lipid Handbook*. 2nd ed. FD Gunstone, JL Harwood, and FB Padley, ed. Chapman and Hall, London, UK, 1273.
- Herlina, N., & Ginting, H. S. 2002. *Lemak dan minyak*.
- Orsavova, J., Misurcova, L., Vavra Ambrozova, J., Vicha, R., & Mlcek, J. 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International journal of molecular sciences*, 16(6), 12871-12890.
- Talbot, G. 2011. Sources of saturated and other dietary fats. In *Reducing Saturated Fats in Foods* (pp. 47-76). Woodhead Publishing.
- World Health Organization. 2015. *Eliminating trans fats in Europe: a policy brief* (No. WHO/EURO: 2015-6592-46358-67067). World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Libretexts. 2023. *Fats and Oils*. Dikutip dari [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Basics_of_General_Organic_and_Biological_Chemistry_\(Ball_et_al.\)/17%3ALipids/17.02%3AFats_and_Oils](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Basics_of_General_Organic_and_Biological_Chemistry_(Ball_et_al.)/17%3ALipids/17.02%3AFats_and_Oils). Diakses Pada tanggal 18 September 2023.
- Wikipedia. 2023. *Fatty acids*. Dikutip dari https://en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid. Diakses pada tanggal 18 September 2023.

BAB 12

REAKSI CAMELIZATION

Oleh Eka Cahya Muliawati

12.1 Pendahuluan

Penggunaan gula sudah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu. Gula tebu, yang mengandung sukrosa, digunakan secara luas di India dan Tiongkok pada zaman kuno. Gula kemudian dibawa ke Timur Tengah oleh para penakluk Muslim dan menyebar ke Eropa selama abad pertengahan melalui perdagangan dan penaklukan. Pada abad ke-16, gula menjadi komoditas yang sangat dicari dan menjadi faktor utama dalam perkembangan perdagangan dunia.

Proses karamelisasi sebagai metode pengolahan gula menjadi lebih dikenal selama abad ke-17 dan ke-18. Awalnya, karamelisasi terutama terkait dengan pembuatan gula cair atau sirup dari gula tebu. Dalam perkembangannya, metode ini juga diterapkan dalam pembuatan berbagai produk makanan dan minuman.

Pemahaman tentang reaksi kimia di balik karamelisasi menjadi semakin jelas seiring perkembangan ilmu kimia pada abad ke-19. Ilmuwan seperti Louis-Camille Maillard memainkan peran penting dalam menggali lebih dalam tentang reaksi Maillard, yang terjadi antara asam amino dan gula pada suhu tinggi, dan memberikan kontribusi pada kompleksitas rasa dan warna karamel. Karamelisasi sejak itu telah menjadi elemen kunci dalam dunia kuliner. Penggunaannya tidak hanya terbatas pada pembuatan gula cair atau sirup, tetapi juga telah meluas ke berbagai produk makanan dan minuman. Karamel digunakan untuk memberikan rasa manis, warna, dan aroma yang khas pada sejumlah hidangan, mulai dari permen, es krim, kue, saus, hingga minuman karamel.

Penggunaan karamel dalam berbagai hidangan mencerminkan adaptasi kreatif terhadap rasa dan preferensi lokal di seluruh dunia. Inovasi dalam industri makanan dan minuman

terus mendorong batas-batas penggunaan karamel, menciptakan berbagai varian dan aplikasi yang semakin beragam.

Dengan demikian, latar belakang karamelisasi melibatkan perjalanan panjang dari penggunaan gula sebagai komoditas berharga hingga pengembangan metode dan pemahaman ilmiah yang melatarbelakangi peran karamel dalam berbagai aspek kuliner dan industri makanan saat ini.

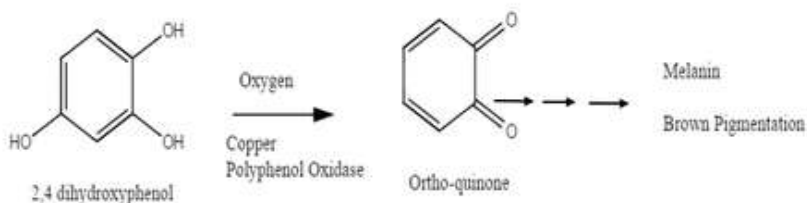
12.2 Definisi dan Proses Karamelisasi

Proses kimia di mana gula atau gula-gula sederhana yang dipanaskan secara pirolisis pada temperatur diatas suhu titik cairnya, menyebabkan terjadinya perubahan fisik dan kimia pada gula tersebut yang disebut karamelisasi. Saat gula dipanaskan, molekul-molekulnya terurai dan mengalami transformasi menjadi senyawa-senyawa baru dengan rasa dan aroma khas karamel.



Gambar 12.1. Proses Karamelisasi

Proses karamelisasi terjadi dalam beberapa tahap. Pada suhu rendah, gula meleleh dan menjadi cair. Kemudian, pada suhu yang lebih tinggi, gula mulai berubah warna menjadi kuning kecoklatan dan akhirnya menjadi coklat gelap. Proses ini juga diiringi oleh perubahan aroma dari manis menjadi lebih kompleks dan kaya.



Gambar 12.2. Reaksi Umum Polifenol oleh polifenol oksidase (PPO) yang mengkatalisis pencoklatan enzimatis.

Produksi kuinon mengalami lebih banyak reaksi yang akhirnya membentuk pigmen coklat di permukaan makanan. Mekanisme proses terjadinya karamelisasi pada penguapan larutan sukrosa hingga cairan sukrosa melebur diantaranya yaitu:

1. Penguapan Larutan Sukrosa:

Proses dimulai dengan penguapan larutan sukrosa. Penguapan ini menyebabkan peningkatan konsentrasi sukrosa dalam larutan karena air menguap, tetapi sukrosa tetap ada.

2. Peningkatan Konsentrasi dan Titik Didih:

Peningkatan konsentrasi sukrosa dalam larutan dapat meningkatkan titik didih larutan tersebut. Pada tahap ini, larutan menjadi lebih pekat karena air terus menguap.

3. Penguapan Terus Berlanjut:

Jika penguapan terus berlanjut, konsentrasi sukrosa akan terus meningkat, dan pada suatu titik, seluruh air dalam larutan dapat menguap.

4. Terbentuk Cairan Sukrosa yang Lebur:

Setelah air telah menguap sepenuhnya, dan jika pemanasan tetap berlanjut, sukrosa akan mengalami pelelehan tanpa adanya air. Ini menghasilkan cairan sukrosa yang lebur atau berada dalam bentuk cairan yang lebih pekat.

Perlu dicatat bahwa dalam konteks karamelisasi, proses ini dapat lebih kompleks dan melibatkan sejumlah reaksi kimia. Pada suhu yang tinggi, sukrosa dapat mengalami dehidrasi dan

pembentukan senyawa-senyawa kompleks yang memberikan warna coklat khas karamel.

Jadi, meskipun gambaran awal mencakup penguapan dan pelelehan sukrosa, proses karamelisasi yang lebih mendalam melibatkan reaksi kimia yang kompleks dan terjadi pada suhu yang lebih tinggi.

Proses karamelisasi melibatkan sejumlah reaksi kimia yang kompleks yang terjadi ketika gula dipanaskan pada suhu tinggi sekitar suhu 200 °C. Berikut adalah beberapa reaksi utama yang terlibat dalam karamelisasi:

1. **Leleh Gula:** Pada suhu rendah, gula (umumnya sukrosa) meleleh dan berubah menjadi bentuk cair. Molekul-molekul gula kemudian mulai mengalami pemanasan lebih lanjut.
2. **Dehidrasi:** Gula yang telah meleleh mengalami dehidrasi, yaitu kehilangan molekul air. Reaksi ini menghasilkan senyawa antara yang lebih kompleks.
3. **Reaksi Maillard:** Ini adalah reaksi antara asam amino (komponen protein) dan gula yang terjadi pada suhu tinggi. Reaksi Maillard menyebabkan pembentukan senyawa kompleks, termasuk melanoidins, yang memberikan warna coklat pada makanan dan memberikan rasa serta aroma yang khas.
4. **Pembentukan Senyawa Antara:** Melalui serangkaian reaksi, senyawa antara terbentuk dari gula yang mengalami dehidrasi. Ini termasuk senyawa-senyawa seperti dihidroksimetilfurfural (HMF) dan diketopiperazine.
5. **Polimerisasi:** Senyawa-senyawa yang terbentuk dapat mengalami polimerisasi, yaitu bergabung bersama untuk membentuk molekul-molekul yang lebih besar (Muliawati *et al.*, 2017, 2019; Cahya Muliawati, Yustia and Mirzayanti, 2021). Ini menyumbang pada perubahan warna dan tekstur pada produk karamel.
6. **Pembentukan Karbonyl dan Asam:** Beberapa senyawa hasil karamelisasi melibatkan pembentukan karbonyl, seperti aldehida dan keton, serta asam organik yang memberikan karakteristik rasa pada karamel.

- 7. Reaksi Fission dan Isomerisasi:** Pada suhu tinggi, gula dapat mengalami fission, yaitu pemecahan menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Selain itu, terkadang terjadi isomerisasi, yaitu perubahan struktur molekuler tanpa mengubah jumlah atom.

Kombinasi reaksi-reaksi ini menghasilkan berbagai senyawa kompleks dengan karakteristik karamel, seperti warna coklat, aroma yang khas, dan rasa manis yang intens. Proses ini dapat bervariasi tergantung pada jenis gula yang digunakan, suhu pemanasan, dan faktor-faktor lingkungan lainnya.

Warna coklat pada makanan biasanya disebabkan oleh tiga kelompok polimer yang terbentuk selama proses pemanasan dan pengolahan makanan. Ketiga kelompok ini adalah:

1. Melanoidins:

Melanoidins adalah senyawa polimer kompleks yang terbentuk dari reaksi Maillard, yaitu reaksi antara asam amino dan gula pada suhu tinggi. Melanoidins memberikan warna coklat pada makanan yang diproses termal, seperti roti panggang, kopi, daging panggang, dan produk pangan lainnya. Proses ini juga memberikan aroma dan rasa yang khas pada makanan.

2. Karamel:

Sebagian besar warna coklat dalam makanan dapat dikaitkan dengan senyawa-senyawa yang terbentuk selama proses karamelisasi. Karamel terbentuk saat gula dipanaskan pada suhu tinggi dan mengalami dehidrasi serta reaksi polimerisasi. Hasil akhirnya adalah senyawa polimer kompleks yang memberikan warna coklat khas pada berbagai produk makanan manis, seperti saus karamel, permen karamel, dan kue karamel.

3. Anthocyanins Termodifikasi:

Anthocyanins adalah pigmen alami yang memberikan warna merah, ungu, atau biru pada banyak buah dan sayuran. Namun, pada suhu tinggi, anthocyanins dapat mengalami modifikasi dan menghasilkan warna coklat pada produk makanan. Ini terutama terjadi pada produk makanan yang mengalami pemanasan seperti selai buah dan produk olahan buah lainnya.

Ketiga kelompok polimer ini, bersama dengan reaksi Maillard, berkontribusi secara signifikan pada warna dan karakteristik organoleptik makanan yang telah diproses termal. Peran mereka dalam membentuk rasa, aroma, dan tampilan visual makanan penting dalam dunia kuliner dan industri makanan. Ringkasan mengenai perbedaan antara reaksi Maillard dan karamelisasi. Mari kita perjelas beberapa poin utama:

1. Proses Non-Pirolitik dan Pirolitik:

- a. Reaksi Maillard bersifat non-pirolitik, yang berarti tidak melibatkan dekomposisi termal bahan dalam makanan. Ini terjadi melalui reaksi kimia antara asam amino (komponen protein) dan gula reduksi pada suhu tinggi. Hasilnya adalah pembentukan senyawa kompleks yang memberikan warna, aroma, dan rasa khas.
- b. Karamelisasi, di sisi lain, bersifat pirolitik. Ini melibatkan dekomposisi termal gula pada suhu tinggi, menghasilkan berbagai senyawa kompleks seperti melanoidins yang memberikan warna coklat dan karakteristik karamel.

2. Partisipasi Komponen Makanan:

- a. Reaksi Maillard melibatkan interaksi antara asam amino dan gula, yang merupakan komponen protein dan karbohidrat dalam makanan.
- b. Karamelisasi terutama melibatkan gula atau gula-gula sederhana.

3. Warna dan Aroma:

- a. Hasil akhir reaksi Maillard dan karamelisasi adalah memberikan warna coklat pada makanan, tetapi karakteristik warna, aroma, dan rasa dapat bervariasi tergantung pada komposisi bahan dan kondisi pemanasan.

4. Contoh Produk Makanan:

- a. Reaksi Maillard sering terjadi dalam proses memasak daging panggang, roti panggang, dan kopi, memberikan produk-produk tersebut rasa dan aroma yang khas.
- b. Karamelisasi umumnya terkait dengan pembuatan saus karamel, permen karamel, dan makanan manis lainnya.

Penting untuk dicatat bahwa meskipun memiliki perbedaan dalam mekanisme, keduanya dapat terjadi secara bersamaan dalam beberapa kondisi pemanasan, dan hasil akhirnya seringkali memberikan kompleksitas rasa dan aroma yang unik pada berbagai jenis makanan.

Gambaran rinci mengenai sejumlah reaksi kimia yang terjadi selama proses karamelisasi. Mari kita perinci beberapa poin utama dari penjelasan beberapa reaksi utama yang terlibat dalam karamelisasi:

1. **Reaksi Kesetimbangan Anomerik dan Bentuk Cincin:** Ini merujuk pada perubahan bentuk molekuler gula dari bentuk alfa ke bentuk beta dan sebaliknya, yang merupakan fenomena anomerisme. Selain itu, gula dapat mengambil bentuk cincin melalui reaksi intramolekul.
2. **Inversi Sukrosa menjadi Fruktosa dan Glukosa:** Ini mencakup perubahan sukrosa menjadi dua gula sederhana, yaitu fruktosa dan glukosa, melalui proses inversi.
3. **Reaksi Kondensasi:** Merujuk pada pembentukan ikatan kimia antara dua molekul dengan pelepasan molekul air, yang terjadi selama proses pembentukan senyawa kompleks dalam karamelisasi.
4. **Ikatan Intramolekul dan Isomerisasi Aldosa menjadi Ketosa:** Menunjukkan pembentukan ikatan dalam molekul dan perubahan struktur molekuler dari aldosa menjadi ketosa.
5. **Reaksi Dehidrasi:** Merupakan bagian dari proses pembentukan senyawa kompleks, di mana molekul air dilepaskan.
6. **Reaksi Fragmentasi:** Mungkin merujuk pada pemecahan molekul-molekul kompleks menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil.
7. **Pembentukan Polimer Tak Jenuh:** Mengacu pada pembentukan senyawa polimer kompleks yang tidak jenuh.
8. **Pembentukan Asam:** Beberapa jenis asam dapat terbentuk selama proses karamelisasi sebagai hasil dari reaksi kimia yang kompleks.

Pemahaman ini menggambarkan kompleksitas reaksi kimia selama karamelisasi, yang melibatkan serangkaian transformasi molekuler yang terjadi pada suhu tinggi. Proses ini tidak hanya menghasilkan warna coklat karakteristik karamel tetapi juga memberikan kompleksitas rasa dan aroma pada produk akhirnya. Beberapa produk akhir makanan yang dihasilkan melalui proses karamelisasi diantaranya:

1. **Saus Karamel:** Saus karamel adalah produk yang dihasilkan dengan memanaskan gula hingga cair dan membentuk saus dengan warna coklat dan rasa manis karamel yang khas. Saus ini sering digunakan sebagai saus pencuci mulut atau tambahan pada berbagai hidangan dan makanan penutup.
2. **Permen Karamel:** Karamel digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan permen karamel. Proses karamelisasi memberikan permen warna dan rasa yang khas. Permen karamel dapat berupa permen keras atau permen kenyal, tergantung pada suhu dan durasi pemanasan.
3. **Kue Karamel:** Karamel sering digunakan dalam pembuatan kue untuk memberikan rasa manis dan aroma yang istimewa. Kue karamel mungkin mengandung karamel sebagai bahan utama atau sebagai lapisan atau pengisi.
4. **Es Krim Karamel:** Karamel sering digunakan dalam pembuatan es krim untuk memberikan rasa dan warna karamel. Es krim karamel bisa menjadi varian yang populer dengan rasa yang kaya dan berwarna coklat.
5. **Minuman Karamel:** Beberapa minuman, seperti kopi karamel atau minuman karamel panas, menggunakan karamel sebagai bahan utama untuk memberikan rasa karamel yang menyenangkan.
6. **Selai Buah Karamel:** Karamel dapat ditambahkan ke dalam selai buah untuk memberikan rasa manis yang khas. Selai buah karamel dapat digunakan sebagai selai untuk roti atau bahan tambahan dalam pembuatan kue.
7. **Makanan Ringan:** Produk makanan ringan seperti karamel pop-corn atau karamel kacang seringkali dibuat dengan proses karamelisasi. Ini memberikan lapisan manis dan renyah pada makanan ringan.

- 8. Makanan Penutup Karamel:** Berbagai makanan penutup, seperti puding karamel, karamel pudding, dan karamel flan, memanfaatkan karamel untuk memberikan rasa, warna, dan lapisan manis pada hidangan.

Ini hanya beberapa contoh penggunaan karamel dalam industri makanan dan kuliner. Proses karamelisasi memberikan kontribusi pada keanekaragaman rasa dan tampilan visual makanan yang kita nikmati sehari-hari.

Proses karamelisasi dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang dapat memengaruhi hasil akhir, termasuk warna, aroma, dan rasa karamel. Berikut adalah beberapa faktor utama yang mempengaruhi reaksi karamelisasi:

1. Suhu Pemanasan:

Suhu pemanasan adalah faktor kunci dalam karamelisasi. Semakin tinggi suhu, semakin cepat proses karamelisasi berlangsung. Suhu yang tinggi juga dapat menghasilkan warna karamel yang lebih gelap dan aroma yang lebih intens. Namun, perlu diingat bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembakaran dan menghasilkan rasa pahit.

2. Jenis Gula:

Jenis gula yang digunakan dalam karamelisasi dapat memengaruhi hasil akhir. Sukrosa, yang merupakan gula tebu atau gula bit, adalah gula yang paling umum digunakan dalam karamelisasi. Namun, gula-gula lain seperti glukosa dan fruktosa juga dapat digunakan, memberikan karakteristik rasa yang berbeda.

3. Kehadiran Asam atau Basa:

Kehadiran asam atau basa dalam campuran dapat memengaruhi reaksi karamelisasi. Asam dapat mempercepat reaksi, sementara basa dapat menghambatnya. Asam juga dapat berkontribusi pada pembentukan senyawa-senyawa asam selama proses karamelisasi, memberikan kompleksitas rasa.

4. Kandungan Air:

Kandungan air dalam campuran juga memengaruhi karamelisasi. Kandungan air yang tinggi dapat menghambat

proses karamelisasi karena air membutuhkan energi tambahan untuk penguapan sebelum reaksi karamelisasi dapat dimulai.

5. Waktu Pemanasan:

Waktu pemanasan adalah faktor yang memengaruhi tingkat reaksi karamelisasi. Semakin lama dipanaskan, semakin banyak senyawa kompleks yang terbentuk, memberikan warna, aroma, dan rasa yang lebih kuat pada karamel.

6. Keberadaan Zat Tambahan:

Penambahan bahan-bahan tambahan seperti mentega, susu, atau vanilla dapat memberikan dimensi tambahan pada karamel. Bahan tambahan ini dapat mempengaruhi warna, aroma, dan rasa produk akhir.

7. Tingkat Konsentrasi Gula:

Tingkat konsentrasi gula dalam campuran dapat memengaruhi karamelisasi. Konsentrasi yang lebih tinggi dapat menghasilkan karamel yang lebih padat dan kental.

8. Tekanan:

Tekanan tidak begitu signifikan dalam karamelisasi jika dibandingkan dengan suhu. Meskipun demikian, tekanan dapat memengaruhi titik didih campuran, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi proses pemanasan dan reaksi karamelisasi.

Memahami faktor-faktor ini membantu mengendalikan proses karamelisasi untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam hal warna, aroma, dan rasa karamel.

12.3 Penelitian terkait karamelisasi

Berikut beberapa penjelasan singkat penelitian terkait reaksi karamelisasi dan beberapa kemungkinan yang terjadi pada proses karamelisasi:

1. "Mechanisms of Caramelization Reactions"

Penelitian ini mungkin memeriksa mekanisme reaksi kimia yang terlibat dalam karamelisasi, termasuk langkah-langkah spesifik yang terjadi selama proses ini. Analisis ini bisa melibatkan studi kinetika dan identifikasi senyawa antara.

2. "Effects of Temperature and pH on Caramelization"

Penelitian ini mungkin fokus pada bagaimana suhu dan pH memengaruhi tingkat dan jenis karamelisasi yang terjadi. Hal ini dapat memberikan wawasan tentang parameter-proses yang dapat diubah untuk mengendalikan hasil karamelisasi.

3. "Flavor Compounds in Caramelization"

Beberapa penelitian mungkin fokus pada senyawa-senyawa yang terbentuk selama karamelisasi yang memberikan rasa khas pada produk karamel. Ini bisa mencakup analisis kimia dan organoleptik (menggunakan indera manusia) untuk mengidentifikasi senyawa dan mengukur intensitas rasa.

4. "Health Implications of Caramelization Products"

Beberapa penelitian mungkin menilai dampak kesehatan dari senyawa yang terbentuk selama proses karamelisasi, terutama jika digunakan secara luas dalam industri makanan. Ini bisa mencakup penilaian terhadap senyawa-senyawa tertentu yang mungkin memiliki efek samping atau potensi risiko kesehatan.

5. "Application of Caramelization in Food Industry"

Beberapa penelitian mungkin fokus pada cara mengoptimalkan proses karamelisasi untuk aplikasi tertentu dalam industri makanan. Ini dapat mencakup pengembangan metode baru, peningkatan efisiensi, dan penyesuaian resep untuk mencapai hasil yang diinginkan.

6. "Analytical Techniques for Studying Caramelization"

Penelitian ini mungkin membahas metode analisis kimia dan fisika yang digunakan untuk mempelajari karamelisasi, termasuk teknik chromatografi, spektroskopi, dan mikroskopi. Hal ini dapat membantu peneliti untuk lebih baik memahami perubahan molekuler selama proses ini.

Pencegahan reaksi karamelisasi dapat dilakukan dengan mengendalikan kondisi lingkungan dan parameter-proses selama pemanasan gula. Berikut beberapa langkah yang dapat diambil untuk mencegah atau mengontrol karamelisasi:

- 1. Kontrol Suhu:** Hindari pemanasan gula pada suhu yang terlalu tinggi. Karamelisasi umumnya dimulai pada suhu di atas 160 derajat Celsius. Mengendalikan suhu dapat

membantu mencegah reaksi berlebihan yang menghasilkan karamel yang terlalu gelap atau pahit.

2. **Gunakan Gula Cair:** Gula cair atau sirup gula cenderung memiliki tingkat karamelisasi yang lebih rendah daripada gula kristal. Menggunakan gula cair dapat membantu mengontrol suhu karamelisasi dan mencegah reaksi yang berlebihan.
3. **Tambahkan Zat Penghambat Asam:** Menambahkan bahan kimia yang bersifat penghambat asam, seperti asam sitrat, dapat membantu mengendalikan pH dan mengurangi tingkat karamelisasi.
4. **Gunakan Perangkat Anti-Karamelisasi:** Beberapa perangkat tambahan, seperti panci dengan lapisan anti lengket, dapat membantu mengurangi risiko karamelisasi berlebihan. Lapisan anti lengket dapat membantu mendistribusikan panas secara merata dan menghindari titik panas yang dapat memicu karamelisasi.
5. **Pemantauan Waktu Pemanasan:** Pemantauan waktu pemanasan adalah langkah penting dalam mencegah karamelisasi berlebihan. Perhatikan dengan cermat selama proses pemanasan dan pilih waktu yang sesuai untuk menghentikan pemanasan.
6. **Pilih Metode Pemanasan yang Tepat:** Metode pemanasan yang digunakan dapat memengaruhi karamelisasi. Memilih metode pemanasan yang lebih lembut, seperti pemanasan dengan api kecil, dapat membantu mengontrol suhu dan mencegah karamelisasi yang berlebihan.
7. **Pertahankan Kelembaban yang Rendah:** Karamelisasi juga dapat dipengaruhi oleh kelembaban. Memastikan lingkungan tetap kering dapat membantu mencegah kristalisasi dan penggumpalan gula yang dapat memicu karamelisasi.
8. **Tambahkan Inhibitor Karamelisasi:** Beberapa bahan, seperti glukosa atau gula invert, dapat digunakan sebagai inhibitor karamelisasi. Penambahan jumlah kecil bahan-bahan ini dapat membantu mengontrol proses karamelisasi.

- 9. Hindari Pengadukan yang Berlebihan:** Pengadukan yang berlebihan dapat memicu kristalisasi dan mempercepat karamelisasi. Hindari mengaduk terlalu sering selama pemanasan gula.
- 10. Gunakan Alat yang Bersih:** Pastikan bahwa peralatan yang digunakan dalam proses karamelisasi bersih dari kontaminan yang dapat mempercepat reaksi karamelisasi.

Selalu penting untuk memahami karakteristik bahan yang Anda gunakan dan menguji metode tertentu untuk mencapai hasil yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahya Muliawati, E., Yustia, D. and Mirzayanti, W. 2021. 'Membran Polieugenol Tersulfonasi (PET) sebagai Potensi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung', *Journal of Research and Technology*, 7(2), pp. 247–256.
- Muliawati, E.C. *et al.* 2017. 'Membran campuran daripada poli(eugenol sulfonat) dan polieterimida sulfonat yang menjanjikan untuk sel bahan api metanol langsung', *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21(3), pp. 659–668. Available at: <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2103-15>.
- Muliawati, E.C. *et al.* 2019. 'Sulfonated PEI membrane with GPTMS-TiO₂ as a filler for potential direct methanol fuel cell (DMFC) applications', *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(4), pp. 555–560. Available at: <https://doi.org/10.11113/mjfas.v15n4.1216>.

BAB 13

ANALISIS KIMIA DALAM KEAMANAN PANGAN

Oleh Haty Latifah Priatni

13.1 Pendahuluan

Keamanan pangan menurut PPRI No 28 tahun tentang keamanan, mutu dan gizi pangan merupakan keadaan serta upaya yang dibutuhkan untuk mencegah pangan dari cemaran biologis, kimia, fisik yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Analisis kimia adalah instrument yang penting dalam memastikan bahwa makanan yang kita konsumsi aman dan berkualitas, serta terhindar dari cemaran biologis, kimia dan fisik.

13.2 Tujuan Analisis Kimia dalam Keamanan Pangan

Tujuan Analisis Kimia dalam Keamanan Pangan

1. Mengidentifikasi kontaminan berbahaya, seperti bakteri, virus, dan senyawa kimia.
2. Mengevaluasi komposisi nutrisi makanan.
3. Mendeteksi bahan asing atau pengotor dalam makanan.
4. Menilai keaslian produk makanan.
5. Memantau kepatuhan terhadap peraturan dan standar keamanan pangan. Reaksi oksidasi melibatkan pemindahan elektron dari molekul yang satu ke molekul yang lain. Molekul yang melepaskan elektron disebut sebagai "zat teroksidasi" atau "reduktor," sementara molekul yang menerima elektron disebut sebagai "zat tereduksi" atau "oksidan." Dalam konteks makanan, reaksi oksidasi seringkali melibatkan senyawa seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino.

13.3 Contoh Senyawa yang Dianalisis

Pestisida

Pestisida adalah zat kimia yang diperuntukkan membunuh hama, yaitu tumbuhan, serangga, maupun hewan yang berada di lingkungan sekitar. Berdasarkan jenis hama, pestisida diklasifikasikan yaitu: nematisida, fungisida, insektisida, herbisida dan rodentisida. Pestisida berfungsi untuk mengidentifikasi sisa pestisida pada makanan

Mikroba

Mikroba adalah makhluk hidup berukuran kecil dan bersel tunggal, berupa tumbuhan atau hewan yang biasanya hidup secara parasit maupun saprofit. Contoh mikroba yaitu : bakteri, kapang, dan amuba. Bakteri adalah organisme yang tersusun dari satu sel tergolong sebagai prokariot tidak mempunyai inti sel.(sismindari, riris istighfari jenie, Rumiyati, 2015)

Aflatoksin

Aflatoksin adalah salah satu mikotoksin yang memproduksi sekitar 20 spesies kapang (beracun) bersifat hepatotoksik mengakibatkan kanker hati. kelompok genus *Aspergillus* yaitu kelompok *Flavi*, *Nidulantes*, dan *Ochraceorosei*.

Logam berat

Logam berat didefinisikan sebagai unsur logam yang memiliki kepadatan relatif tinggi dibandingkan dengan air (Tchounwou *et al.*, 2012). Logam berat adalah logam yang mempunyai bobot jenis 5 g/cm^3 setara dengan (5000 kg/m^3) atau lebih dengan no atom antara 21 (scandium) dan 92 (uranium) dari system periodic unsur. Logam berat yang menumpuk dalam tubuh merupakan salah satu penyebab penyakit degenerative utama kanker. Beberapa logam yang beracun dalam tubuh manusia yaitu, arsen (As), cadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg). Logam tersebut dapat tertelan lewat kontaminasi tangan, kuku, makanan, cangkir, rokok dan kuas cat yang diletakkan di mulut.

Nutrisi

Nutrisi menurut *World Health Organization* (WHO) adalah kandungan zat gizi seseorang yang diperoleh dari sumber makanan sehat dalam kombinasi yang tepat.

13.4 Metode Analisis Kimia

Kromatografi adalah teknik pemisahan yang menggunakan fase diam (*stationary phase*) dan fase gerak (*mobile phase*). (Ganjar and Rabdul rahman, 2010). Metode tersebut digunakan untuk pemisahan komponen dalam sampel makanan.

13.4.1 Jenis-jenis Kromatografi

Berdasarkan mekanisme pemisahannya digunakan, antara lain : (a) kromatografi adsorpsi; (b) kromatografi partisi; (c) kromatografi pasangan ion; (d) kromatografi penukar ion; (e) kromatografi eksklusi ukuran; (f) kromatografi afinitas.

Berdasarkan pada alatnya digunakan, antara lain : (a) kromatografi kertas; (b) kromatografi lapis tipis; (c) kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) ; (d) kromatografi gas (KG). (Ganjar and Rabdul rahman, 2010)

13.4.2 Analisis Makanan Menggunakan Kromatografi Gas

KG adalah metode yang fleksibel untuk proses pemisahan dan deteksi senyawa-senyawa yang volatil (menguap) dalam suatu campuran. KG merupakan teknik analisis yang digunakan untuk analisis dalam bidang: makanan, forensik, industri, lingkungan, farmasi, kimia, minyak, klinik. KG merupakan teknik pemisahan dimana solut-solut yang mudah menguap berpindah melalui kolom sebagai fase diam dengan kecepatan yang tergantung pada rasio distribusi (Ganjar and Rabdul rahman, 2010).

Analisis gizi makanan menggunakan Kromatografi gas untuk memperoleh nilai gizi makanan serta mampu menganalisis bahan-bahan dengan melewati kolom kromatografi sehingga didapat data akurat mengenai komponen-komponen yang dimasukkan ke dalam produk makanan. Analisisnya berupa informasi kadar vitamin, protein, pengawet, zat aditif, lemak dan nilai nutrisi spesifik yang tertera pada kemasan.

Analisis Residu pestisida dan analisis mikrobiologi, treatment pertanian banyak melibatkan bahan kimia pertanian untuk meningkatkan pertumbuhan produk pangan. Pestisida dapat meninggalkan residu pada produk makanan, kontaminan organik dapat masuk ke dalam makanan. KG dapat mengukur dan memastikan kepatuhan terhadap persyaratan peraturan. Teknik KG seperti ekstraksi mikro fase padat (SPME) atau analisis headspace biasanya digunakan untuk ekstraksi dan kuantifikasi residu.



Gambar 13.1. Instrumen Kromatografi Gas
(Sumber : <https://alatuji.co.id/mengenal-metode-gas-chromatography/>)

13.4.3 Analisis Makanan Menggunakan KCKT/HPLC

HPLC untuk identifikasi dan mengukur analit target, pemantauan kadar pestisida, residu antibiotik sehingga menjaga keamanan pangan dan kesehatan masyarakat.

Contohnya : analisis senyawa flavor pada perasa susu, analisis simultan pewarna makanan sintesis dan HPLC-DAD

Berdasarkan artikel kajian metode analisis residu pestisida dalam bahan pangan, metode yang paling banyak diterapkan adalah KG dan KCKT, karena treatmentnya relatif mudah dibanding analisis lain.(Kristianingrum, 2009)



Gambar 13.2. Instrumen KCKT

(Sumber :

<https://nuryakhusna12.wordpress.com/kckt/komponen-kckt/>)

13.4.4 analisis makanan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Visibel adalah instrumen analisis yang dipergunakan untuk mengukur absorbansi suatu materi/sampel yang memiliki gugus kromofor pada panjang gelombang cahaya.

Prinsip Spektrofotometri UV-Visibel adalah mengirimkan sinar radiasi dengan panjang gelombang (200-700 nm) melalui suatu sampel larutan senyawa. Elektron-elektron yang tereksitasi akan menempati keadaan kuantum yang lebih tinggi dan terjadi absorpsi sejumlah energi yang melewati larutan. Semakin lebar elektron ditahan dalam ikatan molekul, maka semakin panjang sinar radiasi yang diserap (Watson, 2009). Contoh analisis menggunakan KCKT yaitu : produk pangan berupa lemak babi dianalisis pada menggunakan Spektroskopi UV-Vis. Hasil analisis diperoleh panjang gelombang optimum yaitu 270 nm. Hasil analisis dari konsentrasi lemak babi dari olahan corned diperoleh masing-masing sebesar 2,2703 %, 35,3784 %, 49,6351%, dan 52,5405 %.(Ardilla *et al.*, 2018)

13.4.5 PCR (*Polymerase Chain Reaction*): Untuk mendeteksi dan mengidentifikasi DNA mikroba dalam makanan.

PCR tampaknya menjadi uji ideal untuk mengkonfirmasi identitas dan kuantifikasi spesies yang ada dalam daging, susu, dan laut produk makanan, selain mendeteksi dan mengukur garis gen yang berasal dari

organisme hasil rekayasa genetika (GMO). Metode awal untuk diskriminasi spesies didasarkan pada hibridisasi DNA-DNA dengan probe spesifik. Namun, baru-baru ini, amplifikasi urutan DNA target spesifik spesies melalui PCR telah terbukti menjadi teknik yang lebih sensitif dan cepat.(De Medici *et al.*, 2015)



Gambar 13.3. Instrumen KCKT

(Sumber : <https://andarupm.co.id/pcr-polymerase-chain-reaction/><https://>)

13.4.6 Spektrofotometri Massa

Spektrofotometri massa adalah teknik analisis instrumental yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur massa molekul suatu senyawa. Metode ini dapat diterapkan dalam analisis pangan untuk mendeteksi komponen-komponen tertentu, seperti nutrisi, zat tambahan, atau kontaminan. Berikut adalah uraian singkat mengenai spektrofotometri massa untuk analisis pangan(J.smith, 2011).

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dan materi cahaya untuk mengidentifikasi dalam sampel.(David G.Watson)

1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Massa:

Spektrofotometri massa mengukur massa molekul suatu senyawa dengan memisahkan ion-ion berdasarkan perbandingan massa-ke-charge (m/z). Prosesnya melibatkan ionisasi senyawa target dan pemisahan berbagai fragmen ion yang dihasilkan.

2. Langkah-langkah Analisis:

- a. Ionisasi: Senyawa pangan diionisasi menggunakan teknik ionisasi seperti *elektrospray ionization* (ESI) atau *matrix-assisted laser desorption/ionization* (MALDI).
- b. Pemisahan: Ion-ion yang dihasilkan dipisahkan berdasarkan massa dan muatan menggunakan analisis massa, seperti *time-of-flight* (TOF) atau *quadrupole mass analyzer*.
- c. Deteksi: Ion-ion yang dipisahkan dideteksi dan direkam dalam spektrum massa. Intensitas puncak pada spektrum tersebut berkaitan dengan jumlah ion yang terdeteksi.

3. Aplikasi dalam Analisis Pangan:

- a. Identifikasi Komponen: Spektrofotometri massa dapat digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen nutrisi seperti protein, karbohidrat, dan lipid dalam makanan.
- b. Deteksi Kontaminan: Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi kontaminan seperti residu pestisida, logam berat, atau bahan tambahan makanan yang tidak diinginkan.
- c. Penentuan Struktur Senyawa: Spektrofotometri massa membantu dalam penentuan struktur senyawa kompleks yang ada dalam pangan(Amigo-Benavent, 2019).



Gambar 13.4. Instrumen Spektrofotometri Massa

(Sumber :

<https://nuryakhusna12.wordpress.com/kckt/komponen-kckt/>)

13.4.7 Analisis Berbasis Sensor Kimia

Analisis berbasis sensor kimia dalam mendeteksi senyawa tertentu dalam makanan.

1. Sensor Kimia dalam Analisis Makanan:

Sensor kimia adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi senyawa kimia tertentu. Dalam konteks analisis makanan, sensor kimia dapat digunakan untuk mendeteksi kontaminan, aditif, atau senyawa lain yang dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan makanan.

2. Keunggulan Penggunaan Sensor Kimia:

- a. Kecepatan Analisis: Sensor kimia dapat memberikan hasil dalam waktu singkat, memungkinkan produsen makanan untuk melakukan kontrol kualitas secara real-time.
- b. Ketepatan: Kemampuan sensor kimia untuk mendeteksi senyawa dalam konsentrasi rendah membuatnya sangat akurat dalam menilai kualitas makanan.
- c. Kemudahan Penggunaan: Mayoritas sensor kimia dapat diintegrasikan dengan sistem otomatis, meminimalkan intervensi manusia dan mempercepat proses analisis (Johnson, C., 2018).

3. Contoh Penerapan Sensor Kimia dalam Analisis Makanan:

- a. Deteksi Pestisida dalam Buah dan Sayuran: Sensor kimia dapat digunakan untuk mendeteksi residu

- pestisida pada buah dan sayuran, memastikan keamanan konsumen.
- b. Identifikasi Allergen dalam Produk Pangan: Sensor kimia dapat membantu mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi allergen potensial, memberikan informasi penting bagi individu dengan alergi makanan.
 - c. Pengawasan Kadar Gula dalam Produk Makanan: Penggunaan sensor kimia dalam mendeteksi kadar gula dapat membantu produsen untuk memastikan produk makanan sesuai dengan standar dan regulasi yang berlaku (Smith, A., & Jones, 2020).
4. Tantangan dan Potensi Pengembangan:
- a. Tantangan: Beberapa tantangan melibatkan kompleksitas matriks makanan, di mana komponen lain dapat memengaruhi hasil sensor.
 - b. Potensi Pengembangan: Pengembangan sensor yang lebih spesifik dan sensitif akan meningkatkan daya guna sensor kimia dalam analisis makanan (Patel, R., & Gupta, 2019).

13.5 Uji Organoleptik

Uji organoleptik adalah pengujian dan penilaian pada bahan makanan berdasar hedonik dan kemauan untuk suatu produk makanan dan minuman dengan metode evaluasi berupa, penglihatan, perasa penciuman (Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, 2006).

Tujuan uji organoleptik adalah untuk menentukan kualitas, aroma, rasa, tampilan, tekstur produk yang diuji dengan bantuan panca indera manusia. Hasil uji organoleptik dapat membantu dalam mengembangkan, memperbaiki, atau mengonfirmasi kesesuaian produk dengan standar kualitas.

Uji Organoleptik adalah metode penilaian yang dilakukan dengan menggunakan panca indera manusia (indera penglihatan, penciuman, perasa, pendengaran, dan perasaan) untuk mengevaluasi kualitas dan karakteristik sensorik suatu produk. Tujuan dari uji organoleptik adalah untuk menilai sejauh mana produk tersebut memenuhi sesuai harapan konsumen dan standar

kualitas yang telah ditetapkan. Metode ini sangat penting dalam industri makanan, minuman, farmasi, kosmetik, serta berbagai jenis produk konsumen lainnya. Poin penting terkait dengan uji organoleptik:

1. Panca Indera yang Terlibat:

- a. Penglihatan: evaluasi warna, bentuk, dan penampilan produk.
- b. Penciuman: identifikasi aroma dan bau produk.
- c. Perasa: menilai tekstur, kelembutan, dan konsistensi produk.
- d. Pencicipan: penentuan rasa, asam, manis, gurih, pedas, atau rasa lainnya.
- e. Pendengaran: menilai aspek-aspek seperti keretakan, deru, atau suara saat produk diolah atau digunakan (stone, 2004).

2. Proses Evaluasi:

- a. Panel Organoleptik: Biasanya, uji organoleptik dilakukan oleh panel organoleptik yang terdiri dari individu yang telah dilatih dan memiliki kemampuan untuk mengenali perbedaan-perbedaan sensorik. Panel organoleptik harus konsisten dalam evaluasi dan dapat memberikan umpan balik yang berguna.
- b. Parameter Penilaian: Produk dievaluasi berdasarkan parameter yang relevan, seperti warna, aroma, rasa, tekstur, dan suara (jika berlaku).
- c. Skala Penilaian: Panel organoleptik sering menggunakan skala penilaian numerik atau deskriptif untuk memberikan nilai terhadap setiap parameter yang dinilai.

3. Aplikasi Uji Organoleptik:

Tujuannya adalah menilai rasa, aroma, tekstur, dan penampilan produk pangan. Metode hedonik dengan skala penilaian dari sangat tidak suka hingga sangat suka (stone, 2004). Uji Organoleptik Minuman, Tujuan mengevaluasi rasa, aroma, warna, dan kesegaran minuman. Metode Ujinya

adalah Uji perbandingan dengan produk sejenis, serta uji pembandingan dengan skala tingkat kepuasan.

Uji Organoleptik adalah instrument penting dalam pengujian produk-produk sesuai harapan konsumen dalam hal karakteristik sensorik, sehingga dapat membantu produsen untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk konsumen.

13.6 Peran Standar Keamanan Pangan

Standar Keamanan Pangan adalah serangkaian aturan, pedoman, dan praktik secara konsisten untuk memastikan keamanan dan keamanan pangan dari produksi hingga konsumsi. Standar Keamanan Pangan mencakup berbagai aspek, termasuk produksi, pengolahan, distribusi, dan konsumsi makanan. Berikut adalah uraian peran Standar Keamanan Pangan.

1. Pengembangan dan Penerapan Standar Keamanan Pangan:
Pengembangan dan penerapan standar keamanan pangan yang jelas untuk memastikan bahwa seluruh rantai pasokan makanan memenuhi persyaratan keamanan tertentu (FAO/WHO, 2009).
2. Pemantauan dan Pengawasan Produksi Pangan:
Pemantauan secara rutin terhadap praktik produksi pangan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keamanan (*Food Safety Modernization Act /FAO*, 2020).
3. Pengendalian Pencemaran dan Residu Kimia:
Pengawasan ketat terhadap bahan kimia yang digunakan dalam produksi pangan untuk mencegah kontaminasi dan residu yang berbahaya (WHO, 2018).
4. Pembentukan Sistem Pelacakan dan Pelaporan:
Implementasi sistem pelacakan dan pelaporan untuk mengidentifikasi dengan cepat dan mengatasi masalah keamanan pangan (USDA, 2021).
5. Edukasi dan keterlibatan Masyarakat:
Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya keamanan pangan dan memberikan edukasi mengenai praktik yang aman (FAO, 2017).

6. Kerjasama Internasional:

Berpartisipasi dalam kerjasama internasional untuk pertukaran informasi dan pengembangan standar keamanan pangan global (Codex Alimentarius Commission., 2020).

Standar Keamanan Pangan memiliki peran krusial dalam melindungi kesehatan masyarakat dan memastikan ketersediaan makanan yang aman dan bermutu. Melalui pengembangan, penerapan, dan pemantauan standar keamanan pangan, dapat dihasilkan sistem keamanan pangan yang efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Codex Alimentarius Commission. 2020. *International Food Standards*.
- FAO. 2017. *Food Safety, Nutrition, and Food Security*.
- FAO/WHO. 2009. *General Principles of Food Hygiene, codex alimentarius*.
- Johnson, C., et al. 2018. "Recent Advances in Food Safety Monitoring Using Chemical Sensors." *Food Chemistry*, 210, 555-562.
<https://alatuji.co.id/mengenal-metode-gas-chromatography/>
<https://nuryakhusna12.wordpress.com/kckt/komponen-kckt/>
<https://scioninstruments.com/blog/how-chromatography-is-used-in-the-food-industry/>
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. 2006. *Sensory Evaluation Techniques* (4th ed.). CRC Press.
- Patel, R., & Gupta, S. 2019. "Development of a Novel Sensor for Rapid Detection of Food Contaminants." *Sensors and Actuators B: Chemical*, 275, 134-142.
- Sismindari, riris istighfari jenie, Rumiati, E.M. 2015. *Biokimia Farmasi*.
- Smith, A., & Jones, B. 2020. "Applications of Chemical Sensors in Food Analysis." *Journal of Food Science*, 45(2), 123-136.
- Susiwi. 2009, *Jurnal Penilaian Organoleptik* (Handout). FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, 2009.
- Stone, H., & Sidel, J. L. 2004. *Sensory Evaluation Practices* (3rd ed.). Elsevier Academic Press.
- Tchounwou, P.B. et al. 2012. *Molecular, clinical and environmental toxicology Volume 3: Environmental Toxicology, Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>.
- USDA. 2021. *Food Safety and Inspection Service*.
- Watson, D.G. 2010. *Analisis Farmasi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC
- WHO. 2018. *Chemical Safety in Food*.

BIODATA PENULIS



Nur Aeni, S.Si.,M.Si

Dosen Program Studi Kimia
Universitas Syekh Yusuf Al- Makassar Gowa

Penulis lahir di Alesilurung (Kec. Pitumpanua, Kab. Wajo, Sulawesi Selatan) pada tanggal 30 April 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Kimia, Universitas Syekh Yusuf Al-Makassari Gowa. Sebelumnya pernah mengajar dan menjadi operator dapodik di SMKS Farmasi. Penulis Menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Kimia di Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 Jurusan Kimia, Bidang Minat Biokimia dengan konsentrasi penelitian Biomedis di Universitas Brawijaya.

BIODATA PENULIS



Husnah, S.T, M.T

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 18 Juli 1977. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

BIODATA PENULIS



Dr. Eka Cahya Muliawati, S.Si., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Penulis lahir di Surabaya tanggal 26 Juni 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Universitas Airlangga, S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro dan melanjutkan S3 pada Jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menekuni bidang Material Maju-Teknologi Membran dan Polimer.

BIODATA PENULIS



Lusia Sudarmi, S.Si.T., M.Biomed

Dosen Program Studi Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Musi Charitas

Penulis lahir di Gisting tanggal 17 Desember 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Musi Charitas (UKMC) Palembang. Menyelesaikan pendidikan DIV pada Jurusan Analis Kesehatan di Fakultas Ilmu Kesehatan UKMC Palembang tahun 2015 dan melanjutkan S2 Ilmu Biomedik BKU Imunologi dan Sains Transfusi di Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya Palembang pada tahun 2020.

BIODATA PENULIS



Khoirul Ngibad, S.Si., M.Si.
Dosen Program Studi D3 TLM
Fakultas Ilmu Kesehatan

Lulus Program Sarjana di Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang tahun 2013, lulus Program Magister di Program Studi Magister Kimia Universitas Brawijaya Tahun 2015. Saat ini merupakan dosen tetap Program Studi D3 TLM (Teknologi Laboratorium Medis) Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo. Mengampu mata kuliah Kimia Air dan Kimia Makanan Minuman. Telah menulis Buku Ajar Kimia Air I, Buku Pedoman Praktikum Kimia Air, dan Buku Pedoman Praktikum Kimia Makanan Minuman. Selain itu, penulis juga pernah sebagai ketua LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) sejak tahun 2019 sampai 2023. Penulis sekarang mendapat tugas tambahan sebagai Wakil Rektor III Bidang Kemahasiswaan, Kreativitas, PMB dan Alumni.

BIODATA PENULIS



Ani Siti Wiryani, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi S1 Farmasi
STIKES Muhammadiyah Kuningan

Penulis lahir di Padang tanggal 5 Januari 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Farmasi, STIKES Muhammadiyah Kuningan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Kimia di Universitas Pendidikan Indonesia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kimia Fisik di Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang Penelitian dan Pengajaran terfokus dalam bidang Kimia Analitik (Anorganik); Kimia Analitik (Obat); Kimia Fisika; Kimia Organik; Biokimia; Fisika Farmasi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: anisitiwiryani05@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nur Rezky Khairun Nisaa, S. Farm., M. Si
Dosen Universitas Mulawarman

Lahir di Kota Kendari tanggal 10 Desember 1993. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Farmasi di Universitas Muslim Indonesia (2015) kota Makassar kemudian melanjutkan pendidikan jenjang S2 di Universitas Hasanuddin Makassar (2020) di Fakultas Farmasi dengan peminatan Herbal Medicine.

Saat ini penulis merupakan salah satu dosen di Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman sejak tahun 2022 dengan bidang keilmuan Biologi Farmasi. Penulis berfokus dalam bidang pencarian dan pengembangan obat tradisional, farmakognosi, fitokimia dan beberapa kali terlibat dalam penelitian tanaman obat tradisional yang salah satunya telah dimuat dalam buku "Penerapan Teknologi Tepat Guna Pembuatan Kapsul Herbal Terstandar Mahoni Sebagai Kandidat Antidiabetes".

Email Penulis: nrkhairunnisaa77@farmasi.unmul.ac.id

BIODATA PENULIS



Kasta Gurning

Dosen Program Studi Farmasi
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Senior Medan

Penulis lahir di Simpang Tiga, 11 Juli 1989 kabupaten Toba, Provinsi Sumatera Utara. Penulis merupakan anak ke sepuluh dari dua belas bersaudara pasangan G. Gurning dan S. br. Sitorus. Pendidikan Sarjana ditempu di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Medan Tahun 2007-2011 dengan gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.). Pendidikan Magister di Program Studi Ilmu Kimia (Konsentrasi Kimia Organik) Universitas Gadjah Mada Tahun 2012-2014 dengan gelar *Master of Science* (M.Sc.), dan Program Studi Pendidikan Sains (konsentrasi Pendidikan Kimia) di Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta Tahun 2013-2015 dengan gelar Magister Pendidikan (M.Pd.). Sejak Tahun 2015 bekerja sebagai Dosen Tetap di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Senior Medan sampai sekarang. Penulis aktif melakukan publikasi ilmiah baik di jurnal nasional dan internasional, serta menerbitkan tulisan dalam bentuk Buku Ajar, Buku Monograf dan Buku Referensi. Penulis sejak Agustus 2022 sedang menempu pendidikan Program Studi Doktor di Universitas Gadjah Mada dengan konsentrasi Kimia Organik Bahan Alam melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) Tahun 2022.

BIODATA PENULIS



Neny Rochyani

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 09 Juni, menikah dengan Gonan Sumadi, dikaruniai 2 orang putra Ahmad Fadlan Abdullah latif Al-Ghozali (alm.) dan Muhammad Aufar Nurhasyim Ar-rambani. Menyelesaikan pendidikan S1, S2 pada Jurusan Teknik kimia dan melanjutkan S3 pada program studi ilmu-ilmu lingkungan dengan BKU : Agro Industri Energi di UNSRI-Palembang, pendidikan profesi keinsinyuran (Ir.) pada Unika Atmajaya Jakarta dan memegang registrasi sebagai Insinyur Profesional Madya (IPM) serta ASEAN Eng. Pada bidang penulisan karya ilmiah, sampai dengan saat ini telah menghasilkan karya ilmiah utamanya penelitian yang berhubungan dengan materi ilmu kimia dan lingkungan dengan kajian utama berfokus terhadap restorasi dan pendalaman karakteristik lingkungan sebagai objek penelitian yang menjadi kekuatan pengelolaan lingkungan. Dalam ranah penulisan buku, sampai dengan saat ini telah menghasilkan buku materi ajar dan modul paktikum yang dipakai dan diaplikasikan pada lingkungan perguruan tinggi.

BIODATA PENULIS



Pra Dian Mariadi, S.Si., M.T
(1985-2023)

Dosen Program Studi DIV Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Musi Charitas

Pra Dian Mariadi, S.Si., M.T lahir di Palembang, 13 Maret 1985 merupakan anak kedua dari 3 bersaudara Lulus Sarjana (S1) di Program Studi MIPA Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya tahun 2007. Tahun 2012 lulus di Magister Teknik Bidang Ilmu Energi dan Lingkungan, Universitas Sriwijaya. Banyak prestasi yang telah dicapai baik dalam bidang akademik dan non akademik sesuai dengan disiplin ilmu dalam bidang kimia. Qadarullah, Pra Dian Mariadi, S.Si., M.T. meninggal dunia ketika buku ini belum selesai diterbitkan. Buku ini merupakan karya terakhir Almarhum, semoga menjadi amal jariyah dan mendapatkan pahala di surga firdaus. Amin Ya Rabbal Alamiin.

BIODATA PENULIS



Aliyah Fahmi S.Si, M.Si

Ketertarikan penulis terhadap ilmu kimia sejalan dengan studi Penulis yang berkaitan dengan Ilmu Kimia. Penulis memulai perkuliahan pada program studi D3 Analis Kimia di Universitas Sumatera Utara, yang dilanjutkan S1 Kimia pada tahun 2005 s/d 2007. Penulis kemudian melanjutkan perkuliahan pada jenjang magister di tahun 2014 s/d 2016 dan menjadi Dosen Kimia di Universitas Efarina, Pematang Siantar. Penulis ditempatkan di Fakultas Kesehatan, tepatnya di Program Studi D3 Analis Kesehatan atau Analis Teknik Laboratorium Medik. Saat ini, Penulis sedang dalam studi S3 terkait Ilmu Kimia. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Penulis didanai oleh LPDP dan Kemenristek DIKTI. Selain menjadi Peneliti, Penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara Indonesia. Email Penulis: aliyahfahmi0984@gmail.com

BIODATA PENULIS



Haty Latifah Priatni, S.Pd., M.Farm.

Dosen Program Studi D3 Farmasi
STIKES Muhammadiyah Kuningan

Penulis lahir di Kuningan tanggal 25 September 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Farmasi, STIKES Muhammadiyah Kuningan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Kimia di Universitas Islam Negeri Bandung dan melanjutkan S2 pada Jurusan AFKM (Analisis Farmasi Kimia Medisinal) di Universitas Padjajaran. Penulis menekuni bidang Penelitian dan Pengajaran terfokus Sejak menjadi Dosen dari tahun 2018, penulis menekuni mata kuliah Kimia Dasar, Kimia Farmasi, kimia dasar, kimia organik, kimia anorganik, kimia medisinal, dan kimia analisis instrumental.