

KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN



Darmawati, Nur Qadri Rasyid, Rahmawati,
Nur Aeni, Virna Muhardina, Priyosetyoko,
Dyah Ilminingtyas WH, Eri Marwati,
A. Sirojul Anam Izza Rosyadi,
Marta Tika Handayani

ISBN 978-623-125-228-9



9 786231 252289

KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN

**Darmawati
Nur Qadri Rasyid
Rahmawati
Nur Aeni
Virna Muhardina
Priyosetyoko
Dyah Ilminingtyas WH
Eri Marwati
A. Sirojul Anam Izza Rosyadi
Marta Tika Handayani**



GET PRESS INDONESIA

KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN

Penulis :

Darmawati
Nur Qadri Rasyid
Rahmawati
Nur Aeni
Virna Muhardina
Priyosetyoko
Dyah Ilminingtyas WH
Eri Marwati
A. Sirojul Anam Izza Rosyadi
Marta Tika Handayani

ISBN : 978-623-125-228-9

Editor : Yuliatrini Novita., M.Hum

Penyunting : Tri Putri Wahyuni., S.Pd

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, Juni 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

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 Analisis Bahan Pangan ini.

Buku Ini Membahas Bahan Pangan Sebagai Sumber Energi, Nilai Tenaga, Klasifikasi Bahan Pangan, Edible Fat And Oil, Asam Lemak, Minyak Nabati, Deteksi Kerusakan Minyak Dan Lemak, Analisis Minyak Dan Lemak, Analisis Karbohidrat, Analisis Protein.

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, Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 BAHAN PANGAN SEBAGAI SUMBER ENERGI.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Karbohidrat.....	2
1.2.1 Monosakarida.....	3
1.2.2 Disakarida.....	4
1.2.3 Polisakarida	6
1.2.4 Oligosakarida	7
1.2.5 Konsumsi Karbohidrat.....	7
1.3 Protein	9
1.4 Lemak	12
DAFTAR PUSTAKA.....	13
BAB 2 NILAI TENAGA.....	15
2.1 Pendahuluan.....	15
2.2 Sumber Energi Makanan	16
2.2.1 Lemak.....	17
2.2.2 Karbohidrat	18
2.2.3 Protein	19
2.3 Penentuan Nilai Tenaga dalam Makanan	20
DAFTAR PUSTAKA.....	24
BAB 3 KLASIFIKASI BAHAN PANGAN.....	25
3.1 Pendahuluan.....	25
3.2 Klasifikasi Pangan.....	26
3.2.1 Berdasarkan bentuknya	26
3.2.2 Berdasarkan sumber primer	26
3.2.3 Tergantung mudah rusak atau tidaknya	27
3.2.4 Berdasarkan zat gizi.....	27
3.3 Pangan Nabati.....	28
3.3.1 Berdasarkan struktur fisik.....	28
3.3.2 Berdasarkan rasa.....	29
3.3.3 Contoh Pangan nabati.....	30
3.4 Pangan Hewani	31

3.5 Kelompok Utama Bahan Pangan.....	35
3.5.1 Air	35
3.5.2 Karbohidrat.....	36
3.5.3 Protein.....	36
3.5.4 Lemak dan Minyak.....	38
3.6 Sifat Bahan Pangan	40
3.6.1 Sifat Umum Komponen Bahan Pangan	40
3.6.2 Sifat Bahan Pangan Berdasarkan Jenis.....	41
DAFTAR PUSTAKA	43
BAB 4 EDIBLE FATS AND OILS	45
4.1 Pendahuluan	45
4.2 Lemak Hewani	48
4.3 Lemak Produk Susu	50
4.4 Minyak Ikan (Fish Oil)	51
4.5 Minyak Sawit (Palm Oil).....	52
4.6 Minyak Kelapa (Coconut Oil).....	53
4.7 Minyak Zaitun (Olive Oil).....	54
4.8 Minyak Biji Bunga Matahari (Sunflower Oil)	56
4.9 Minyak Jagung (Corn Oil).....	57
DAFTAR PUSTAKA	60
BAB 5 ASAM LEMAK	63
5.1 Pendahuluan	63
5.2 Definisi dan Klasifikasi Asam Lemak	64
5.2.1 Definisi asam lemak.....	64
5.2.2 Struktur dan klasifikasi asam lemak.....	65
5.3 Sifat fisikokimia asam lemak	74
5.4 Sumber alami asam lemak.....	77
5.5 Efek proses pengolahan bahan pangan terhadap asam lemak.....	79
5.6 Analisis asam lemak.....	79
DAFTAR PUSTAKA	82
BAB 6 MINYAK NABATI	85
6.1 Pendahuluan	85
6.2 Definisi Minyak Nabati	85
6.3 Metode Ekstraksi Minyak Nabati	87
6.3.1 ME (<i>Mechanical Extraction</i>).....	87
6.3.2 CSE (<i>Conventional Solvent Extraction</i>).....	88

6.3.3 EAE (<i>Enzyme Assisted Extraction</i>).....	88
6.3.4 UEA (<i>Ultrasound Assisted Extraction</i>).....	89
6.3.5 MAE (<i>Microwave Assisted Extraction</i>)	89
6.3.6 SFE (<i>Supercritical Fluid Extraction</i>)	90
6.4 Minyak Zaitun	91
6.5 Minyak Biji Bunga Matahari	95
6.6 Minyak Kelapa Sawit.....	95
6.7 Minyak Kelapa	96
6.8 Minyak Jagung	97
6.9 Minyak Kacang Tanah.....	98
6.9.1 Pengepresan Suhu Tinggi	99
6.9.2 Pengepresan Suhu Rendah.....	99
6.10 Minyak Kedelai.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....	101
BAB 7 DETEKSI KERUSAKAN LEMAK DAN MINYAK.....	105
7.1 Pendahuluan.....	105
7.2 Penyebab Kerusakan Lemak dan Minyak	108
7.3 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak.....	110
7.4 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Fisik	111
7.4.1 Perubahan Warna.....	111
7.4.2 Perubahan Aroma.....	112
7.4.3 Perubahan Kekentalan.....	112
7.5 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Kimiawi .	114
7.5.1 Analisis Kadar Air.....	115
7.5.2 Analisis Bilangan Asam.....	116
7.5.3 Analisis Bilangan Peroksida	117
7.5.4 Analisis Bilangan Penyabunan	118
7.5.5 Analisis Bilangan TBA (ThioBarbiturit Acid)	119
7.5.6 Analisis Komposisi Asam Lemak dengan Gas Chromatografi (GC).....	121
7.5.7 Analisis Dengan Spektroskopi	122
7.6 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Sensoris .	123
7.6.1 Prinsip Uji Sensoris	123
7.6.2 Jenis-Jenis Uji Sensoris	123
7.6.3 Keuntungan dan Keterbatasan Uji Sensoris	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125

BAB 8 ANALISIS MINYAK DAN LEMAK.....	127
8.1 Pendahuluan	127
8.2 Analisis Minyak dan Lemak.....	127
8.2.1 Parameter Fisik.....	128
8.2.2 Parameter Kimia	131
8.3 Uji Ketengikan (Kreist).....	135
DAFTAR PUSTAKA	137
BAB 9 ANALISIS KARBOHIDRAT.....	141
9.1 Pendahuluan	141
9.2 Preparasi Sampel.....	142
9.3 Analisis Total Karbohidrat.....	144
9.4 Analisis Mono dan Oligosakarida.....	145
9.4.1 Total Gula Pereduksi.....	145
9.4.2 Analisis Mono dan Oligosakarida Spesifik.....	147
9.5 Analisis Pati.....	150
9.6 Analisis Serat Pangan.....	152
9.7 Metode Fisika dalam Analisis Karbohidrat	153
9.7.1 Refraktometri.....	154
9.7.2 Polarimetri.....	154
9.7.3 Hidrometri	155
DAFTAR PUSTAKA	156
BAB 10 ANALISA PROTEIN	157
10.1 Pendahuluan	157
10.2 Analisa Protein secara Kualitatif.....	157
10.2.1 Reaksi Xantoprotein.....	157
10.2.2 Reaksi Hipkins-Cole.....	158
10.2.3 Reaksi Millon	158
10.2.4 Reaksi Natriumnitroprusida	158
10.2.5 Reaksi Sakaguchi.....	158
10.3 Analisa Protein secara Kuantitatif.....	159
10.3.1 Metode Kjeldahl.....	159
10.3.2 Metode Titrasi Formol	163
10.3.3 Metode Lowry	163
10.3.4 Metode Biuret	164
10.3.5 metode spektrofotometri UV-Vis.....	165
DAFTAR PUSTAKA	168
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peristiwa penting yang terlibat dalam pencernaan karbohidrat di berbagai bagian saluran pencernaan	8
Gambar 4.1. Struktur Asam Oleat.....	56
Gambar 5.1. Struktur kimia asam lemak.....	65
Gambar 5.2. Gugus karboksil dan metil pada struktur asam lemak.....	66
Gambar 5.3. Struktur asam lemak jenuh	67
Gambar 5.4. Struktur asam lemak tidak jenuh.....	68
Gambar 5.5. Struktur ikatan rangkap <i>cis</i> dan <i>trans</i> pada asam lemak tidak jenuh.....	70
Gambar 5.6. Struktur asam lemak jenuh dan tak jenuh dengan jumlah ikatan rangkap yang berbeda	73
Gambar 6.1. Struktur triasilgliserol (TAG).....	89
Gambar 6.2. Struktur asam lemak jenuh: asam palmitat.....	91
Gambar 6.3. Struktur asam lemak tak jenuh ganda: asam linoleat.....	92
Gambar 6.4. Struktur α -tokoferol.....	92
Gambar 6.5. Struktur asam lemak tak jenuh tunggal: trans asam oleat.....	93
Gambar 6.6. Struktur asam lemak tak jenuh tunggal: cis asam oleat.....	93
Gambar 6.7. Struktur asam laurat.....	97
Gambar 7.1. Perubahan Warna untuk Mendeteksi Kerusakan Minyak.....	111
Gambar 7.2. Viskometer Ostwald.....	114
Gambar 8.1. Reaksi selulosa biosorben terhadap (a) peroksida dan (b) asam lemak bebas. Peroksida dan asam lemak bebas mengalami fase penyerapan.	131
Gambar 9.1. Diagram alir preparasi dan ekstraksi mono dan oligosakarida.....	143
Gambar 9.2. Reaksi dehidrasi karbohidrat.....	145

Gambar 9.3. Reaksi oksidasi gugus aldehid pada gula	146
Gambar 9.4. Reaksi analisis glukosa dengan enzim.....	150
Gambar 9.5. Langkah analisis pati.....	151
Gambar 10.1. Ilustrasi cara kerja spektrofotometri	167

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Tingkat kemanisan gula dan pemanis alternatif	5
Tabel 1.2. Kandungan Karbohidrat Pada Makanan Pilihan ^a	7
Tabel 1.3. Data asupan protein berdasarkan tingkat usia	10
Tabel 1.4. Kandungan protein dalam berbagai makanan yang berasal dari tumbuhan	11
Tabel 2.1. Nilai Rasa Manis dan Nilai Tenaga Relatif dari Beberapa Senyawa Poliol dan Gula.....	19
Tabel 2.2. Nilai Atwater-Bryant.	23
Tabel 4.1. Sifat Fisika-kimia Lemak Sapi dan Ayam.....	48
Tabel 4.2. <i>Fatty Acid Composition of Beef and Chicken</i>	49
Tabel 4.3. <i>Fat Content of Dairy Products</i>	50
Tabel 4.4. Komposisi <i>Fatty Acids</i> dalam <i>Olive Oil</i>	55
Tabel 4.5. Komponen Asam Lemak dalam Minyak Jagung.....	57
Tabel 5.1. Struktur asam lemak yang paling banyak dijumpai di alam.....	67
Tabel 5.2. Nomenklatur dari beberapa asam lemak jenuh yang umum ditemukan pada bahan pangan.....	69
Tabel 5.3. Nomenklatur dan struktur dari beberapa asam lemak tidak jenuh yang ditemukan pada bahan pangan	71
Tabel 5.4. Pengelompokkan asam lemak berdasarkan jumlah ikatan rangkap MUFA dan PUFA beserta sumber bahan pangannya	72
Tabel 5.5. Titik leleh beberapa asam lemak jenuh dan tak jenuh	75
Tabel 7.1. Asam Lemak Jenuh.....	106
Tabel 7.2. Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal	106
Tabel 7.3. Asam Lemak Tidak Jenuh Majemuk/Banyak	107
Tabel 9.1. Karbohidrat penting dalam bahan pangan	142

BAB 1

BAHAN PANGAN SEBAGAI SUMBER ENERGI

Oleh Darmawati

1.1 Pendahuluan

Bahan pangan utama yang menjadi sumber energi bagi tubuh manusia adalah karbohidrat, lemak dan protein. Sumber bahan pangan bisa diperoleh dari sumber pertanian, peternakan dan perikanan. Setiap makanan memiliki kandungan energi yang berbeda. Untuk mendapatkan jumlah simpanan lemak dan protein yang tepat, penting untuk mengonsumsi makanan sehat yang mengandung karbohidrat kompleks, lemak, dan protein. Meski terdengar aneh, namun mengonsumsi lemak tidak serta merta menyebabkan tubuh menimbun lemak untuk dijadikan energi. Sebaliknya, mengonsumsi karbohidrat kompleks akan membantu menjaga penyimpanan lemak tubuh pada tingkat optimal. Hal ini karena karbohidrat diubah menjadi glukosa untuk digunakan sebagai sumber energi langsung dan jika glukosa tidak segera digunakan, tubuh akan menyimpan kelebihanannya sebagai lemak untuk digunakan nanti.

Untuk mengubah makanan menjadi energi, pertama-tama tubuh harus memecah makanan menjadi partikel sekecil mungkin. Makanan melewati sistem pencernaan yang menggunakan enzim pencernaan, memecah makanan tersebut sehingga dapat dimasukkan ke dalam aliran darah. Sistem pencernaannya meliputi lambung, usus, dan hati. Meskipun beberapa nutrisi dapat berpindah langsung dari lambung ke sistem peredaran darah, sebagian besar partikel harus melewati usus dan hati sebelum dapat melewati aliran darah.

Setelah makanan dipecah dan memasuki aliran darah, sistem peredaran darah membawa nutrisi ke setiap sel di dalam tubuh. Mitokondria di dalam sel kemudian menggunakan nutrisi ini untuk

menghasilkan ATP (adenosin trifosfat). ATP adalah energi yang dibutuhkan tubuh manusia. Proses pembuatan ATP di dalam sel sangatlah kompleks tetapi dapat mencakup fermentasi, respirasi, atau fotosintesis. Fotosintesis digunakan oleh tumbuhan, sedangkan fermentasi dan respirasi digunakan oleh hewan hidup (Rokhmah *et al.*, 2022).

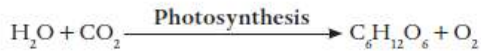
Secara keseluruhan, tubuh manusia menggunakan oksigen dan makanan untuk menghasilkan “bensin” bagi tubuh manusia. Proses mengubah makanan dan oksigen menjadi bahan bakar disebut metabolisme. Dan karena proses ini menyentuh setiap sel dalam tubuh manusia, tidak mengherankan jika makanan yang kita makan dapat memengaruhi suasana hati, kadar hormon, serta kesehatan fisik dan mental kita.

1.2 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi yang memiliki peranan penting bagi tubuh manusia. Karbohidrat adalah golongan nutrisi yang terdiri dari gula, pati, serat, dan molekul terkait seperti glikosaminoglikan, gula amino, dan banyak lagi. Perbedaan utama dalam ikatan kovalen membuat beberapa karbohidrat lebih mudah dicerna dibandingkan yang lain. Karbohidrat diserap sebagai monosakarida yang bersirkulasi ke jaringan dan diambil oleh pengangkut glukosa khusus. Glukosa merupakan sumber energi utama dalam tubuh. Otak dan sel darah merah memanfaatkan glukosa. Glikogen adalah bentuk penyimpanan glukosa yang disimpan di otot dan hati. Jika asupan glukosa melebihi yang digunakan dalam tubuh, maka glukosa akan diubah menjadi lemak. Metabolisme karbohidrat diatur oleh hormon seperti insulin, epinefrin, glukagon, dan kortisol (Asif *et al.*, 2011).

Karbohidrat menjadi penyumbang terbesar asupan energi manusia. Selain itu, pentingnya karbohidrat tidak hanya terbatas pada penyediaan energi. Misalnya, sebagian besar serat makanan diklasifikasikan sebagai karbohidrat. Meskipun serat makanan memang menyediakan energi dalam jumlah terbatas bagi tubuh, perannya dalam proses pencernaan dan pencegahan penyakit jauh lebih signifikan. Sedangkan karbohidrat seperti glikosaminoglikan berperan struktural, terutama pada jaringan ikat.

Karbohidrat terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen, dengan rasio karbon terhadap air biasanya satu banding satu (C:H₂O). Jadi, karbohidrat secara harafiah berarti “karbon dengan air”. Dalam fotosintesis, tumbuhan memadukan H₂O dan CO₂ dengan memanfaatkan energi matahari. Selain karbohidrat, molekul oksigen (O₂) juga merupakan produk dari reaksi fotosintesis berikut:



Karbohidrat adalah senyawa organik yang paling banyak tersebar dan melimpah di bumi yang memiliki peran sentral dalam metabolisme hewan dan tumbuhan. Biosintesis karbohidrat pada tumbuhan yang dimulai dari karbondioksida dan air dengan bantuan energi cahaya, yaitu fotosintesis, merupakan dasar bagi keberadaan semua organisme lain yang bergantung pada asupan zat organik dengan makanan. Karbohidrat mewakili salah satu nutrisi dasar dan secara kuantitatif merupakan sumber energi terpenting. Nilai energi gizinya berjumlah 17 kJ/g atau kkal/g.

Karbohidrat dapat bervariasi dari molekul satu unit karbon tiga hingga tujuh karbon yang lebih sederhana hingga polimer bercabang yang sangat kompleks. Jenis karbohidrat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu gula (monosakarida dan disakarida), oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida tidak dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi bentuk yang lebih sederhana. Disakarida menghasilkan dua monosakarida pada hidrolisis. Sedangkan polisakarida dapat berupa homopolisakarida dan heteropolisakarida (Hall and Estridge, 2014).

1.2.1 Monosakarida

Monosakarida yang relevan dengan nutrisi manusia dapat diklasifikasikan berdasarkan nomor karbon dan mencakup triosa, tetrosa, pentosa, dan heksosa. Baik aldosa (aldehida) maupun ketosa (keton). Heksosa enam karbon adalah bentuk monosakarida yang paling umum dalam makanan manusia. Ini termasuk glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Glukosa adalah karbohidrat utama yang ditemukan dalam sirkulasi manusia dan sering disebut sebagai gula darah.

Meskipun monosakarida umumnya digambarkan sebagai struktur rantai lurus, dalam lingkungan berair terdapat reaksi antara gugus aldehida (COOH) dari karbon 1 dan gugus hidroksil (OH) dari karbon 5. Ini menghasilkan gugus hemiasetal yang memungkinkan adanya struktur siklik, yang secara alami terjadi hampir sepanjang waktu. Banyak karbohidrat memiliki rumus kimia yang sama tetapi strukturnya berbeda, sehingga menjadikannya isomer. Misalnya, glukosa, fruktosa, galaktosa, dan manosa memiliki struktur berbeda tetapi rumusnya sama yaitu $C_6H_{12}O_6$ (Medeiros and Wildman, 2011).

1.2.2 Disakarida

Disakarida terdiri dari dua monosakarida yang dihubungkan secara kovalen oleh asetal (juga dikenal sebagai ikatan glikosidik karena terdapat dalam karbohidrat). Tiga disakarida yang paling umum adalah sukrosa, laktosa, dan maltosa. Sukrosa, yang terdiri dari fruktosa dan glukosa, biasa disebut sebagai “gula tebu”, “gula bit”, atau “gula meja”. Laktosa atau “gula susu”, terdiri dari glukosa dan galaktosa yang menyumbang energi pada susu mamalia, membantu penyerapan kalsium, dan mendukung pertumbuhan bakteri bermanfaat di usus besar. Maltosa terdiri dari dua unit glukosa. Maltosa hanya ditemukan dalam waktu singkat dalam kehidupan tanaman, biasanya di dalam biji. Namun, ia juga merupakan produk antara dari pencernaan karbohidrat yang lebih kompleks (pati) di usus serta hidrolisis parsial pati dalam pengolahan bahan dan produksi beberapa makanan seperti bir (Schaefer, Gleason and Dansinger, 2009).

Diantara tiga disakarida tersebut, hanya laktosa yang berasal dari hewan. Sedangkan sukrosa dan maltosa berasal dari tumbuhan. Istilah gula sering diterapkan pada monosakarida dan disakarida. Karbohidrat ini memiliki rasa yang manis, dengan fruktosa yang paling manis. Tabel 1.1 menyajikan tingkat kemanisan relatif gula, bersama dengan pemanis alami dan buatan yang umum.

Tabel 1.1. Tingkat kemanisan gula dan pemanis alternatif

Jenis pemanis	Rasa manis relatif dibandingkan dengan sukrosa (gula meja)	Sumber makanan
Gula		
Laktosa	0,2	Produk susu
Maltosa	0,4	Biji berkecambah
Glukosa	0,7-0,8	Sirup jagung, buah-buahan
Sukrosa	1,0	Gula meja, buah-buahan
Fruktosa	1,4	Buah-buahan, madu
HFCS (sirup jagung tinggi fruktosa)	1,2-1,6	Minuman ringan, minuman
Gula alkohol		
Sorbitol	60	Permen diet, permen karet tanpa gula
Manitol	70	Permen diet
Eritritol	70	Permen tanpa gula, suplemen, pemanis
Silitol	90	Permen karet tanpa gula
Pemanis alami		
Stevia	300	Pemanis yang digunakan dalam kemasan meja dan dalam makanan serta suplemen
Pemanis buatan		

Jenis pemanis	Rasa manis relatif dibandingkan dengan sukrosa (gula meja)	Sumber makanan
Aspartam (NutraManis)	180	Minuman ringan diet dan minuman buah, pemanis bubuk
Asesulfam-K	200	Permen karet tanpa gula, campuran minuman diet, pemanis bubuk, agar-agar dan puding
Sakarin	300	Minuman ringan diet, pemanis bubuk
Sukralosa	600	Minuman, makanan yang dipanggang, permen, sarapan, dan protein batangan

Sumber: (Medeiros and Wildman, 2011)

1.2.3 Polisakarida

Polisakarida terdiri dari unit monosakarida berulang, khususnya glukosa. Polisakarida tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tubuh. Pertama-tama mereka harus dipecah menjadi monosakarida, satu-satunya bentuk gula yang dapat digunakan tubuh. Polisakarida mengandung hingga 60.000 molekul karbohidrat sederhana. Polisakarida adalah struktur karbohidrat polimer, terbentuk dari unit berulang (baik mono atau disakarida) yang disatukan melalui ikatan glikosidik. Berbeda dengan sakarida lainnya, polisakarida cenderung tidak memiliki rasa manis. Beberapa contoh polisakarida termasuk pati, selulosa dan glikogen (Asif *et al.*, 2011).

1.2.4 Oligosakarida

Oligosakarida terdiri dari 3 sampai 10 monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik antara gugus OH dari unit monomer yang berdekatan. Rafinosa, stakiosa, dan verbaskosa adalah oligosakarida yang metaboliknya agak berbeda dari oligosakarida lain karena difermentasi oleh bakteri di usus besar. Kacang-kacangan (buncis) memiliki kadar oligosakarida yang cukup besar.

1.2.5 Konsumsi Karbohidrat

Pada masa pra-pertanian, asupan karbohidrat sebagian besar berasal dari buah-buahan, sayuran, daun-daunan, dan umbi-umbian. Saat ini, industri pengolahan telah meningkatkan konsumsi biji-bijian sereal, terutama biji-bijian giling, serta tebu olahan melalui produksi massal sukrosa (gula meja). Konsumsi karbohidrat terus meningkat selama empat dekade terakhir. Sebagian besar karbohidrat merupakan makanan berbentuk karbohidrat olahan, seperti produk bergula, sehingga kekurangan serat dan banyak nutrisi bermanfaat lainnya. Saat ini kontribusi kalori karbohidrat pada makanan orang dewasa kira-kira 50% dan berasal dari berbagai jenis makanan. Tabel 1.2 mencantumkan kandungan karbohidrat umum (menurut berat) dari makanan tertentu (Medeiros and Wildman, 2011).

Tabel 1.2. Kandungan Karbohidrat Pada Makanan Pilihan^a

Makanan	Karbohidrat (%)
Tabel gula*	>98 ^b
Es krim, kue, pai	20-40
Buah/ sayuran	5-20
Kacang-kacangan	10-15
Selai kacang	~20
Susu	5

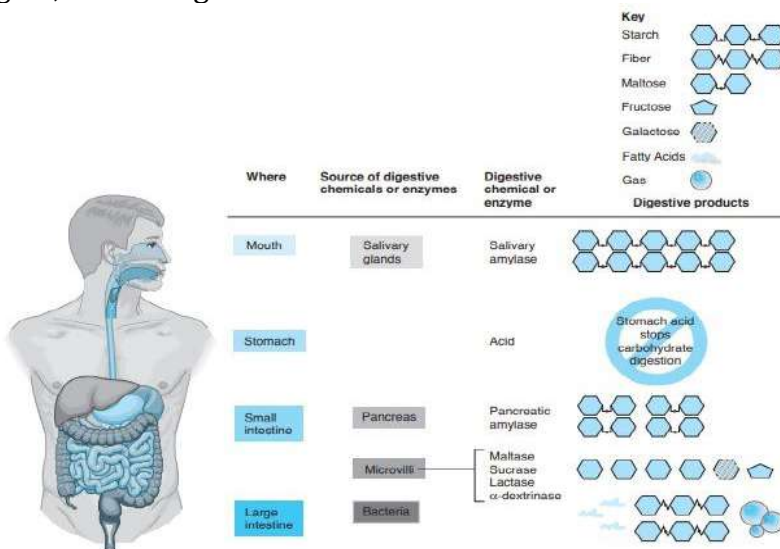
Makanan	Karbohidrat (%)
Keju	2-5
Krerang (misalnya kepiting, lobster)	<1
Ikan	<1
Mentega	0
Minyak	0

Sumber: (Medeiros and Wildman, 2011)

^aPersentase berdasarkan berat

^bMassa yang tersisa adalah uap air

Pada proses pencernaan karbohidrat membebaskan monosakarida dari disakarida dan polimer yang lebih kompleks. Aktivitas ini dimulai di mulut, yaitu ludah yang mengandung enzim amilase. Dampak amilase pada pencernaan sangat singkat, namun signifikan.



Gambar 1.1. Peristiwa penting yang terlibat dalam pencernaan karbohidrat di berbagai bagian saluran pencernaan (Sumber: Medeiros and Wildman, 2011)

Setelah makanan tertelan, selanjutnya melewati esofagus dan disimpan di lambung. Kisaran pH optimal untuk aktivitas amilase adalah sekitar 6,6 hingga 6,8. Oleh karena itu, setelah isi yang tertelan tercampur rata dengan cairan lambung yang sangat asam, aktivitas amilase berhenti. Hampir tidak ada pencernaan karbohidrat yang terjadi pada lambung. Meskipun beberapa hidrolisis asam sukrosa dapat terjadi, hal ini tidak dianggap signifikan secara fisiologis. Pencernaan karbohidrat terjadi di berbagai bagian saluran pencernaan (Medeiros and Wildman, 2011).

1.3 Protein

Protein merupakan makronutrien yang memainkan banyak peran struktural dan fungsional dalam tubuh. Selain itu, bahan-bahan berbasis protein berperan dalam makanan yang diformulasikan dan berkontribusi terhadap tekstur, warna, rasa, dan sifat lainnya. Nilai gizi protein makanan bergantung pada sumber dan pengolahannya.

Protein merupakan salah satu sumber energi bagi tubuh. Akan tetapi, bukan merupakan sumber energi utama karena hanya memiliki 4 kalori per gram dan digunakan sebagai sumber energi cadangan. Dalam tubuh manusia yang sehat, protein yang dikonsumsi sebagian besar digunakan untuk membangun dan memperbaiki jaringan, tulang, dan otot. Jika tubuh membutuhkan protein agar dapat berfungsi dengan baik, tubuh akan mengambil apa yang didapat dari otot dan jaringan.

Protein juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap sifat fisik makanan melalui kemampuannya untuk membangun atau menstabilkan gel, busa, emulsi dan struktur fibrilar. Nilai energi gizi protein (17 kJ/g atau 4 kkal/g) sama tingginya dengan karbohidrat. Sumber protein terpenting adalah biji-bijian, minyak sayur, kacang-kacangan, daging dan susu. Selain tumbuhan dan hewan, penghasil protein antara lain alga (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina* spp.), ragi dan bakteri (protein sel tunggal) (Belitz, Grosch and Schieberle, 2009). Upaya penelitian telah dilakukan untuk menentukan berapa banyak protein yang perlu kita makan agar tetap sehat, yang disajikan pada Tabel 1.3.

Perkiraan Kebutuhan Rata-Rata (EARs) adalah rata-rata tingkat asupan harian yang diperkirakan memenuhi kebutuhan setengah dari individu sehat dalam suatu kelompok, sedangkan Kecukupan Gizi yang Direkomendasikan (RDA) adalah rata-rata asupan makanan harian yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi hampir semua (97–98%) individu sehat dalam suatu kelompok.

Tabel 1.3. Data asupan protein berdasarkan tingkat usia

Usia	Perkiraan kebutuhan rata-rata (g/kg/hari) ^a	Tunjangan diet yang direkomendasikan (g/hari) ^b	Berat Referensi (kg)
Anak-anak			
2-6 bulan	1,12 ^c	9,1 ^d	6
6-12 bulan	1,0	11,0	9
1-3 tahun	0,87	13	12
4-8 tahun	0,76	19	20
Pria			
9-13 tahun	0,76	34	36
14-18 tahun	0,73	52	61
>18 tahun	0,66	56	70
Wanita			
9-13 tahun	0,76	34	37
14-18 tahun	0,71	46	54
>18 tahun	0,66	46	57
Hamil	0.88	71	57
Menyusui	1,05	71	57

Sumber: (Loveday, 2019)

^aGram protein per kilogram berat badan per hari.

^bGram per hari, berdasarkan referensi berat badan.

^cDari Organisasi Kesehatan Dunia (2007).

^dAsupan yang cukup: rata-rata asupan untuk bayi sehat yang diberi ASI.

Kacang-kacangan sebagian besar mengandung albumin dan globulin, sedangkan protein sereal didominasi oleh prolamin dan glutelin yang sukar larut. Hal ini menjelaskan mengapa pengganti susu non dairy yang terbuat dari sereal (dan kacang-kacangan) sangat rendah proteinnya. Tabel 1.4 merangkum fraksi dalam berbagai protein nabati (Vanga and Raghavan, 2018).

Tabel 1.4. Kandungan protein dalam berbagai makanan yang berasal dari tumbuhan

Sumber tanaman	Albumin (%)	Globulin (%)	Prolamin (%)	Glutelin (%)
Gandum	6-10	5-8	35-40	40
Beras	2-6	12	4	80
Barli	3-5	10-20	35-45	35-45
Jagung	4	4	60	26
Sorgum	2-7	2-10	35-60	20-35
Kedelai	NA	90	NA	NA
Kacang	15-25	50-60	NA	NA
Buncis	8-12	53-60	3-7	19-25
Lupin	25	75	NA	NA
Kanola	20	60	2-5	15-20

Sumber: (Vanga and Raghavan, 2018).

Singkatan: NA, tidak tersedia.

1.4 Lemak

Sumber energi yang digunakan untuk aktivitas fisik dalam kehidupan sehari-hari dan olahraga terutama adalah lemak dan karbohidrat. Lemak adalah sumber energi yang efisien (9kkal per gram) yang disimpan tubuh dalam jumlah relatif banyak. Lemak juga memainkan peran penting sebagai bahan pembangun membran sel, hormon, dan zat aktif fisiologis (Hall and Eastridge, 2014).

Setiap orang membutuhkan sejumlah lemak dalam tubuhnya agar tubuh dapat berfungsi dengan baik. Lemak yang disimpan, disebut trigliserida atau asam lemak, adalah salah satu sumber energi jangka panjang dengan nilai tertinggi bagi tubuh. Faktanya, asam lemak ini menyediakan 9 kalori per gram, dua kali lipat jumlah energi dibandingkan dengan karbohidrat atau protein. Meskipun lemak itu penting bagi tubuh, sebaiknya tidak menyimpan terlalu banyak lemak di dalam tubuh. Bagi kebanyakan orang, persentase lemak tubuh yang ideal adalah antara 15% dan 20%. Konsumsi lemak total maksimal per hari yang dianjurkan adalah 30% dari energi total, yang meliputi 10% asam lemak jenuh (SFA), 10% asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan 10% asam lemak tak jenuh jamak (PUFA) (Nettleton *et al.*, 2018).

Lemak dan minyak sengaja ditambahkan makanan dengan tujuan selain meningkatkan rasa gurih, memperbaiki tekstur dan cita rasa juga sebagai penghantar panas. Sumber lemak dan minyak bisa berasal dari nabati dan hewani. Sumber lemak nabati bisa berasal dari minyak kelapa, minyak kacang tanah, minyak cokelat, minyak jagung, minyak kapas dan minyak bunga matahari. Sedangkan sumber lemak dan minyak dari hewani berasal dari minyak ikan paus, minyak ikan cod, lemak babi, lemak sapi (Rokhmah *et al.*, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Asif, H. M. *et al.* (2011) 'Carbohydrates', *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1(February), pp. 727–742. doi: 10.1016/B978-012370626-3.00258-1.
- Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P. (2009) *Food Chemistry*.
- Hall, M. B. and Eastridge, M. L. (2014) 'Carbohydrate and fat: Considerations for energy and more', *Professional Animal Scientist*, 30(2), pp. 140–149. doi: 10.15232/S1080-7446(15)30101-7.
- Loveday, S. M. (2019) 'Food Proteins: Technological, Nutritional, and Sustainability Attributes of Traditional and Emerging Proteins', *Annual Review of Food Science and Technology*, 10, pp. 311–339. doi: 10.1146/annurev-food-032818-121128.
- Medeiros, R. and Wildman, D. (2011) *Carbohydrates: Energy, Metabolism and More, Advanced Human Nutrition Second Edition*.
- Nettleton, J. A. *et al.* (2018) 'Fats in Foods: Current Evidence for Dietary Advice', *Annals of Nutrition and Metabolism*, 72(3), pp. 248–254. doi: 10.1159/000488006.
- Rokhmah, laela nur *et al.* (2022) *Pangan Dan Gizi*.
- Schaefer, E. J., Gleason, J. A. and Dansinger, M. L. (2009) 'Dietary fructose and glucose differentially affect lipid and glucose homeostasis', *Journal of Nutrition*, 139(6), pp. 1257–1262. doi: 10.3945/jn.108.098186.
- Vanga, S. K. and Raghavan, V. (2018) 'How Well Do Plant Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk?', *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), pp. 10–20. doi: 10.1007/s13197-017-2915-y.

BAB 2

NILAI TENAGA

Oleh Nur Qadri Rasyid

2.1 Pendahuluan

Makan dan minum merupakan kebutuhan yang paling mendasar bagi setiap makhluk hidup yang disebut kebutuhan subsisten (yang meliputi kesehatan, tempat tinggal, pekerjaan dan lain-lain). Oleh karena itu, pangan dan gizi telah menjadi isu yang semakin sentral di zaman kita, mengingat meningkatnya populasi dunia dan menyusutnya lahan yang tersedia untuk produksi pangan, belum lagi meningkatnya konsumsi makanan yang tidak sehat. Di beberapa negara, pangan semakin terpinggirkan. Jika pada awal tahun empat puluhan, masyarakat menghabiskan 30-40% pendapatannya untuk makanan, maka saat ini angka tersebut berada pada kisaran 10% atau bahkan kurang. Isu pangan global terkait dengan bagaimana nutrisi (secara kualitatif) dimarginalkan demi kepentingan bahan pangan dan keuntungan yang bisa diperoleh darinya (sisi kuantitatif). Apa yang penting untuk kelangsungan hidup (apa yang kita makan), telah digantikan oleh gagasan dangkal tentang seberapa banyak kita melahapnya (Leimgruber, 2017).

Makanan utama sumber energi bagi tubuh manusia adalah lemak, karbohidrat, dan protein. Lemak dan karbohidrat mengandung karbon dan hidrogen yang dapat dioksidasi menjadi produk akhirnya, CO_2 dan H_2O , baik di dalam alat kalorimeter bom maupun di dalam tubuh. Selain itu, protein mengandung nitrogen. Nitrogen ini bersama dengan beberapa karbon dan hidrogen dikeluarkan oleh tubuh terutama dalam bentuk urea. Jadi protein tidak teroksidasi sempurna di dalam tubuh, padahal protein dapat teroksidasi sempurna di dalam alat kalorimeter. Panas yang dilepaskan oleh oksidasi makanan dalam kalorimeter bom adalah panas pembakarannya dan merupakan ukuran nilai tenaga kotornya (Merrill & Watt, 1955)

Pelabelan gizi merupakan topik yang menarik perhatian baik peneliti maupun masyarakat umum. Minat yang besar ini terutama timbul dari meningkatnya angka obesitas dan penyakit terkait obesitas di era ini. Oleh karena itu, pengembangan metode berkinerja tinggi dan throughput tinggi untuk penentuan makronutrien (karbohidrat, lemak, dan protein) dan nilai tenaga (dengan kata lain, kandungan kalori) makanan dan minuman merupakan topik yang menarik untuk dilakukan oleh banyak ilmuwan (Olšovská et al., 2015). Selain itu, evaluasi yang akurat terhadap nilai tenaga makanan sangat penting untuk mengatasi masalah gizi normal, kekurangan gizi, atau obesitas (Mantovani et al., 2006).

2.2 Sumber Energi Makanan

Makanan mengandung berbagai substrat organik yang dapat teroksidasi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi. Substrat terbaik yang ada dalam sel-sel tubuh manusia, yaitu protein, karbohidrat dan lemak, karena setiap sel dilengkapi dengan enzim dan komponen lain yang diperlukan untuk metabolisme senyawa ini. Namun, bahkan senyawa yang tidak secara alami terdapat dalam sel, seperti alkohol, dapat digunakan untuk produksi energi karena senyawa tersebut dapat dimetabolisme oleh enzim yang sudah ada atau yang dapat diinduksi (Mantovani et al., 2006).

Informasi konversi kalori pada label lemak, karbohidrat, dan protein bersifat opsional. Kalori dapat dinyatakan dengan berbagai cara. “Kalori”, yang merupakan standar pengukuran nilai tenaga suatu zat dan untuk menyatakan kebutuhan energi tubuh, adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 g air sebesar 1° C (1 kalori = 4,184 joule). Nilai tenaga dalam bahan makanan saat ini dinyatakan dalam Kkalori* (Kkal) dan dalam Kjoules** (Kj), faktor konversinya adalah 4,184 untuk memperoleh Kjoule dari Kkalori. Sistem ganda ini muncul dari rekomendasi *International Union of Nutritional Sciences* untuk menyatakan kandungan energi makanan juga dalam joule, karena joule mewakili satuan yang lebih tepat secara ilmiah untuk menggambarkan kerja biologis, meskipun penggunaan kalori masih dominan (Nielsen, 2010)

2.2.1 Lemak

Lemak membentuk dasar membran sel, merupakan sumber utama atom karbon dan hidrogen, dan menjalankan fungsi energi dan sinyal. Selain itu, lipid bertindak sebagai isolasi termal dan merupakan prekursor asam empedu dan steroid. Lemak membentuk dasar membran sel, yang merupakan sumber utama atom karbon dan hidrogen, serta menjalankan fungsi energi dan sinyal. Selain itu, lipid bertindak sebagai isolasi termal dan merupakan prekursor asam empedu dan steroid. Metabolisme lipid dimulai dengan emulsifikasi oleh asam empedu. Setelah itu, luas permukaan tetesan lemak bertambah berkali-kali lipat, dan mereka mengalami hidrolisis. Produk hidrolisis – asam lemak, monoasilgliserol, dan diasilgliserol – serta asam empedu, kolesterol, dan vitamin hidrofobik, membentuk misel campuran (Severin, 2011b). Lemak diserap ke dalam sel mukosa usus kecil, yang akan terurai menjadi komponen utama. Asam lemak dapat disimpan, membentuk komponen struktural sel, dan juga dioksidasi menjadi asetil-KoA dan memasuki siklus sitrat. Badan keton, fosfolipid, triasilgliserol, eikosanoid, dan kolesterol juga terbentuk dari asam lemak. Selanjutnya, kolesterol terlibat dalam sintesis asam empedu, ester, dan steroid (Galchenko et al., 2021).

Kandungan lemak suatu makanan biasanya ditentukan dengan salah satu dari tiga metode umum: (1) ekstraksi sederhana dengan pelarut, (2) hidrolisis asam dengan ekstraksi, dan (3) saponifikasi dengan ekstraksi. Kandungan lemak yang dilaporkan untuk makanan dalam tabel komposisi biasanya mengacu pada berat lemak kasar dan diperoleh melalui ekstraksi sederhana dengan pelarut, biasanya eter. Termasuk dengan asam lemak dan lemak sejati (trigliserida) yang diekstraksi adalah bahan lain yang mempunyai kelarutan serupa, seperti sterol, dan klorofil serta beberapa pigmen lainnya.

Suatu metode yang didasarkan pada hidrolisis asam sebelum ekstraksi menghasilkan, selain zat-zat yang disebutkan di atas, lemak-lemak yang terkombinasi atau karena alasan lain tidak dapat dihilangkan dengan pelarut lemak biasa. Telur dan ragi telah terbukti mengandung sejumlah besar lemak yang tidak diekstraksi tanpa hidrolisis awal.

Prosedur ketiga yang digunakan dalam menentukan kandungan lemak suatu makanan, saponifikasi, biasanya diikuti dengan ekstraksi dan titrasi asam lemak. Data yang diperoleh dengan metode ini diterjemahkan ke dalam lemak total dengan asumsi bahwa semua asam lemak terdapat dalam bentuk trigliserid.

Penentuan kandungan lemak dalam makanan penuh dengan senyawa kompleks memerlukan perhatian khusus untuk menghindari oksidasi lemak selama persiapan sampel dan analisis, hilangnya asam lemak volatil, dan kemungkinan pembentukan ester asam lemak dengan alkohol (Merrill & Watt, 1955)

2.2.2 Karbohidrat

Fungsi utama karbohidrat adalah penyediaan energi. Mereka berpartisipasi dalam sintesis asam lemak, asam amino, nukleotida, yang merupakan bagian dari glikokaliks, yang bertindak sebagai reseptor seluler, antigen, dan juga berpartisipasi dalam pencernaan parietal dan pengangkutan zat. Karbohidrat juga dapat disimpan sebagai glikogen. Monomer utama karbohidrat pada manusia adalah glukosa. Metabolismenya dimulai dengan pembentukan glukosa-6-fosfat, yang selanjutnya berpartisipasi dalam berbagai proses sintesis dan dekomposisi. Pemecahan glukosa-6-fosfat, glikolisis, dapat terjadi baik dengan adanya oksigen maupun tanpa adanya oksigen. Bentuk produk yang berbeda bergantung pada hal ini. Jadi, dengan kekurangan oksigen, piruvat diubah menjadi laktat, yang diubah menjadi otot atau hati. Dengan adanya oksigen, piruvat diubah menjadi asetil-KoA dalam kompleks piruvat dehidrogenase. Kemudian asetil-KoA memasuki siklus sitrat. Hasilnya adalah pelepasan energi sebagai ATP dan karbon dioksida serta pembentukan air. Rute sebaliknya dari piruvat menjadi glukosa juga dimungkinkan – glukoneogenesis. Ini menyediakan pemeliharaan glukosa darah selama puasa dan fisik (Galchenko et al., 2021)

Penentuan nilai energi gugus poliol sederhana yang berasal dari gula, dianggap 16,7 kJ (4 kkal) g⁻¹ (joule = kalori × 4,1814) untuk tujuan pelabelan di Amerika Serikat. Namun, pandangan ini telah berubah setelah Uni Eropa memimpin tahun 1990 yang menetapkan nilai energi sebesar 10 kJ (2,4 kkal) g⁻¹ pada gugus poliol. Badan Pengawas Obat dan Makanan A.S. telah menerima

kandungan kalori yang berkisar antara 6,7 hingga 12,5 kJ (1,6–3,0 kkal).

Tabel 2.1. Nilai Rasa Manis dan Nilai Tenaga Relatif dari Beberapa Senyawa Poliol dan Gula

Senyawa	Rasa manis relatif ^a (Sukrosa = 1, dasar berat)	Nilai Tenaga (kJ g ⁻¹)
Poliol		
manitol	0.6	6.69
Laktitol	0.3	8.36
Isomalt	0.4–0.6	8.36
Xylitol	1.0	10.03
Sorbitol	0.5	10.87
Maltitol	0.8	12.54
Sirup jagung terhidrogenasi	0.3–0.75	12.54
Gula		
Xilosa	0.7	16.72
Glukosa	0.5–0.8	16.72
Fruktosa	1.2–1.5	16.72
Galaktosa	0.6	16.72
Mannosa	0.4	16.72
Laktosa	0.2	16.72
Maltosa	0.5	16.72
Sukorosa	1.0	16.72

Sumber : (Fennema, 1996)

2.2.3 Protein

Protein adalah salah satu komponen utama makanan. Selama pencernaan, mereka terurai menjadi asam amino, yang diserap di usus kecil. Di masa depan, asam amino terlibat dalam resintesis peptida dan protein tubuh. Protein merupakan bagian dari semua struktur dasar sel, jaringan, dan organ, menjalankan fungsi enzimatik, berpartisipasi dalam pengangkutan zat, menjadi dasar hormon protein, dan melakukan sinyal antar sel. Asam amino

juga terlibat dalam sintesis turunan protein - neurotransmitter dan hormone. Fungsi lain dari asam amino adalah bertindak sebagai donor nitrogen dalam sintesis senyawa yang mengandung nitrogen yang bersifat nonprotein, seperti nukleotida, heme, kreatin, dll. Metabolisme asam amino biasanya dimulai dengan reaksi transaminasi atau deaminasi, setelah itu baru. asam amino atau asam α -keto terbentuk, atau asam α -keto dan residu amina. Kemudian masuk ke siklus ornithine, yang mengatur keseimbangan nitrogen tubuh. Produk utama dari siklus ini adalah urea. Residu asam amino bebas nitrogen diubah menjadi piruvat, asetilKoA, alfa-ketoglutarat, suksinil-KoA, dan fumarat, yang memasuki siklus Krebs, dan selanjutnya menjadi rantai transfer elektron, yang diakhiri dengan sintesis ATP (Galchenko et al., 2021).

Nilai tenaga protein suatu produk dapat diperoleh dari kandungan nitrogen dengan menerapkan faktor yang dianggap cocok untuk mengubah nitrogen menjadi protein dalam makanan tertentu. Faktor-faktor yang digunakan didasarkan pada kandungan nitrogen dari protein dominan yang terdapat dalam berbagai makanan.

2.3 Penentuan Nilai Tenaga dalam Makanan

Nilai tenaga suatu makanan atau nutrisi dapat diukur secara langsung dengan menentukan jumlah panas yang dilepaskan saat penyalaan dan pembakaran total dalam kalorimeter bom yang terdiri dari bom baja berat, dengan penutup yang rapat.. Nilai yang diperoleh dengan pengukuran langsung untuk makanan dan nutrisi yang berbeda dilaporkan. Nilai-nilai ini tidak sesuai dengan jumlah energi yang dapat digunakan oleh tubuh, karena tidak memperhitungkan jumlah yang hilang melalui proses pencernaan dan metabolisme, misalnya ekskresi melalui feses, keringat, dan urin.

Nilai median kalori makanan pada semua kelompok adalah 2756 kkal per hari, dan asupan protein, lemak, karbohidrat, dan alkohol masing-masing adalah 101 g, 109,6 g, 311,8 g, dan 2,6 ml. Nilai-nilai dalam kelompok bervariasi secara signifikan, perbedaan antara nilai persentil 25 dan 75 dalam banyak kasus lebih dari

Nilai bahan bakar suatu makanan mudah ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut kalorimeter bom (lihat Gambar 2). Sampel makanan yang ditimbang ditempatkan dalam wadah baja berat yang disebut “bom”. Setelah bom diisi dengan oksigen, sampel dinyalakan dan panasnya dibuang ke air dengan volume tertentu di sekitar bom. Dengan memperhatikan perubahan suhu air, seseorang dapat menghitung nilai energi makanan dengan menerapkan definisi kalori.

Peraturan FDA menetapkan lima metode untuk menghitung kandungan kalori, salah satunya menggunakan kalorimetri bom yaitu :

1. Faktor Atwater Spesifik untuk Kalori per gram protein, total karbohidrat, dan total lemak
2. Faktor umum masing-masing 4, 4, dan 9 Kal/g protein, total karbohidrat, dan total lemak 42.
3. Faktor umum 4, 4, dan 9 Kal/g protein, total karbohidrat, dikurangi jumlah serat pangan tidak larut, dan total lemak, masing-masing
4. Data faktor makanan spesifik untuk makanan atau bahan tertentu yang disetujui oleh FDA
5. Data kalorimetri bom dikurangi 1,25 Kal/g protein untuk mengoreksi pencernaan yang tidak sempurna.

FSIS hanya mengizinkan prosedur perhitungan 1–4 di atas dan tidak menggunakan kalorimetri bom untuk kandungan kalori.

Nilai energi suatu makanan biasanya ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut kalorimeter bom. Ini terdiri dari bom baja berat, dengan penutup yang rapat. Penentuan nilai tenaga dilakukan dengan cara sampel makanan dalam jumlah yang telah ditimbang ditempatkan di dalam kalorimeter. dalam wadah Itu diisi dengan oksigen di bawah tekanan. Kalorimeter dicelupkan ke dalam air yang diketahui kuantitasnya. Sampel ditandai dengan menggunakan sekering listrik dan panas yang dilepaskan diukur dengan kenaikan suhu.

Misalnya, perhatikan evaluasi nilai kalori 2 g gandum yang diukur dengan kalorimeter yang mengandung 3 kilogram air.

Berat gandum yang diambil = 2 gr
Berat air di dalam bejana luar = 3000 g
Setara air dengan kalorimeter = 500 g
Suhu awal air = 24 °C
Suhu akhir air = 26 °C
Kenaikan suhu = 2 °C
Kalor yang diperoleh air dan kalorimeter = $3500 \times 2 = 7000$ kalori
2 g gandum menghasilkan 7 kilo kalori
1 g gandum menghasilkan 3,5 Kkal
Nilai kalori 100 g gandum = 350 Kkal.

Nilai energi kotor rata-rata karbohidrat murni, lemak, dan protein yang ditentukan dengan kalorimeter bom diberikan di bawah ini.

1 g Karbohidrat menghasilkan 4,1 Kkal
1 g Lemak menghasilkan 9,45 Kkal
1 g Protein menghasilkan 6,65 Kkal

Nilai Energi Fisiologis Makanan dalam pemanfaatan karbohidrat, lemak dan protein dalam tubuh, persentase tertentu dari nutrisi di atas hilang dalam pencernaan dan nitrogen protein dikeluarkan melalui urin sebagai urea yang masih mengandung sejumlah nilai energi. Rata-rata kehilangan pencernaan pada manusia diperkirakan sebesar 2,0 persen untuk karbohidrat, 5,0 persen untuk lemak, dan 8,0 persen untuk protein. Hilangnya energi dalam urea diperkirakan sebesar 1,2 Kkal per gram protein teroksidasi. Nilai energi fisiologis pangan yang dihitung dari nilai energi bruto setelah memperhitungkan kerugian pencernaan dan metabolisme di atas adalah sebagai berikut: karbohidrat 4,0; lemak, 9.0 dan protein 4.0.

Tabel 2.2. Nilai Atwater-Bryant.

Gizi (Jenis)	Nilai Tenaga Kotor	Hilangnya Energi Makanan dalam Pencernaan	Energi Tersedia setelah Pencernaan	Hilangnya Energi Makanan dalam Metabolisme	Nilai Energi Fisiologis Makanan
Karbohidrat	4.1KCal/g	2	4.0 KCal/g	0	4.0 KCal/g
Lemak	9.45 KCal/g	5	9.0 KCal/g	0	9.0 KCal/g
Protein	5.65 KCal/g	8	5.2KCal/g	1.2 KCal/g	4.0 KCal/g

Sumber : (Robert & Aders, 2013)

Berdasarkan tabel di atas kita dapat menghitung nilai tenaga suatu makanan dari kandungan karbohidrat, lemak dan proteinnya dengan menggunakan nilai tenaga fisiologis sebesar 4,0 Kkal per gram karbohidrat atau protein dan 9,0 Kkal per gram lemak.

Hubungan Antara Konsumsi Oksigen dan Nilai Energi. Hasil penelitian pada hewan dan manusia menunjukkan bahwa 1 liter oksigen yang digunakan dalam oksidasi lemak menghasilkan 4,7 KCal/g, karbohidrat, 5,0 KCal/g dan protein 4,8 KCal/g. Ketika ketiga nutrisi tersebut dioksidasi seperti contoh selama keadaan pasca serap, nilai energi dari 1 liter oksigen yang dikonsumsi diketahui sebesar 4,8 KCal. Nilai di atas digunakan dalam perhitungan keluaran energi dari jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh manusia (Robert & Aders, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Fennema, O. R. (1996). *Food chemistry*. Marcel Dekker.
- Galchenko, A., Sidorova, E., Barinov, A., Titov, N., & Skalny, A. (2021). THE CONTRIBUTION OF PROTEINS, FATS, CARBOHYDRATES, AND ALCOHOL TO THE TOTAL ENERGY VALUE OF THE DIET: A CROSS-SECTIONAL STUDY. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 33–39. <https://doi.org/10.5219/1435>
- Leimgruber, W. (2017). Food, Energy and Values: Reflections on the Global Food Issue. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 1(1). <https://doi.org/10.31031/mcda.2017.01.000505>
- Mantovani, G., Anker, S. D., Inui, A., Morley, J. E., Fanelli, F. R., Scevola, D., Schuster, M. W., & Yeh, S.-S. (2006). *Cachexia and Wasting: A Modern Approach // Energy Values of Foods*.
- Merrill, A. L., & Watt, B. K. (1955). *Energy Value of Foods basis and derivation*. Agriculture Research Service United State Departement.
- Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis* (S. S. Nielsen, Ed.; Fourth Edition). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
- Olšovská, J., Štěrba, K., Pavlovič, M., & Čejka, P. (2015). Determination of the energy value of beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 73(2), 165–169. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0322-01>
- Robert, P., & Aders, H. (2013). *Analyses and Energy Values of Foods* (third edition). Hardpress Publishing.

BAB 3

KLASIFIKASI BAHAN PANGAN

Oleh Rahmawati

3.1 Pendahuluan

Bahan pangan merupakan bahan yang digunakan manusia untuk tumbuh, memelihara tubuh, dan berkembang biak. Bahan pangan umumnya terdiri dari berbagai kombinasi bahan kimia alami atau sintetis yang berperan penting dalam kehidupan, seperti air dan oksigen.

Komponen pangan terdiri atas empat komponen utama yaitu karbohidrat, protein, lemak, air, dan turunannya. Selain itu, bahan pangan juga terdiri dari komponen anorganik berupa mineral dan komponen organik lain dalam jumlah yang relatif kecil seperti vitamin, enzim, pengemulsi, asam, antioksidan, pigmen, dan komponen perisa. Jumlah bahan-bahan tersebut bervariasi tergantung pada komposisi makanan, komposisi makanan, kekerasan atau tekstur, rasa, warna, dan nilai (Koeswardhani, 2020).

Klasifikasi makanan dan nutrisi bervariasi dari satu negara ke negara lain. Namun secara umum pangan dibedakan menjadi dua kategori yaitu pangan hewani dan pangan nabati. Makanan hewani antara lain daging, ikan, makanan laut, telur, susu, dan produk susu. Makanan yang berasal dari tumbuhan antara lain: biji-bijian, kacang-kacangan, sayur mayur, biji-bijian, buah-buahan dan makanan lainnya (madu, gula, dll).

Makanan memberi tubuh bahan kimia yang disebut nutrisi. Nutrisi dibagi menjadi kelompok utama: karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral dan air. Setidaknya ada 45 zat gizi esensial dan non esensial yang dibutuhkan tubuh dari enam kelompok zat gizi tersebut. Zat gizi esensial adalah zat gizi yang diperlukan tubuh tetapi tidak dapat disintesis oleh tubuh dan/atau tidak dapat disintesis dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan. Nutrisi tidak diperlukan karena tubuh dapat mensintesisnya sendiri.

Nutrisi ini memberi tubuh energi, mengatur proses tubuh, meningkatkan pertumbuhan dan memperbaiki jaringan yang rusak. Zat gizi utama yang berfungsi sebagai sumber energi adalah karbohidrat, lemak, dan protein. Nutrisi utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan adalah protein, lemak, vitamin, mineral dan air. Nutrisi utama yang mengatur proses tubuh adalah vitamin, mineral dan air (Setiawan, 2023).

3.2 Klasifikasi Pangan

Pengelompokan bahan makanan menurut fungsinya dalam tubuh merupakan bahan makanan yang berfungsi sebagai penyedia energi antara lain bahan makanan yang kaya akan lemak atau minyak seperti daging dan mentega. Yang kedua adalah bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat seperti biji-bijian, umbi-umbian, dan gula.

Bahan pangan yang berfungsi membentuk blok pangan yang kaya akan karbohidrat dan protein, antara lain : Pertama, merupakan bahan pangan asal hewani. asal usulnya seperti ikan teri, susu murni, udang, ikan segar dan telur. Kedua, bahan pangan nabati berupa kacang-kacangan, tahu, lentil, quinoa, dan susu kedelai. Isu terakhir adalah mengenai pengaturan bahan pangan berupa sayur-sayuran dan buah-buahan (Astalog, 2015).

Bahan makanan yang ada di sekitar kita dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

3.2.1 Berdasarkan bentuknya

1. Bahan makanan segar adalah bahan makanan yang belum diolah.
2. Bahan makanan kering adalah bahan makanan yang mempunyai tekstur kering, misalnya sebagai sereal.
3. Bahan pangan olahan adalah bahan pangan yang telah diolah, setengah jadi, atau siap pakai.

3.2.2 Berdasarkan sumber primer

1. Sumber energi adalah sumber makanan yang mengandung karbohidrat dan lemak.

2. Sumber pembangun adalah sumber makanan yang mengandung protein.
3. Sumber pengkondisi adalah sumber makanan yang mengandung protein, mengandung vitamin dan mineral (Setiawan, 2023).

3.2.3 Tergantung mudah rusak atau tidaknya

1. Makanan yang mudah rusak adalah makanan yang sangat mudah rusak, yaitu dapat rusak dalam waktu 1 sampai 6 jam.
2. Makanan Perishable adalah makanan yang mudah rusak, dimanapun ditemukan makanan tersebut dapat akan rusak setelah 1 sampai 2 hari.
3. Makanan yang mudah rusak adalah makanan yang agak tahan lama, makanan dapat disimpan selama 1 minggu pada suhu ruangan.
4. Makanan yang tidak mudah rusak adalah makanan yang tidak mudah rusak, maka dari itu makanan ini dapat disimpan selama beberapa bulan, bahkan beberapa tahun.

3.2.4 Berdasarkan zat gizi

1. Karbohidrat adalah bahan pangan yang mengandung unsur karbohidrat seperti: monosakarida, disakarida, dan polisakarida.
2. Protein adalah bahan pangan yang mengandung unsur protein seperti: protein, protein nabati, dan protein hewani.
3. Lemak adalah makanan. bahan yang mengandung unsur lemak seperti : lemak jenuh dan lemak tidak jenuh.
4. Vitamin adalah bahan pangan yang mengandung unsur vitamin seperti: vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak.
5. Mineral adalah bahan pangan yang mengandung unsur mineral. seperti: trace mineral dan trace mineral (Setiawan, 2023).

3.3 Pangan Nabati

Makanan nabati adalah makanan yang dihasilkan oleh tumbuhan dan dapat dikonsumsi oleh manusia. Makanan yang berasal dari tumbuhan dapat dikonsumsi setelah diolah atau dikonsumsi langsung. Jenis makanan ini banyak mengandung zat gizi yang diperlukan tubuh manusia seperti vitamin, mineral, serat, karbohidrat, kalsium, zat besi dan protein.

Bahan pangan nabati dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu bahan pangan dari tanaman hortikultura dan bahan pangan dari tumbuhan pangan. Tanaman hortikultura merupakan tanaman yang dihasilkan dengan menggunakan proses budidaya pertanian modern. Jenis tanaman ini memiliki beberapa ciri antara lain mudah busuk, membutuhkan ruang tanam yang luas, panen musiman, dan memerlukan lokasi tanam yang sesuai. Tanaman hortikultura dapat membantu menjaga kesehatan tubuh manusia karena banyak mengandung serat, zat besi, kalsium, fosfor, mineral dan vitamin, seperti vitamin A, vitamin B, vitamin C dan vitamin E. Tanaman kebun yang dapat dimanfaatkan sebagai makanannya adalah buah-buahan dan sayur-sayuran. Beberapa contoh sayuran adalah sawi, bayam, wortel, kangkung, selada, kubis, buncis, dan mentimun.

Makanan nabati merupakan berbagai jenis tumbuhan yang banyak mengandung karbohidrat dan protein yang bermanfaat sebagai sumber energi bagi manusia. Tanaman pangan merupakan sumber pangan pokok yang menunjang kehidupan manusia. Tumbuhan pangan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan bagi manusia, khususnya biji-bijian, kacang-kacangan, dan umbi-umbian (Garjito, 2018).

Bahan pangan yang berasal dari tumbuhan mempunyai ciri-ciri yang dapat dibedakan berdasarkan tekstur fisik dan rasanya.

3.3.1 Berdasarkan struktur fisik

Berdasarkan teksturnya, bahan pangan nabati dibedakan menjadi 5 (lima) kelompok, yaitu:

1. Tekstur lembut

Beberapa contoh bahan pangan nabati yang teksturnya lembut, khususnya sayuran dan beberapa makanan buah-

buahan, seperti pepaya, mangga, pisang, nanas, duku, jeruk dan strawberry.

2. Tekstur keras

Beberapa Contoh bahan pangan nabati yang bertekstur keras yaitu umbi-umbian, bahan pangan dari batang tumbuhan, serta jenis tertentu dari buah-buahan seperti apel, salak, dan pir.

3. Ketangguhan tekstur

Bahan pangan nabati dengan tekstur elastis adalah bahan pangan yang berasal dari batang atau akar tumbuhan, misalnya akar teratai.

4. Tekstur renyah

Bahan pangan nabati bertekstur renyah adalah bahan pangan yang diolah dengan cara dikeringkan, seperti singkong dan jagung pipil.

5. Tekstur lembut, lentur dan elastis

Bahan pangan nabati bertekstur lembut, tekstur lembut dan elastis terdapat pada beberapa buah-buahan (Garjito, 2018).

3.3.2 Berdasarkan rasa

Berdasarkan rasanya, bahan pangan nabati dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. Manisnya

Beberapa contoh bahan pangan nabati yang mempunyai rasa manis adalah pepaya, pepaya, pisang, jambu biji, kelengkeng dan rambutan. , melon, semangka dan pir.

2. Rasa asam

Beberapa contoh bahan pangan nabati yang mempunyai rasa asam yaitu markisa, kedondong, jeruk dan asam jawa.

3. Rasa pahit

Beberapa contoh yang pahit mentah makanan nabati antara lain daun pepaya, pare, coklat, kopi dan varietas yang ditemukan (Garjito, 2018).

3.3.3 Contoh Pangan nabati

1. Buah

Buah dikenal sebagai makanan yang mempunyai rasa yang lezat, segar dan mengandung banyak nutrisi yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Makanan ini kaya akan mineral, serat, dan banyak vitamin seperti vitamin A, vitamin B, vitamin B1, vitamin B6, dan vitamin C. Beberapa buahnya adalah apel, nanas, mangga, dan jambu biji, manggis, pisang, jeruk, melon dan semangka.

2. Sayuran

Sayuran merupakan makanan yang gizinya cukup lengkap. Sayuran merupakan sumber makanan yang banyak mengandung zat gizi yang diperlukan tubuh seperti vitamin, mineral, serat, kalsium, kalium, zat besi dan folat. Mengandung vitamin yang cukup untuk tubuh. Beberapa contoh sayuran adalah sawi, bayam, terong, kangkung, selada, kol, buncis, dan mentimun.

3. Sereal

Sereal adalah makanan yang dihasilkan dari benih tanaman pangan yang ditanam sebagai sumber makanan pokok manusia. Biji-bijian ini merupakan sumber makanan yang sebagian besar mengandung karbohidrat. Selain itu tanaman ini kaya akan protein, rendah lemak, banyak mengandung serat kasar, serta banyak mengandung mineral dan vitamin seperti vitamin E dan vitamin B. Beberapa contoh tanaman Tanaman sereal adalah padi, jagung, gandum, sorgum dan jelai.

4. Kacang-kacangan

Kacang-kacangan dihasilkan dari tanaman pangan yang memiliki biji yang relatif lebih besar dibandingkan biji-bijian. Kacang kaya akan serat, protein, lemak sehat, mineral dan vitamin, termasuk vitamin E. Beberapa contoh kacang-kacangan adalah kacang tanah, kacang merah, buncis, kedelai, almond, kacang mete, dan kacang pinus.

5. Umbi

Umbi merupakan makanan nabati yang terbentuk di dalam tanah. Umbi-umbian merupakan sumber pangan yang sebagian besar mengandung karbohidrat atau pati. Selain itu umbi-

umbian juga mengandung serat, vitamin, mineral, protein, kalsium, zat besi, fosfor, kalium dan lain-lain. Beberapa contoh umbi-umbian adalah kentang, singkong, talas, ubi jalar, bawang bombay, bawang bombay, dan bengkuang.

6. Rempah-rempah

Rempah-rempah merupakan bahan makanan yang biasa digunakan sebagai penambah cita rasa pada makanan. Selain menambah cita rasa, rempah-rempah juga mengandung berbagai macam bahan yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Rempah-rempah dapat digunakan untuk menurunkan kadar gula, melawan peradangan, mengatasi mual dan sakit perut, menjaga kesehatan jantung, menghilangkan rasa sakit, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, mencegah alergi dan hidung tersumbat, menjaga kesehatan pencernaan, menurunkan kolesterol, menurunkan berat badan dan lemak tubuh. Beberapa contoh rempah-rempah adalah jahe, kayu manis, kunyit, lengkuas, adas, serai, kapulaga, ketumbar, ginseng, pala, dan lada hitam (Garjito, 2018).

3.4 Pangan Hewani

Pangan hewani merupakan sumber pangan yang dihasilkan dari hewan dan dapat dikonsumsi oleh manusia. Makanan hewani diketahui merupakan sumber protein dan lemak. Kandungan protein pada pangan hewani relatif tinggi dan mungkin berperan dalam meningkatkan kesehatan dan kecerdasan. Protein yang terdapat pada pangan yang berasal dari hewan mengandung asam amino esensial yang lebih lengkap dan seimbang dibandingkan dengan protein yang terdapat pada pangan yang berasal dari tumbuhan. Kandungan protein pada makanan hewani dapat lebih mudah dicerna dan diserap tubuh. Protein hewani ini dapat membantu dalam memperbaiki dan membangun jaringan pada tubuh manusia. Selain protein, makanan hewani banyak mengandung nutrisi lain seperti vitamin B12, vitamin D, zat besi, dan asam lemak omega-3. Meski mengandung banyak bahan bermanfaat, konsumsi makanan hewani secara berlebihan tidak dianjurkan karena dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit, seperti jantung, diabetes, dan kanker.

Mengonsumsi pangan yang berasal dari tumbuhan sudah menjadi kebutuhan pokok atau bahkan primer bagi sebagian masyarakat, konsumsi pangan yang berasal dari hewan tidak boleh diabaikan demi kepentingan terpenuhinya kebutuhan gizi seimbang. Untuk mencapai pola makan seimbang, dianjurkan untuk mengonsumsi makanan pokok, sayur-sayuran dan buah-buahan setiap hari, dibarengi dengan konsumsi makanan sehari-hari yang mengandung protein hewani. Malnutrisi dapat menurunkan daya tahan tubuh, meningkatkan risiko penyakit, pertumbuhan tidak normal, menurunkan tingkat kecerdasan dan menurunkan produktivitas tenaga kerja. Oleh karena itu, penting untuk mengonsumsi makanan yang berasal dari hewan dan juga mengonsumsi makanan yang berasal dari tumbuhan.

Makanan yang berasal dari hewan seringkali diolah sebelum dikonsumsi manusia. Bahan makanan ini dapat diolah dengan berbagai cara untuk menghasilkan masakan yang lezat dan bergizi. Di bawah ini adalah 4 (empat) jenis makanan hewan yang dapat dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Iriyanto & Giyatmi, 2018).

1. Daging

Daging terbagi menjadi dua jenis yaitu daging putih dan daging merah. Daging putih yang dijadikan makanan bisa berasal dari unggas dan ikan. Daging merah yang dijadikan makanan bisa berasal dari sapi, kerbau, kambing dan babi. Baik daging putih maupun daging merah mengandung banyak nutrisi yang diperlukan tubuh manusia.

Daging putih merupakan salah satu pangan hewani dengan kandungan protein yang rendah. Daging putih mengandung asam lemak tak jenuh dan omega 3 yang baik untuk kesehatan jantung dan dapat mencegah berbagai penyakit. Selain itu, daging jenis ini juga banyak mengandung vitamin dan mineral seperti vitamin B, vitamin B6, vitamin B12, vitamin C, vitamin D, vitamin E, niasin dan magnesium.

Daging merah merupakan salah satu makanan Hewani sumber protein yang mengandung asam amino esensial. Asam amino esensial merupakan protein pembangun tubuh

yang tidak dapat dibentuk di dalam tubuh sehingga harus diperoleh dari makanan yang dikonsumsi. Selain itu daging juga banyak mengandung komponen lain khususnya lemak serta vitamin dan mineral seperti vitamin B12, vitamin B6, zinc, selenium, zat besi, niasin dan fosfor. Mengonsumsi daging merah dalam jumlah yang cukup menawarkan banyak manfaat kesehatan. Beberapa manfaat daging merah adalah dapat menjaga kesehatan darah, mempercepat penyembuhan, meningkatkan metabolisme, meningkatkan massa otot, meningkatkan kekuatan dan kepadatan tulang.

2. Ikan

Ikan merupakan salah satu bahan pangan hewani yang merupakan sumber protein dan mempunyai kandungan gizi yang sangat kaya seperti asam lemak omega 3, asam lemak tak jenuh, kalsium, yodium, vitamin A, vitamin D, vitamin B6 dan vitamin B12. Ikan memiliki manfaat yang baik untuk kesehatan mata dan perkembangan otak. Ikan juga dapat membantu perkembangan janin dan menciptakan kehamilan yang sehat bagi ibu hamil. Selain itu, konsumsi ikan juga disebut dapat membantu meningkatkan kekuatan tulang, menurunkan risiko asma, menurunkan risiko depresi, menurunkan risiko diabetes pada anak, menurunkan risiko penyakit Alzheimer, dan menurunkan risiko penyakit kardiovaskular, seperti jantung. dan penyakit pembuluh darah. Beberapa jenis ikan yang kaya akan protein antara lain salmon, tuna, tuna, cod, teri, sarden, dan kakap.

3. Telur

Telur merupakan salah satu bahan makanan hewan yang merupakan sumber protein terbaik dan mudah dibeli karena harganya yang cukup terjangkau. Telur juga merupakan bahan makanan serbaguna, mudah disiapkan dan lezat. Masyarakat dengan kemampuan ekonomi terbatas dalam membeli pangan hewani, seperti daging dan ikan, dapat mengonsumsi telur sebagai sumber protein. Selain protein, telur juga merupakan bahan pakan ternak yang banyak mengandung zat gizi lain seperti kalsium, karbohidrat, fosfor, zat besi, kalium, natrium, zinc, vitamin A, vitamin B1,

vitamin B2, vitamin B6, vitamin D, vitamin E dan vitamin K. Putih telur memiliki kandungan protein tertinggi dan mengandung bahan lain seperti vitamin B2, vitamin B6, vitamin B12 dan selenium. Di sisi lain, kuning telur mengandung lemak, kalori, kolesterol dan banyak mineral. Karena mengandung nutrisi yang hampir lengkap, telur membawa banyak manfaat bagi kesehatan tubuh.

Beberapa manfaat yang bisa didapat jika mengonsumsi telur antara lain pembentukan jaringan tubuh dan penunjang menunjang aktivitas, menjaga kesehatan mata, menjaga kesehatan otak, , mengurangi kadar kolesterol. Membantu mengurangi risiko penyakit jantung, membantu menjaga berat badan dan membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh. Meski memiliki banyak manfaat, konsumsi telur tetap patut diperhatikan bagi penderita diabetes, penderita penyakit jantung, tekanan darah tinggi, dan penderita masalah kolesterol darah. Orang dengan kondisi ini tetap boleh makan telur, namun sebaiknya batasi tidak lebih dari tiga kali seminggu. Penderita alergi juga sebaiknya menghindari makan telur. Gejala yang dialami orang yang alergi telur antara lain ruam, gatal, dan sakit perut. Meski ringan, gejala ini tidak boleh diabaikan karena juga dapat menimbulkan reaksi parah pada beberapa orang.

4. Susu

Susu merupakan minuman yang berasal dari hewan yang cocok dikonsumsi pada segala usia. Susu juga sering diolah menjadi makanan atau minuman lain, seperti keju atau yogurt. Susu mengandung berbagai nutrisi penting yang dapat membantu menjaga kesehatan tubuh. Susu yang dihasilkan sapi biasanya mengandung karbohidrat, lemak, protein, zat besi, fosfor, kalsium, natrium, seng, kalium, vitamin A, vitamin B1, vitamin B2 dan vitamin C. Susu dapat memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan dan perkembangan anak serta membantu mereka. mengurangi risiko berbagai penyakit, seperti osteoporosis dan penyakit kardiovaskular, pada orang dewasa.

Beberapa manfaat dapat diperoleh dengan mengonsumsi susu, khususnya meningkatkan kekuatan tulang, menjaga kesehatan jantung, meningkatkan massa otot, mengurangi kanker beresiko, meningkatkan daya tahan tubuh, menurunkan gula darah, menjaga tekanan darah, meningkatkan tenaga dan kebugaran, mengoptimalkan fungsi otak, mencegah masalah gigi, mempercepat penyembuhan luka, menjaga kesehatan mata serta dapat membuat kulit tampak awet muda (Iriyanto & Giyatmi, 2018).

3.5 Kelompok Utama Bahan Pangan

3.5.1 Air

Kadar air sangat mempengaruhi mutu pangan, karena dapat mempengaruhi kenampakan, tekstur, dan rasa pangan. Bahkan bahan makanan kering, seperti buah kering, tepung, dan biji-bijian, mengandung sedikit air. Air berperan dalam zat makanan dan sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dll.

Semua bahan makanan mengandung air dalam jumlah yang bervariasi, baik bahan makanan tersebut berasal dari hewan atau tumbuhan. Misalnya buah dan sayur segar memiliki kadar air 90-95%, susu 85-90%, ikan 70-80%, telur 70-75%, dan daging 60-70%.

Pengurangan air juga bertujuan untuk mengawetkan dan mengurangi volume dan berat makanan, sehingga pengemasan menjadi lebih mudah dan ekonomis. Beberapa biji-bijian yang tersedia secara komersial memiliki kadar air tertentu, misalnya beras memiliki kadar air sekitar 14% atau kedelai memiliki kadar air sekitar 8%. Pada kadar air ini, beras dan kedelai mempunyai umur simpan dan daya tahan yang lebih lama dibandingkan dalam keadaan segar pada kadar air yang lebih tinggi.

Air pada makanan terdapat dalam bentuk air bebas dan air terikat. Air bebas mudah dihilangkan melalui penguapan atau pengeringan, sedangkan air terikat sulit dihilangkan dari makanan, bahkan melalui penguapan (Koeswardhani, 2020).

3.5.2 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi manusia. Sekitar 60 hingga 80% kalori yang diperoleh tubuh manusia berasal dari karbohidrat. Hal ini terutama berlaku bagi negara-negara di Asia Tenggara. Selain sebagai sumber utama, juga berperan penting dalam menentukan ciri-ciri bahan pangan, seperti rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Bagi tubuh manusia, sebagian besar karbohidrat berasal dari makanan sehari-hari yang meliputi tumbuhan (tumbuhan).

Pembentukan karbohidrat dari tumbuhan terjadi melalui asimilasi atau fotosintesis, yang terjadi melalui permukaan daun yang menyerap udara (CO_2), serta air yang diserap oleh akar, yang diangkut ke jaringan daun. Klorofil merupakan pewarna (pigmen) hijau yang menyerap energi matahari dan memungkinkan tanaman membentuk karbohidrat dari CO_2 dan air. Karbohidrat (pati) akan diangkut ke tempat penyimpanan terutama pada buah-buahan, akar-akaran dan umbi-umbian.

Bergantung pada ukuran molekulnya, karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Monosakarida, yaitu karbohidrat dengan struktur molekul paling sederhana, terdiri dari 5 atau 6 atom C. Golongan ini mencakup karbohidrat yang terdapat pada tumbuhan dan buah-buahan yang mempunyai rasa manis.
2. Oligosakarida adalah polimer dari 2 hingga 10 monosakarida, yang umumnya ditemukan dalam sari tebu atau bit.
3. Polisakarida adalah polimer yang terdiri dari lebih dari 10 monosakarida. Hal ini umumnya ditemukan dalam pati tanaman seperti biji-bijian dan umbi-umbian (Koeswardhani, 2020).

3.5.3 Protein

Protein merupakan nutrisi penting bagi kelangsungan hidup organisme. Selain berfungsi sebagai bahan bakar dalam tubuh, juga berfungsi sebagai bahan pembangun dan pengkondisi. Protein merupakan sumber asam amino yang mengandung unsur C, H, O dan N yang tidak dikandung lemak

atau karbohidrat. Molekul protein juga mengandung belerang (S) dan fosfor (P), serta ada juga protein yang mengandung unsur logam seperti besi dan tembaga. Dalam setiap sel hidup, protein merupakan komponen yang sangat penting. Di sebagian besar jaringan tubuh, protein merupakan komponen terpenting setelah air, dengan berat sekitar 50% dari berat kering sel dalam jaringan seperti hati dan daging, sedangkan pada jaringan segar jumlahnya sekitar 20%.

Pada dasarnya, protein terdiri dari unit asam amino yang membentuk “polimer”, yang membentuk senyawa panjang. Molekul asam amino memiliki gugus amino ($-NH_2$) yang bersifat basa dan gugus karboksil ($-COOH$) yang bersifat asam. Situasi ini memungkinkan asam amino bereaksi dengan asam dan basa, serta reaktan lainnya. Gugus amino suatu asam amino dapat bereaksi dengan gugus karboksil asam amino lain melepaskan molekul H_2O dan membentuk ikatan peptida ($-CO-NH-$). Dua molekul asam amino membentuk ikatan peptida yang disebut dipeptida.

Asam amino dibagi menjadi asam amino esensial dan non-esensial. Asam amino esensial merupakan asam amino yang dibutuhkan tubuh tetapi tidak dapat disintesis sendiri oleh tubuh sehingga harus ada dalam makanan sehari-hari. Asam amino non-esensial adalah asam amino yang dapat dibentuk di dalam tubuh dan sama sekali tidak boleh ada dalam makanan. Asam amino esensial meliputi: leusin, isoleusin, lisin, triptofan, fenilalanin, metionin, treonin, dan valin. Asam amino non-esensial meliputi: arginin, Sistin, Glisin, Histidin, Serin, dan Tirosin.

Fungsi protein antara lain: membentuk jaringan tubuh, menggantikan sel-sel yang rusak dan aus, membuat susu, enzim dan hormon, membuat protein dalam darah, menjaga keseimbangan asam basa tubuh, cairan tubuh dan pembuluh darah, serta memberikan energi. Protein juga berfungsi menyediakan kalori jika jumlah karbohidrat dan lemak tidak mencukupi kebutuhan tubuh. Jika protein tidak mengandung cukup asam amino esensial sehingga tidak dapat digunakan

untuk membangun jaringan dalam tubuh, maka protein tersebut dapat dioksidasi untuk menghasilkan energi.

Bergantung pada sumbernya, protein dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: protein hewani berasal dari hewan misalnya susu, ikan, daging, telur, keju, hati, dll. Protein nabati yang berasal dari tumbuhan, terdapat pada kacang-kacangan seperti kedelai, kacang tanah dan hasil olahannya (misalnya tahu dan tempe), buncis, ginjal kacang-kacangan, dan sebagainya.

Protein hewani mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan protein nabati, karena protein hewani mempunyai kandungan asam amino esensial yang lebih lengkap dan komposisinya mendekati nilai protein tubuh manusia, sedangkan protein nabati mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan protein nabati, kecuali protein kacang-kacangan. dan produk olahannya (Koeswardhani, 2020).

3.5.4 Lemak dan Minyak

Molekul lemak tersusun dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen (C, H dan O). Setelah karbohidrat, lemak merupakan sumber energi kedua bagi tubuh manusia. Satu gram lemak menghasilkan 9 kalori, jadi sebenarnya lebih hemat karena juga melarutkan vitamin A, D, E, K sehingga bisa diserap melalui dinding usus kecil dan menyediakan asam lemak esensial. Tubuh manusia tidak dapat memproduksi asam lemak esensial yang harus diekstraksi dari makanan dan bekerja untuk melindungi organ-organ halus tubuh. Kandungan energi lemak berarti lebih besar dibandingkan molekul karbohidrat (4 kalori) dan protein (4 kalori). Lemak memberi makanan rasa yang lezat dan halus serta dapat membuat Anda merasa kenyang lebih lama. Tergantung pada bentuknya, sebagian lemak berbentuk padat dan sebagian lainnya berbentuk cair.

Lemak cair lebih mudah dicerna dibandingkan lemak padat. Ada juga lemak yang meleleh jika dipanaskan perlahan, seperti mentega. Berdasarkan asalnya, lemak dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu:

1. lemak nabati seperti minyak kelapa, minyak kacang tanah, minyak jagung, margarin, dll. ;
2. lemak hewani seperti lemak sapi, lemak kambing, lemak babi, mentega, minyak ikan, dll.

Berdasarkan ikatan kimianya, lemak dibedakan menjadi 2 (dua) golongan:

1. Gliserida lemak hanya mencakup asam lemak dan gliserol;
2. Zat tersebut selain asam lemak dan gliserol juga mengandung zat lain seperti fosfor, glikogen, dan lain-lain.

Lemak hewani mengandung banyak sterol yang disebut kolesterol, sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol dan banyak mengandung asam lemak tak jenuh sehingga biasanya berbentuk cair. Lemak hewani yang berbentuk padat (lemak hewani) biasanya berasal dari lemak hewani terestrial seperti lemak susu, lemak babi, dan lemak sapi.

Misalnya saja lemak hewani laut yaitu minyak ikan paus, minyak hati ikan kod, minyak ikan haring, sedangkan lemak nabati cair dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

1. Minyak pengering akan membentuk lapisan keras bila dikeringkan di udara (cat minyak);
2. minyak semi-kering (jagung, biji kapas, minyak bunga matahari);
3. minyak yang tidak mengering (minyak kelapa dan minyak kacang tanah).

Lemak nabati padat adalah minyak kakao dan minyak inti sawit. Orang yang makan lebih banyak lemak dari yang diperlukan dan kurang berolahraga akan menyimpan lemak di tubuh sebagai cadangan sehingga menyebabkan berat badan bertambah (Koeswardhani, 2020).

3.6 Sifat Bahan Pangan

3.6.1 Sifat Umum Komponen Bahan Pangan

1. Sifat karbohidrat dalam makanan
 - a. Mono dan oligosakarida
 - 1) Hidrofilisitas: mempengaruhi pengikatan terhadap air
 - 2) Pengikatan ligan senyawa aromatic
 - 3) Warna coklat yang tidak teroksidasi: menghasilkan pigmen melanoidin
 - Glisin: rasa caramel
 - Valin: rasa roti
 - Glutamin: rasa coklat
 - 4) Pemanis
 - b. Polisakarida
 - 1) Tidak larut & tidak dapat dicerna: lengket, renyah, lezat
 - 2) Larut dalam Air: Tersebar dalam air, memberikan kekerasan, viskositas, daya rekat, kemampuan pembentuk gel, dan rasa di mulut (Setiawan, 2023).
2. Sifat lemak dalam makanan
 - a. Emulsi
 - 1) O/W: lipid yang terdispersi dalam air (misalnya Susu)
 - 2) W/O: lipid yang dapat terdispersi dalam air (misalnya Margarin)
 - 3) Tidak stabil sehingga menyebabkan:
 - Berbusa
 - Flokulasi
 - Aglomerasi
 - 4) Stabilisasi emulsi: Pengemulsi
 - Padatan berbutir halus
 - Dengan kristal cair
 - Dengan peningkatan viskositas fase kontinyu
 - Contoh pengemulsi alami: lesitin
 - b. Lipolisis: akan menghasilkan lemak bebas unsur-unsur sehingga mudah teroksidasi
 - c. Autooksidasi

- 1) Ini adalah reaksi dengan O_2 yang akan membentuk hidroksiperoksida, menghasilkan zat yang lebih pendek seperti keton
- 2) Dipengaruhi oleh:
 - Komposisi asam lemak
 - Asam lemak bebas
 - Konsentrasi oksigen
 - Suhu
 - Permukaan
 - Kelembapan
 - Adanya antioksidan dan antioksidan (Setiawan, 2023).
3. Sifat protein dalam makanan
 - a. Hidrasi: kemampuan mengikat air, dipengaruhi oleh pH dan kandungan ATP
 - b. Kelarutan: dipengaruhi oleh pH, pembentukan
 - c. Viskositas: ketahanan terhadap karakteristik aliran/viskositas. Viskositas lebih tinggi pada suhu rendah, tekanan, pengasaman dan pertumbuhan bakteri
 - d. Gelatin: mampu membentuk gel
 - e. Tekstur
 - f. Membentuk pasta
 - g. Pengemulsi: adanya pengemulsi seperti lesitin, lesitoprotein
 - h. Busa: dispersi koloidal gas dalam cairan, stabilitas busa dipengaruhi oleh kandungan ovomisin
 - i. Pengikat rasa: Penguat rasa pada Makanan dan minuman dibuat dari bahan-bahan yang memenuhi standar food grade (Setiawan, 2023).

3.6.2 Sifat Bahan Pangan Berdasarkan Jenis

Sifat Bahan Makanan Berdasarkan jenisnya, bahan makanan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Sifat Fisika

Sifat fisika yaitu sifat bahan pangan yang berkaitan dengan tekstur bahan pangan, antara lain: kelarutan, kemampuan mengikat air, manisnya, kekuatan

Sifat fisik sangat erat kaitannya dengan mutu bahan pangan karena dapat digunakan sebagai informasi dasar untuk menentukan sejauh mana metode pengolahan dan/atau rancangan peralatan pengolahan, khususnya peralatan pengolahan otomatis.

2. Sifat Kimia

Sifat kimia bahan pangan ditentukan oleh senyawa kimia yang ada sejak bahan pangan tersebut dipanen/ditangkap hingga diolah. Perubahan kandungan senyawa kimia pada bahan pangan dipengaruhi oleh kadar kematangan biologis, jenis kelamin, suhu, persediaan makanan, pupuk atau parameter lingkungan lainnya. Menyebabkan perubahan pada:

Rasa:

- a. Tengik
- b. Karamelisasi
- c. Rasa berkurang

Warna:

- a. Menjadi tua
- b. Menjadi lebih muda dan menghilangkan warna

Nilai gizi:

- a. Kerusakan dan pengurangan vitamin dan mineral
- b. Kerusakan dan perubahan protein, lipid dan karbohidrat

3. Sifat Biologis

- a. Sifat biologis memainkan peran yang sangat penting dalam perancangan proses pengolahan dan pemrosesan.
- b. Sifat biologis utama bahan makanan adalah kandungan mikrobanya.
- c. Sebagian besar mengandung bakteri karena mereka dipanen/ditangkap dan disebarkan ke seluruh permukaan.
- d. Ada yang merupakan bakteri asli (tumbuhan alami) dan ada pula yang berasal dari polusi (Setiawan, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Astalog, 2015. *Klasifikasi dan Penggolongan Bahan-Bahan Pangan*, Makassar: Astalog.com: Sumber Informasi dan ilmu Pengetahuan.
- Garjito, M., 2018. *Pendidikan Konsumsi Pangan: Aspek Pengolahan dan Keamanan*. Jakarta: Gramedia Digital.
- Iriyanto, H. E. & Giyatmi, 2018. *Pengembangan Produk Pangan: Teori dan Implementasi*. Jakarta: Gramedia.
- Koeswardhani, 2020. *Modul 1: Teknologi Pengolahan Pangan*, Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Koeswardhani, 2020. *Teknologi Bahan Pangan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Setiawan, S., 2023. *Klasifikasi Pangan*, Jakarta: Gurupendidikan.com.

BAB 4

EDIBLE FATS AND OILS

Oleh Nur Aeni

4.1 Pendahuluan

Sebagian besar *fats* (lemak) dan *oils* (minyak) terdiri dari *triacylglycerides*, juga dikenal sebagai *triacylglycerols*. *Triacylglycerides* ini memiliki komposisi asam lemak yang berbeda secara signifikan. Komponen lain yang mencakup kurang dari 3% lemak dan minyak, yang merupakan fraksi tidak tersabunkan dan terdiri dari sejumlah asil lipid, seperti diasilgliserol dan asam lemak bebas mono. *Fats* adalah bentuk padat atau semi padat pada suhu kamar, sedangkan *oils* adalah bentuk cair. Selain karbohidrat dan protein, lemak dan minyak yang dapat dimakan merupakan bagian penting dari makanan manusia (Endo, 2020).

Sebagai sumber energi, lemak dan minyak menghasilkan 9 kkal per gram, sedangkan protein dan karbohidrat hanya menghasilkan 4 kkal per gram. Minyak dan lemak, terutama minyak nabati, berfungsi sebagai sumber dan pelarut vitamin A, D, E, dan K. Asam-asam lemak esensial seperti asam linoleat dan asam lenolenat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol. Hampir semua bahan pangan memiliki minyak dan lemak dengan kandungan yang berbeda-beda. Lemak dibagi menjadi "lemak terlihat" (*visible fat*), seperti lemak hewani, mentega, margarin, dan *shortening*, dan "lemak tidak terlihat" (*invisible fat*), seperti lemak dalam susu, kuning telur, daging, biji-bijian, dan kacang-kacangan (Muchtadi dkk, 1992). Lemak dapat dibagi menjadi lemak hewani dan nabati berdasarkan sumbernya. Salah satu manfaat lemak nabati adalah banyaknya *linoleic acid* dan *linoleic acid fat* yang terdapat dalam *vegetable oil* seperti biji matahari, kedelai, dan jagung. Tubuh memerlukan asam lemak esensial dari makanan karena tidak dapat membuatnya sendiri. Secara umum, dalam

suhu ruang, lemak adalah trigliserida padat, sedangkan minyak adalah trigliserida cair. Trigliserida dibuat dengan kondensasi satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak untuk membentuk satu molekul trigliserida dan tiga molekul air. Jika $R_1 = R_2 = R_3$, maka trigliserida sederhana dibuat (Sudarmadji dkk, 2003).

Karakteristiknya berbeda berdasarkan jenis, jumlah, dan susunan asam lemak dalam molekul lemak. Panjang rantai karbon, yang dapat berkisar antara 4 dan 26 atom karbon, dan ikatan tunggal atau rangkap yang menghubungkan atom karbon membuat asam lemak jenuh atau tidak jenuh. Asam lemak dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan panjang rantai karbonnya. Asam lemak berantai pendek, atau asam lemak berantai pendek, memiliki dua sampai empat rantai karbon; asam lemak berantai medium, atau asam lemak berantai medium, memiliki enam sampai dua belas rantai karbon; dan asam lemak berantai panjang, memiliki lebih dari dua belas rantai karbon: (1) asam lemak jenuh (SFA), yang berarti *fatty acids* yang tidak memiliki ikatan rangkap sama sekali, seperti asam butirat; (2) *monounsaturated fatty acids* (MUFA), yang berarti *fatty acids* yang hanya memiliki satu ikatan rangkap, seperti asam oleat; dan (3) *polyunsaturated fatty acid* (PUFA), seperti *linoleic acid* (dua ikatan rangkap, C18: 2) (Muchtadi dkk, 1992).

Minyak dan lemak alami dapat ditemukan dalam berbagai sumber hewani dan nabati. Selain memberikan energi, mendukung pertumbuhan dan perkembangan, menyediakan asam lemak esensial, dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh, lemak dan minyak juga merupakan komponen penting dari diet yang seimbang dan sehat. Vitamin yang larut dalam lemak, terutama vitamin E, yang dikenal dengan sifat antioksidannya, merupakan bagian penting dari diet ini. Bahan-bahan ini juga meningkatkan sifat sensorik produk makanan. Bahkan pengobatan dan produksi biodiesel dapat melibatkan penggunaan lemak dan minyak tertentu (Amang dkk, 1996).

Masyarakat umum banyak mengonsumsi lemak dan minyak. Kurang dari 290 juta ton minyak dikonsumsi setiap

tahun. Minyak goreng dapat dibuat dari berbagai macam bahan mentah, seperti kelapa sawit, kacang kedelai, biji jagung, biji bunga matahari, dan kopra. Fungsinya sebagai penghantar panas, minyak goreng meningkatkan rasa dan kalori makanan yang digoreng. Banyaknya permintaan makanan goreng menunjukkan jumlah makanan goreng yang dikonsumsi Masyarakat (Amang dkk, 1996).

Minyak berkualitas baik tahan terhadap panas, stabil pada cahaya matahari, tidak merusak rasa hasil bahan olahan makanan, menghasilkan tekstur dan rasa yang bagus, sedikit asap setelah digunakan berulang-ulang, dan memberi produk warna keemasan. Minyak juga mengubah warna, rasa, aroma, daya simpan, dan kadang-kadang meningkatkan gizi produk (Amang dkk, 1996). *Vegetable oil* adalah sejenis minyak tumbuhan yang banyak digunakan untuk memasak, menggoreng, dan melindungi rasa makanan. *Palm oil, corn oil, olive oil, soy oil, and sunflower oil* merupakan jenis *Vegetable oil* yang paling umum digunakan. Menurut cara mereka digunakan, *Vegetable oil* dibagi menjadi dua kelompok. Yang pertama adalah *Vegetable oil* yang digunakan dalam industri makanan (*edible oil*), seperti *coconut oil, palm oil, olive oil, soy, canola*, dan sebagainya. Yang kedua adalah *Vegetable oil* yang digunakan dalam industri non-makanan (*non edible oil*), seperti *castor oil, quintessence oil, eucalyptus oil*, dan sebagainya. Untuk menggoreng makanan, minyak dapat digunakan sebagai perantara karena dapat menghantarkan panas, menambah rasa gurih, memberikan nutrisi, dan kalori. Tetapi pemanasan minyak pada suhu optimum dalam waktu yang lama akan menghasilkan senyawa polimer yang berbentuk padat dalam minyak. Senyawa padat ini akan teroksidasi menyebabkan radikal bebas yang berbahaya bagi kesehatan. Radikal bebas dapat berasal dari sumber luar, seperti makanan yang mengandung lemak, makanan yang digoreng, zat pewarna, pengawet, dan polutan udara. Sumber internal termasuk superoksida yang dihasilkan dari penurunan oksigen selama fagositosis, iskemia, atau reaksi Fenton (Halliwell dkk, 1989).

4.2 Lemak Hewani

Animal fats merupakan lemak hewan seperti ayam dan sapi. Sifat fisika-kimia dan kadar lemak ayam dan sapi dapat diperiksa dengan analisis asam lemak menggunakan FTIR dan GCMS. Pada penelitian (Hermanto dkk, 2008), sampel jaringan lemak yang diekstraksi dengan bobot cuplikan yang relatif sama antara ayam dan sapi menunjukkan tingkat lemak yang berbeda. Kadar lemak daging ayam adalah 10,9 persen lebih tinggi daripada kadar lemak sapi, yang hanya 4,5 persen. Kandungan lemak setiap spesies mungkin berbeda secara alami, yang mengakibatkan perbedaan kadar lemak ini. Selain itu, jenis cuplikan yang digunakan (jaringan otot daging atau bagian) tidak sama.

Tabel 4.1. Sifat Fisika-kimia Lemak Sapi dan Ayam

<i>Parameters</i>	<i>Beef Fat</i>	<i>Chicken Fat</i>
Bobot jenis (g/mL)	0.8999	0.8769
Nilai bias	1.460	1.461
Melting Point	43.5	34.5
Bilangan Iod	45.75	62.81
Bilangan Penyabunan	237.57	259.77

Sumber: Hermanto dkk, 2008

Titik leleh sampel bergantung pada komposisi asam lemaknya. Titik leleh lemak yang ditingkatkan oleh banyak *monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids*.

(J. M . de Man, 1999). Hal tersebut berperan dalam perbedaan harga bilangan iodnya dan saponifikasi. Perbedaan dalam *long, medium and short fatty acid chains* akan sangat mempengaruhi nilai saponifikasi; sebaliknya, kandungan *fatty acids* tidak jenuh pada setiap larutan contoh akan meningkatkan nilai bilangan iodnya (Paquot, 1999). Akibatnya, dalam analisis

sifat fisika-kimia menunjukkan bahwa larutan contoh memiliki kandungan *fatty acids* yang berbeda dan perbandingan *saturated fatty acids (SFA)* and *unsaturated fatty acids (UFA)*. Kandungan asam lemak sapi lebih tinggi daripada asam lemak ayam, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 6.2 berikut.

Tabel 4.2. *Fatty Acid Composition of Beef and Chicken*

<i>Fatty Acids</i>	<i>Fatty Acid Percentage %</i>	
	<i>Beef Fat</i>	<i>Chicken fat</i>
<i>Lauric Acid</i> C12:0	0,34	-
<i>Miristic Acid</i> C14:0	4,36	0,74
<i>Palmitoleic Acid</i> C16:1	1,40	7,01
<i>Palmitic Acid</i> C16:0	29,40	27,24
<i>Margaric Acid</i> C17:0	1,74	-
<i>Linoleic Acid</i> C18:2	1,17	16,36
<i>Oleic Acid</i> C18:1	20,53	38,35
<i>Stearic Acid</i> C18:0	31,26	5,56
<i>Arachidonic Acid</i> C20:4	-	0,87
<i>Eicosenic Acid</i> C20:1	-	0,41
<i>Aracid</i> C20:0	0,33	-

Sumber: Hermanto dkk, 2008

Meskipun ada perbedaan yang signifikan dalam kandungan asam lemak tidak jenuh tunggal dan asam lemak tidak jenuh ganda, sampel lemak sapi memiliki kandungan *fatty*

acids jenuh rantai panjang yang lebih tinggi yaitu memiliki Carbon 16;0, Carbon 18;0, dan Carbon 20;0 dibandingkan dengan sampel lemak ayam; yang paling tinggi adalah kandungan *linoleic acid* yaitu Carbon 18;2 yang jauh lebih rendah pada sampel lemak sapi dibandingkan dengan sampel lemak ayam. Hasil analisis GCMS menunjukkan bahwa komposisi *polyunsaturated fatty acids* pada lemak ayam lebih tinggi (18 %) daripada lemak sapi (1,2 %) dan komposisi *saturated fatty acids* pada lemak sapi lebih tinggi (68 %) (Hermanto dkk, 2008).

4.3 Lemak Produk Susu

Susu adalah pangan asal ternak (hewani) dari sapi perah yang mengandung protein, lemak, vitamin, dan mineral yang dapat memengaruhi kesehatan seseorang, terutama pada anak-anak saat mereka tumbuh. Karena peningkatan konsumsi susu di Indonesia, industri pengolahan susu berkembang setiap tahun. Susu dan produk turunannya, seperti keju, krim, yogurt, kefir, dan produk olahan susu lainnya, adalah salah satu jenis makanan hewani yang sangat populer dan kaya nutrisi. Ini mengandung laktosa, oligosakarida, vitamin, terutama vitamin larut dalam lemak A, D, E, dan K, serta vitamin larut dalam air seperti vitamin B12, vitamin B2, dan vitamin C. Selain itu, ada asam lemak jenuh dan tidak jenuh, yang memiliki fungsi fisiologis penting (Kanekanian, 2015).

Tabel 4.3. *Fat Content of Dairy Products*

<i>Types of Dairy</i>	<i>Fat Content (%)</i>
<i>Cow's Milk</i>	2,72
<i>Yogurt</i>	
<i>Goat Milk</i>	2,3
<i>Yogurt</i>	
<i>Buffalo Milk</i>	5,51
<i>Yogurt</i>	
<i>Curd</i>	8,32
<i>Kefir</i>	4,87

Sumber: Suciati & Safitri, 2021

Banyak makanan yang berasal dari hewan mengandung linolenat terkonjugasi, linoleat (omega-6), dan *Conjugated Linoleic Acid* (CLA). CLA, *natural components of ruminant animal fats and dairy products and their derivatives*, menurunkan kadar kolesterol dan membantu mencegah dan mengobati penyakit kardiovaskular. CLA tidak hanya memiliki sifat antikanker tetapi juga antiaterogenik. Kefir, yang mengandung CLA, metabolit susu fermentasi, *thought to increase lipolysis and beta oxidation of fatty acids*, yang pada gilirannya dapat mengurangi pembentukan trigliserida. Ini menunjukkan bahwa kefir, sebagai salah satu produk susu, memiliki potensi untuk mengurangi kadar trigliserida (Sari & Pramono, 2012).

4.4 Minyak Ikan (*Fish Oil*)

Selain memiliki banyak kepulauan, Indonesia adalah salah satu negara penghasil ikan laut terbesar di dunia. Untuk tangkapan ikan laut, Indonesia menduduki peringkat ketiga di dunia pada tahun 2008, di belakang Cina dan Peru (FAO, 2010). Namun, ini tidak sebanding dengan jumlah minyak ikan yang diproduksi di Indonesia. Menurut data statistik, impor minyak ikan Indonesia pada tahun 2011 sebesar 4.666 ton, atau 17.555 juta USD, sedangkan eksportnya sebesar 183,407 ton, atau 589,132 USD (KKP, 2012).

Industri Indonesia tidak mampu memenuhi permintaan pasar dalam negeri untuk minyak ikan karena impor yang tinggi. Ini adalah tantangan dan potensi Negara Indonesia untuk mengeksplorasi minyak ikan dan mengambil alih pasar domestik dan internasional. Minyak ikan berkualitas tinggi memiliki banyak asam lemak yang bermanfaat bagi kesehatan. Tubuh membutuhkan *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid*, yang memiliki jenis asam lemak tak jenuh omega-3 yang paling penting, terutama bagi orang dengan kolesterol tinggi karena ikan mengkonsumsi alga yang mengandung *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid* (Haris, 2004). Akibatnya, ikan teri dan ikan herbivora seperti ikan lamuru memiliki komposisi *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid* yang lebih tinggi daripada ikan karnivora

seperti hiu, tuna, dan ikan layaran. Mengonsumsi jangka panjang *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid* telah terbukti bermanfaat dalam menurunkan 45% resiko kematian bagi penderita penyakit jantung koroner dibandingkan dengan penderita yang tidak mengonsumsi atau kekurangan *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid* (Haris, 2004).

Selain itu, *Eicosapentaenoic acid* dan *Docosahexaenoic acid* berkontribusi pada pengurangan kolesterol darah terutama *Low-Density Lipoproteins*, anti-agregat platelet, anti-inflamasi, dan penyembuhan keloid (Olaitan dkk, 2011), Makanan yang tinggi omega-3 juga telah terbukti menurunkan risiko serangan jantung. Studi menunjukkan bahwa ras Eskimo memiliki angka kematian mendadak yang paling rendah di dunia akibat serangan jantung (Hanafiah dkk, 2007).

4.5 Minyak Sawit (*Palm Oil*)

Minyak sawit terdiri dari dua jenis yang berbeda: minyak inti (endosperm) sawit, juga dikenal sebagai *Palm Kernel Oils*, and *mesocarp oils* pada sabut sawit, juga dikenal sebagai CPO (*Crude Palm Oil*) (Ketaren, 2005). Dalam *processing* CPO, digunakan proses *fractionation* yang didasarkan pada perbedaan titik leleh, untuk menghasilkan berbagai fraksi yang kemudian diproses untuk menghasilkan produk yang diinginkan. *Solid fraction* adalah asal-usul penting lemak padat alami yang digunakan untuk menghasilkan mentega, lemak padat, dan produk lain. Sebaliknya, fraksi cair adalah padatan yang mengandung trigliserida dengan nilai iodin yang lebih tinggi dan titik leleh yang lebih rendah yang kemudian digunakan sebagai bahan baku minyak goreng yang stabil pada suhu tinggi dan tahan oksidasi (Corley, 2003). Jumlah steorol dalam *palm oil* lebih rendah daripada *vegetable oil* lainnya yang mengandung *compresterol*, *sigmasterol*, *cholesterol*, dan *sitosterol*. Penemuan juga menunjukkan bahwa satu tandang sawit mengandung 29 L *palm oil*. Minyak goreng kelapa sawit tidak mengandung kolesterol sehingga disebut sebagai minyak goreng *non-cholesterol* (Fauzi dkk, 2008).

Sebagian besar *palm oil* terdiri dari *glycerides*, yang memiliki beberapa *fatty acids*, dengan sedikit monogliserida dan digliserida. Minyak sawit juga mengandung komponen kecil seperti hidrokarbon alifatik, terpenoid, fosfolipid, glikolipid, sterol, karoten, vitamin E atau tokoferol dan tokotrienol. Beta-karoten dan vitamin E memiliki manfaat bagi Kesehatan kulit (Choo 1994; Corley 2003; Paiva 1999). Menurut penelitian, beta-karoten, yang juga dikenal dengan spektrum warna *orange*, dapat digunakan sebagai obat untuk kanker payudara dan paru-paru. Beta-karoten dapat digunakan sebagai sumber provitamin A selain sebagai obat anti kanker. 54% beta-karoten dan 36% alfa-karoten tersimpan dalam daging buah kelapa sawit. Tubuh mengubah betakaroten menjadi provitamin A melalui metabolisme. Namun, minyak sawit berkualitas tinggi mengandung tokoferol bekisar antara 500 dan 800 ppm, yang merupakan sumber vitamin E dan antioksidan alam (Fauzi dkk, 2008).

4.6 Minyak Kelapa (*Coconut Oil*)

Virgin Coconut Oils adalah minyak yang berasal dari sari pati kelapa yang diproses secara higienis tanpa menggunakan api atau bahan kimia tambahan, sehingga kandungan minyak kelapa yang penting tetap terjaga. Minyak kelapa murni tidak mudah tengik karena kandungan asam lemak jenuhnya yang tinggi. Asam lemak jenuhnya terdiri dari asam laurat (48,74%), asam miristat (16,31%), asam kaprilat (10,91%), asam kaprat (8,10%) dan asam kaproat (1,25%) dari sekitar 92% dari VCO. Karena oksigen, air, dan mikroba mengurangi asam lemak dalam VCO menjadi bagian lain, kualitas VCO yang rendah mempercepat proses ketengikan. VCO secara fisik harus jernih.

Ini menunjukkan bahwa tidak ada bahan dan kotoran lain di dalamnya. Biasanya, jika ada air di dalamnya, akan muncul gumpalan putih. Adanya air ini akan mempercepat proses ketengikan. Gumpalan ini juga dapat menjadi bagian blondo yang tidak tersaring. Kontaminasi seperti ini akan berdampak langsung pada kualitas VCO. Sifat fisik dan kimia VCO termasuk

air, asam lemak bebas, warna, iod, bilangan penyabunan, dan peroksida (Marlina dkk, 2017).

Minyak kelapa murni (VCO) memiliki banyak manfaat kesehatan, terutama sebagai anti bakteri, menjaga kesehatan jantung, mencegah diabetes, osteoporosis, lever, dan obesitas, dan memelihara kesehatan kulit. Minyak kelapa memiliki kandungan asam lemak yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis asam lemak lainnya. Nilai iodnya yang berkisar antara 7,5-10,5 memungkinkannya dimasukkan ke dalam golongan minyak yang tidak mengering (Salirawati, 2007).

4.7 Minyak Zaitun (*Olive Oil*)

Minyak zaitun, ekstrak buah zaitun, digunakan dalam berbagai makanan, kosmetik, dan bahan bakar. Memiliki warna kuning yang lebih ringan, kuning kehijauan yang lebih terang, atau kuning yang hampir transparan. Minyak zaitun memiliki bau dan rasa unik. Minyak zaitun menjadi keruh pada suhu 10 °C dan menjadi mentega pada suhu 0 °C; oleh karena itu, harus disimpan di tempat yang sejuk dan kering di dalam wadah rapat yang tertutup dan terlindung dari cahaya. Namun, minyak zaitun sangat sulit larut dalam etanol 95% (Moreton, 2009).

Ada tiga jenis minyak zaitun yang berbeda. Yang pertama adalah minyak zaitun ekstra virgin (EVOO), yang berasal dari ekstrak pertama dengan tingkat keasaman kurang dari 1%. Yang kedua adalah minyak zaitun asli, yang berasal dari buah yang lebih matang dan hampir sama dengan EVOO tetapi memiliki tingkat keasaman 2%. Yang terakhir adalah minyak zaitun biasa, yang berasal dari buah yang lebih matang dan hampir sama dengan EVOO tetapi memiliki tingkat keasaman 3% (Mailer, 2020).

Industri farmasi, kosmetik, dan makanan olahan menggunakan banyak minyak zaitun, termasuk *salad oil*, *cooking oil*, *pasta sauce*, dan sebagainya. Minyak zaitun memiliki dua komponen utama: *saponifiables* dan *unsaponifiables*. Pertama kategori *saponifiables* terdiri dari fosfatida, triasilgliserol, gliserida parsial, ester asam lemak atau asam lemak bebas, dan fenolik. Kedua Kategori *unsaponifiables* terdiri dari *tocopherols*,

phytosterols, color pigments, and phenolics yang menyumbang sekitar 1-2% dari komponen utama minyak. Sebagian besar trigliserida terdiri dari *oleic acid* atau *monounsaturated fatty acids* dan sejumlah kecil *saturated fatty acids* dan *polyunsaturated fatty acids*, seperti *linoleic acid* (Ghanbari dkk, 2012).

Tabel 4.4. Komposisi *Fatty Acids* dalam *Olive Oil*

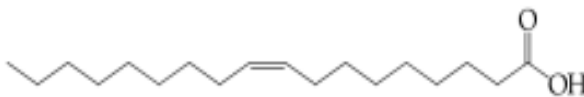
<i>Fatty acid</i>	Concentration
<i>Unsaturated Fatty Acid</i>	
<i>Miristic Acid</i>	0.05%
<i>Palmitic Acid</i>	9.4 – 19.5%
<i>Stearic Acid</i>	1,4 – 3%
<i>Aracidinic Acid</i>	0.3 – 0.4 %
<i>Monosaturated Fatty Acid</i>	
<i>Palmitic Acid</i>	0.6 – 3.2%
<i>Oleic Acid</i>	63.1 – 79.7%
<i>Polysaturated Fatty Acid</i>	
<i>Linoleic Acid</i>	6.6 – 14.8%

Sumber: Jimenes dkk, 2020

Sifat antioksidan minyak zaitun sangat populer karena adanya emolien yang dapat memberikan kelembapan, kelenturan, dan kehalusan kulit. Beberapa senyawa yang membentuk sifat antioksidan minyak zaitun termasuk oleuropein, tokoferol, *beta-cartotene*, *squalene*, *lutein*, dan *hydroxytyrosol*. Senyawa fenolik ini memiliki potensi untuk memiliki efek antibakteri selain berfungsi sebagai antioksidan (Jimenes dkk, 2020; Muzammil dkk, 2021). Minyak zaitun dikatakan memiliki kemampuan untuk menurunkan tekanan darah, yang berarti bahwa berpotensi sebagai antihipertensi. Sifat antihipertensi minyak zaitun berasal dari kemampuan

untuk menjaga proses fungsi endotel vaskular serta adanya konstituen logam kalsium. Selain itu, sifat antitumor minyak zaitun dapat mengubah dan memperbaiki fungsi pankreas, prostat, esofagus, rongga mulut, dan paru-paru. Risiko kanker payudara dapat dikurangi dengan mengonsumsi minyak zaitun (Ghanbari dkk, 2012).

Asam oleat, salah satu asam lemak utama yang ditemukan dalam minyak zaitun, dikatakan memiliki kemampuan untuk meningkatkan *High Density Lipoprotein* (HDL) dan menurunkan *Low Density Lipoprotein* (LDL). Penyakit kardiovaskular, penyebab utama kematian di negara-negara maju, dapat dikurangi dengan minyak zaitun. Kandungan EFA dan MUFA minyak zaitun yang tidak mudah teroksidasi membantu menghambat pertumbuhan sel kanker. Ini karena asam oleat bertanggung jawab untuk memicu kematian sel dan diferensiasi sel (Purwaniati dkk, 2019).



Gambar 4.1. Struktur Asam Oleat
(Sumber : Agustiana, 2019)

4.8 Minyak Biji Bunga Matahari (*Sunflower Oil*)

Minyak biji bunga matahari adalah obat alami untuk mencegah kanker. Kandungan selenium biji bunga matahari membantu memperbaiki DNA, menjaga kesehatan jantung, dan mempercepat penyembuhan luka. Biji dan minyak biji bunga matahari diimpor dari negara lain karena sifatnya yang masi. Minyak biji bunga matahari mengandung banyak karbohidrat, lemak, dan protein. Minyak kedelai, kacang tanah, jagung, dan kelapa sawit memiliki kandungan asam lemak tak jenuhnya yang lebih tinggi daripada oleat dan linoleat, yang menguntungkan Kesehatan (Suprpto dan Supanjani, 2009).

Minyak bunga matahari digunakan untuk berbagai hal yang dibutuhkan manusia setiap hari, seperti minyak goreng,

margarine, cosmetic ingredients, and pharmaceuticals. Minyak biji bunga matahari memiliki kandungan minyak yang lebih rendah kolesterol daripada minyak jagung, dengan kandungan asam oleat 11,7% dan asam linoleat 44–72%, masing-masing berkisar antara 23 dan 45%. Pemerasan bunga matahari menghasilkan 13-20% protein, dan biasanya digunakan sebagai pakan ternak (Rukmana, 2004).

4.9 Minyak Jagung (*Corn Oil*)

Minyak jagung mengandung banyak *unsaturated fatty acids* seperti *linoleic acid* dan *linolenic acid* yang dapat membantu menurunkan kolesterol darah dan menurunkan risiko serangan jantung koroner. Minyak jagung juga mengandung tokoferol, juga dikenal sebagai vitamin E, yang bertanggung jawab untuk mempertahankan rasa dan bau. Minyak jagung mengandung vitamin larut yang dapat digunakan sebagai obat luar. Namun, produksi jagung menjadi minyak jagung di Indonesia masih rendah. Minyak jagung banyak digunakan untuk menggoreng makanan sebagai pengganti minyak kelapa sawit (Rukmana, 2004).

Tabel 4.5. Komponen Asam Lemak dalam Minyak Jagung

Komponen	Jumlah (%)
Oleat Acid	19-49%
Linoleat Acid	34-62%
Stearat Acid	2,5-4,5%
Palmitat Acid	8-12%
Askorbat Acid	>40%
Miristat Acid	0,1%
Palmitoleate Acid	0,1%
Linolenat Acid	1,2%

Sumber: Dwiputra dkk, 2015

Minyak jagung dapat didiversifikasi dan dikembangkan menjadi bentuk lain selain cairan karena sifatnya yang stabil dan mudah dipadatkan (Si dkk, 2014). Jika dibandingkan dengan minyak kelapa sawit, minyak jagung lebih tahan terhadap oksidasi. Namun, beberapa peneliti masih mencari cara untuk meningkatkan kestabilan reaksi oksidasi melalui hidrogenasi parsial. Menurut Zhang (2013), Stabilitas oksidatif dapat ditingkatkan dengan menggunakan hidrogenasi parsial. Sekarang *corn oil*, *rapeseed oil* and *cottonseed oil* adalah jenis *edible oil* yang banyak dijual di wilayah Cina. Minyak jagung sangat disukai karena mengandung karbohidrat dan protein, vitamin E, dan vitamin A. Karena banyaknya asam lemak tak jenuh dan kalorinya, minyak jagung memiliki banyak manfaat untuk Kesehatan tubuh. Minyak jagung tidak mengandung zat besi atau kalsium, membedakannya dari jenis minyak lainnya. Minyak jagung juga mengurangi risiko lemak trans. Lemak monounsaturated dan polyunsaturated membantu menjaga kadar kolesterol dalam darah tetap stabil, dan mereka juga membantu mencegah serangan jantung dan stroke. Lemak trans berpotensi menyebabkan berbagai penyakit kardiovaskular dan risiko serangan jantung. Mereka juga dapat memicu perkembangan sel kanker payudara. Banyak vitamin E yang ditemukan dalam minyak jagung membantu pertahanan tubuh manusia terhadap radikal bebas dan meningkatkan kekebalan tubuh. Mengonsumsi minyak jagung yang mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh dapat membantu menurunkan kadar kolesterol darah karena mengganti asam lemak jenuh dengan asam lemak ikatan rangkap adalah salah satu cara untuk mengurangi kolesterol darah (Zhang dkk, 2013).

Minyak jagung menurunkan kadar kolesterol, LDL, dan trigliserida dalam darah kelinci ($p < 0,05$), dan itu adalah pengganti minyak kelapa 75% (9,375 mL). Karena tingkat asam lemak tak jenuh poli dan mononya yang tinggi, minyak jagung disarankan sebagai pengganti lemak jenuh. Diet tinggi lemak jenuh dikaitkan dengan obesitas, diabetes, kanker, dan penyakit jantung.

Minyak nabati, seperti kedelai, kacang, dan jagung, adalah alternatif lemak jenuh yang umum bagi orang. Minyak jagung mengandung *acriglycerol* (terutama mono-, di-, dan tri-), 59% *polyunsaturated fatty acid*, 24% *monounsaturated fatty acid*, dan 13% *Saturated Fatty Acid*. Tingkat *polyunsaturated fatty acid* yang paling tinggi ditemukan dalam minyak jagung, diikuti oleh minyak bunga matahari, safflower, kenari, gandum, jagung, dengan kandungan *linoleic acid* pada Carbon 18; 2n-6, bersama dengan sejumlah kecil *linoleic acid* pada Carbon 18; 3n-3. Minyak jagung mengandung banyak vitamin E dan *ubiquinone*. Minyak jagung memiliki kandungan PUFA yang lebih tinggi dari minyak zaitun dan sterol tanaman yang tinggi dapat mengurangi penyerapan kolesterol di dalam usus, dapat digunakan sebagai anti-inflamasi dan menurunkan kadar kolestrol dan LDL dalam darah. Meskipun minyak jagung mengandung banyak omega-3 dan omega-6, penggabungan mereka dapat mengganggu fungsi fisiologis. Minyak jagung dapat merusak sel dan mengganggu sistem metabolisme jika dikonsumsi terlalu banyak. Kandungan omega-3 dan omega-6 bermanfaat karena sebagian besar digunakan sebagai pembentukan energi (Zhang dkk, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiana Y, Herliningsih. 2019. Formulasi Sediaan Lip Balm Dari Minyak Zaitun (Olive Oil) Sebagai Emolien dan Penambahan Buah Ceri (*Prunus avium*) Sebagai Pewarna Alami. *HERBAPHARMA*. 1(1):24–31.
- Amang, B., Pantjar, S., dan Anas, R. 1996. *Ekonomi Minyak Goreng di Indonesia*. IPB Press, Jakarta.
- Choo, Y.M. 1994. *Palm Oil Carotenoids*, The United Nation University Press Food And Nutrition Bulletin Vol. 15.
- Corley, R.H.V. & Tinker, P.B. 2003. *The Palm Oil*. Black Well Science.
- Dwiputra, D., Jagat, A.N., Wulandari, F.K., Prakarsa A., dan Puspaningrum, D.A., 2015. Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 4 (2): 1-6
- FAO-Fisheri and Aquaculture Department. 2010. The state of world fisheries and aquaculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome*. 197p.
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Sayawibawa, R. Hartono. 2008. *Kelapa Sawit (Budi Daya Pemanfaatan Hasil & Limbah Analisis Usaha & Pemasaran)*, Edisi Revisi, Cetakan XXIII. Penebar Swadaya: Bogor.
- Ghanbari, R., F. Anwar, K. M. Alkharfy, A. H. Gilani and N. Sari. 2012. Valuable Nutrients and Functional Bioactives in Different Parts of Olive (*Olea europaea* L.) : A Review. *Int. J. Mol. Sci* 13: 3291-3340.
- Haliwell B, and Gutteridge JMC. 1989. Free Radical in Biology and Medicine. *Oxford University Press*. Ed 3. hlm 105-220
- Hanafiah, A., D. Karyadi, W. Lukiato, Muhilal, dan F. Supari. 2007. Desirable intakes of polyunsaturated fatty acids in Indonesian adults, Asia Pac. *J. Clin. Nutr.*, 16(4):632–638.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2007. *Dasar - Dasar Ilmu Tanah*. Rajagrafindo Persada. Jakarta.
- Haris, W.S. 2004. Review: Fish Oil Supplementation: Evidence for Health Benefits, *Cleveland Clinic J. of Medicine*, 71(3):208-219

- J.M. de Man. 1999. Functionality Requirements of Fats and Oils for Food Applications, MOSTA Tech-In. *Recent Advance in The Science of Oils and Fats*. Canada.
- Jimenes-lopez C, Carpena M, Lourenço-lopes C, Gallardo-gomez M, Lorenzo JM, Barba FJ, et al. 2020. Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods*. 9(8):1–31.
- Kanekanian, A. 2015. The Health Benefits of Bioactive Peptide Compounds from Milk and Dairy Products. In A. Kanekanian (Ed.), *Functional dairy foods and ingredients*. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 1–18.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2012. *Statistik Ekspor Hasil Perikanan Buku 2*. Kementrian Kelautan dan Perikanan, Jakarta: 428hlm.
- Ketaren, S., 2005. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Mailer RJ, Gafner S, Council AB. 2020. *Adulteration of Olive (Olea europaea) Oil*. In *Botanical Aduterants Prevention Program*. 1–14.
- Marlina, Wijayanti, D., Pangesti.I., dan Safitri, L. 2017. Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dari Kelapa Hibrida Menggunakan Metode Penggaraman Dengan NaCl dan Garam. *Journal Chemurgy*. 1(2): 1-7.
- Moreton R. 2009. Olive Oil. In: Rowe RC, Sheskey PJ, Quinn E, Editors. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. London: *Pharmaceutical Press*. 470–472.
- Muchtadi, Tien. R dan Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Institut Pertanian Bogor: Bandung.
- Muzammil S. Kanwal H., Shahzad T., Hussain S., Nadeem HU., Rasul I, et al. 2021. Olive Oil. In: *Green Sustainable Process For Chemical And Environmental Engineering And Science*. Editors. Inamuddin, Boddula R, Asiri AM, *ELSEVIER*. 17–26.
- Olaitan, B.P., Chen, I-Ping, J. Norris, R. Feinn, O.M. Oluwatosin, and E.J. Reichenberger. 2011. Inhibitory Activities of Omega-3 Fatty Acids and Traditional African Remedies on Keloid Fibroblasts. *Wound*. 23(4): 97–105.
- Paiva. A.R.S. 1999. 2-Carotene and Other Carotenoids as Antioxidant, *Journal of The American Nutrition* .8(5): 426- 433.

- Paquot C., 1999. *Standard Method for The Analysis of Oils, Fats and Derivated, 6th edition, Section II Oils and Fats*: Groupe The Laboratoires du CNRS Thiaise. France.
- Purwaniati, Umri Z, Rachmawati W. 2019. Identifikasi Minyak Kedelai yang Ditambahkan dalam Produk Minyak Zaitun dengan Metode Kromatografi Gas. *adDawaa'JPharmSci*. 2(2):55– 62.
- Putri Sari, F. N., & Pramono, A. 2012. Pengaruh Pemberian Kefir Susu Sapi Terhadap Kadar Trigliserida Tikus Jantan Sprague Dawley. *Journal of Nutrition College*, 1(1), 322–326. <https://doi.org/10.14710/jnc.v1i1.724>.
- Rukmana, R. 2004. *Budidaya Bunga Matahari*. Aneka Ilmu: Semarang
- Salirawati, Das, 2007. *Belajar Kimia Secara Menarik Untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Grasindo.
- Si, H., Zhang, L., Siqin, L., LeRoith, T., Virgous, C. 2014. High Corn Oil Dietary Intake Improves Health and Longevity of Aging Mice. *Experimental Gerontology*. 58, 244-249.
- Suciati, F & Safitri, L.S. 2021. Pangan Fungsional Susu dan Produk Turunannya. *Journal of Sustainable Research in Management of Agroindustry*, 1(4). <https://doi.org/10.35970/surimi.v1i1.535>
- Sudarmadji, Slamet, Bambang, H & Suhadi. 2003. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suprpto dan Supanjani. 2009. Analisis Genetik Ciri-ciri Kuantitatif dan Kompatibilitas Sendiri Bunga Matahari di Lahan ultisol. *Jurnal Akta Agrosia*, 12(1) : 89-97.
- Zhang, Z.,W, Yong., Ma, X., Wang, E., Liu, M., Yan, R. 2013. Characterisation and Oxidation Stability of Monoacylglycerols from Partially Hydrogenated Corn Oil. *Journal Food Chemistry*. 173, 70-79.

BAB 5

ASAM LEMAK

Oleh Virna Muhardina

5.1 Pendahuluan

Asam lemak merupakan komponen esensial dalam kehidupan. Baik dalam bentuk sederhana atau bagian dari lipid kompleks, asam lemak memainkan peran penting dalam metabolisme tubuh sebagai penyimpan dan transportasi energi, sebagai prekursor bagi sintesis berbagai molekul biologis, sebagai struktur dasar membran sel dan pengatur gen. Dengan kata lain, asam lemak adalah subjek dasar yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan. Selain pada unsur kehidupan, asam lemak juga merupakan komponen yang penting pada berbagai hasil pertanian dan olahannya berupa produk pangan. Keberadaannya di dalam produk pangan bervariasi baik dari segi bentuk maupun jumlah. Asam lemak juga menjadi komponen paling signifikan dalam mempengaruhi sifat organoleptik, kualitas bahan pangan, dan kesehatan konsumen yang mengonsumsi produk tersebut.

Asam lemak telah menjadi fokus penelitian dan pendalaman pengetahuan selama beberapa tahun terakhir, terutama yang erat hubungannya dengan pengembangan produk pangan. Pemahaman mengenai asam lemak penting untuk dijabarkan mulai dari definisi, struktur, karakteristik, sifat fisik dan kimia, klasifikasi atau penggolongan asam lemak, hingga sumber alami asam lemak dan kaitannya dengan proses pengolahan pangan, dan metode analisis yang digunakan untuk mengukur kandungannya di dalam berbagai bahan pangan.

Pemahaman mengenai komponen penyusun utama dari lipid ini bukan hanya penting untuk mengevaluasi kualitas bahan pangan, konsistensi dan stabilitas oksidatif, sifat organoleptik, dan nutrisi, tetapi juga untuk memahami efek pangan tersebut terhadap manusia. Selain itu, pengetahuan yang mendasar tentang asam lemak juga akan memberikan pengetahuan untuk pengembangan

strategi formulasi produk yang lebih baik dan pengawasan mutu dalam industri pangan terhadap keselamatan pangan.

Dengan memperoleh pemahaman yang mendalam tentang asam lemak, diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, landasan yang kokoh, sumber referensi yang berharga bagi para ilmuwan pangan, mahasiswa, dan profesional industri yang tertarik dalam kimia analisis bahan pangan. Pembaca juga dapat mengetahui kompleksitas dan pentingnya asam lemak dalam dunia bahan pangan, dan dapat mengaplikasikan pengetahuan ini dalam konteks praktis, baik itu dalam membuat pilihan makanan sehari-hari atau dalam merancang strategi diet yang sesuai dengan kebutuhan kesehatan individu.

5.2 Definisi dan Klasifikasi Asam Lemak

5.2.1 Definisi asam lemak

Asam lemak adalah molekul organik yang terbentuk dari rangkaian karbon yang dihubungkan oleh ikatan tunggal atau rangkap dan terhubung dengan gugus karboksil ($-\text{COOH}$) di satu ujungnya. Definisi asam lemak secara kimia adalah turunan dari asam karboksilat, dengan rantai hidrokarbon sebagai bagian utama strukturnya dan memiliki gugus metil dan gugus karboksil pada dua ujung yang berbeda dan saling berlawanan. Asam lemak juga merujuk pada asam alifatik monokarboksilat yang dihasilkan atau dilepas dari proses hidrolisis yang terjadi pada lemak.

Asam lemak bisa ditemukan dalam beragam wujud, mulai dari solid hingga liquid, tergantung pada struktur asam lemak yang meliputi: jumlah atom karbon yang menentukan panjang rantai karbon dan ikatan rangkap yang ada pada rangkaian karbon tersebut. Kehadiran ikatan rangkap dalam struktur molekul asam lemak menyebabkan perbedaan pada karakteristik fisik dan kimia antara asam lemak jenuh (tanpa ikatan rangkap) dan asam lemak tak jenuh (mengandung satu atau lebih ikatan rangkap). Panjang rantai karbon dalam asam lemak juga bervariasi. Asam lemak dengan rantai pendek memiliki 2-6 atom karbon, yang berantai sedang memiliki 6-12 atom karbon, sedangkan yang berantai panjang memiliki atom karbon dengan jumlah lebih dari 12.

Asam lemak pada *edible lipid* memiliki rantai hidrokarbon dengan panjang 2-24 atom karbon, dan sebuah gugus karboksil pada atom karbon 1. Asam lemak terpendek memiliki 2 atom karbon dikenal dengan nama asam asetat, dan yang terpanjang dengan jumlah 24 atom karbon disebut tetrakosanoat. Umumnya, lipid disusun oleh asam lemak beratom karbon 18 dan berantai lurus. Asam lemak yang memiliki cabang hanya ditemukan pada beberapa lemak hewan. Beberapa jenis asam lemak dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

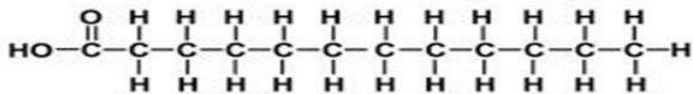
5.2.2 Struktur dan klasifikasi asam lemak

Asam lemak memiliki struktur dasar yang khas, dan terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu rantai karbon dan gugus hidroksil.

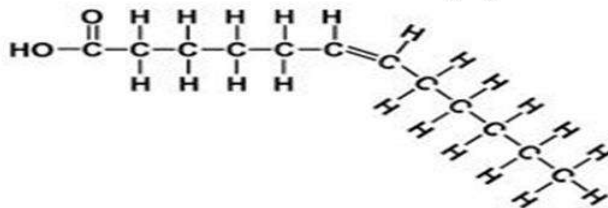
1. Rantai karbon

Asam lemak mencakup rantai karbon yang panjang dan dihubungkan oleh ikatan tunggal (C-C) atau ikatan rangkap (C=C). Rantai karbon dimulai dari gugus karboksil (-COOH) pada satu sisi dan gugus metil pada sisi lainnya yang berseberangan. Rantai karbon ini merupakan "tangkai" utama molekul asam lemak. Mayoritas asam lemak yang ditemukan di alam semesta tersusun oleh rantai karbon lurus dengan jumlah atom karbon genap.

Asam lemak berantai karbon ikatan tunggal



Asam lemak berantai karbon ikatan rangkap

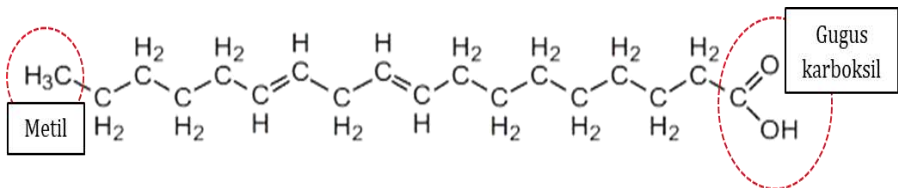


Gambar 5.1. Struktur kimia asam lemak (Sumber: Chayati, 2014)

2. Gugus karboksil

Gugus karboksil pada asam lemak adalah sebuah gugus fungsional yang bersifat polar, di mana atom karbon akan terikat pada sebuah gugus hidroksil (-OH) dan sebuah gugus karbonil (C=O). Gugus ini tersambung pada atom karbon pertama (C1) pada rantai asam lemak, dan menjadi dasar awal perhitungan atom karbon yang dibutuhkan untuk penamaan struktur asam lemak secara IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemists).

Gugus karboksil ini memberikan sifat asam pada asam lemak. Gugus karboksil pada asam lemak memiliki sifat asam yang kuat, yang berarti gugus ini mampu melepaskan ion H^+ (proton) dalam larutan berair, membentuk ion karboksilat, dan meningkatkan pH larutan. Sifat ini menjadikan asam lemak sebagai senyawa asam yang penting dalam berbagai proses biologis, termasuk metabolisme lipid dan pembentukan membran sel. Selain itu, struktur dan sifat-sifat asam lemak juga mempengaruhi sifat-sifat fisik dan fungsional dari lemak atau minyak yang mengandung asam lemak tersebut.



Gambar 5.2. Gugus karboksil dan metil pada struktur asam lemak (Sumber: Rustan and Dreven, 2005)

Pada Tabel 5.1 berikut ini menunjukkan struktur asam lemak yang paling umum dijumpai di alam.

Tabel 5.1. Struktur asam lemak yang paling banyak dijumpai di alam

Singkatan	Struktur	Nama Umum	Sumber
14:0	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	As miristat	Pala
16:0	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	As palmitat	Sawit
18:0	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	As stearat	Gajih sapi
18:1 (9)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	As oleat	Zaitun
18:2 (9,12)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	As linoleat	Kedelai
18:3 (9,12,15)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	As linolenat	Ikan

(Sumber: Belitz, Grosch and Schieberle, 2009)

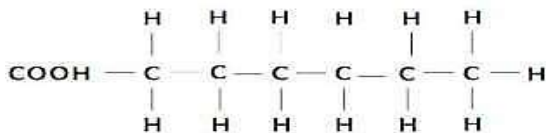
Pengklasifikasian asam lemak biasanya didasarkan pada sifat rantai karbon, yaitu khususnya pada ikatan karbon (kejenuhan ikatan) dan panjang rantai karbon.

1. Ikatan karbon

Pada asam lemak, terdapat dua tipe ikatan karbon, yaitu ikatan tunggal dan ikatan rangkap. Kedua jenis ikatan ini mempengaruhi karakteristik fisikokimia asam lemak.

a. Ikatan tunggal

Ikatan tunggal disebut juga dengan ikatan jenuh, yaitu di mana semua ikatan antara atom karbon yang terisi penuh dengan atom hidrogen. Beberapa asam lemak jenuh dapat dilihat pada Tabel 1.



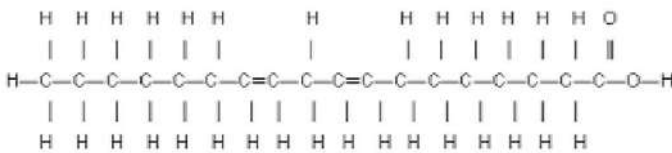
Gambar 5.3. Struktur asam lemak jenuh (Sumber: Fennema, 1996; Mamuaja, 2017)

Tabel 5.2 menunjukkan asam lemak jenuh didominasi oleh asam lemak beratom karbon genap. Asam lemak jenuh yang tidak mengandung ikatan rangkap memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan asam lemak tak jenuh. Selain itu, asam lemak jenuh dapat meningkatkan kolesterol dalam aliran darah. Oleh karena itu, asam lemak yang mengandung semakin banyak ikatan rangkap lebih dibutuhkan karena akan semakin menurunkan kadar kolesterol di darah.

Asam lemak jenuh umumnya berasal dari bahan pangan hewani seperti daging dan susu, serta beberapa sumber nabati seperti minyak sawit dan kelapa. Beberapa bahan pangan lain yang banyak mengandung asam lemak jenuh yaitu produk daging dan turunannya, mentega, keju, dan krim.

b. Ikatan rangkap

Ikatan rangkap disebut juga dengan ikatan tidak/tak jenuh karena atom karbon masih memiliki satu atau lebih bagian yang tidak terikat dengan atom hidrogen akibat terikat secara rangkap ke atom karbon lainnya. Oleh karena itu, asam lemak yang memiliki ikatan rangkap disebut juga dengan asam lemak tidak jenuh.



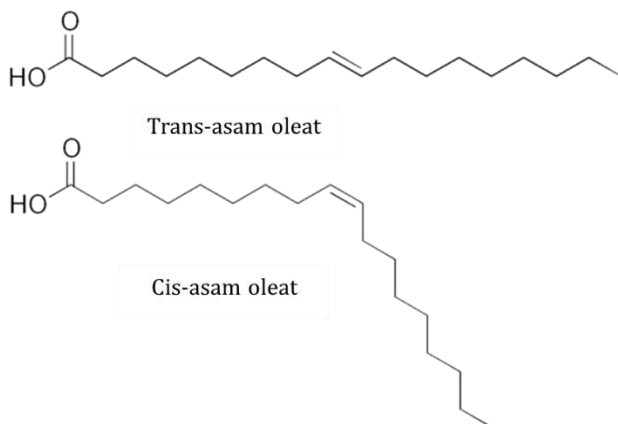
Gambar 5.4. Struktur asam lemak tidak jenuh
(Sumber: Fennema, 1996; Mamuaja, 2017)

Tabel 5.2. Nomenklatur dari beberapa asam lemak jenuh yang umum ditemukan pada bahan pangan

Singkatan	Nama Sistematis	Nama Umum
Asam lemak berantai lurus dan genap		
4:0	Asam butanoat	Asam butirrat
6:0	Asam heksanoat	Asam kaproat
8:0	Asam oktanoat	Asam kaprilat
10:0	Asam dekanoat	Asam kaprat
12:0	Asam dodekanoat	Asam laurat
14:0	Asam tetradekanoat	Asam miristat
16:0	Asam heksadekanoat	Asam palmitat
18:0	Asam oktadekanoat	Asam stearat
20:0	Asam eikosanoat	Asam arakidat
22:0	Asam dokosanoat	Asam behenat
24:0	Asam tetrakosanoat	Asam lignoserat
26:0	Asam heksakosanoat	Asam serotat
Asam lemak berantai lurus dan ganjil		
5:0	Asam pentanoat	Asam valerat
7:0	Asam heptanoat	Asam enantat
9:0	Asam nonanoat	Asam pelagomat
15:0	Asam pentadekanoat	-
17:0	Asam heptadekanoat	Asam margarit

(Sumber: Belitz, Grosch and Schieberle, 2009; Pokorný and Dostálová, 2009)

Konfigurasi dari ikatan rangkap yang terjadi secara alami pada asam lemak tidak jenuh ditemukan dalam bentuk orientasi *cis*. Konfigurasi *cis* adalah konfigurasi asam lemak dimana atom hidrogen yang melekat pada ikatan rangkap berada pada sisi yang sama. Adanya ikatan rangkap *cis* menyebabkan struktur rantai asam lemak menjadi bengkok. Apabila atom hidrogen tersebut terdapat pada sisi yang berlawanan, disebut sebagai orientasi *trans*.



Gambar 5.5. Struktur ikatan rangkap *cis* dan *trans* pada asam lemak tidak jenuh (Sumber: Akoh and Min, 2002)

Berdasarkan keberadaan ikatan rangkap pada rantai karbon asam lemak, penamaan dapat dimulai dengan penghitungan mulai dari ujung metil, berbeda halnya dengan penamaan IUPAC yang dimulai dari gugus karboksil. Sistem penamaan ini dibagi menjadi tiga nama yang dikenal yaitu 1) omega tiga ($\omega 3$ – asam linolenat), 2) omega enam ($\omega 6$ – asam linoleat), 3) omega Sembilan ($\omega 9$ – asam oleat). Omega 3, 6, atau 9 menunjukkan posisi ikatan rangkap yang dihitung dari gugus metil. Sedangkan keterangan pada nama IUPAC asam lemak seperti 18:1 (9) asam oleat atau 9-oktadekaenoat menunjukkan asam lemak dengan jumlah atom karbon 18 di mana posisi ikatan rangkap berada di atom karbon ke 9 (C9) dihitung dari posisi gugus karboksil. Contoh asam lemak tidak jenuh dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 menunjukkan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh dapat berjumlah satu atau lebih, sehingga dikenal dengan istilah MUFA (*monounsaturated fatty acids*) dan PUFA (*polyunsaturated fatty acids*). Tabel 5.4 menunjukkan MUFA dan PUFA beserta jenis sumbernya.

Tabel 5.3. Nomenklatur dan struktur dari beberapa asam lemak tidak jenuh yang ditemukan pada bahan pangan

Singkatan	Struktur	Nama Umum
Asam lemak dengan non-konjugasi ikatan rangkap cis		
<i>Kelompok $\omega 9$</i>		
18:1 (9)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	As oleat
22:1 (13)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	As erusat
24:1 (15)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	As nervonat
<i>Kelompok $\omega 6$</i>		
18:2 (9,12)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_2-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	As linoleat
18:3 (6,9,12)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$	γ -As linolenat
20:4 (5,8,11,14)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_4-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	As arakidonat
<i>Kelompok $\omega 3$</i>		
18:3 (9,12,15)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	α -As linolenat
20:5 (5,8,11,14,17)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_5-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$	EPA
22:6 (4,7,10,13,16,19)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_6-\text{CH}_2-\text{COOH}$	DHA
Asam lemak dengan non-konjugasi ikatan rangkap trans		
18:1 (9)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	As elaidat
18:2 (9,12)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	As linolelaidat
Asam lemak dengan konjugasi ikatan rangkap		
18:2 (9,11)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	-
18:3 (9,11,13)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	As eleostearat
18:4 (9,11,13,15)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-(\text{CH}=\text{CH})_4-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	As parinarat

(Sumber: Belitz, Grosch and Schieberle, 2009; Pokorný and Dostálová, 2009)

Asam lemak omega-3 dan omega-6 termasuk jenis asam lemak dengan jumlah ikatan rangkap lebih dari satu. Oleh karena itu, omega 3 dan omega 6 juga disebut sebagai n-3 PUFA dan n-6 PUFA. Kelompok asam lemak PUFA umumnya adalah asam lemak yang penting bagi kesehatan. Sebagai contoh, DHA (n-3 PUFA) dan asam arakidonat (n-6 PUFA) merupakan dua tipe asam lemak yang sangat penting bagi otak dan mata, dan biasanya ditambahkan pada bahan pangan untuk bayi. Rasio antara omega-3 dan omega-6 di pola konsumsi modern adalah 1:2 sampai 1:4 yang berhubungan dengan penurunan tingkat kematian akibat penyakit kardiovaskular dan kanker.

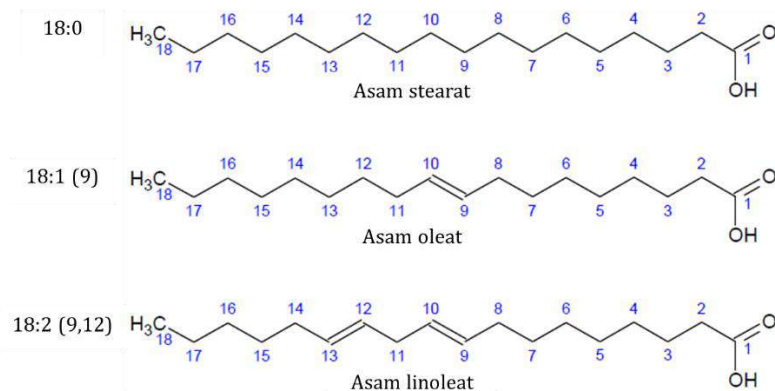
Tabel 5.4. Pengelompokkan asam lemak berdasarkan jumlah ikatan rangkap MUFA dan PUFA beserta sumber bahan pangannya

MUFA		PUFA	
Asam Lemak	Sumber	Asam Lemak	Sumber
Palmitoleat	Hampir semua minyak tanaman dan hewan	Linoleat	Hampir semua sayur, kedelai
Oleat	Semua minyak dan lemak, khususnya minyak zaitun, kanola, dan bunga matahari	Linolenat	Minyak biji blackcurrant, ikan
Gadoleat	Minyak hasil laut	Arakidonat	Lemak hewan, hati, telur, ikan
Erusat	Minyak biji mustard, minyak rapeseed	Dokosahexaenoat	Ikan khususnya salmon, herring, anchovy, dan mackerel

(Sumber: Akoh and Min, 2002; Belitz, Grosch and Schieberle, 2009; Kristanto, 2022)

Keberadaan ikatan rangkap dapat memengaruhi karakteristik fisikokimia asam lemak, seperti stabilitas oksidatif dan titik cair. Misalnya, asam lemak jenuh yang tidak memiliki ikatan rangkap, memiliki titik cair yang lebih tinggi, sedangkan

asam lemak tak jenuh ganda yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap, memiliki titik cair yang lebih rendah. Sifat fisikokimia akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.



Gambar 5.6. Struktur asam lemak jenuh dan tak jenuh dengan jumlah ikatan rangkap yang berbeda (Sumber: Rustan and Drevon, 2005)

2. Panjang rantai karbon

Panjang rantai karbon pada asam lemak dimulai dari 2 (≤ 6) disebut asam lemak berantai pendek, rantai sedang terdiri dari 6-12 karbon, dan rantai panjang terdiri dari ≥ 12 karbon, dan dapat mencapai 30 atom karbon. Panjang rantai karbon mempengaruhi karakteristik nya. Namun pada umumnya, asam lemak memiliki panjang rantai karbon antara 4 – 22. Panjang rantai karbon ini akan memengaruhi sifat fisik dan kimia asam lemak, seperti kelarutan, titik cair/leleh, dan stabilitas oksidatif. Berdasarkan panjang rantai karbon, asam lemak dibagi menjadi empat kategori, yaitu (Tabel 1):

- Asam lemak berantai pendek: memiliki 3 – 7 atom karbon
- Asam lemak berantai medium: memiliki 8 – 13 atom karbon
- Asam lemak berantai panjang: memiliki 14 – 20 atom karbon

- d. Asam lemak berantai sangat panjang: memiliki 20 – lebih atom karbon

5.3 Sifat fisikokimia asam lemak

Struktur asam lemak yang telah dijabarkan pada sub-bab sebelumnya mempengaruhi sifat atau karakteristik fisik dan kimianya. Hal ini menentukan sifat dan kualitas produk lemak-minyak. Beberapa sifat asam lemak yang penting diketahui adalah sebagai berikut:

A. Sifat fisik asam lemak

1. Sifat amfifilik / amfipatik

Amfifilik atau amfipatik adalah senyawa yang memiliki ujung yang bersifat hidrofilik (polar/berikatan dengan air), dan ujung lainnya bersifat hidrofobik (non-polar/tidak berikatan dengan air). Asam lemak memiliki sifat ini disebabkan karena satu ujung mengandung gugus karboksil ($-\text{COOH}$) bersifat hidrofilik, dan ujung lainnya adalah rantai karbon (alifatik) bersifat hidrofobik. Kondisi ini memungkinkan asam lemak untuk membentuk liposom, dan membran.

2. Titik leleh/cair

Titik leleh adalah suhu di mana suatu bahan berubah wujud dari padat (solid) menjadi cair (liquid). Dalam hal ini, titik leleh adalah suhu yang dibutuhkan untuk merubah lemak padat menjadi cair. Sifat leleh dari lemak sangat dipengaruhi oleh susunan asam lemak yang membentuk struktur dari trigliserida. 1) Ada tidaknya ikatan rangkap pada asam lemak, sebagai senyawa penyusun lemak, menentukan tinggi atau rendahnya titik leleh lemak. Asam lemak jenuh memiliki titik leleh lebih tinggi dibandingkan asam lemak tak jenuh. 2) Panjang pendeknya rantai asam lemak juga menjadi penentu titik leleh lemak. Asam lemak berantai panjang memiliki titik leleh lebih tinggi daripada asam lemak berantai pendek. Titik leleh dari beberapa asam lemak jenuh dan tidak jenuh dapat dilihat pada Tabel 5.5.

3. Kelarutan (solubilitas)

Kelarutan asam lemak di dalam air juga ditentukan oleh rantai karbonnya. Asam lemak yang memiliki rantai karbon panjang tidak dapat larut di air, namun membentuk lapisan film yang melayang di permukaan air (Apriyanto, 2021). Kelarutan asam lemak meningkat dengan semakin pendeknya rantai karbon. Selain itu, tingkat kejenuhan asam lemak juga menentukan kelarutannya. Asam lemak tidak jenuh memiliki kelarutan yang lebih baik di dalam air dibandingkan asam lemak jenuh. Semakin banyak ikatan rangkap *cis* pada asam lemak, maka akan semakin tinggi kelarutan asam lemak tersebut di dalam air. Karakteristik ini menjadi suatu metode khas yang dimanfaatkan untuk memisahkan antara asam lemak jenuh dan tak jenuh.

Tabel 5.5. Titik leleh beberapa asam lemak jenuh dan tak jenuh

Singkatan	Nama Umum	Titik Leleh (°C)
4:0	Asam butirat	-7.9
6:0	Asam kaproat	-3.9
8:0	Asam kaprilat	16.3
10:0	Asam kaprat	31.3
12:0	Asam laurat	44.0
14:0	Asam miristat	54.4
16:0	Asam palmitat	62.9
18:0	Asam stearat	69.6
20:0	Asam arakidat	75.4
22:0	Asam behenat	80.0
24:0	Asam lignoserat	84.2
26:0	Asam serotat	87.7
18:1 (9)	Asam oleat	13.4
22:1 (13)	Asam erusat	34.7
24:1 (15)	Asam nervonat	42.5
18:2 (9,12)	Asam linoleat	-5.0
20:4 (5,8,11,14)	Asam arakidonat	-49.5
18:3 (9,12,15)	α -Asam linolenat	-11.0

Sumber: (Belitz, Grosch and Schieberle, 2009)

4. Sifat fisik lainnya

Sifat fisik lainnya pada lemak yang ditentukan oleh asam lemak adalah titik asap. Titik asap adalah kondisi dimana lemak/minyak dipanaskan hingga mengeluarkan asap. Suhu pada titik asap ini berbeda-beda, yang ditentukan oleh jumlah asam lemak bebas. Semakin banyak jumlah asam lemak bebas, maka titik asap akan semakin rendah. Terbentuknya asam lemak bebas dipengaruhi oleh perubahan sifat kimia yang terjadi pada asam lemak. Sifat ini menjadi salah satu penentu kualitas lemak/minyak yang digunakan.

B. Sifat kimia asam lemak

Umumnya, perubahan sifat kimia asam lemak terjadi pada senyawa yang memiliki ikatan rangkap (tidak jenuh). Hal ini diakibatkan karena ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh memiliki stabilitas rendah, sehingga dapat berinteraksi dengan radikal bebas dan senyawa lainnya.

1. Oksidasi dan hidrolisis

Asam lemak tidak jenuh memiliki stabilitas yang rendah terhadap reaksi kimia dibandingkan asam lemak jenuh. Asam lemak tidak jenuh ini rentan terhadap oksidasi dan hidrolisis, sementara asam lemak jenuh cenderung lebih stabil. Adanya ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh memungkinkan asam lemak tersebut mengalami oksidasi dengan radikal bebas atau mengalami hidrolisis dengan air (dipercepat oleh panas dan enzim) yang menghasilkan asam lemak bebas. Semakin banyak jumlah ikatan rangkap pada asam lemak tersebut, maka semakin besar pula peluang terjadinya reaksi hidrolisis dan oksidasi.

Munculnya asam lemak bebas berantai pendek pada lemak/minyak menyebabkan penurunan kualitas dari sifat fisik lemak/minyak tersebut, termasuk menyebabkan ketengikan akibat pemecahan senyawa hasil pemecahan hidroperoksida yang bersifat volatil. Senyawa peroksida yang terbentuk akibat reaksi oksidasi oleh radikal bebas

tersebut dapat dihitung sebagai bilangan peroksida. Bilangan peroksida ini menjadi indikator atau petunjuk terjadinya oksidasi pada lemak/minyak.

2. Hidrogenasi

Pada asam lemak tidak jenuh, hidrogen dapat ditambahkan pada ikatan rangkap di rantai karbon. Reaksi ini disebut dengan hidrogenasi yang bertujuan untuk meningkatkan kestabilan asam lemak terhadap reaksi oksidasi, memperbaiki warna dari lemak/minyak, dan mengubah sifat fisik dari cair menjadi plastis. Reaksi ini lebih mudah terjadi pada asam lemak tidak jenuh yang memiliki beberapa ikatan rangkap. Dengan hidrogenasi, jumlah dan letak ikatan rangkap dapat berubah, termasuk sifat kimia asam lemak tidak jenuh menjadi semakin jenuh, dan dapat pula merubah jenis asam lemak. Sebagai contoh, asam linoleat menjadi asam oleat akibat hidrogenasi.

5.4 Sumber alami asam lemak

Asam lemak dapat ditemukan di berbagai jenis bahan pangan nabati dan hewani, baik itu tergolong asam lemak jenuh ataupun tidak jenuh. Berikut ini beberapa sumber asam lemak yang terdapat pada bahan pangan.

1. Asam lemak jenuh dalam lemak hewani

Beberapa contoh asam lemak jenuh berasal dari lemak hewani adalah: 1) Lemak sapi yaitu lemak yang ditemukan pada daging sapi, dimana lemak ini termasuk lemak jenuh, contoh nya asam palmitat, 2) Daging dari kelompok unggas juga mengandung lemak jenuh meskipun lebih sedikit dibandingkan daging merah.

2. Asam lemak jenuh dalam lemak nabati

Asam lemak jenuh yang berasal dari lemak nabati adalah: 1) Minyak kelapa memiliki asam lemak jenuh dengan rantai karbon sedang seperti asam laurat, 2) Minyak kelapa sawit juga mengandung asam lemak jenuh, 3) Kacang-kacangan seperti kacang tanah dan kacang kedelai memiliki kandungan lemak

nabati yang disusun oleh asam lemak jenuh, namun dalam jumlah yang rendah.

3. Asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani

Asam lemak tidak jenuh yang berasal dari lemak hewani adalah: 1) Minyak ikan yang berasal dari jenis ikan salmon, ikan kod, dan ikan sarden, mengandung asam lemak omega-3 tidak jenuh seperti EPA dan DHA, 2) Telur khususnya bagian kuning telur, mengandung asam lemak tidak jenuh, 3) Susu dan turunan produk susu mengandung lemak dari kelompok asam lemak tidak jenuh.

4. Asam lemak tidak jenuh dalam lemak nabati

Beberapa contoh asam lemak tidak jenuh yang berasal dari lemak nabati adalah: 1) Minyak zaitun mengandung banyak asam lemak tidak jenuh dengan satu ikatan rangkap, seperti asam oleat, 2) Minyak kanola juga mengandung asam oleat, 3) Minyak jagung juga banyak mengandung asam lemak tidak jenuh.

Asam lemak yang bersumber dari alam seperti yang telah disebut sebelumnya adalah asam lemak esensial. Asam lemak esensial terdiri dari tiga jenis utama, yaitu asam lemak omega-3, omega-6, dan omega-9. Asam lemak omega-3 berperan dalam mencegah demensia atau penurunan fungsi otak pada golongan lanjut usia (lansia), meningkatkan daya ingat, mengurangi resiko penyakit kronis karena memiliki sifat anti-radang, mengurangi akumulasi lemak di hati, meningkatkan kepadatan tulang, serta membantu mengatasi berbagai gangguan kesehatan lainnya. Sementara itu, asam lemak omega 6 berperan sebagai sumber energi, membantu dalam pengobatan penyakit kronis, dan memperkuat daya tahan tubuh apabila dikonsumsi dalam jumlah yang tepat. Sedangkan asam lemak omega 9 dipersepsikan tidak terlalu penting karena dapat dihasilkan oleh tubuh. Meskipun demikian, bagi penderita diabetes, mengkonsumsi omega 9 dapat membantu menurunkan trigliserida hingga 19% dan kolesterol hingga 22%.

5.5 Efek proses pengolahan bahan pangan terhadap asam lemak

Proses pengolahan bahan pangan dapat menyebabkan perubahan sifat dan komposisi asam lemak pada produk pangan tersebut. Beberapa proses pengolahan pangan yang dapat menyebabkan perubahan komponen asam lemak adalah pemanasan dengan suhu tinggi, pengolahan secara mekanis seperti penggorengan berulang dan penyulingan, kondisi penyimpanan dan pengemasan, dan penambahan bahan tambahan.

Penggunaan suhu tinggi yang berlebihan pada proses pengolahan bahan pangan dapat menyebabkan perubahan struktur asam lemak, terutama kerusakan susunan asam lemak rantai panjang menjadi asam lemak bebas. Hal ini terjadi sebagai akibat dari reaksi oksidasi oleh radikal bebas terhadap asam lemak tidak jenuh, di mana panas menjadi katalisator yang mempercepat reaksi tersebut. Penggunaan perlakuan secara mekanis seperti pemanasan berulang (memicu oksidasi) dan adanya proses ekstraksi dan penyulingan yang tidak higienis juga dapat menyebabkan terjadi perubahan asam lemak akibat kontaminasi pada lemak/minyak.

Penyimpanan bahan pangan yang mengandung lemak/minyak secara tidak tepat, seperti penyimpanan pada suhu dan kelembapan tinggi, dapat mempercepat reaksi oksidasi pada asam lemak, sehingga menyebabkan produk pangan menjadi rusak dan mengalami ketengikan. Pengemasan yang tidak hermetis atau tidak kedap udara juga meningkatkan risiko terjadi reaksi oksidasi pada asam lemak dan penurunan kualitas. Akan tetapi, penambahan bahan tambahan seperti antioksidan dapat mencegah atau menghambat penurunan kualitas lemak pangan akibat dari peningkatan stabilitas asam lemak terhadap oksidasi dan hidrolisis selama proses pengolahan bahan pangan.

5.6 Analisis asam lemak

Berbagai metode analisis dapat digunakan untuk mengukur kadar asam lemak dalam suatu bahan atau produk pangan. Metode titrasi asam basa dan gas kromatografi (GC) dapat digunakan untuk menganalisis asam lemak di dalam bahan pangan.

1. Titrasi asam basa

Metode titrasi asam basa adalah metode analisis asam lemak yang umum digunakan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas dan bilangan asam pada sampel yang diujikan (Deisberanda, Nurbaeti and Kurniawan, 2019; Umage, Pontoh and Mamuat, 2019). Kalium hidroksida (KOH) digunakan sebagai basa titrasi. Reaksi yang terjadi pada titrasi asam basa didasarkan pada proses penetralan, sehingga sering disebut sebagai titrasi netralisasi. Reaksi netralisasi terjadi saat ion hidrogen dari asam bereaksi dengan ion hidroksida dari basa, sehingga menghasilkan air yang memiliki keasaman netral. Titrasi dilakukan sampai larutan basa bereaksi dengan asam dan ditunjukkan oleh perubahan warna sebagai tanda bahwa reaksi antara keduanya telah selesai.

Perhitungan asam lemak bebas:

asam lemak bebas (%)

$$= \frac{\text{Vol. NaOH atau KOH (mL)} \times \text{BM asam lemak}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

Akan tetapi, metode ini memiliki keterbatasan, yaitu tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi atau mengevaluasi jenis asam lemak dalam suatu campuran. Metode kromatografi gas merupakan cara yang lebih tepat untuk mengidentifikasi jenis asam lemak.

2. Kromatografi gas (GC)

Kromatografi gas adalah teknik untuk memisahkan campuran menjadi bagian-bagian berdasarkan interaksi antara fase gerak dan fase diam (Pontoh and Buyung, 2011; Untari, Miksusanti and Ainna, 2020). Fase gerak berupa gas yang stabil, sedangkan fase diam berupa bahan padat (GSC atau Gas Solid Chromatography) atau bahan cair (GLC atau Gas Liquid Chromatography). Sampel yang diurai atau dipisah harus merupakan bahan yang mudah menguap. Uap yang dihasilkan akan diangkut oleh aliran gas ke dalam kolom pemisah, dan hasil pemisahan dievaluasi melalui kromatogram. Kromatogram adalah grafik yang dihasilkan dari pengukuran

kromatografi, dan perangkat yang digunakan untuk proses ini disebut kromatograf.

Hasil analisis asam lemak dengan metode kromatografi ini akan menunjukkan jenis dan persentase asam lemak yang terdapat dalam sampel. Hal ini memungkinkan untuk menentukan kualitas minyak atau lemak, seperti kadar asam lemak bebas, bilangan asam, dan jenis asam lemak. Kelebihan dari metode ini adalah kemampuan memisahkan asam lemak dalam jumlah besar dan mendeteksi sampai pada jumlah nanogram, kebutuhan sampel relatif lebih sedikit dibandingkan dengan metode titrasi asam basa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoh, C.C. and Min, D.B. (2002) *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. 2nd edn. Edited by O.R. Fennema et al. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Apriyanto, M. (2021) *Buku Ajar: Kimia Pangan*. 1st edn. Yogyakarta: Nuta Media.
- Belitz, H.D., Grosch, W. and Schieberle, P. (2009) *Food Chemistry*. 4th edn. Berlin: Springer.
- Chayati, I. (2014) 'Lemak dan Minyak', in N. Rananingsih (eds) *Bahan Ajar Ilmu Pangan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, pp. 1–38.
- Deisberanda, F.S., Nurbaeti, S.N. and Kurniawan, H. (2019) 'Analisis Kadar Asam Lemak Bebas dan Penetapan Bilangan Asam Minyak Cincalok', *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1), pp. 1–8.
- Fennema, O.R. (1996) *Food chemistry*. Marcel Dekker.
- Kristanto, B. (2022) 'Asam Lemak', in M. Sari and R.M. Sahara (eds) *Kimia Analisis Bahan Pangan*. Pertama. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi, pp. 1–233.
- Mamuaaja, C.F. (2017) *Lipida*. 1st edn. Manado: Unsrat Press.
- Pokorný, J. and Dostálová, J. (2009) 'Food Lipids', in *Food Quality and Standards*, pp. 1–10.
- Pontoh, J. and Buyung, N.T.N. (2011) 'Analisa Asam Lemak Dalam Minyak Kelapa Murni (VCO) Dengan Dua Peralatan Kromatografi Gas', *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), pp. 274–281.
- Rustan, A.C. and Drevon, C.A. (2005) 'Fatty Acids: Structures and Properties', in *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons, pp. 1–7.
- Umage, A.M., Pontoh, J. and Mamuat, L.I. (2019) 'Penentuan Kandungan Asam Lemak dan Komposisi Asam-Asam Lemak

pada Bagian Badan Ikan Gabus (*Channa Striata*) Budidaya dan Liar', *Chemistry Progress*, 12(1), pp. 26–32.

Untari, B., Miksusanti and Ainna, A. (2020) 'Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Kandungan Jenis Asam Lemak Dalam Minyak Yang Dipanaskan Dengan Metode Titrasi Asam Basa dan Kromatografi Gas', *Jurnal Ilmiah Bakti Farmasi*, 5(1), pp. 1–10.

BAB 6

MINYAK NABATI

Oleh Priyosetyoko

6.1 Pendahuluan

Pada BAB 6 ini diuraikan definisi minyak nabati, beberapa metode ekstraksi minyak nabati juga akan membahas minyak nabati yang dapat dimakan. Minyak nabati berfokus pada minyak zaitun, biji bunga matahari, kelapa sawit, kelapa, jagung, kacang tanah dan kedelai.

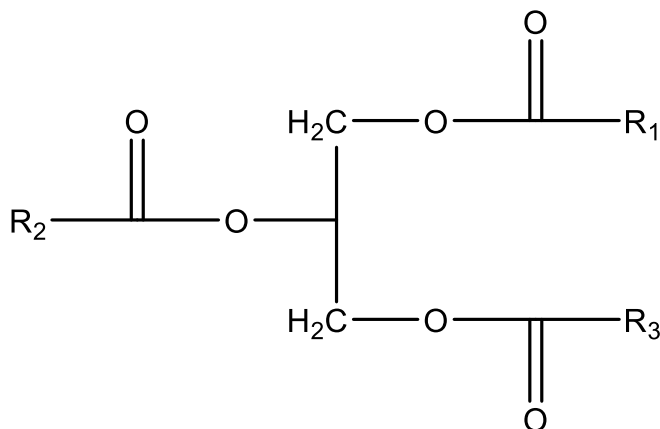
6.2 Definisi Minyak Nabati

Minyak nabati adalah minyak yang diekstraksi dari berbagai jenis biji-bijian, buah-buahan dan kacang-kacangan. Minyak yang paling banyak dikonsumsi adalah zaitun, bunga matahari, sawit, kanola, kelapa, safflower, jagung, kacang tanah, biji kapas, dan kedelai. Secara umum minyak nabati digunakan untuk memasak makanan dan juga sebagai minyak mentah untuk menambah rasa. Kandungan tertinggi pada minyak nabati kurang dari 40% asam lemak jenuh dibandingkan dengan total kandungan asam lemak tak jenuh, kecuali minyak sawit dan minyak kelapa (Nieto and Lorenzo, 2022). Dalam minyak nabati terdapat asam lemak sebagian besar merupakan asam karboksilat yang dihubungkan dengan rantai karbon alifatik panjang yang tidak bercabang. Asam lemak dapat ditentukan sebagai asam lemak jenuh atau SFA (*Saturated Fatty Acids*), asam lemak tak jenuh tunggal atau MUFA (*Monounsaturated Fatty Acids*), dan asam lemak tak jenuh ganda atau PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acids*) (Baishya *et al.*, 2017).

Penting untuk dipahami bahwa tidak semua minyak nabati ini merupakan minyak cair pada suhu kamar. Selain itu, tidak semua minyak nabati diproduksi dalam jumlah komersial dan tidak semuanya dianggap dapat dimakan dalam artian sebagai komponen makanan pada umumnya. Minyak nabati, seperti yang digunakan dalam makanan, terdiri dari campuran kompleks TAG

(triasilgliserol) biasanya > 95% dengan sejumlah kecil diasilgliserol (biasanya < 5%) (Hammond, 2003).

Minyak nabati tersusun dari trigliserida. Trigliserida adalah molekul yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, dan strukturnya meliputi gliserol dan tiga asam lemak. Asam lemak tersebut yang ada dalam trigliserida mungkin sama atau berbeda jenis. Sejumlah kecil monogliserida, digliserida, asam lemak bebas, fosfat, ester, tokoferol dan tokotrienol ada dalam rasio bagian per juta (Edwin *et al.*, 2008).



Gambar 6.1. Struktur triasilgliserol (TAG) (Berry, 2019)

Dalam minyak nabati kebanyakan berupa asam lemak jenuh adalah rantai hidrokarbon lurus dengan jumlah atom karbon genap. Asam lemak jenuh yang paling umum mengandung 12-22 atom karbon. Asam lemak tak jenuh tunggal memiliki satu karbon-karbon ikatan rangkap yang dapat terjadi pada posisi berbeda. Monoena yang paling umum memiliki panjang rantai 16-22 dan ikatan rangkap dengan konfigurasi *cis*. Artinya atom hidrogen pada kedua sisi ikatan rangkap adalah berorientasi pada arah yang sama. Isomer *trans* dapat diproduksi selama pengolahan industri (hidrogenasi) minyak tak jenuh. Dalam asam lemak tak jenuh ganda yang pertama ikatan berlipat ganda dapat ditemukan antara atom karbon ketiga dan keempat dari karbon ω disebut asam lemak ω -3 (omega-3). Jika ikatan rangkap pertama terletak di antara ikatan keenam dan atom

karbon ketujuh, maka disebut asam lemak ω -6 (omega-6) (Rustan, 2005).

6.3 Metode Ekstraksi Minyak Nabati

Pengolahan minyak nabati secara konvensional terdapat empat kelemahan utama yaitu:

1. Penggunaan energi yang tinggi setelah ekstraksi minyak dengan pelarut, campuran pelarut minyak kemudian dipisahkan dengan cara penguapan. Hal ini memerlukan sejumlah besar energi, selain itu masalah keselamatan mungkin timbul dari uap yang dilepaskan dapat meledak.
2. Kehilangan minyak yaitu saponifikasi pada tahap pemurnian memerangkap sejumlah besar minyak nabati.
3. Sumber daya yaitu sejumlah besar air dan bahan kimia digunakan.
4. Limbah yaitu dihasilkan limbah yang sangat terkontaminasi (Peeva, Sairam and Livingston, 2010).

Ekstraksi minyak nabati beralih dari ekstraksi pelarut konvensional dan ekstraksi mekanik ke teknik nonkonvensional yang lebih baik seperti ekstraksi mekanik, ekstraksi pelarut ekstraksi cairan superkritis dan ekstraksi dibantu oleh ultrasonik, ekstraksi dengan bantuan enzim dan gelombang mikro. Penggilingan adalah operasi yang sangat penting dalam persiapan bahan untuk ekstraksi minyak terlepas dari metode yang diikuti karena jika dikontrol secara hati-hati dapat menghasilkan pencapaian hasil minyak yang tinggi dan berdampak positif pada operasi hilir. Berikut ini metode ekstraksi dari yang konvensional sampai modern.

6.3.1 ME (*Mechanical Extraction*)

Ekstraksi mekanik adalah salah satu metode tertua yang digunakan untuk ekstraksi minyak nabati. Pada prinsipnya biji diletakkan di antara pembatas dimana volume yang tersedia pada benih dikurangi dengan cara ditekan sehingga memaksa minyak keluar dari biji. Untuk penerapan di daerah pedesaan, ekstraksi mekanis biasanya digunakan karena memiliki modal investasi awal

yang lebih rendah dan memerlukan personel yang terlatih untuk mengoperasikan mesin. Kualitas minyak yang diperoleh dengan metode ini paling sering diukur berdasarkan faktor nilai asam, kandungan fosfor, kadar air, dan nilai yodium. Keuntungan ekstraksi mekanis meliputi produksi minyak berkualitas baik dan kemungkinan penggunaan lebih mudah dibandingkan ekstraksi dilakukan dalam pelarut. Ekstraksi minyak dengan pengepres mekanis adalah yang paling umum dan memerlukan penggunaan pengepres hidrolis atau pengepres ulir yang digerakkan oleh mesin. Meskipun pengepresan mekanis cukup efisien, namun biasanya menghasilkan rendemen minyak yang sangat rendah. Keuntungan dari mesin press ulir dibandingkan mesin press hidrolis adalah hasil akhir yang sedikit lebih baik dan kemampuannya untuk disesuaikan untuk pemrosesan yang berkelanjutan.

6.3.2 CSE (*Conventional Solvent Extraction*)

Proses ekstraksi CSE antara lain didasarkan pada kemampuan pelarut untuk melarutkan minyak dan mengekstraknya dari biji. Oleh karena itu, pelarut harus mampu melarutkan minyak agar ekstraksi menjadi efisien. CSE merupakan metode yang paling umum digunakan dan biasanya dilakukan baik sebagai sekumpulan proses atau kontinyu. Tiga langkah utama yang terlibat dalam ekstraksi pelarut adalah pembersihan dan pengkondisian biji minyak, ekstraksi minyak dan pemisahan campuran minyak dan pelarut. Kualitas minyak mentah dan tepung sebagian besar bergantung jenis pelarut yang digunakan, suhu reaksi dan jenis perlakuan awal pada biji minyak. Namun metode ini memerlukan langkah atau proses pemurnian tambahan untuk mendapatkan minyak dengan kualitas yang dibutuhkan. CSE memiliki tingkat pemulihan minyak sebesar 90%–98% namun memerlukan energi yang tinggi, investasi yang tinggi, dan pelarut yang paling sering digunakan (heksana) berbahaya dan dapat menyebabkan masalah kesehatan jika terpapar dalam waktu lama.

6.3.3 EAE (*Enzyme Assisted Extraction*)

Dinding sel tumbuhan terdiri dari lignoselulosa dan polimer lain yang saling terkait satu sama lain yang memberikan penghalang

untuk ekstraksi komponennya. Enzim digunakan untuk bahan pencernaan seluler dan gangguan pori-pori sebagai langkah pra-ekstraksi yang memudahkan difusi minyak ke dalam media ekstraksi. Beberapa enzim yang paling efektif digunakan berasal dari jamur *Trichoderma*. Pilihan enzim yang digunakan tergantung pada struktur biji minyak, komposisi enzim, jenis enzim, kondisi percobaan, dll. Selulase, hemiselulase, dan pektinase, biasanya digunakan selama EAE untuk menghidrolisis dan mendegradasi dinding sel sehingga meningkatkan pelepasan kandungan intraseluler. EAE digunakan oleh industri minyak karena hasil yang spesifik dan dioperasikan pada suhu rendah.

6.3.4 UEA (*Ultrasound Assisted Extraction*)

Ultrasonik adalah jenis gelombang suara khusus di luar pendengaran manusia, dengan frekuensi berkisar antara 20 hingga 100 MHz. Keuntungan UEA antara lain waktu ekstraksi yang lebih singkat, kebutuhan energi yang rendah, dan efisiensi ekstraksi yang tinggi. UEA terutama disebabkan oleh “kavitasi” yang menyebabkan pembentukan dan pertumbuhan gelembung dan selanjutnya pemecahan gelembung. Akibat dari pecahnya gelembung ini adalah efek fisika-kimia dan mekanik yang memicu terganggunya matriks material, memfasilitasi pelepasan senyawa yang dapat diekstraksi dan membantu pergerakan pelarut ke dalam sampel sehingga meningkatkan pelepasan senyawa target dari matriks ke dalam pelarut. Bahkan dengan munculnya beberapa teknik ekstraksi baru seperti gelombang mikro, UEA lebih disukai oleh beberapa peneliti karena antara lain sangat efisien dan menghemat waktu.

6.3.5 MAE (*Microwave Assisted Extraction*)

Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro adalah salah satu metode ekstraksi minyak alternatif yang terbaru dan menarik. Bahan protein didenaturasi selama perlakuan gelombang mikro sehingga menghasilkan ekstraksi yang lebih baik. Pemanasan yang cepat dan penghancuran struktur sel biologis oleh gelombang mikro memastikan ekstraksi yang efektif dalam waktu singkat yang memerlukan sedikit pelarut dan menghasilkan minyak berkualitas tinggi. Keuntungan penting lainnya dari proses ini adalah kebutuhan

energi yang lebih rendah sehingga mengurangi dampak lingkungan dan biaya yang rendah. Mekanisme MAE disebabkan oleh konduksi ionik dan rotasi dipol yang dihasilkan dari efek gelombang mikro pada molekul bahan yang sedang diproses. Konduksi ionik disebabkan oleh migrasi elektroforesis dan rotasi dipol penataan kembali ion di bawah medan elektromagnetik yang diterapkan menghasilkan peningkatan suhu media ekstraksi. MAE sangat dipengaruhi oleh kelarutan senyawa yang diinginkan dalam pelarut, koefisien partisi, difusivitas massa dan sifat dielektrik bahan baku dan pelarut.

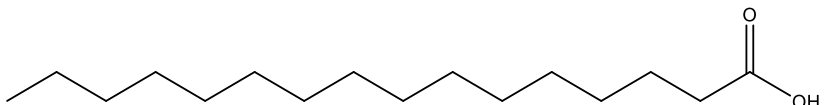
6.3.6 SFE (*Supercritical Fluid Extraction*)

SFE dapat memisahkan komponen dari matriks dengan menggunakan fluida superkritis. Metode ini kadang-kadang disebut sebagai metode “ekstraksi karbon superkritis”. Pelarut yang digunakan dalam metode ini yaitu gas terkompresi seperti etana, propana, etilen, dinitrogenoksida, dan karbon dioksida. Karbon dioksida mempunyai sifat tekanan 10–50 MPa dan suhu 35–80°C termasuk pelarut yang paling sering digunakan karena memiliki suhu kritis yang relatif rendah (31,1°C), tidak beracun, tidak mudah terbakar, daya pelarut yang baik, viskositas rendah, difusivitas tinggi, mudah dikeluarkan dari produk (tidak meninggalkan residu pelarut organik) dan mudah didapat dengan harga murah. SFE melibatkan pemanasan pelarut hingga melebihi titik kritisnya dan pada tekanan di atas 1100 psi. Kecepatan pemompaannya melalui sampel adalah antara 10 dan 40 volume. SFE kadang-kadang lebih disukai karena menghindari koekstraksi pengotor (logam berat dan turunan organik) dibandingkan ekstraksi senyawa lipid polar rendah. Bersama dengan SC-CO₂ (*Supercritical Carbon Dioxide*) pelarut lain yang biasanya disebut sebagai pelarut bersama (misalnya metanol, etanol, isopropanol dan aseton) juga dapat digunakan dalam SFE. Berbeda dengan metode lain seperti CSE, UAE dan MAE yang memerlukan perlakuan panas setelah ekstraksi, pemisahan karbon dioksida superkritis dari minyak yang diekstraksi terjadi melalui depresurisasi sederhana. Dalam ekstraksi minyak dari biji bunga matahari, hasil meningkat dengan meningkatnya suhu pada 40 MPa dan menurun dengan

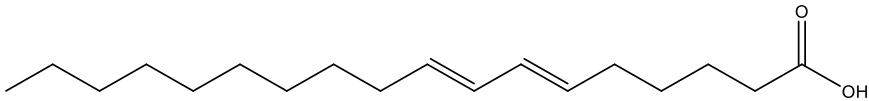
meningkatnya suhu pada 20 MPa. Pengaruh tekanan paling tinggi pada suhu 70°C dan terendah pada 40°C dan disarankan penggunaan suhu yang lebih tinggi dan tekanan yang lebih rendah (Nde and Foncha, 2020).

6.4 Minyak Zaitun

Minyak zaitun termasuk minyak yang tinggi MUFA (Lichtenstein, 2005). Asam lemak yang terdapat dalam minyak zaitun adalah palmitat dengan nomor lipid (C16:0), palmitoleat (C16:1), stearat (C18:0), oleat (C18:1), linoleat (C18:2) dan linolenat (C18:3). Miristat (C14:0), asam heptadekanoat dan arakidat ditemukan dalam jumlah sedikit. Komposisi asam lemak mungkin berbeda dari satu sampel ke sampel lainnya, tergantung pada zona produksi, garis lintang, iklim, varietas dan tahap kematangan buah. Minyak zaitun dari Yunani, Italia, dan Spanyol rendah asam linoleat dan palmitat dan mereka memiliki persentase asam oleat yang tinggi. Minyak zaitun Tunisia kaya akan linoleat dan asam palmitat dan lebih rendah asam oleat. Berdasarkan analisis sampel dari berbagai negara minyak zaitun diklasifikasikan menjadi dua jenis, satu dengan kandungan linoleat-palmitat rendah dan asam oleat tinggi, dan satu lagi dengan kandungan linoleat-palmitat dan tinggi kandungan asam oleat yang rendah. Komposisi asam lemak minyak tergantung pada tingkat kematangannya. Dua hidrokarbon terdapat dalam jumlah besar dalam minyak zaitun, squalene dan β karoten (yang terakhir dibahas di bagian pigmen). Squalene adalah metabolit terakhir sebelum pembentukan cincin sterol. Kehadirannya dianggap ikut bertanggung jawab atas kemaslahatan kesehatan dari minyak zaitun dan tindakan kemopreventifnya terhadap kanker tertentu (Blekas, Tsimidou and Boskou, 2006).

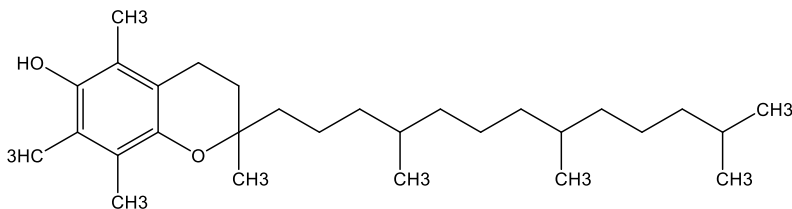


Gambar 6.2. Struktur asam lemak jenuh: asam palmitat (Wang *et al.*, 2016)



Gambar 6.3. Struktur asam lemak tak jenuh ganda: asam linoleat (Baishya *et al.*, 2017)

Penelitian tentang keberadaan dan kadar tokoferol dalam minyak zaitun murni telah menunjukkan bahwa dari delapan “Prekursor vitamin E” yang diketahui, terdiri dari homolog α 90% dari kandungan total tokoferol. α -tokoferol ditemukan dalam bentuk bebas. Laporan menunjukkan kisaran miligram α -tokoferol per kg minyak yang bergantung pada potensi kultivar (proses budidaya tanaman yang telah diseleksi) dan faktor teknologi. Pengenalan praktek manufaktur yang baik dan program kendali mutu secara keseluruhan didukung oleh Uni Eropa untuk semua makanan yang dapat dimakan. Jenis minyak zaitun memberikan dampak positif terhadap kadar tokoferol pada minyak zaitun murni yang berasal dari asal berbeda (Blekas, Tsimidou and Boskou, 2006).

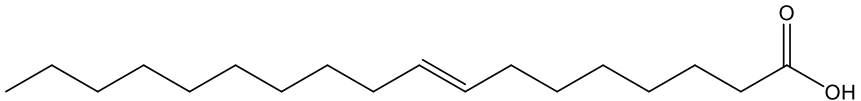


Gambar 6.4. Struktur α -tokoferol (Smolarek and Suh, 2011)

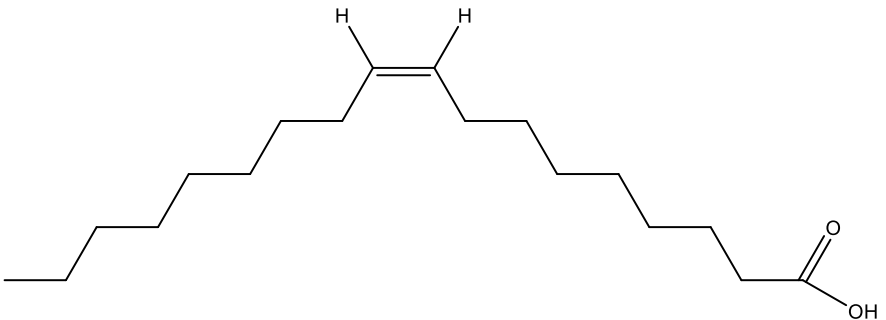
Alkohol alifatik dan aromatik yang terdapat dalam minyak zaitun ditemukan dalam bentuk bebas dan teresterifikasi. Yang paling penting adalah alkohol lemak dan alkohol diterpen. Alkanol dan alkenol dengan kurang dari sepuluh atom karbon dalam molekulnya, yang terdapat dalam bentuk bebas dan bentuk teresterifikasi, dan beberapa alkohol aromatik (benzil alkohol dan 2-feniletanol) merupakan penyusun fraksi volatil minyak zaitun. Benzil ester dari heksakosanoat dan asam oktasanoat juga ditemukan dalam minyak zaitun (Blekas, Tsimidou and Boskou, 2006)

Asam lemak merupakan komponen struktural penting yang diperlukan untuk proses metabolisme. PUFA mencakup beberapa ikatan rangkap sementara MUFA memiliki satu ikatan rangkap yang membuatnya berbeda dari asam lemak lain dalam konfigurasi *cis* dalam struktur kimianya (Öz, Ucak and Nayik, 2022).

Saat ini sangat penting untuk mengetahui komposisi jenis minyak secara rinci dan untuk mengetahui apa peran konkrit terbanyak dalam kesehatan, peranan lemak tak jenuh tunggal yang dominan asam lemak (asam oleat) dan proporsinya dalam kaitannya dengan jenuh dan asam lemak tak jenuh ganda, peran polifenol, tokoferol dan fitosterol. EVOO (*Extra virgin olive oil*) juga mengandung komponen lain yang sifat biologisnya perlu diperhatikan, seperti klorofil, yang berperan merangsang di banyak organ dan mempercepat proses penyembuhan, vitamin A dan magnesium, keduanya kemungkinan berperan sebagai antikanker, dll. (Salazar-garc and Town, 2017).



Gambar 6.5. Struktur asam lemak tak jenuh tunggal: trans asam oleat (Baishya *et al.*, 2017)



Gambar 6.6. Struktur asam lemak tak jenuh tunggal: cis asam oleat (Idris, Lida and Mat, 2018)

Komposisi minyak zaitun yang utama triasilgliserol (~99%) dan yang kedua adalah asam lemak bebas, mono- dan diasilgliserol,

dan berbagai lipid seperti hidrokarbon, sterol, alkohol alifatik, tokoferol dan pigmen. Sejumlah besar senyawa fenolik dan volatil juga ada. Beberapa senyawa ini berkontribusi terhadap karakter unik minyak. Asam lemak yang terdapat dalam minyak zaitun adalah palmitat (C16:0), palmitoleat (C16:1), stearat (C18:0), oleat (C18:1), linoleat (C18:2), dan linolenat (C18:3). Asam miristat (C14:0), heptadekanoat, dan eikosanoat ditemukan dalam jumlah sedikit. (Blekas, Tsimidou and Boskou, 2006).

Tokoferol, prekursor vitamin E, dapat ditemukan secara signifikan jumlah dalam daun hijau dan bibit sereal dan minyak zaitun, dalam hal ini dalam bentuk α -tokoferol, yang mengandung, menurut berbagai penulis, antara 125 dan 200 g/kg. Terpen juga merupakan sekumpulan senyawa organik yang berasal dari isoprena senyawa dengan lima atom karbon (2metil-1,3-butadiena) yang juga disebut terpenoid jika disusun ulang dalam struktur hidrokarbonnya. Di antara terpen yang ada dalam minyak zaitun, pada dasarnya harus menyebutkan tetraterpenos atau karotenoid, prekursor vitamin A, tetapi juga triterpen squalene dan diterpen tertentu, pembentuk vitamin A atau retinol, dari tokoferol dasar vitamin K. Minyak zaitun dianggap penting dalam makanan, antara lain karena kontribusinya terhadap ketiga vitamin tersebut. Minyak zaitun dianggap penting dalam makanan, antara lain karena kontribusinya terhadap ketiga vitamin tersebut. Karotenoid yang terkandung dalam minyak terakumulasi di banyak jaringan, plasma lipoprotein adalah penghubung ke berbagai organ yang menjadi tujuan mereka sangat penting, karotenoid adalah prekursor vitamin A dan bertanggung jawab untuk menguningnya minyak zaitun, karena ketiga isomernya α , β , dan γ , terkait dengan peran antioksidannya dalam perlindungan asam nukleat, oleh karena itu memiliki efek antiaterogenik dan anti kanker (efisien melawan jenis kanker tertentu), menjaga kesehatan pada mata, kulit dan lendir, memperkuat sistem kekebalan tubuh dan melindungi tubuh terhadap penyakit kardiovaskular. Saat ini, teknik analisis polifenol sudah sangat berkembang dikembangkan serta penilaian sifat antioksidannya. Banyak penulis merujuk pada efek polifenol yang sangat penting dalam minyak zaitun, karena dianggap efisien dalam pengobatan dan pencegahan peradangan yang terlibat dalam

berbagai penyakit dan dalam formulasi yang berbeda memiliki aplikasi sebagai nutraceuticals (bidang farmasi), kosmetik, dan dalam industri makanan (Salazar-garc and Town, 2017).

6.5 Minyak Biji Bunga Matahari

Minyak biji bunga matahari salah satu jenis minyak nabati yang belum banyak berkembang di Indonesia. Biji bunga matahari biasanya mengandung 40% –45% minyak, 14–18% protein dan 25%–30% kulit, mayoritas yang terdiri dari serat kasar yang tidak dapat dimakan (Broto, 2023). Minyak biji matahari menempati posisi kedua posisi di dunia dalam manufaktur minyak nabati mengikuti minyak kedelai dan dikelompokkan di antara minyak nabati unggulan untuk diet manusia karena nilai gizinya. Bijinya menyediakan banyak vitamin, mineral dan tokoferol dan ditemukan kaya akan mineral seperti magnesium, besi, tembaga, kalsium, seng, natrium, kalium, fosfor, selenium dan mangan. Minyak bunga matahari biasa mengandung 69% asam linoleat, 20% asam oleat dan 11% asam lemak jenuh, tetapi ekstraksi telah dikembangkan hingga saat ini rangkaian minyak bunga matahari tingkat lanjut dengan kandungan oleat tinggi asam, asam stearat, asam linoleat, asam palmitat dan asam jenuh rendah (Khan *et al.*, 2015).

6.6 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit yang diperoleh dari mesocarp buah kelapa sawit, terdiri dari 50% asam lemak jenuh, 40% asam lemak tak jenuh tunggal dan 10% asam lemak tak jenuh ganda. Komponen lemak jenuhnya sedikit sejumlah besar asam laurat dan miristat dan sejumlah besar asam palmitat (44%). Hal ini penting untuk diperhatikan dari asam lemak jenuh yang ditemukan dalam makanan, asam laurat dan asam miristat (hanya ditemukan dalam jumlah sedikit pada minyak sawit) mempunyai potensi lebih besar untuk meningkatkan konsentrasi kolesterol total dan LDL (*Low Density Lipoprotein*) sementara asam palmitat (ditemukan dalam jumlah besar dalam minyak sawit) kurang memuaskan dalam hal ini. Selanjutnya, minyak sawit digunakan secara langsung dalam berbagai proses pangan tanpa mengalami proses hidrogenasi, dimana beberapa ikatan rangkap cis ditransformasikan menjadi

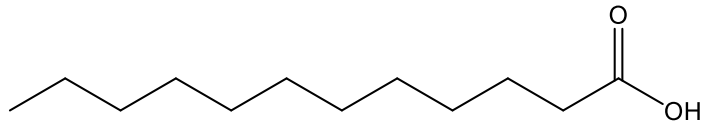
konfigurasi trans. Oleh karena itu, perlu diperhatikan hal itu minyak sawit tidak mengandung lemak trans tak jenuh isomer asam. Memang, ketika minyak sawit dikonsumsi sebagai bagian dari diet rendah lemak (<30% energi) telah terbukti efektif dalam mempertahankan plasma kolesterol yang diinginkan dan kadar kolesterol lipoprotein. Spesies trigliserida utama dalam minyak sawit mempunyai asam palmitat pada posisi alfa molekulnya dan lokasi ini memberikan sifat non-hiperkolesterolemia pada minyak (Boateng *et al.*, 2016).

6.7 Minyak Kelapa

Kelapa adalah salah satu makanan terpenting di beberapa daerah tropis dan negara subtropis, dengan pohon kelapa disebut sebagai 'pohon' kehidupan'. Dalam metode pengeringan dengan sinar matahari, kelapa ditempatkan di bawah matahari selama 6 sampai 8 hari. Dalam metode pengeringan dengan api langsung, kelapa ditempatkan di platform pemanggang bambu di mana panas dihasilkan dari pembakaran dari batok dan sabut kelapa. Terakhir, dalam pengeringan udara panas, sekam dan cangkang digunakan sebagai bahan bakar. Prosesnya dilakukan di alat pengering dilengkapi dengan pelat baja bagian bawah untuk mengisolasi kernel agar tidak masuk bersentuhan dengan asap yang dihasilkan oleh bahan bakar. Setelah pengeringan proses, kernel menyusut dan terpisah dari cangkangnya. Kopra yang diperoleh dipipihkan untuk menambah luas permukaan dan serpihan dimasak pada suhu 115°C selama 20 menit. Kemudian, materi (dengan kadar air disesuaikan hingga 3% –4%) diumpankan ke expeller, untuk ekstraksi minyak. Bungkil kopra biasanya memiliki kandungan minyak kurang lebih 7 persen dan diekstraksi dilakukan menggunakan heksana sebagai pelarut, mengurangi kandungan minyak kelapa menjadi 3,5 persen. Ekstraksi minyak juga dapat dilakukan dengan menggunakan kernel segar. Keuntungan dari ekstraksi basah adalah kualitasnya yang unggul minyak yang diperoleh, serta pemulihan nutrisi seperti protein, karbohidrat dan vitamin (Lima and Block, 2019).

VCO (*Virgin Coconut Oil*) adalah minyak yang diekstraksi dari biji kelapa segar yang matang. Berbagai jenis kelapa tersedia secara global, namun tidak semuanya digunakan untuk produksi

VCO. VCO hampir tidak berwarna dengan aroma agak asam, pedas dan rasa manis-asin, diekstraksi dengan sedikit atau tanpa panas. VCO dapat diekstraksi baik biji kelapa segar maupun tua tanpa mengubah sifat alaminya. Profil asam lemak VCO dan minyak kelapa adalah sangat mirip, meskipun penelitian menunjukkan bahwa VCO memiliki jumlah yang lebih tinggi asam laurat (46,0–52,6%), tetapi tidak signifikan. VCO mengandung lebih banyak asam lemak rantai sedang, termasuk sejumlah besar asam laurat dan asam lemak lainnya dalam hal ini termasuk asam kaproat, kaprilat dan kaprat (Mudiyansele, Rangana and Wickramasinghe, 2023).



Gambar 6.7. Struktur asam laurat (Borrelli *et al.*, 2021)

6.8 Minyak Jagung

Minyak jagung terdiri dari asam lemak tak jenuh dan terdapat sejumlah kalori yang berasal dari lemak, tidak seperti jenis minyak lainnya, di dalam minyak jagung tidak ditemukan kandungan mineral yang berupa zat besi ataupun kalsium. Manfaat minyak jagung dari sisi kesehatan yaitu minyak jagung mengandung lemak tak jenuh dalam jumlah yang sangat tinggi. Lemak tersebut berupa MUFA dan PUFA berguna untuk membantu mencegah masalah jantung, mengontrol kadar kolesterol dalam darah, sekaligus dapat mencegah mengurangi resiko kardiovaskular, serangan jantung dan juga stroke. Minyak jagung merupakan sumber yang kaya akan asam linoleat (asam lemak esensial), yang merupakan salah satu dari dua asam esensial yang diperlukan untuk integritas kulit, membran sel dan sistem kekebalan tubuh dan untuk sintesis eikosanoid yang diperlukan untuk reproduksi, fungsi dan resistensi kardiovaskular, ginjal, gastrointestinal terhadap penyakit dan sangat efektif untuk menurunkan kadar serum kolesterol, terutama kolesterol lipoprotein densitas rendah. Minyak jagung mempunyai kestabilan yang baik dalam pemasakan dan penyimpanan karena rendahnya proporsi asam linoleat, asam lemak yang rentan terhadap oksidasi (Chaudhary, 2012).

6.9 Minyak Kacang Tanah

Kacang tanah merupakan salah satu tanaman penghasil minyak dan protein terpenting di dunia. Kualitas benih kacang tanah minyak dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Namun, sedikit yang diketahui tentang bahan kimia tersebut komposisi kacang tanah yang ditanam dalam kondisi lingkungan Turki, Kandungan minyak (rata-rata dua tahun) varietas kacang tanah berkisar antara 47,55-51,55% pada musim tanam utama dan 43,71-50,48% pada musim tanam ganda. Selanjutnya kandungan asam oleatnya pun juga bervariasi antara 39,80-81,13% dan 39,42-81,51% pada musim tanam utama dan ganda, masing-masing dan nilai persentase asam linoleat varietas kacang tanah berkisar antara 1,73 hingga 36,38% pada ditanam utama dan dari 2,66 hingga 37,72% pada musim tanam ganda. Asam oleat menjadi asam linoleat atau rasio (O/L) lebih tinggi pada tanaman utama dibandingkan pada tanaman ganda dan nilai yodiumnya lebih tinggi lebih tinggi pada musim tanam ganda dibandingkan pada musim tanam utama (Bakal *et al.*, 2016).

Saat ini, ada dua metode pengepresan minyak kacang yaitu pengepresan suhu tinggi dan pengepresan suhu rendah. Teknik tradisional pengepresan suhu tinggi dan minyak kacang yang dihasilkan dengan cara ini mempunyai rasa harum yang kuat sehingga sangat disukai oleh konsumen. Namun minyak kacang tanah dihasilkan dengan pengepresan suhu tinggi memiliki kualitas sensorik yang buruk dan kehilangan banyak vitamin E, sterol, gandum fenol kuman, fosfolipid, dan faktor nutrisi lainnya dan terlebih lagi, minyak memiliki stabilitas yang buruk. Hanya kurang dari 10% minyak kacang tanah yang dihasilkan dengan teknik pengepresan dingin, namun minyak kacang tanah yang dihasilkan dengan teknik ini tetap terjaga kualitas gizi asli kacang tanah dan bubuk protein kacang tanah dengan rendah. Variabilitas dapat dihasilkan selama proses pengepresan sehingga pemanfaatan kacang tanah dan manfaat ekonominya dapat ditingkatkan. Oleh karena itu, minyak kacang diproduksi dengan metode pengepresan dingin mempunyai prospek pasar yang lebih menjanjikan (Wang *et al.*, 2016)

6.9.1 Pengepresan Suhu Tinggi

Sebelum diperas, kacang tanah perlu dikeringkan berulang kali dengan alat pengering udara panas untuk mengontrol kadar air dalam kisaran 5–6%, dan kemudian menurunkan suhu minyak dengan cepat dengan udara dingin hingga suhu di bawah 40°C. Setelah penghancuran, kernel saluran kecil akan dipanaskan hingga 180–200 °C dalam tungku tumis untuk menggoreng udara panas sehingga dapat meningkatkan hasil minyak dan meningkatkan aroma. Mengukus dan memanggang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada sel, menyebabkan koagulasi dan denaturasi protein, serta pemisahan dan kombinasi fosfolipid dan gossypol, sehingga diperlukan ekstraksi minyak dari serpihan dan meningkatkan kualitas minyak mentah (Wang *et al.*, 2016).

6.9.2 Pengepresan Suhu Rendah

Selama proses suhu naik dari 60 menjadi 90°C, rasio oli/sisa oli sistem menurun secara bertahap, mencapai 4,5% pada 90°C. Namun, selama proses kenaikan suhu, kandungan protein terlarut dari sisa pemanasan sedikit berkurang pada suhu 60–70°C, dan bila suhu melebihi 70°C, kandungan protein larut sisa pemanasan berkurang dengan cepat dan hanya mencapai 35–38% pada 90°C. Oleh karena itu, suhu terbaik untuk pengkondisian termal adalah sekitar 70°C (Wang *et al.*, 2016).

6.10 Minyak Kedelai

Minyak kedelai mempunyai jumlah asam lemak jenuh utama yaitu linoleat (54,87%), oleat (23,17%) dan palmitat (11,50%), sedangkan total asam lemak tak jenuh dalam minyak kedelai adalah 84,2%. Secara umum ekstraksi minyak kedelai dapat dilakukan dengan cara ekstraksi pelarut dan pengepresan mekanis. Ekstraksi pelarut menggunakan heksana telah sering menjadi standar dilakukan dalam pengolahan minyak modern (Subroto *et al.*, 2021). Kedelai sangat penting dalam produksi minyak nabati dunia. Dominasi kedelai berasal dari berbagai faktor, termasuk karakteristik agronomi yang menguntungkan, keuntungan bagi petani dan pengolah, tepung protein berkualitas tinggi untuk pakan ternak, produk minyak nabati berkualitas tinggi, pasokan kedelai

yang berlimpah dan dapat diandalkan yang tersedia dengan harga kompetitif. Minyak goreng atau lemak penggorengan hampir seluruhnya dapat dibuat dari minyak kedelai (Erickson, 1995).

Semua lemak dan minyak mentah kedelai mengandung sejumlah bahan nongliserida yang tidak diinginkan dalam jumlah bervariasi. Larutan alkali dapat digunakan untuk “menetralkan asam lemak bebas”, menghasilkan sabun, yang pada gilirannya dapat menyerap warna dan mengendapkan warna apa pun resin atau zat mucilaginous yang terdapat dalam lemak dan minyak mentah. Hasilnya fase cair yang mengandung zat-zat yang tidak diinginkan akan lebih berat daripada lemak atau minyak dan oleh karena itu akan mengendap seiring berjalannya waktu. Penemuan ini menjadi dasar proses pemurnian minyak kedelai menggunakan kaustik. Jumlah asam lemak bebas dapat ditentukan dengan metode sederhana dan cepat dan menjadi standar untuk menentukan jumlah alkali yang ditambahkan; maka disebut istilah netralisasi. Senyawa basa yang umum dipelajari untuk “pemurnian” meliputi natrium hidroksida (NaOH ; soda kaustik atau alkali), kalium hidroksida (KOH ; kalium kaustik), natrium bikarbonat (NaHCO_3), dan natrium karbonat (Na_2CO_3 ; soda abu). Satu-satunya yang saat ini digunakan di hampir semua penyulingan minyak kedelai adalah natrium hidroksida. (Erickson, 1995).

DAFTAR PUSTAKA

- Baishya, P. *et al.* (2017) 'Natural Polymer - Based Nanocomposites : A Greener Approach for the Natural Polymer-Based Nanocomposites : A Greener Approach for Future', (September). Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119441632.ch139>.
- Bakal, H. *et al.* (2016) 'Characterization of peanut (*Arachis hypogaea* L .) seed oil and fatty acids composition under different growing season under mediterranean environment', *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(October). Available at: [https://doi.org/10.18006/2016.4\(5S\).564.571](https://doi.org/10.18006/2016.4(5S).564.571).
- Berry, S.E.E. (2019) 'Interesterified fats : What are they and why are they used? A briefing report from the Roundtable on Interesterified Fats in Foods', (October). Available at: <https://doi.org/10.1111/nbu.12397>.
- Blekas, G., Tsimidou, M. and Boskou, D. (2006) *Olive Oil Composition*. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781439832028.pt2>.
- Boateng, L. *et al.* (2016) 'Coconut oil and palm oil ' s role in nutrition , health and national development : A review', 50(3), pp. 189–196.
- Borrelli, L. *et al.* (2021) 'Insect Derived Lauric Acid as Promising Alternative Strategy to Antibiotics in the Antimicrobial Resistance Scenario', (February). Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.620798>.
- Broto, R.T.D.W. (2023) 'Optimization Extraction of Sunflower Seed Oil (*Helianthus Annus*) Using Factorial Design Experiment with Soxhlation Method', 5(April), pp. 1–4.
- Chaudhary, D. (2012) *Corn oil . An emerging industrial product*.
- Edwin, O. *et al.* (2008) 'Analysis of Physical Characteristic of Vegetable Oils', pp. 2–5.
- Erickson, D.R. (1995) 'Chapter 5 - Overview of Modern Soybean Processing and Links Between Processes', in D.R. Erickson (ed.) *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. AOCS Press, pp. 56–64. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-935315->

63-9.50009-7.

- Hammond, E.W. (2003) 'VEGETABLE OILS | Types and Properties', in B. Caballero (ed.) *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. Second Edition. Oxford: Academic Press, pp. 5899–5904. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01225-6>.
- Idris, N.A., Lida, N. and Mat, H. (2018) 'Interesterified palm products as alternatives to hydrogenation', (January).
- Khan, S. *et al.* (2015) 'Sunflower oil : Efficient oil source for human consumption Sunflower Oil : Efficient Oil Source for Human Consumption', (January).
- Lichtenstein, A.H. (2005) 'Hyperlipidemia | Nutritional Management', in B. Caballero (ed.) *Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition)*. Second Edition. Oxford: Elsevier, pp. 491–499. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-226694-3/00163-0>.
- Lima, S. and Block, J.M. (2019) 'Coconut oil : what do we really know about it so far?', pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz004>.
- Mudiyanselage, W., Rangana, D. and Wickramasinghe, I. (2023) 'Comparison of physicochemical characteristics of virgin coconut oils from traditional and hybrid coconut varieties', *Journal of Agriculture and Food Research*, 12(December 2022), p. 100554. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100554>.
- Nde, D.B. and Foncha, A.C. (2020) 'Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils : A Review'.
- Nieto, G. and Lorenzo, J.M. (2022) 'Chapter 4 - Plant source: Vegetable oils', in J.M. Lorenzo *et al.* (eds) *Food Lipids*. Academic Press, pp. 69–85. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823371-9.00011-3>.
- Öz, M., Ucak, İ. and Nayik, G.A. (2022) 'Chapter 10 - PUFA and MUFA', in J. Kour and G.A. Nayik (eds) *Nutraceuticals and Health Care*. Academic Press, pp. 199–215. Available at:

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89779-2.00004-1>.

- Peeva, L.G., Sairam, M. and Livingston, A.G. (2010) '2.05 - Nanofiltration Operations in Nonaqueous Systems', in E. Drioli and L. Giorno (eds) *Comprehensive Membrane Science and Engineering*. Oxford: Elsevier, pp. 91–113. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-093250-7.00036-0>.
- Rustan, A.C. (2005) 'Fatty Acids : Structures and Properties', pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1038/npg.els.0003894>.
- Salazar-garc, D.C. and Town, C. (2017) *Olive Oil: Composition and Health Benefits Complimentary Contributor Copy*.
- Smolarek, A.K. and Suh, N. (2011) 'Chemopreventive Activity of Vitamin E in Breast Cancer: A Focus on γ - and δ -Tocopherol', 2, pp. 962–986. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu3110962>.
- Subroto, E. *et al.* (2021) 'Characteristics , Purification , and the Recent Applications of Soybean Oil in Fat- Characteristics , Purification , and the Recent Applications of Soybean Oil in Fat-Based Food Products : A Review', (February). Available at: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/20872020>.
- Wang, Q. *et al.* (2016) 'Peanut Oil Processing Technology', pp. 63–81. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809595-9/00003-X>.

BAB 7

DETEKSI KERUSAKAN LEMAK DAN MINYAK

Oleh Dyah Ilminingtyas WH.

7.1 Pendahuluan

Lemak dan minyak merupakan bahan pangan penting yang memiliki peranan vital dalam kehidupan manusia. Lemak dan minyak termasuk dalam kelompok senyawa lipida, yaitu senyawa organik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti eter, kloroform, dan benzena.

Lemak umumnya didefinisikan sebagai lipida yang berwujud padat atau semi-padat pada suhu ruang, sedangkan minyak adalah lipida yang berwujud cair pada suhu ruang. Secara kimiawi, lemak dan minyak tersusun dari molekul-molekul trigliserida, yaitu senyawa yang terbentuk dari satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak. Perbedaan utama antara lemak dan minyak terletak pada jenis asam lemak penyusunnya. Lemak cenderung tersusun dari asam lemak jenuh, sedangkan minyak lebih banyak mengandung asam lemak tak jenuh.

Dalam Tabel 7.1, Tabel 7.2 dan Tabel 7.3, disajikan nama-nama asam lemak, baik jenuh maupun tidak jenuh, beserta rumus kimia masing-masing. Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap dalam strukturnya, sedangkan asam lemak tidak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan rangkap.

Asam lemak tidak jenuh dibagi menjadi dua jenis, yaitu asam lemak tidak jenuh tunggal (satu ikatan rangkap) dan asam lemak tidak jenuh banyak/majemuk (dua atau lebih ikatan rangkap). Asam lemak poli-tidak jenuh sangat penting dalam nutrisi manusia, terutama asam lemak esensial seperti asam linoleat dan asam α -linolenat.

Tabel 7.1. Asam Lemak Jenuh

No	Nama Asam Lemak	Rumus Kimia
1	Asam Asetat	CH_3COOH
2	Asam Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
3	Asam Kaprilat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
4	Asam Kaprat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
5	Asam Laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
6	Asam Miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
7	Asam Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
8	Asam Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
9	Asam Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
10	Asam Arakhidat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
11	Asam Behenat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$

Sumber: <http://majalah1000guru.net/2013/06/serba-serbi-asam-lemak/>

Jenis-jenis asam lemak tidak jenuh tunggal (*Monounsaturated Fatty Acid*) dapat dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2. Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal

No	Nama Asam Lemak	Rumus Kimia
1	Asam Miristoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
2	Asam Palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
3	Asam Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
4	Asam Vaksenat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
5	Asam Erukat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
6	Asam Nervonat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$

Sumber: <http://majalah1000guru.net/2013/06/serba-serbi-asam-lemak/>

Asam lemak tidak jenuh banyak/majemuk (*Polyunsaturated Fatty Acid*) dapat dilihat pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3. Asam Lemak Tidak Jenuh Majemuk/Banyak.

No	Nama Asam Lemak	Rumus Kimia
1	Asam Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
2	Asam α -Linolenat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
3	Asam Arakhidonat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
4	Asam Eikosapentaenoat (EPA)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
5	Asam Dokosaheksaenoat (DHA)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

Sumber: <http://majalah1000guru.net/2013/06/serba-serbi-asam-lemak/>

Selain sebagai sumber energi, lemak dan minyak juga berperan dalam penyerapan vitamin-vitamin tertentu dan memberikan cita rasa yang khas pada banyak produk pangan. Namun, lemak dan minyak rentan mengalami kerusakan yang dapat mempengaruhi kualitas, nilai gizi, dan keamanan pangan.

Kerusakan lemak dan minyak dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti oksidasi, hidrolisis, dan reaksi-reaksi kimia lainnya. Proses oksidasi, yang melibatkan oksigen dan dipercepat oleh panas, cahaya, dan logam-logam tertentu, dapat menghasilkan senyawa-senyawa tidak diinginkan yang memberikan bau dan rasa tengik pada lemak dan minyak. Sementara itu, hidrolisis, yang merupakan reaksi pemecahan oleh air, dapat menyebabkan terbentuknya asam lemak bebas yang memberikan rasa dan aroma tidak sedap.

Deteksi kerusakan lemak dan minyak menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan pangan. Metode-metode analisis kimia telah dikembangkan untuk mendeteksi dan mengukur tingkat kerusakan lemak dan minyak, diantaranya uji kadar air, uji bilangan peroksida, uji bilangan asam, uji bilangan penyabunan, uji TBA (*Thio Barbiturid Acid*) dan uji kromatografi gas. Selain itu, metode sensoris juga dapat digunakan untuk menilai kualitas lemak dan minyak secara organoleptik.

Buku ini akan membahas secara mendalam berbagai aspek terkait deteksi kerusakan lemak dan minyak, meliputi faktor-faktor penyebab kerusakan, mekanisme reaksi-reaksi yang terlibat, metode-metode analisis sifat fisik, kimia dan sensoris, serta interpretasi hasil analisis. Pemahaman yang komprehensif tentang topik ini sangat penting bagi para profesional di industri pangan, peneliti, dan akademisi untuk memastikan kualitas dan keamanan produk-produk yang mengandung lemak dan minyak.

7.2 Penyebab Kerusakan Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor internal maupun eksternal. Kerusakan ini dapat menurunkan kualitas, nilai gizi, dan keamanan pangan yang mengandung lemak dan minyak. Berikut adalah penyebab-penyebab utama kerusakan lemak dan minyak:

1. Penyerapan Bau

Lemak dan minyak memiliki sifat mudah menyerap bau dari lingkungan sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh struktur molekul lemak dan minyak yang non-polar, sehingga lebih mudah menyerap senyawa-senyawa volatil yang bersifat non-polar pula. Penyerapan bau dapat berasal dari bahan kemasan, kontaminasi lingkungan, atau proses pengolahan yang kurang higienis.

Dampak dari penyerapan bau ini adalah munculnya aroma asing yang tidak diinginkan pada lemak dan minyak, yang dapat mempengaruhi cita rasa produk akhir. Selain itu, bau yang diserap dapat menandakan adanya kontaminasi zat-zat berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan konsumen.

2. Enzimatis

Kerusakan lemak dan minyak dapat terjadi akibat aktivitas enzim-enzim tertentu, seperti lipase dan lipoksigenase. Enzim lipase dapat memecah ikatan ester pada trigliserida, menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Akumulasi asam lemak bebas dapat menyebabkan ketengikan dan rasa tidak sedap pada lemak dan minyak.

Sementara itu, enzim lipoksigenase dapat mengkatalis reaksi oksidasi pada asam lemak tak jenuh, menghasilkan senyawa-senyawa volatil yang memberikan bau dan rasa tidak enak. Aktivitas enzim ini sering terjadi pada bahan nabati yang mengandung enzim lipoksigenase, seperti kacang-kacangan dan biji-bijian.

3. Mikroba

Kontaminasi mikroba, seperti bakteri, kapang, dan khamir, dapat menyebabkan kerusakan pada lemak dan minyak. Mikroba-mikroba tertentu memiliki kemampuan untuk memproduksi enzim-enzim yang dapat menghidrolisis trigliserida, menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol.

Selain itu, beberapa jenis mikroba juga mampu mengoksidasi asam lemak tak jenuh, menghasilkan senyawa-senyawa volatil yang memberikan bau dan rasa tidak sedap. Kerusakan akibat mikroba ini sering terjadi pada lemak dan minyak yang disimpan dalam kondisi yang tidak higienis dan lembab.

4. Oksidasi

Oksidasi merupakan penyebab utama kerusakan lemak dan minyak. Proses oksidasi melibatkan reaksi antara oksigen dengan asam lemak tak jenuh pada trigliserida, menghasilkan senyawa-senyawa seperti hidroperoksida, aldehida, keton, dan asam-asam organik.

Oksidasi dapat dipercepat oleh beberapa faktor, seperti panas, cahaya, logam-logam berat, dan enzim-enzim oksidatif. Produk-produk oksidasi ini memberikan bau dan rasa tengik pada lemak dan minyak, serta dapat

menurunkan nilai gizi dan menghasilkan senyawa-senyawa berbahaya bagi kesehatan

Untuk meminimalkan kerusakan lemak dan minyak, diperlukan penanganan yang tepat selama proses produksi, penyimpanan, dan pengemasan. Penggunaan bahan pengemas yang kedap udara, penambahan antioksidan, dan pengendalian faktor-faktor seperti panas, cahaya, dan kontaminasi logam dapat membantu memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas lemak dan minyak.

7.3 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak

Deteksi kerusakan lemak dan minyak dapat dilakukan melalui berbagai metode, baik secara fisik, kimia, maupun sensoris. Deteksi secara fisik merupakan salah satu metode yang paling mudah dan dapat dilakukan dengan cepat. Deteksi kerusakan lemak dan minyak secara fisik diantaranya meliputi perubahan warna, aroma, dan kekentalan.

Deteksi kerusakan lemak dan minyak secara fisik merupakan langkah awal yang penting dalam menjaga kualitas dan keamanan pangan. Meskipun demikian, deteksi secara fisik memiliki keterbatasan dan perlu dilengkapi dengan metode analisis kimia dan sensoris untuk memperoleh penilaian yang lebih akurat dan komprehensif.

Analisis kimia memberikan hasil yang lebih objektif dan kuantitatif dibandingkan dengan deteksi secara fisik atau sensoris. Beberapa metode analisis kimia yang umum digunakan untuk mendeteksi kerusakan lemak dan minyak diantaranya: uji kadar air, uji bilangan asam, uji bilangan peroksida, uji penyabunan, uji TBA (*Thio Barbiturit Acid*), uji asam lemak dan hasil oksidasinya menggunakan Gas Chromatografi dan spektroskopi.

Uji sensoris juga dapat digunakan untuk mendukung/memperkuat deteksi kerusakan lemak dan minyak diantaranya dengan uji Mutu hedonik dan uji rangking.

7.4 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Fisik

Deteksi kerusakan lemak dan minyak secara fisik yang meliputi perubahan warna, aroma, dan kekentalan.

7.4.1 Perubahan Warna

Perubahan warna pada lemak dan minyak dapat menjadi indikator terjadinya kerusakan. Lemak dan minyak yang segar umumnya berwarna kuning pucat hingga kuning cerah ataupun kuning kehijauan tergantung pada bahan bakunya. Namun, ketika terjadi kerusakan, warna lemak dan minyak dapat berubah menjadi lebih gelap atau bahkan kehitaman.



Gambar 7.1. Perubahan Warna untuk Mendeteksi Kerusakan Minyak

Sumber: <https://www.merdeka.com/gaya/cara-membedakan-minyak-goreng-layak-konsumsi-dan-minyak-bermutu-rendah-dari-warnanya.html>

Perubahan warna ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti oksidasi, pemanasan berlebih, atau kontaminasi zat-zat lain. Proses oksidasi dapat menghasilkan senyawa-senyawa seperti hidroperoksida, aldehida, dan keton yang berwarna gelap. Pemanasan berlebih juga dapat menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan (*browning*) pada lemak dan minyak.

Deteksi perubahan warna dapat dilakukan dengan membandingkan warna lemak atau minyak dengan standar warna

yang telah ditetapkan. Penilaian warna dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan alat ukur warna seperti kolorimeter/*color reader* atau spektrofotometer.

7.4.2 Perubahan Aroma

Aroma merupakan salah satu indikator utama kerusakan lemak dan minyak. Lemak dan minyak yang segar umumnya memiliki aroma yang netral atau sedikit berbau khas lemak atau minyak tersebut sesuai bahan bakunya. Namun, ketika terjadi kerusakan, aroma lemak dan minyak dapat berubah menjadi tidak sedap atau tengik.

Perubahan aroma ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti oksidasi, aktivitas enzim, atau kontaminasi mikroba. Proses oksidasi dapat menghasilkan senyawa-senyawa volatil seperti aldehida, keton, dan asam-asam organik yang memberikan aroma tengik. Aktivitas enzim seperti lipoksigenase juga dapat menghasilkan senyawa-senyawa volatil yang memberikan aroma tidak sedap.

Deteksi perubahan aroma dapat dilakukan dengan mencium aroma lemak atau minyak secara langsung. Namun, penilaian aroma secara sensoris dapat bersifat subjektif dan dipengaruhi oleh kepekaan indera penciuman masing-masing individu. Oleh karena itu, deteksi aroma juga dapat dilakukan dengan menggunakan alat analisis seperti kromatografi gas atau spektrometri massa.

7.4.3 Perubahan Kekentalan

Kekentalan atau viskositas merupakan salah satu sifat fisik lemak dan minyak yang juga dapat berubah akibat kerusakan. Lemak dan minyak yang segar umumnya memiliki kekentalan yang normal sesuai dengan jenis lemak atau minyak tersebut. Namun, ketika terjadi kerusakan, kekentalan dapat berubah menjadi lebih kental atau lebih encer.

Perubahan kekentalan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti oksidasi, polimerisasi, atau aktivitas enzim. Proses oksidasi dapat menghasilkan senyawa-senyawa polimer yang menyebabkan peningkatan kekentalan. Sebaliknya, aktivitas enzim

seperti lipase dapat memecah trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol, yang menyebabkan penurunan kekentalan.

Deteksi perubahan kekentalan dapat dilakukan dengan mengukur viskositas lemak atau minyak menggunakan alat ukur viskositas seperti viskometer. Perubahan kekentalan yang signifikan dapat mengindikasikan terjadinya kerusakan pada lemak atau minyak.

Uji viskositas pada lemak dan minyak dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut viskometer. Viskometer Ostwald adalah salah satu jenis viskometer yang umum digunakan untuk mengukur viskositas cairan, termasuk lemak dan minyak. Berikut adalah penjelasan cara uji viskositas lemak dan minyak menggunakan viskometer.

Prosedur Analisis Viskositas:

1. Siapkan sampel lemak atau minyak yang akan diuji.
2. Panaskan sampel hingga mencair dan mencapai suhu yang diinginkan (biasanya suhu ruang atau suhu yang disesuaikan dengan kondisi pengujian).
3. Bersihkan viskometer Ostwald.
4. Masukkan sampel lemak atau minyak ke dalam viskometer melalui reservoir (A) hingga melewati tanda garis atas (B).
5. Tutup bagian atas viskometer dengan ibu jari dan balikkan viskometer hingga sampel mengalir ke reservoir bawah (C).
6. Lepaskan ibu jari sehingga sampel mengalir ke atas melalui kapiler.
7. Catat waktu yang diperlukan sampel untuk mengalir dari tanda garis atas (B) hingga tanda garis bawah dengan menggunakan stopwatch.
8. Ulangi langkah 6 dan 7 beberapa kali untuk mendapatkan rata-rata waktu alir.
9. Hitung viskositas sampel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Viskositas } (\eta) = K \times \rho \times t$$

Keterangan:

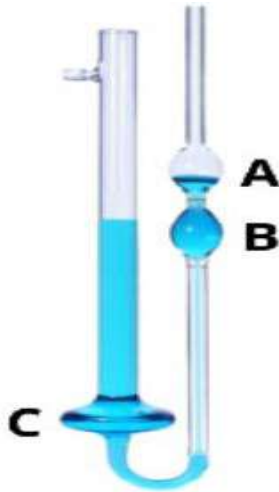
η = Viskositas (cP atau mPa.s)

K = Konstanta viskometer (diperoleh dari sertifikat kalibrasi)

ρ = Massa jenis sampel (g/cm^3)

t = Waktu alir (detik)

10. Bandingkan nilai viskositas yang diperoleh dengan standar atau nilai referensi yang sesuai.



Gambar 7.2. Viskometer Ostwald

Sumber: <https://andarupm.co.id/jenis-viskometer/>

Dengan menggunakan viskometer Ostwald dan mengikuti prosedur di atas, kita dapat mengukur viskositas lemak dan minyak secara akurat. Viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kualitas dan karakteristik lemak dan minyak.

7.5 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Kimiawi

Selain deteksi secara fisik, kerusakan lemak dan minyak juga dapat dideteksi melalui metode-metode analisis kimia. Analisis kimia memberikan hasil yang lebih objektif dan kuantitatif dibandingkan dengan deteksi secara fisik atau sensoris. Dalam sub bab ini, akan dibahas beberapa metode analisis kimia yang umum digunakan untuk mendeteksi kerusakan lemak dan minyak.

7.5.1 Analisis Kadar Air

Keberadaan air dalam lemak dan minyak dapat menjadi indikator terjadinya kerusakan. Air dapat memicu reaksi hidrolisis pada trigliserida, menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Selain itu, air juga dapat mendukung pertumbuhan mikroba yang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada lemak dan minyak. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur kadar air dalam lemak dan minyak, antara lain:

1. Metode Pengeringan (*Oven atau Moisture Analyzer*)
Sampel lemak atau minyak dipanaskan dalam oven atau moisture analyzer pada suhu tertentu hingga seluruh air menguap. Kehilangan berat setelah pemanasan merupakan jumlah air yang terkandung dalam sampel.
2. Metode Destilasi
Sampel lemak atau minyak didestilasi dengan pelarut yang tidak bercampur dengan air, seperti toluena atau xilena. Air yang terkandung dalam sampel akan terpisah dan dapat diukur volumenya.
3. Metode Titrasi Karl Fischer
Metode ini melibatkan reaksi kimia antara air dengan pereaksi Karl Fischer. Jumlah pereaksi yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan air dalam sampel akan diukur untuk menentukan kadar air.

Semakin tinggi kadar air dalam lemak dan minyak, semakin besar potensi terjadinya kerusakan akibat hidrolisis dan pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, pengukuran kadar air menjadi penting untuk memantau kualitas dan keamanan lemak dan minyak.

Dalam industri pangan, batas maksimum kadar air yang diizinkan dalam lemak dan minyak pangan biasanya berkisar antara 0,1% hingga 0,3%, tergantung pada jenis dan penggunaan lemak atau minyak tersebut. Dengan menjaga kadar air di bawah batas yang ditentukan, risiko kerusakan dapat diminimalkan.

Kita dapat memperoleh gambaran yang lebih lengkap tentang tingkat kerusakan lemak dan minyak, serta mengidentifikasi

penyebab kerusakan secara lebih akurat dengan menggabungkan hasil pengukuran kadar air dengan metode analisis kimia lainnya.

7.5.2 Analisis Bilangan Asam

Uji bilangan asam digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas dalam lemak atau minyak. Asam lemak bebas dapat terbentuk akibat proses hidrolisis atau oksidasi pada trigliserida.

Asam lemak bebas merupakan hasil hidrolisis minyak. Kadar asam lemak bebas menunjukkan jumlah asam lemak bebas dalam sampel dan merupakan parameter mutu minyak/lemak atau produk pangan yang mengandung lemak/minyak. Karena bersifat asam, kadar asam lemak bebas ditetapkan berdasarkan prinsip titrasi asam-basa dalam medium etanol. Indikator yang digunakan untuk menunjukkan titik akhir titrasi adalah fenolftalein. Campuran tersebut kemudian dititrasi dengan larutan basa standar (seperti natrium hidroksida) hingga terbentuk warna merah muda yang persisten.

Bilangan asam dihitung berdasarkan jumlah natrium hidroksida yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam sampel. Semakin tinggi bilangan asam, semakin banyak asam lemak bebas yang terkandung dalam lemak atau minyak, yang mengindikasikan tingkat kerusakan yang lebih tinggi.

Bahan:

1. Etanol
2. Larutan NaOH 0,1 N
3. Indikator fenolftalein (PP)
4. Sampel

Peralatan :

1. Neraca analitik
2. Erlenmeyer 250 ml
3. Biuret

Cara Analisis:

1. Timbang sampel minyak sebanyak $28,2 \pm 0,2$ g. Masukkan dalam erlenmeyer.

2. Tambahkan 50 ml alkohol dan 2 ml larutan indikator fenolftalein (PP)
3. Lakukan titrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah jambu yang permanen selama 30 detik.

Perhitungan:

$$\text{Kadar ALB(\%)} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{Normalitas} \times \text{BM asam lemak}}{\text{berat sampel} \times 1000}$$

7.5.3 Analisis Bilangan Peroksida

Uji bilangan peroksida merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk mendeteksi kerusakan oksidatif pada lemak dan minyak. Bilangan peroksida mengukur jumlah hidroperoksida, yang merupakan produk primer dari oksidasi lemak dan minyak.

Prinsip uji bilangan peroksida adalah mereaksikan sampel lemak atau minyak dengan larutan asam asetat dan larutan kalium iodida. Hidroperoksida dalam sampel akan mengoksidasi ion iodida menjadi iod, yang kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat. Jumlah natrium tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi ekuivalen dengan jumlah hidroperoksida dalam sampel.

Semakin tinggi bilangan peroksida, semakin banyak hidroperoksida yang terbentuk, yang mengindikasikan tingkat oksidasi yang lebih lanjut pada lemak dan minyak. Batas maksimum bilangan peroksida untuk lemak dan minyak pangan umumnya adalah 10 mEq/kg.

Bahan

1. Pelarut, terdiri dari 60% asam asetat glasial dan 40% kloroform.
2. Kalium iodida jenuh.
3. Larutan pati 1%
4. Natrium tiosulfat 0,1 N
5. Akuades
6. Sampel

Peralatan

1. Neraca analitik
2. Buret
3. Erlenmeyer 250 ml
4. Stirrer/shaker
5. Pipet

Cara kerja

1. Timbang 5 g contoh minyak ke dalam erlenmeyer 250 ml.
2. Tambahkan 30 ml pelarut, kocok sampai semua minyak larut.
3. Tambahkan 0,5 ml larutan KI jenuh, kocok selama 2 menit.
4. Tambahkan 30 ml akuades.
5. Lakukan titrasi dengan Na-tiosulfat 0,1 N atau 0,01 N.
6. Titrasi berakhir sampai warna biru mulai menghilang.
7. Dengan cara yang sama buat blanko.
8. Angka peroksida dinyatakan sebagai miliekuivalen peroksida dari setiap 1000 g sampel.

Perhitungan

$$\text{Bilangan peroksida (mek/kg)} = \frac{\text{ml Na-tiosulfat} \times \text{Normalitas} \times 1000}{\text{Berat contoh (g)}}$$

7.5.4 Analisis Bilangan Penyabunan

Uji bilangan penyabunan digunakan untuk mengetahui berat molekul rata-rata asam lemak dalam lemak atau minyak. Bilangan penyabunan juga dapat memberikan indikasi tentang kemurnian lemak atau minyak.

Dalam uji ini, sampel lemak atau minyak direaksikan dengan larutan alkali berlebih (seperti kalium hidroksida) dalam pelarut alkohol. Reaksi ini akan menyabunkan trigliserida menjadi garam kalium dari asam lemak. Kelebihan alkali kemudian dititrasi dengan larutan asam standar (seperti asam klorida).

Bilangan penyabunan dihitung berdasarkan jumlah alkali yang dibutuhkan untuk menyabunkan sejumlah tertentu lemak atau

minyak. Semakin tinggi bilangan penyabunan, semakin rendah berat molekul rata-rata asam lemak dalam lemak atau minyak.

Bahan:

1. HCL 0.5 N yang telah distandarisasi.
2. Indikator penolptalin 1% dalam alkohol 95%
3. KOH beralkohol (40g KOH dalam 1 l alkohol)
4. Contoh minyak/lemak

Peralatan:

1. Erlenmeyer 300ml
2. Kondenser panjang minimum 650 mm
3. Penangas air
4. Hotplate

Prosedur:

1. Timbang 5g minyak dalam erlenmeyer 300ml
2. Tambahkan 50 ml KOH beralkohol
3. Hubungkan erlenmeyer dengan pendingin tegak, refluks sampai semua lemak tersabunkan sempurna, ditandai dengan larutan bebas dari butiran lemak. Biasanya membutuhkan waktu 1 jam.
4. Larutan didinginkan dan bagian dalam pendingin dibilas dengan akuades.
5. Tambahkan 1ml indikator penolptalin
6. Titrasi dengan HCl 0.5N sampai warna merah jambu hilang.
7. Buatlah penetapan blangko seperti penetapan contoh.

Perhitungan:

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(\text{titer blanko} - \text{titer contoh}) \times N \text{ HCl} \times 56.1}{\text{Berat contoh}}$$

7.5.5 Analisis Bilangan TBA (*ThioBarbiturit Acid*)

Uji asam tiobarbiturat (TBA) merupakan metode analisis kimia yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk oksidasi sekunder pada lemak dan minyak, terutama senyawa

aldehida seperti malonaldehida (MDA). Senyawa-senyawa ini terbentuk pada tahap akhir oksidasi lemak dan minyak.

Prinsip uji TBA adalah mereaksikan sampel lemak atau minyak dengan larutan TBA dalam suasana asam dan panas. Senyawa MDA dan senyawa aldehida lainnya akan bereaksi dengan TBA membentuk senyawa berwarna merah yang dapat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Jumlah senyawa yang bereaksi dengan TBA, yang sebanding dengan absorbansi larutan, digunakan sebagai indeks untuk menentukan tingkat oksidasi sekunder dalam sampel lemak atau minyak. Semakin tinggi nilai absorbansi, semakin banyak senyawa aldehida yang terbentuk, yang mengindikasikan tingkat oksidasi yang lebih lanjut.

Uji TBA sering digunakan bersama dengan uji bilangan peroksida untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap tentang tingkat oksidasi lemak dan minyak. Uji bilangan peroksida mengukur produk oksidasi primer (hidroperoksida), sedangkan uji TBA mengukur produk oksidasi sekunder (aldehida).

Kelebihan dari uji TBA adalah prosedurnya yang relatif sederhana dan cepat. Namun, uji ini memiliki beberapa kelemahan, seperti kurang spesifik karena TBA juga dapat bereaksi dengan senyawa lain selain aldehida, dan hasil yang dipengaruhi oleh kondisi reaksi seperti suhu dan waktu pemanasan.

Dengan menggabungkan uji TBA dengan metode analisis kimia lainnya, seperti yang telah dibahas sebelumnya, para analis dapat memperoleh informasi yang lebih komprehensif tentang tingkat kerusakan oksidatif pada lemak dan minyak.

Bahan:

1. HCl 4 M Pereaksi TBA (0,2883 g/100 ml asam asetat glasial 90%).
2. Pelarutan dapat dieprcepat dengan pemanasan dalam penangas air.
3. Sampel minyak yang akan dianalisis.

Alat :

1. Alat distilasi
2. Waring blender untuk sampel berlemak

3. Batu didih Anti foaming agent
4. Tabung reaksi bertutup
5. Spektrofotometer

Prosedur Analisis:

Persiapan Sampel

1. Timbang sampel sebanyak 10 g dalam labu destilasi.
2. Tambahkan 98,5 ml akuades dan 1,5 ml HCl 4 M sampai pH menjadi 1,5.
3. Tambahkan batu didih dan anti foaming agent secukupnya.
4. Pasang labu destilasi pada alat desilasi.
5. Destilasi dijalankan dengan pemanasan tinggi sampai terbentuk destilat sebanyak 50 ml.
6. Aduk rata destilat yang diperoleh.

Analisis TBA:

1. Pipet sebanyak 5 ml destilat ke dalam tabung reaksi tertutup.
2. Tambahkan 5 ml pereaksi TBA, kemudian panaskan dalam air mendidih selama 35 menit.
3. Dinginkan tabung reaksi dengan air mengalir selama 10 menit.
4. Lakukan pengukuran absorbansi (D) pada panjang gelombang 528 nm dengan menggunakan blanko sebagai titik nol.
5. Blanko ditetapkan dengan menggunakan akuades 5 ml ditambah 5 ml pereaksi TBA kemudian dipanaskan selama 35 menit (seperti penetapan sampel).

Perhitungan :

Bilangan TBA dinyatakan sebagai mg malonaldehida per kg sampel. $\text{Bilangan TBA} = 7,8 \times D$

7.5.6 Analisis Komposisi Asam Lemak dengan Gas

Chromatografi (GC)

Kromatografi gas (GC) merupakan metode analisis yang sangat berguna untuk mengidentifikasi dan mengukur komposisi

asam lemak dalam lemak dan minyak. Teknik ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi produk-produk oksidasi seperti aldehida, keton, dan hidrokarbon.

Dalam analisis dengan GC, sampel lemak atau minyak terlebih dahulu dipreparasi menjadi turunan yang mudah menguap, seperti metil ester asam lemak (FAME). Turunan ini kemudian diinjeksikan ke dalam kolom kromatografi gas yang dipanaskan dan dialiri gas pembawa (seperti helium atau nitrogen).

Komponen-komponen dalam sampel akan berpisah berdasarkan waktu retensi masing-masing senyawa pada kolom kromatografi. Detektor pada akhir kolom akan mendeteksi dan mengukur jumlah setiap komponen yang terpisah. Data ini kemudian dianalisis untuk menentukan komposisi asam lemak dan produk-produk oksidasi dalam sampel.

7.5.7 Analisis Dengan Spektroskopi

Metode-metode spektroskopi, seperti spektroskopi inframerah (IR), ultraviolet-visible (UV-Vis), dan resonansi magnetik inti (NMR), juga dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan lemak dan minyak.

Spektroskopi IR dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam lemak dan minyak, serta mendeteksi produk-produk oksidasi seperti hidroperoksida dan aldehida. Spektroskopi UV-Vis berguna untuk mengukur tingkat oksidasi dengan mengamati penyerapan sinar pada panjang gelombang tertentu. Sementara itu, spektroskopi NMR dapat memberikan informasi tentang struktur molekul dan komposisi asam lemak dalam lemak dan minyak.

Pemilihan metode analisis kimia yang tepat akan bergantung pada jenis kerusakan yang ingin dideteksi serta tingkat keakuratan dan kepraktisan yang diinginkan. Kombinasi beberapa metode analisis kimia seringkali diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap tentang kerusakan lemak dan minyak.

7.6 Deteksi Kerusakan Lemak dan Minyak secara Sensoris

Uji sensoris merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada lemak dan minyak. Metode ini melibatkan panca indera manusia, terutama indera penciuman dan pengecapan, untuk menilai kualitas lemak dan minyak. Uji sensoris sangat penting karena dapat memberikan informasi awal tentang kemungkinan kerusakan lemak dan minyak sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut dengan metode kimia atau fisika.

7.6.1 Prinsip Uji Sensoris

Uji sensoris pada lemak dan minyak didasarkan pada perubahan aroma dan rasa yang terjadi akibat proses oksidasi atau reaksi lainnya yang menyebabkan kerusakan. Proses oksidasi dapat menghasilkan senyawa volatil yang memberikan bau dan rasa tidak sedap pada lemak dan minyak.

7.6.2 Jenis-Jenis Uji Sensoris

Terdapat beberapa jenis uji sensoris yang dapat dilakukan untuk mendeteksi kerusakan lemak dan minyak, antara lain:

1. Uji Bau (Aroma)

Prinsip: Mendeteksi aroma yang tidak normal pada lemak dan minyak.

Prosedur: Sampel lemak atau minyak dipanaskan pada suhu tertentu, kemudian aroma yang dihasilkan dinilai oleh panelis yang terlatih.

Interpretasi: Aroma tengik, bau apek, atau aroma lain yang tidak normal mengindikasikan kerusakan lemak atau minyak.

2. Uji Rasa

Prinsip: Mendeteksi rasa yang tidak normal pada lemak dan minyak.

Prosedur: Sampel lemak atau minyak dimasukkan ke dalam mulut, kemudian rasa yang dihasilkan dinilai oleh panelis yang terlatih.

Interpretasi: Rasa tengik, pahit, atau rasa lain yang tidak normal mengindikasikan kerusakan lemak atau minyak.

3. Uji Warna

Prinsip: Mendeteksi perubahan warna pada lemak dan minyak.

Prosedur: Warna sampel lemak atau minyak diamati secara visual atau dengan menggunakan alat pengukur warna.

Interpretasi: Perubahan warna menjadi gelap, kecoklatan, atau warna lain yang tidak normal mengindikasikan kerusakan lemak atau minyak.

7.6.3 Keuntungan dan Keterbatasan Uji Sensoris

Keuntungan utama dari uji sensoris adalah murah, cepat, dan tidak memerlukan peralatan yang rumit. Namun, uji sensoris juga memiliki keterbatasan, seperti subjektivitas penilaian yang bergantung pada kemampuan panelis, serta ketidakmampuan untuk mengukur secara kuantitatif tingkat kerusakan lemak dan minyak.

Oleh karena itu, uji sensoris sering digunakan sebagai uji pendahuluan sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut dengan metode kimia atau fisika yang lebih akurat dan objektif.

Uji sensoris merupakan metode sederhana yang berguna untuk mendeteksi kerusakan lemak dan minyak berdasarkan perubahan aroma, rasa, dan warna. Meskipun memiliki keterbatasan, uji sensoris tetap penting sebagai tahap awal dalam proses evaluasi kualitas lemak dan minyak sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut dengan metode lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoh, C. C., & Min, D. B. (2008). Food lipids: Chemistry, nutrition, and biotechnology. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Amaral, J. S., Casal, S., Seabra, R. M., & Oliveira, B. P. P. (2005). Effects of roasting on hazelnut lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3054-3059.
- AOAC. 2005. *Method of Analysis. Association of Official Analysis Chemistry Washington D.C.*
- Choe, E., & Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169-186.
- Frankel, E. N. (2005). Lipid oxidation. Bridgwater, England: The Oily Press.
- Gunstone, F. D. (2004). The chemistry of oils and fats: Sources, composition, properties and uses. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hu, M., & Jacobsen, C. (Eds.). (2016). Oxidative stability and shelf life of foods containing oils and fats. Elsevier.
- <https://andarupm.co.id/jenis-viskometer/>
- <http://majalah1000guru.net/2013/06/serba-serbi-asam-lemak/>
- <https://www.merdeka.com/gaya/cara-membedakan-minyak-goreng-layak-konsumsi-dan-minyak-bermutu-rendah-dari-warnanya.html>
- Jacobsen, C., Timm-Heinrich, M., & Nielsen, N. S. (2015). Analysis of oxidation status of vegetable oils by spectroscopic methods. In F. Shahidi (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products* (pp. 343-375). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Kamal-Eldin, A., & Pokorná, J. (Eds.). (2005). Analysis of lipid oxidation. Champaign, IL: AOCS Press.
- Rohman, A., dan Sumantri. (2013). Analisis Makanan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Santoso, U., Setyaningsih W., Ningrum, A., Ardhi, A., dan Sudarmanto. (2022). Analisis Pangan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shahidi, F. (Ed.). (2005). *Bailey's industrial oil and fat products*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

- Shahidi, F., & Wanasundara, U. N. (2008). Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. In C. C. Akoh & D. B. Min (Eds.), *Food lipids: Chemistry, nutrition, and biotechnology* (pp. 387-403). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Stadler, R. H., & Lineback, D. R. (Eds.). (2009). *Process-induced food toxicants: Occurrence, formation, mitigation, and health risks*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Sudarmadji, S.; Bambang, H; dan Suhardi. 2007. *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Sudarmadji, S. 2010. *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Tejasari. (2005). *Nilai Gizi Pangan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Velasco, J., & Dobarganes, C. (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 661-676.
- Waraho, T., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2011). Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. *Trends in Food Science & Technology*, 22(1), 3-13.
- Warner, K., & Eskin, N. A. M. (Eds.). (1995). *Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods*. Champaign, IL: AOCS Press.

BAB 8

ANALISIS MINYAK DAN LEMAK

Oleh Eri Marwati

8.1 Pendahuluan

Trigliserol, sering dikenal sebagai trigliserida, adalah kombinasi minyak dan lemak. Perbedaanannya adalah, pada suhu normal, minyak berbentuk cair dan lemak berbentuk padat. (Pandiangan *et al.*, 2019). Unsur C, H, dan O yang terkandung dalam pelarut non-polar, terkadang N dan P dapat digunakan untuk mengekstraksi lemak dari sel dan jaringan. Asam dihasilkan akibat hidrolisis lemak (Fitriana & Fitri, 2019). Meskipun banyak bagian tanaman dapat menghasilkan minyak, secara komersial minyak diekstraksi terutama dari biji (Rafiq *et al.*, 2015). Setiap bagian tanaman memiliki perbedaan kualitas minyak yang dihasilkan.

Variasi komposisi minyak nabati memberikan dampak yang signifikan terhadap beberapa karakteristik, antara lain titik keruh, suhu, stabilitas oksidasi, titik tuang dan indeks viskositas, serta penurunan suhu. Esterifikasi minyak nabati menjadi ester meningkatkan viskositas dan titik nyalanya (Rahardiningrum *et al.*, 2016). Minyak kelapa memiliki titik leleh dan kepadatan tertinggi dibandingkan lemak dan minyak lainnya. Indeks bias minyak bunga matahari ditemukan paling tinggi (Devi & Khatkar, 2017). Lama penyimpanan juga berpengaruh terhadap kualitas minyak (Kaleem *et al.*, 2015). Spektroskopi dielektrik telah terbukti dapat digunakan untuk menilai kualitas minyak nabati, mengidentifikasi pemalsuan, dan mengembangkan minyak dengan komposisi asam lemak yang seimbang (Agaev *et al.*, 2020). Pada pembahasan ini akan dijabarkan mengenai analisis minyak dan lemak.

8.2 Analisis Minyak dan Lemak

Parameter fisik dan kimia digunakan sebagai indikator penilaian kualitas minyak yang teroksidasi secara termal. Perubahan paling umum pada minyak atau lemak selama

penggunaan adalah warnanya menjadi gelap. Senyawa makanan (seperti karbohidrat, fosfat, senyawa belerang, dan logam kecil) bereaksi dengan minyak atau senyawanya produk penguraian, yang berkontribusi pada pembentukan warna (Kaleem *et al.*, 2015).

8.2.1 Parameter Fisik

Parameter fisik minyak dan lemak nabati meliputi warna, berat jenis, indeks bias, titik leleh, titik beku, titik asap, titik nyala, titik api, dan viskositas (Endo, 2018).

1. Warna

Salah satu indikator kualitas VCO dapat dilihat dari warna (Marwati & Sadik, 2023). Warna minyak bervariasi tergantung pada kadarnya pemurnian (Agaev *et al.*, 2020). Reaksi oksidasi menghasilkan warna hitam pada minyak goreng, sehingga menurunkan kualitas minyak (Marlina & Ramdan, 2017).

2. Berat jenis

Berat sampel minyak dibagi dengan volume minyak pada suhu yang sama disebut berat jenis (Maradesa *et al.*, 2014).

Cara kerja:

Massa jenis sampel minyak diukur menggunakan piknometer. Botol kosong ditimbang (W_0) dan diisi sampel minyak (W_1). Setelah itu, isinya dikosongkan dan diisi air dan ditimbang kembali menjadi (W_2) (Nduka *et al.*, 2021).

Perhitungan:

Berat jenis minyak ditentukan sebagai sebagai rasio massa jenis air terhadap massa jenis minyak pada suhu sama (Kumar *et al.*, 2018). Berat jenis ditentukan menggunakan persamaan (Nduka *et al.*, 2021):

$$\text{Bobot jenis} = \frac{W_1 - W_0}{W_2 - W_0}$$

3. Indeks bias

Semakin sedikit jumlah ikatan rangkap dalam sampel menunjukkan indeks bias yang lebih rendah dan sampel

dengan indeks bias yang lebih tinggi menunjukkan titik leleh dan saturasi yang lebih rendah (Nasrollahi *et al.*, 2016).

Cara kerja:

Indeks bias diukur ketika sejumlah minyak ditambahkan ke *refractometer Abbe* yang telah diatur pada suhu tertentu, diamkan selama satu hingga dua menit. Refraktometer dibersihkan dengan toluene/alcohol sebelum dan sesudah digunakan (Santoso *et al.*, 2020).

Perhitungan:

Indeks bias pada suhu standar dapat dihitung dengan rumus :

$$R = R' - K (T' - T)$$

Keterangan:

R = indeks bias (suhu standar)

R' = indeks bias (suhu pembacaan)

T = suhu standar

T' = suhu pembacaan

K = 0,000385 untuk minyak; 0,000365 untuk lemak (Santoso *et al.*, 2020)

4. Titik leleh dan Titik beku

Nilai titik leleh (*Slip Melting Point*) terjadi karena perubahan asam lemak (Raharjo *et al.*, 2017). Sampel diberi laju aliran panas untuk menimbulkan reaksi endotermik yaitu penyerapan panas dari lingkungan untuk menentukan titik leleh (Widyasaputra *et al.*, 2022). Sifat fisik minyak padat yang telah mengalami hidrogenasi menghasilkan lemak jenuh dengan titik leleh lebih tinggi menyebabkan titik leleh meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah minyak padat (Assah, 2017).

Cara kerja penentuan titik leleh:

- Isi tabung kapiler berukuran 10 nm dengan lemak cair yang telah disaring.
- Panaskan dengan api kecil ujung tabung kapiler yang tertutup. Jaga agar lemak tidak terbakar.
- Tempatkan tabung kapiler ke dalam refrigerator 4-10°C, dan diamkan selama 16 jam.

- d. Pasang tabung kapiler dengan termometer air raksa sedemikian rupa sehingga ujung tabung yang berisi lemak sejajar dengan ujung termometer air raksa.
- e. Rendam dalam gelas kimia 600 ml yang berisi air setengahnya sehingga 30 ml termometer berada dibawah air.
- f. Gunakan *stirrer* untuk mengaduk air secara perlahan sambil terus memanaskan gelas kimia dengan kecepatan 0,5°C/menit.
- g. Catat suhunya. Suhu Dimana lemak mulai tampak transparan adalah titik leleh lemak (Santoso *et al.*, 2020).

Minyak mineral membeku pada suhu kurang dari 40°C, sedangkan minyak nabati membeku pada suhu lebih tinggi. Temperatur pembekuan akan bervariasi dari satu minyak ke minyak lainnya karena komposisi setiap minyak yang berbeda. Kandungan saturasi yang tinggi pada minyak akan meningkatkan titik bekunya. Minyak tak jenuh memiliki titik tuang pada kisaran 10–20°C (Rafiq *et al.*, 2015).

5. Titik asap, Titik nyala, dan Titik api

Minyak atau lemak yang dipanaskan mengeluarkan aliran asap kebiruan disebut titik asap. Setiap interval 5°C, nyala api dilewatkan ke sampel untuk terus memanaskannya hingga mencapai titik api. Wadah tertutup digunakan untuk lemak dan minyak yang memiliki titik api dibawah suhu 149°C (Santoso *et al.*, 2020).

6. Viskositas

Viskositas adalah parameter lain yang digunakan untuk mengukur perubahan fisik. Tergantung pada berat jenis, berat molekul, suhu dan derajat ketidakjenuhan (Nduka *et al.*, 2021). Pengukuran viskositas menunjukkan kecenderungan penurunan viskositas pada setiap rasio pencampuran minyak seiring dengan kenaikan suhu (Widyasaputra *et al.*, 2022).

Cara kerja:

Viskositas sampel minyak diukur menggunakan *Viskometer Ostwald*. Waktu aliran (dalam detik) sampel minyak dicatat menggunakan *stopwatch* (Nduka *et al.*, 2021).

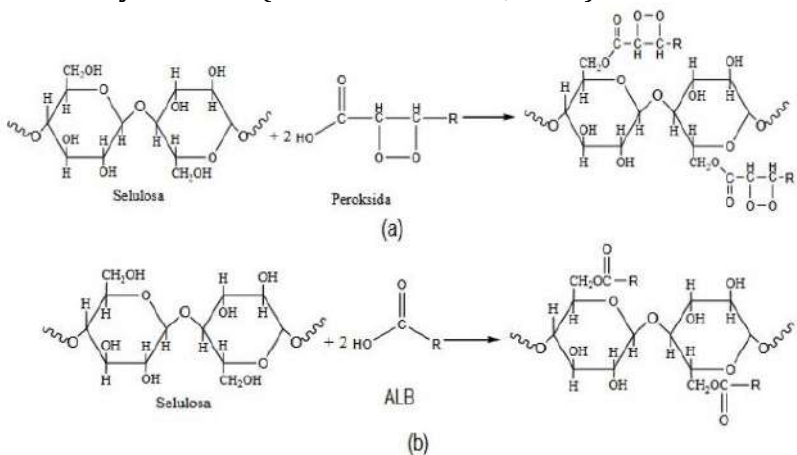
Perhitungan:

Viskositas dihitung menggunakan persamaan (Nduka *et al.*, 2021):

$$\text{Viskositas} = \frac{4,39 \times t}{8}$$

8.2.2 Parameter Kimia

Sifat kimia lemak dan minyak nabati meliputi bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iodium, kandungan asam lemak, isomer trans, komposisi triasilgliserol, bahan yang tidak dapat disabunkan (sterol, tokoferol) dan komponen minor (fosfolipid, pigmen klorofil, ester asam lemak glisidil) (Endo, 2018). Bilangan peroksida, bilangan p-anisidine, bilangan karbonil, senyawa polar dan triasilgliserol terolimerisasi merupakan indeks kerusakan lemak dan minyak pangan (Endo, 2018). Bilangan asam dan bilangan peroksida menjadi dua faktor penting dalam pengendalian kualitas minyak nabati (Mahboubifar *et al.*, 2016).



Gambar 8.1. Reaksi selulosa biosorben terhadap (a) peroksida dan (b) asam lemak bebas. Peroksida dan asam lemak bebas mengalami fase penyerapan. (Sumber : (Royana *et al.*, 2016))

1. Bilangan Asam

Jumlah asam lemak bebas dalam minyak goreng merupakan salah satu unsur yang menentukan kualitasnya (Fanani & Ningsih, 2018). Dengan mengetahui proporsi yang memisahkan persentase SFA, MUFA, dan PUFA dari kelompok asam lemak ideal (Pandiangan *et al.*, 2021). Sampel lemak dilarutkan dalam alkohol netral, dipanaskan hingga larut, kemudian dititrasi dengan basa alkali. Ini adalah prosedur dasar untuk analisis bilangan asam (Fitriana & Fitri, 2019).

Cara kerja:

50 ml alkohol netral 95% ditambahkan kedalam 10 – 20 g sampel minyak atau lemak. Dalam penangas air, panaskan selama 10 menit sambil diaduk, kemudian tutup dan dinginkan. Asam lemak dilarutkan oleh alkohol. Setelah dingin, gunakan indikator fenolftalein dan titrasi dengan KOH 0,1 N hingga berwarna merah muda (Salamah, 2014).

Perhitungan:

Nilai asam dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Nilai Asam} = \frac{T \times N \times 56,1}{W}$$

Asam lemak bebas dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Asam lemak bebas (ALB)} = \frac{\text{Nilai asam}}{2}$$

Keterangan:

T = volume titran (mL)

N = normalitas KOH

W = berat sampel minyak (g) (Nduka *et al.*, 2021)

2. Bilangan Penyabunan

Rendahnya nilai penyabunan menunjukkan bahwa berat molekul rata-rata trigliserida rendah atau jumlah ikatan esternya rendah (Nduka *et al.*, 2021). Berat molekul yang besar dan laju saponifikasi yang lambat disebabkan oleh konsentrasi asam lemak rantai panjang dalam minyak (CAC, 2017).

Cara kerja:

2 g sampel minyak ditimbang ke dalam labu berbentuk kerucut, 25 mL KOH etanol 0,5 N ditambahkan ke dalam labu

berisi minyak dan diaduk rata. Sebuah kondensor dipasang pada labu berbentuk kerucut dan campuran dipanaskan antara 60 dan 70°C selama satu jam. Campuran panas ditambahkan 2 tetes fenolftalein 1% dan dititrasi dengan HCl 0,5 N hingga larutan tidak berwarna. Blanko ditentukan dengan cara yang sama (Nduka *et al.*, 2021).

Perhitungan:

Nilai saponifikasi/penyabunan diperoleh dengan persamaan (Nduka *et al.*, 2021) :

$$\text{Nilai saponifikasi} = \frac{A-B \times N \times 56,1}{W}$$

Keterangan:

A = HCl(mL) untuk blanko

B = HCl (mL) untuk sampel

W = berat sampel (g)

N = normalitas HCl

3. Bilangan Iodium

Apabila minyak mengandung asam lemak tak jenuh yang rendah maka menunjukkan angka iodium yang rendah dalam minyak tersebut (Pandiangan *et al.*, 2019). Minyak mengalami proses oksidasi dimana oksigen memecah ikatan rangkap pada asam lemak tak jenuh, sehingga mengakibatkan penurunan jumlah iodium dan asam lemak tak jenuh dalam minyak (Putri, 2018).

Cara kerja:

Bilangan iodium ditentukan dengan menggunakan metode Hubl. 0,5 mL minyak dicampur dengan 5 mL kloroform dan dilarutkan dengan cara diaduk perlahan. Iodium Hubl ditambahkan perlahan-lahan dari buret sampai warna yodium sesuai dengan warna kontrol. Kemudian pembacaan buret dicatat dan percobaan diulangi (Nduka *et al.*, 2021).

Perhitungan:

Nilai iodium dihitung menggunakan persamaan (Nduka *et al.*, 2021) :

$$\text{Nilai iodium} = \frac{260x}{45,150}$$

Keterangan:

x = volume iodium Hubl dalam mL

4. Bilangan Peroksida

Nilai peroksida yang diperoleh dengan metode titrasi iodometri lebih besar dibandingkan dengan metode kolorimetri. Perubahan nilai peroksida selama penyimpanan lebih cepat pada metode iodometri, namun lebih berfluktuasi jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dengan metode kolorimetri (Mehta *et al.*, 2015).

Cara kerja:

Minyak goreng, baik baru maupun bekas, ditimbang lima gram dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL beserta hasil setiap tahap pemurniannya. Setelah itu ditambahkan 30 mL larutan campuran asam asetat: kloroform dengan perbandingan 3:1, lalu campuran dikocok hingga zat larut. Selanjutnya ditambahkan 30 mL akuades dan 0,5 mL larutan KI jenuh dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang tertutup. Campuran kemudian dikocok selama satu menit. Setelah ditambahkan 0,5 mL larutan kanji 1% dan dititrasi sekali lagi hingga warna biru mulai memudar, campuran dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N hingga warna kuning hampir hilang. Miliekuivalen peroksida digunakan untuk menyatakan bilangan peroksida yang dihitung untuk setiap 1000 gram bahan (Royana *et al.*, 2016).

Perhitungan:

$$\text{Nilai peroksida} = \frac{V \times N \times 1000}{W}$$

Keterangan:

V = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)

N = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

W = berat sampel (g) (Royana *et al.*, 2016).

8.3 Uji Ketengikan (*Kreist*)

Masalah ketengikan inilah yang pada dasarnya menentukan kualitas suatu produk pangan. Penggunaan antioksidan merupakan salah satu cara untuk menyiasatnya (Angelia, 2016). Oksidasi oksigen udara terhadap lemak asam lemak tak jenuh dapat menyebabkan ketengikan. Baik pada suhu kamar maupun pada suhu tinggi pada tahap pengolahan berlangsung proses oksidasi. Kerusakan minyak/lemak inilah ditandai dengan adanya bau tengik. Ada beberapa cara menentukan ketengikan minyak/lemak.

Cara uji kualitatif (*Kreist*):

1. Campurkan 10 ml HCl pekat, 10 ml phloroglucinol dalam eter dan 10 ml minyak (atau lemak yang telah dilelehkan).
2. Gojok dan amati, bila ada warna merah muda berarti minyak telah mulai teroksidasi.
3. Larutkan 1 ml minyak dalam 20 ml heptana untuk pengujian selanjutnya. Minyak sudah mengalami ketengikan apabila diuji masih menandakan hasil positif (Santoso *et al.*, 2020).

Cara uji kuantitatif (*Kreist*) dengan lovibond tintometer:

1. Sampel minyak 3 ml dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 1 ml floroglusinol (0,5% dalam amil asetat). Gojok selama 1 menit.
3. Tambahkan 2 ml larutan yang dibuat dengan menggabungkan 10 g TCA dalam 3,28 ml amil asetat. Selama 15 menit, tabung direndam dalam penangas air bersuhu 45°C. Aduk secara terus-menerus.
4. Tuang 10 ml larutan TCA dingin (dibuat dengan melarutkan 1 ml larutan TCA dalam 2 ml larutan amil asetat dan didinginkan).
5. Periksa warna yang dihasilkan menggunakan Lovibond tintometer. Catat jumlah satuan merah (R).
6. Buat blanko dengan mengganti larutan phloroglucinol dengan amil asetat. Baca alat dan catat satuan merahnya (R') (Santoso *et al.*, 2020).

$$\text{Bilangan Kreist (T)} = \frac{R-R'}{l.c}$$

Keterangan:

l = panjang *cell* (cm)

c = konsentrasi minyak dalam g/ml volume akhir

DAFTAR PUSTAKA

- Agaev, S. G., Baida, A. A., Georgiev, O. V., Maiorova, O. O., & Mozyrev, A. G. (2020). Dielectric Spectroscopy of Vegetable Oils. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 93(5), 748–756. <https://doi.org/10.1134/S107042722005016X>
- Angelia, I. O. (2016). Reduksi Tingkat Ketengikan Minyak Kelapa Dengan Pemberian Antioksidan Ekstrak Daun Sirih (Piper betle Linn). *Jtech*, 4(1), 32–36.
- Assah, Y. F. (2017). Variasi campuran lemak padat dan virgin coconut oil pada pembuatan mentega putih. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(2), 141–148.
- Codex Alimentarius Commission. (2017). Standard for Fish Oil CXS 329-2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations WHO Roma Italy.
- Devi, A., & Khatkar, B. S. (2017). Thermo-Physical Properties of Fats and Oils. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, 7(2), 45–50. www.erpublication.org
- Endo, Y. (2018). Analytical methods to evaluate the quality of edible fats and oils: The JOCS standard methods for analysis of fats, oils and related materials (2013) and advanced methods. *Journal of Oleo Science*, 67(1), 1–10. <https://doi.org/10.5650/jos.ess17130>
- Kaleem, A., Aziz, S., Iqtedar, M., Abdullah, R., Aftab, M., Rashid, F., Shakoori, F. R., & Naz, S. (2015). Investigating Changes and Effect Of Peroxide Values In Cooking Oils Subject To Light And Heat. *J. BIOL*, 5(2), 191–196.
- Maradesa, R. P., Fatimah, F., & Sangi, M. S. (2014). Kualitas Virgin Coconut Oil (VCO) Sebagai Minyak Goreng yang Dibuat dengan Metode Pengadukan dengan Adanya Penambahan Kemangi (*Ocimum sanctum* L.). *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 3(1), 44–48.
- Marlina, L., & Ramdan, I. (2017). Identifikasi Kadar Asam Lemak Bebas Pada Berbagai Jenis Minyak Goreng Nabati. *TEDC*, 11(1), 53–59.

- Marwati, E., & Sadik, F. (2023). Perbandingan Proses Ekstraksi *Virgin Coconut Oil* (VCO). *Journal of Pharmacy and Science*, 7(1), 83–94. <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/jops>
- Mehta, B. M., Darji, V. B., & Aparnathi, K. D. (2015). Comparison of five analytical methods for the determination of peroxide value in oxidized ghee. *Food Chemistry*, 185, 449–453. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.023>
- Nasrollahi, I., Talebi, E., & Nemati, Z. (2016). Study on *Silybum marianum* Seed through Fatty Acids Comparison, Peroxide Tests, Refractive Index and Oil Percentage. *Pharmacognosy Journal*, 8(6), 595–597. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
- Nduka, J. K. C., Omozuwa, P. O., & Imanah, O. E. (2021). Effect of heating time on the physicochemical properties of selected vegetable oils. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(4). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103063>
- Nunes, C. A. (2014). Vibrational spectroscopy and chemometrics to assess authenticity, adulteration and intrinsic quality parameters of edible oils and fats. *Food Research International*, 60, 255–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.041>
- Pandiangan, M., Panjaitan, D., & Bangun, A. D. (2021). Analisis Kandungan Asam Lemak pada Minyak Ikan Belut. *Jurnal Riset Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian (RETIPA)*, 2(1), 102–109.
- Putri, D. (2018). Ekstrak Daun Ubi Jalar Ungu Sebagai Antioksidan Untuk Memperlambat Ketengikan (Ranciditas) Pada Minyak Kelapa. *Lantanida Journal*, 6(2), 103–202.
- Rafiq, M., Lv, Y. Z., Zhou, Y., Ma, K. B., Wang, W., Li, C. R., & Wang, Q. (2015). Use of vegetable oils as transformer oils-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 308–324. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.032>
- Rahardiningrum, S. W. S., Mahreni, Reningtyas, R., & Gusaptono, R. H. (2016). Biopelumas dari Minyak Nabati (Review) Biolubricant from Vegetable Oil (Review). *Eksergi*, 13(2), 14–19.

- Raharjo, S., Su'i, M., & Suprihana. (2017). Pengaruh penambahan pewarna ekstrak kunyit dan ekstrak wortel terhadap margarin berbahan minyak kelapa dan lemak coklat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian "AGRIKA"*, 11(2), 135–145
- Royana, I., Kurniawan, R., Yulianti, E., & Mahmudah, R. (2016). Pemanfaatan Biosorben Batang Jagung Teraktivasi Asam Nitrat dan Asam Sulfat untuk Penurunan Angka Peroksida – Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *ALCHEMY: Journal of Chemistry / EISSN*, 5(1), 10–17.
- Salamah, S. (2014). Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodiesel. *Cheimica*, 1(1), 11–18.
- Santoso, U., Setyaningsih, W., Ningrum, A., Ardhi, A., & Sudarmanto. (2020). *Analisis Pangan*. Gadjah Mada University Press.
- Widyasaputra, R., Bimantio, M. P., Oktaviany, H., Ruswanto, A., & Ngatirah. (2022). Karakteristik viskositas dan titik leleh pada campuran minyak sawit merah dan minyak jagung. *Prosiding Seminar Nasional Instiper*, 1(1), 225–232. <https://doi.org/10.55180/pro.v1i1.258>
- Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., Gao, Y., Sagymbek, A., & Yu, X. (2021). Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. In *Food Chemistry* (Vol. 358). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129834>

BAB 9

ANALISIS KARBOHIDRAT

Oleh A. Sirojul Anam Izza Rosyadi

9.1 Pendahuluan

Karbohidrat adalah kelompok biomolekul utama, selain protein dan lemak. Senyawa karbohidrat terutama terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) dengan rumus umum $C_n(H_2O)_m$. Karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida adalah karbohidrat paling sederhana yang hanya berupa satu molekul karbohidrat. Monosakarida juga biasa disebut dengan gula sederhana. Oligosakarida adalah polimer karbohidrat yang terdiri dari 2–20 unit monosakarida. Polisakarida adalah polimer karbohidrat yang terdiri lebih dari 20 unit monosakarida. Polisakarida umumnya terdiri dari 30–60.000 unit monosakarida. Lebih dari 90% karbohidrat yang terdapat di alam merupakan polisakarida (Ochs 2021).

Karbohidrat memiliki fungsi yang sangat penting bagi kehidupan. Fungsi utama karbohidrat adalah sebagai sumber energi. Akan tetapi, karbohidrat juga memiliki fungsi-fungsi lain seperti pembentuk struktur biologis, morfogenesis, pengikat protein, dan penyalur informasi antar sel.

Karbohidrat dapat ditemukan pada sebagian besar bahan pangan. Beberapa karbohidrat penting yang ditemukan pada bahan pangan dapat dilihat pada Tabel 9.2 **Error! Reference source not found.** Karbohidrat dapat ditemukan dalam sereal, buah-buahan, sayuran, madu, produk susu, daging, dan lain-lain.

Karbohidrat dalam bahan pangan sering kali berkaitan erat dengan karakteristik-karakteristik tertentu dari bahan pangan tersebut, seperti rasa, tingkat kematangan, kualitas, keaslian, serta kondisi penyimpanan yang dibutuhkan. Karena itu, analisis karbohidrat pada bahan pangan penting dilakukan untuk

mengetahui kualitas sekaligus menentukan perlakuan yang sesuai untuk bahan pangan tersebut (Peris-Tortajada 2015).

Tabel 9.2. Karbohidrat penting dalam bahan pangan

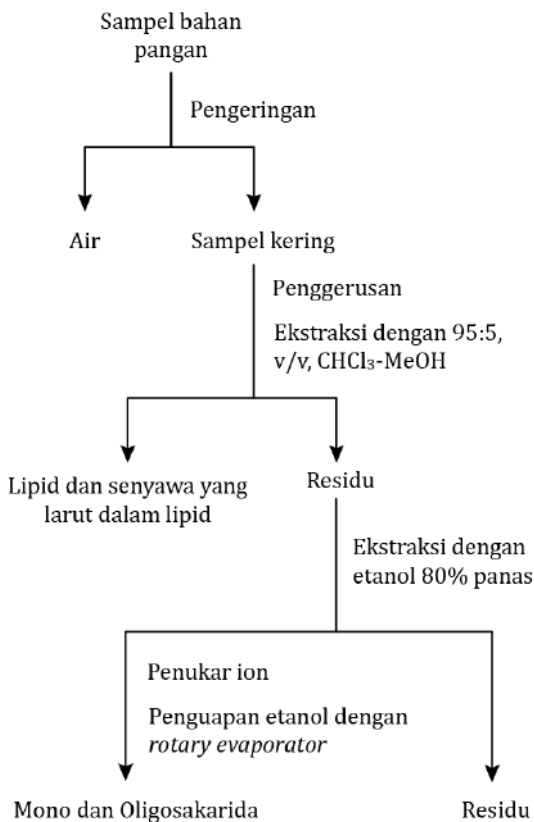
Karbohidrat	Struktur	Karakteristik Redoks
Glukosa	Monosakarida	Pereduksi
Fruktosa	Monosakarida	Pereduksi
Galaktosa	Monosakarida	Pereduksi
Sorbitol	Monosakarida	Non-pereduksi
Sukrosa	Disakarida (glukosa + fruktosa)	Non-pereduksi
Laktosa	Disakarida (glukosa + galaktosa)	Pereduksi
Maltosa	Disakarida (glukosa + glukosa)	Pereduksi
Raffinosa	Trisakarida (glukosa + fruktosa + galaktosa)	Non-pereduksi
Pati (<i>Startch</i>)	Polisakarida (<i>n</i> glukosa)	Non-pereduksi

9.2 Preparasi Sampel

Sebelum dilakukan analisis karbohidrat, perlu dilakukan beberapa preparasi terhadap bahan pangan yang akan dianalisis. Preparasi apa yang harus dilakukan akan dipengaruhi oleh jenis bahan pangan serta jenis karbohidrat yang akan dianalisis. Namun secara umum, preparasi yang harus dilakukan dapat dilihat pada Gambar 9.6.

Untuk sebagian besar bahan pangan, preparasi pertama yang dilakukan adalah pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air sekaligus juga dapat untuk menentukan nilai kadar air dalam bahan pangan tersebut. Pengeringan dapat dilakukan dengan memanaskan sampel di dalam oven vakum pada suhu 55°C dan tekanan 1 mmHg hingga mencapai massa konstan. Untuk analisis mono dan oligosakarida, karbohidrat harus diekstrak dari bahan pangan yang akan dianalisis. Namun, agar ekstraksi ini dapat dilakukan dengan sempurna, bahan pangan harus dipastikan telah bebas lipid. Oleh karena itu perlu dilakukan ekstraksi lipid terlebih dahulu sebelum dilakukan ekstraksi karbohidrat. Ekstraksi lipid dari sampel dapat dilakukan pada ekstraktor Soxhlet dengan

menggunakan pelarut berupa campuran kloroform dan metanol dengan perbandingan volume 95:5.



Gambar 9.6. Diagram alir preparasi dan ekstraksi mono dan oligosakarida

Setelah bahan pangan bebas lipid, dilanjutkan dengan ekstraksi karbohidrat dengan menggunakan etanol 80% panas yang telah ditambahkan padatan kalsium karbonat untuk menetralkan keasaman. Sebagian besar karbohidrat, terutama karbohidrat dengan berat molekul rendah, akan larut dalam etanol.

Tidak hanya karbohidrat, kontaminan lain berupa abu, pigmen, asam organik, asam amino, atau protein dengan berat molekul rendah kemungkinan juga akan ikut terlarut dalam etanol 80%. Kontaminan tersebut sebisa mungkin harus dipisahkan.

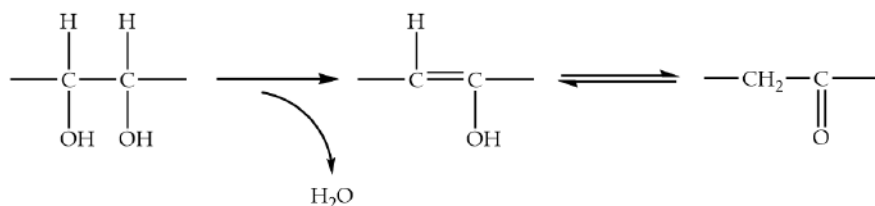
Pemisahan dapat dilakukan dengan teknik penukar ion karena kontaminan tersebut biasanya bermuatan, sedangkan molekul mono atau oligosakarida bersifat netral.

Setelah kontaminan dihilangkan, karbohidrat dipisahkan dari larutan etanol 80% dengan cara penguapan. Penguapan dapat dilakukan dengan rotary evaporator pada suhu 45-50°C.

Jika metode analisis yang akan digunakan adalah spektrofotometri, maka larutan karbohidrat yang diperoleh dari sampel harus jernih dan bebas dari senyawa atau partikel yang dapat mengganggu analisis. Larutan harus dipastikan bebas dari senyawa-senyawa yang dapat menyerap sinar pada panjang gelombang yang sama dengan panjang gelombang sinar yang digunakan untuk analisis karbohidrat. Larutan juga harus bebas dari partikel-partikel koloid yang dapat menghamburkan sinar. Sinar yang dihamburkan oleh partikel-partikel koloid akan dianggap sebagai sinar yang diserap oleh sampel, sehingga berakibat pada kesalahan pengukuran absorbansi pada sampel (Nielsen 2017).

9.3 Analisis Total Karbohidrat

Karbohidrat dapat mengalami serangkaian reaksi kompleks ketika ditambahkan asam kuat, dikenai panas, maupun kombinasi keduanya. Diawali dengan reaksi dehidrasi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9.7, kemudian berlanjut dengan reaksi-reaksi lain hingga akhirnya terbentuk produk berupa senyawa-senyawa turunan furan. Senyawa turunan furan yang dihasilkan tersebut dapat bereaksi dengan fenol maupun senyawa turunan fenol dan menghasilkan senyawa-senyawa berwarna. Konsentrasi senyawa berwarna yang dihasilkan dapat diukur dengan metode spektrofotometri dan hasil pengukuran yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kurva kalibrasi untuk menentukan nilai total karbohidrat pada sampel bahan pangan yang dianalisis.



Gambar 9.7. Reaksi dehidrasi karbohidrat

Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur absorbansi larutan yang mengandung karbohidrat sesuai dengan jenis serta rasio karbohidrat yang terdapat dalam sampel bahan pangan yang dianalisis. Namun jika jenis atau rasio karbohidrat dalam sampel tidak diketahui, kurva kalibrasi dapat dibuat dengan menggunakan larutan D-glukosa (Nielsen 2017).

Langkah kerja:

1. Ekstrak karbohidrat dari sampel bahan pangan.
2. Masukkan larutan karbohidrat ke dalam tabung reaksi. Pastikan larutan karbohidrat jernih dan bebas dari partikel-partikel koloid.
3. Tambahkan larutan fenol, campur hingga homogen.
4. Tambahkan asam sulfat pekat ke dalam campuran, goyangkan tabung reaksi. Asam sulfat pekat akan bereaksi dengan campuran dan menghasilkan larutan berwarna kuning-jingga.
5. Ukur absorbansi pada panjang gelombang 490 nm.
6. Bandingkan nilai absorbansi sampel dengan kurva kalibrasi untuk menentukan nilai total karbohidrat dalam sampel.

9.4 Analisis Mono dan Oligosakarida

9.4.1 Total Gula Pereduksi

Analisis total gula pereduksi didasarkan pada prinsip oksidasi dan reduksi. Oksidasi terjadi ketika suatu spesi melepaskan elektron. Sebaliknya, reduksi terjadi ketika suatu spesi mendapatkan tambahan elektron. Gula pereduksi adalah gula yang mampu mereduksi senyawa lain. Senyawa gula yang dapat menjadi gula pereduksi adalah senyawa gula yang memiliki gugus aldehyd. Gugus aldehyd pada gula pereduksi dapat mengalami oksidasi dan

berubah menjadi gugus karboksilat sebagaimana yang dilihat pada Gambar 9.8.



Gambar 9.8. Reaksi oksidasi gugus aldehid pada gula

Metode yang paling sering digunakan dalam analisis total gula pereduksi adalah metode Somogyi-Nelson. Metode ini didasarkan pada reduksi ion Cu(II) menjadi Cu(I) oleh gula pereduksi. Reaksi dilakukan dalam larutan basa yang mengandung ion tartrat atau sitrat. Ion Cu(I) kemudian direaksikan dengan senyawa kompleks arsenomolibdat yang diperoleh dari reaksi amonium molibdad ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) dengan natrium arsenat (Na₂HAsO₇). Reaksi ion Cu(I) dengan senyawa kompleks arsenomolibdad akan menghasilkan warna biru pekat. Intensitas warna biru yang dihasilkan selanjutnya dapat diukur dengan spektrofotometer.

Langkah kerja:

1. Siapkan larutan sampel bahan pangan.
2. Siapkan air sebagai blanko.
3. Tambahkan larutan Cu(II) sulfat dan buffer basa ke dalam larutan sampel dan blanko.
4. Panaskan larutan dalam penangas air.
5. Siapkan reagen arsenomolibdat dengan mereaksikan amonium molibdad ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) dan natrium arsenat (Na₂HAsO₇).
6. Tambahkan reagen arsenomolibdat ke dalam larutan sampel dan blanko.
7. Ukur absorbansi pada panjang gelombang 520 nm.
8. Bandingkan hasil pengukuran absorbansi dengan kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi total gula pereduksi dalam sampel.

9.4.2 Analisis Mono dan Oligosakarida Spesifik

Analisis mono dan oligosakarida spesifik dalam suatu bahan pangan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, biasanya dilakukan dengan kromatografi. Metode yang paling sering digunakan adalah *high-performance liquid chromatography* (HPLC) dan *gas chromatography* (GC). Selain kedua metode kromatografi tersebut, analisis mono dan oligosakarida spesifik juga dapat dilakukan dengan metode enzim.

1. *High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)*

HPLC banyak digunakan dalam menganalisis komponen mono dan oligosakarida yang terdapat dalam bahan pangan. Polisakarida juga dapat dianalisis dengan HPLC, tetapi harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi mono atau oligosakarida penyusunnya.

HPLC dapat menghasilkan analisis karbohidrat secara kualitatif maupun kuantitatif. Proses analisisnya relatif cepat, dapat mengukur konsentrasi pada rentang yang lebar, serta memberikan hasil dengan tingkat akurasi dan presisi tinggi.

Kolom yang paling sering digunakan analisis karbohidrat adalah kolom penukar anion (*anion-exchange*, AE). Karbohidrat memiliki nilai pKa pada rentang pH 12-14, sehingga bersifat sebagai asam yang sangat lemah. Ketika berada dalam larutan dengan pH tinggi, beberapa gugus hidroksil pada karbohidrat akan mengalami ionisasi dan akibatnya komponen-komponen karbohidrat akan mengalami pemisahan ketika melewati kolom penukar ion.

Penggunaan kolom penukar anion biasanya dikombinasikan dengan penggunaan *pulsed electrochemical detector* (ECD). Detektor ini dapat mendeteksi baik gula pereduksi maupun gula non-pereduksi. Batas konsentrasi terendah yang dapat dideteksi mencapai 1,5 ng untuk monosakarida dan 5 ng untuk di, tri, dan tetrasakarida. ECD memberikan respon yang berbeda untuk tiap senyawa karbohidrat, sehingga diperlukan standardisasi.

2. *Gas Chromatography (GC)*

GC, sebagaimana HPLC, dapat digunakan untuk analisis karbohidrat secara kualitatif maupun kuantitatif. Akan tetapi, agar dapat dianalisis dengan GC, karbohidrat harus diubah terlebih dahulu menjadi senyawa turunan yang volatil. Senyawa turunan yang paling sering digunakan adalah alditol perasetat yang disertai dengan penggunaan *flame ionization detector* (FID).

Hal utama yang perlu diperhatikan dalam analisis karbohidrat dengan GC adalah pengubahan karbohidrat menjadi senyawa turunan volatil, alditol perasetat. Pengubahan karbohidrat menjadi senyawa alditol perasetat pada dasarnya akan melalui tiga tahap, yaitu: (1) reduksi karbohidrat menjadi alditol, (2) asetilasi alditol, dan (3) analisis alditol perasetat dengan GC.

Langkah pertama adalah reduksi karbohidrat menjadi alditol. Untuk karbohidrat berupa polisakarida, perlu dilakukan hidrolisis agar polisakarida terurai menjadi monosakarida penyusunnya baru kemudian dilanjutkan dengan langkah reduksi menjadi alditol. Reduksi dilakukan dengan memberikan natrium atau kalium borohidrida berlebih yang dilarutkan dalam larutan amonium hidroksida encer pada suhu 40°C. Setelah reaksi selesai, ditambahkan asam asetat glasial untuk menghilangkan borohidrida yang berlebih. Larutan kemudian diuapkan hingga diperoleh campuran alditol kering.

Langkah berikutnya adalah asetilasi alditol. Pada campuran alditol kering ditambahkan asam asetat anhidrat dan katalis kemudian didiamkan selama 10 menit pada suhu ruangan. Setelah itu, ditambahkan air dan diklorometana. Setelah pencampuran, lapisan diklorometana dicuci dengan air dan dilanjutkan dengan penguapan hingga diperoleh residu berupa alditol perasetat. Alditol perasetat kemudian dilarutkan dalam pelarut organik polar (biasanya aseton) dan dianalisis dengan GC.

Perlunya mengubah karbohidrat menjadi senyawa turunan volatil tentu menjadi kelemahan GC jika dibandingkan dengan HPLC. Namun GC memiliki kelebihan berupa

sensitivitas yang lebih besar. GC mampu menganalisis karbohidrat dalam konsentrasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan HPLC. Hal ini membuat GC cocok digunakan untuk analisis karbohidrat pada bahan pangan dengan persentase karbohidrat rendah.

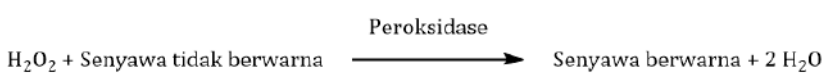
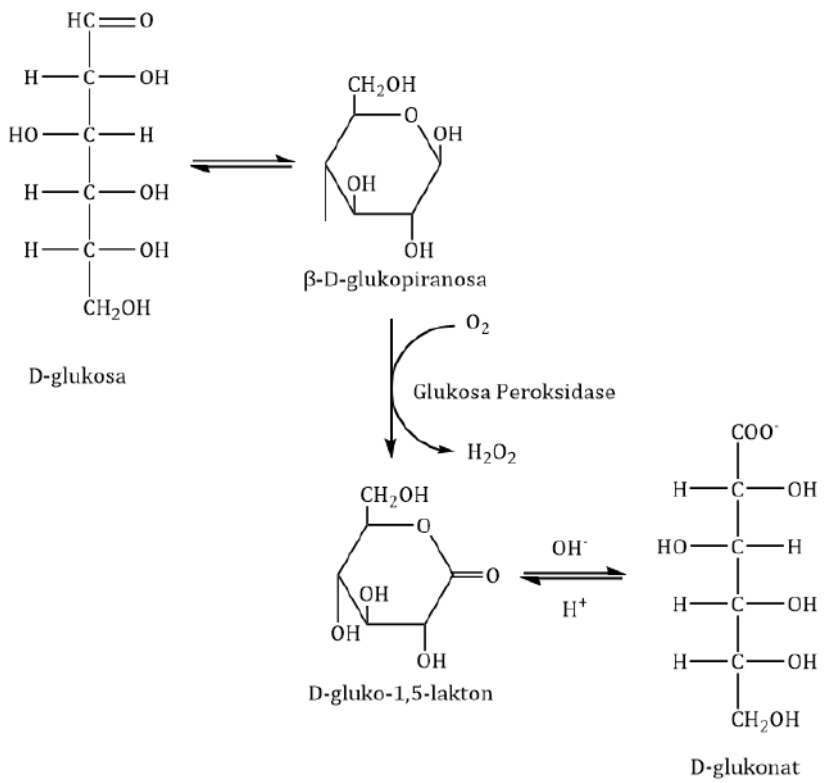
3. *Metode Enzim*

Penggunaan enzim dalam analisis karbohidrat umumnya sangat spesifik untuk karbohidrat tertentu yang akan dianalisis. Hal ini membuat analisis dapat dilakukan meskipun karbohidrat yang dianalisis tidak dalam kondisi terisolasi dan masih bercampur dengan senyawa-senyawa lain. Metode enzim memiliki batas deteksi yang sangat rendah dan tidak membutuhkan peralatan yang mahal. Namun metode ini spektrofotometrik, sehingga membutuhkan larutan sampel dalam kondisi jernih.

Enzim yang digunakan bersifat spesifik untuk karbohidrat tertentu dan biasanya tersedia dalam bentuk kit. Kit tersebut berisi enzim, reagen lain, garam buffer, serta instruksi yang menjelaskan langkah-langkah yang harus diikuti untuk melakukan analisis. Langkah-langkah tersebut harus diikuti dengan sangat cermat karena berbagai kondisi seperti konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, konsentrasi reagen, pH, dan suhu akan sangat berpengaruh terhadap hasil analisis.

Contoh metode enzim dalam analisis karbohidrat adalah metode *glucose oxidase/peroxidase/dye* (GOPOD) dalam analisis glukosa. Reaksi yang terjadi antara glukosa dan reagen GOPOD dapat dilihat pada Gambar 9.9. Glukosa oksidase yang terdapat dalam campuran reagen GOPOD akan mengoksidasi D-glukosa menjadi D-glukono-1,5-lakton yang disertai dengan pembentukan hidrogen peroksida. Untuk mengukur D-glukosa, ditambahkan peroksidase dan senyawa tidak berwarna yang dapat teroksidasi menjadi senyawa berwarna. Hidrogen peroksida, dibantu dengan katalis peroksidase, akan mengoksidasi senyawa tidak berwarna tersebut menjadi senyawa berwarna. Senyawa berwarna ini kemudian diukur secara spektrofotometri. Hasil pengukuran yang diperoleh

digunakan untuk menghitung konsentrasi glukosa dalam sampel yang dianalisis.



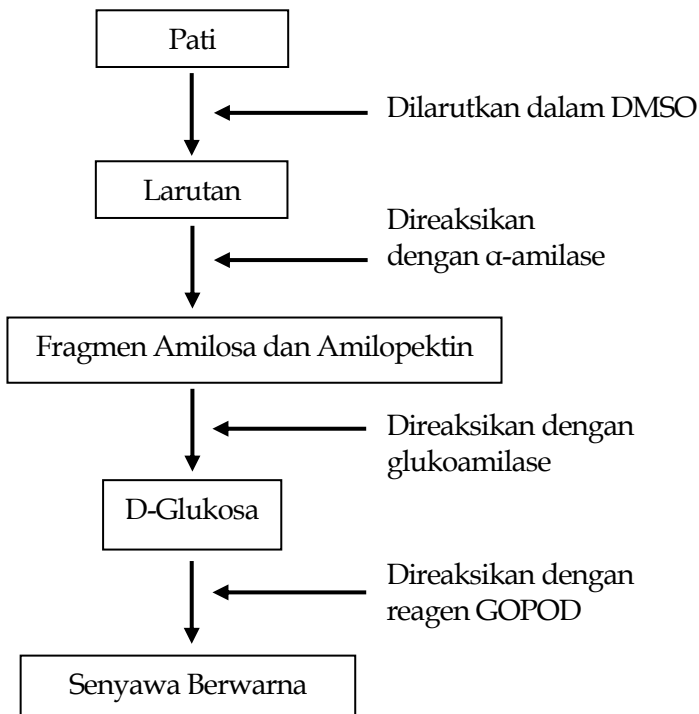
Gambar 9.9. Reaksi analisis glukosa dengan enzim

9.5 Analisis Pati

Pati atau amilum adalah homopolisakarida yang terdiri dari monomer D-glukosa. Pati terdiri dari dua polimer, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer linear D-glukosa yang saling terikat melalui ikatan glikosidik $\alpha(1-4)$, sedangkan amilopektin merupakan polimer D-glukosa yang saling terikat

melalui ikatan glikosidik $\alpha(1-6)$ dan membentuk cabang tiap 24-30 residu.

Pati dapat ditemukan pada semua bagian tumbuhan. Di alam, pati dapat ditemukan sebagai komponen utama pada beras, gandum, barley, oat, jagung, kacang hijau, dan kentang. Pati merupakan satu-satunya polisakarida yang dapat dicerna oleh manusia (Perez-Castineira 2020).



Gambar 9.10. Langkah analisis pati

Analisis terhadap pati dilakukan dengan mengubahnya menjadi D-glukosa terlebih dahulu dengan bantuan enzim. Langkah-langkah analisis pati dapat dilihat pada Gambar 9.10. Pati dilarutkan dalam larutan dimetil sulfoksida (DMSO) panas. Kemudian, ditambahkan enzim α -amilase untuk menghidrolisis pati. Hidrolisis tersebut akan menghasilkan potongan-potongan amilosa dan amilopektin. Selanjutnya, ditambahkan glukamilase. Glukoamilasi akan bereaksi dengan ujung non-pereduksi dari amilosa atau

amilopektin dan melepaskan D-glukosa secara bertahap. Glukosa kemudian direaksikan dengan reagen glukosa oksidase/peroksidase (GOPOD) dan akan dihasilkan senyawa berwarna yang dapat diukur dengan metode spektrofotometri.

9.6 Analisis Serat Pangan

Menurut *American Association of Cereal Chemists (AACC) International*, serat pangan adalah bagian dari tanaman atau analog karbohidrat yang resisten terhadap proses pencernaan dan penyerapan di dalam usus kecil manusia tetapi mengalami fermentasi secara keseluruhan atau sebagian di dalam usus besar. Dengan kata lain, serat pangan adalah keseluruhan komponen pada bahan pangan yang tidak dapat dicerna oleh sistem pencernaan manusia (McCleary dkk. 2013).

Total serat pangan (*total dietary fiber*, TDF) umumnya ditentukan dengan gravimetri. Total serat pangan meliputi serat yang larut dalam air (*soluble dietary fiber*, SDF) serta serat yang tidak larut dalam air (*insoluble dietary fiber*, IDF). Berikut adalah langkah-langkah umum dalam penentuan total serat pangan:

1. Sampel bahan pangan yang telah bebas dari lipid maupun senyawa-senyawa yang larut dalam lipid ditambahkan dengan buffer basa yang mengandung protease alkalin.
2. Dilakukan penyesuaian pH menjadi asam dan ditambahkan α -amilase termostabil. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 95-100°C untuk mengubah pati yang terdapat dalam sampel menjadi gelatin agar selanjutnya dapat dipecah oleh α -amilase. Campuran didinginkan hingga 60°C, kemudian ditambahkan dengan protease alkalin. Campuran diinkubasi pada suhu 60°C untuk memecah protein dalam sampel.
3. Campuran ditambahkan dengan glukoamilase dan kembali diinkubasi pada suhu 60°C untuk memecah pati yang terdapat dalam sampel.
4. Untuk menentukan TDF, ditambahkan 4 kali volume etanol 95%. Campuran kemudian difiltrasi vakum melewati krusibel *fritted* yang sebelumnya telah ditimbang dan dicuci dengan *Celite*. Residu pada krusibel kemudian secara

berturut-turut dicuci dengan etanol 78%, etanol 95%, dan aseton. Krusibel kemudian dikeringkan dan ditimbang. Untuk menentukan TDF, hasil penimbangan ini masih perlu dikurangi dengan massa protein (ditentukan dengan metode Kjeldhal) dan abu (ditentukan dengan metode pengabuan kering) karena komponen dinding sel juga mengandung protein dan mineral.

5. Untuk menentukan IDF, campuran yang diperoleh dari langkah 3) difiltrasi vakum melewati krusibel *fritted* yang sebelumnya telah ditimbang dan dicuci dengan *Celite*. Residu yang tertahan pada filter dicuci dengan air dan secara berturut-turut dilanjutkan dicuci dengan etanol 78%, etanol 95%, dan aseton. Krusibel kemudian dikeringkan dan ditimbang.
6. Untuk menentukan SDF, filtrat yang diperoleh dari langkah 5) dipanaskan pada suhu 60°C dan ditambahkan dengan 4 kali volume etanol 95% untuk mengendapkan SDF. Endapan SDF dipisahkan dengan filtrasi vakum melewati krusibel *fritted* yang sebelumnya telah ditimbang dan dicuci dengan *Celite*. Residu pada krusibel kemudian secara berturut-turut dicuci dengan etanol 78%, etanol 95%, dan aseton. Krusibel kemudian dikeringkan dan ditimbang.

9.7 Metode Fisika dalam Analisis Karbohidrat

Analisis karbohidrat dengan metode fisika dilakukan dengan memanfaatkan sifat-sifat fisika dari bahan pangan yang dianalisis, seperti indek refraksi, rotasi spesifik, dan massa jenis. Analisis karbohidrat dengan metode fisika umumnya hanya dapat menganalisis karbohidrat secara umum, misalnya seperti penentuan total konsentrasi karbohidrat dalam sampel bahan pangan. Metode fisika tidak bersifat destruktif, tetapi tetap dapat memberikan hasil analisis yang cukup akurat dan presisi. Hal ini membuat metode fisika sering digunakan dalam analisis karbohidrat yang dilakukan secara rutin, misalnya pada analisis karbohidrat yang dilakukan untuk memantau suatu proses produksi.

9.7.1 Refraktometri

Rasio kecepatan cahaya pada ruang hampa dengan kecepatan cahaya di dalam sebuah medium disebut dengan indeks refraksi. Nilai indeks refraksi sebuah medium dipengaruhi oleh suhu, komposisi, kemurnian, serta konsentrasi suatu senyawa dalam medium tersebut. Oleh karena itu, indeks refraksi dapat dimanfaatkan untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa, termasuk menentukan konsentrasi karbohidrat dalam larutan. Prinsip inilah yang digunakan dalam refraktometri.

Instrumen yang digunakan untuk dalam refraktometri disebut refraktometer. Pada analisis karbohidrat, refraktometer telah dikalibrasi dalam % sukrosa w/w atau Brix (Shehadeh dkk. 2020).

9.7.2 Polarimetri

Senyawa dengan atom pusat kiral memiliki kemampuan untuk memutar bidang polarisasi dari cahaya terpolarisasi. Semua senyawa gula memiliki atom pusat kiral berupa atom karbon asimetris. Oleh karena itu, larutan gula dapat memutar cahaya terpolarisasi yang melewatinya. Besar sudut rotasi yang teramati (α) dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, jarak yang dilewati cahaya, panjang gelombang sumber cahaya, dan suhu (Akhter dan Alam 2023).

Rotasi spesifik $[\alpha]$ dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$[\alpha]_D^T = \frac{100\alpha}{lc}$$

dengan:

T = suhu ($^{\circ}\text{C}$)

D = panjang gelombang sinar natrium ($\lambda = 589 \text{ nm}$)

α = sudut rotasi teramati

l = jarak yang dilewati cahaya (dm)

c = konsentrasi karbohidrat (g/100 mL atau % w/v)

Dengan mengukur rotasi spesifik larutan karbohidrat maka dapat dihitung konsentrasi karbohidrat dalam larutan tersebut. Dalam pengukuran ini, suhu harus benar-benar diperhatikan dan

dikontrol karena suhu sangat berpengaruh terhadap nilai rotasi spesifik (Peris-Tortajada 2015).

9.7.3 Hidrometri

Hidrometri adalah pengukuran konsentrasi karbohidrat dalam larutan berdasarkan pengukuran massa jenis larutan tersebut. Instrumen yang digunakan untuk pengukuran adalah hidrometer yang telah dikalibrasi dalam % sukrosa w/w atau Brix. Hasil pengukuran dengan hidrometer dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, tegangan permukaan larutan, dan adanya lapisan film di permukaan larutan. Suhu berpengaruh terhadap massa jenis. Oleh karena itu, suhu dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran harus dikontrol untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat (Jaywant, Singh, dan Arif 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, Mymoona, dan M. Mumtaz Alam. 2023. "Polarimetry." Dalam *Physical Pharmacy and Instrumental Methods of Analysis*, disunting oleh Mymoona Akhter dan M. Mumtaz Alam, 189–95. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36777-9_12.
- Jaywant, Swapna A., Harshpreet Singh, dan Khalid Mahmood Arif. 2022. "Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review." *Sensors* 22 (6): 2290. <https://doi.org/10.3390/s22062290>.
- McCleary, Barry V., Naomi Sloane, Anna Draga, dan Ida Lazewska. 2013. "Measurement of Total Dietary Fiber Using AOAC Method 2009.01 (AACC International Approved Method 32-45.01): Evaluation and Updates." *Cereal Chemistry* 90 (4): 396–414. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-10-12-0135-Fl>.
- Nielsen, S. Suzanne. 2017. *Food Analysis Laboratory Manual*. Springer.
- Ochs, Raymond S. 2021. *Biochemistry*. CRC Press.
- Perez-Castineira, Jose. 2020. *Chemistry and Biochemistry of Food*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Peris-Tortajada, Miguel. 2015. "Carbohydrates and Starch." Dalam *Handbook of Food Analysis - Two Volume Set*, 3 ed. CRC Press.
- Shehadeh, Adnan, Alexandra Evangelou, Despoina Kechagia, Panagiotis Tataridis, Archodoula Chatzilazarou, dan Fadi Shehadeh. 2020. "Effect of ethanol, glycerol, glucose/fructose and tartaric acid on the refractive index of model aqueous solutions and wine samples." *Food Chemistry* 329 (November): 127085. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127085>.

BAB 10

ANALISA PROTEIN

Oleh Marta Tika Handayani

10.1 Pendahuluan

Protein memiliki unsur karbon, oksigen, hydrogen dan nitrogen, nitrogen merupakan unsur pembeda yang hanya dimiliki oleh protein serta memiliki fungsi sangat penting bagi tubuh. Protein adalah senyawa organik kompleks yang tersusun dari monomer-monomer asam amino dengan ikatan peptide sebagai penghubungnya. Protein yang membentuk rantai peptide dengan panjang mulai dari 2 asam amino (dipeptida), 4-10 peptida (oligopeptida), dan lebih dari 10 asam amino (polipeptida).

Penetapan kadar protein dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa protein kebanyakan dilakukan pada industri makanan, baik makanan untuk manusia maupun makanan untuk keperluan ternak. Analisa protein penting sekali karena bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan protein dalam suatu makanan. Analisa protein secara kualitatif dapat dilakukan dengan reaksi Xantoprotein, reaksi Hopkins-Cole, reaksi Millon, reaksi Nitropusida dan reaksi Sakaguchi, sedangkan Analisa protein secara kuantitatif dengan metode Kjeldahl, metode titrasi formol, metode Lowry, metode spektrofotometri visible (Biuret) dan metode spektrofotometri UV-Vis (Burtis, Ashwood, 2008).

10.2 Analisa Protein secara Kualitatif

10.2.1 Reaksi Xantoprotein

Uji xantoprotein merupakan uji kualitatif pada protein yang menunjukkan keberadaan gugus benzena. Apaun reaksi xantoprotein ini dilakukan dengan larutan asam nitrat pekat. Larutan asam nitrat pekat ditambahkan dengan hati-hati ke larutan protein. Setelah itu akan terbentuk endapan putih dan berubah menjadi kuning ketika dipanaskan. Reaksi ini terjadi akibat nitrasi pada inti benzena yang ada pada molekul protein. Uji xantoprotein

ini akan menunjukkan reaksi positif untuk protein yang mengandung tirosin, fenilalanin dan triptofan (Achmad, 2011).

10.2.2 Reaksi Hopkins-Cole

Reaksi Hopkins-Cole atau reaksi asam glioksilat adalah uji ini digunakan untuk mendeteksi adanya triptofan dalam protein. Larutan protein yang mengandung triptofan direaksikan dengan pereaksi Hopkins-Cole yang mengandung asam glioksilat. Pereaksi ini terdiri atas asam oksalat dengan serbuk magnesium dalam air. Larutan yang telah dicampurkan dengan pereaksi Hopkins-Cole, asam sulfat dituangkan perlahan-lahan sehingga membentuk lapisan di bawah larutan protein. Akan terbentuk cincin ungu pada batas antara kedua lapisan sebagai reaksi positifnya.

10.2.3 Reaksi Millon

Reaksi Millon digunakan untuk mendeteksi adanya protein dalam jaringan tanaman. Uji Millon menggunakan pereaksi millon . Pereaksi Millon merupakan larutan merkuso dan merkuri nitrat dalam asam nitrat. Pereaksi ini ditambahkan pada larutan protein, akan menghasilkan endapan putih yang dapat berubah menjadi merah oleh pemanasan. Pada dasarnya reaksi ini akan menunjukkan reaksi positif untuk fenol-fenol, karena terbentuknya senyawa merkuri dengan gugus hidroksifenil yang berwarna.

10.2.4 Reaksi Natriumnitroprusida

Reaksi nitroprusida adalah uji kimia yang digunakan untuk mendeteksi adanya gugus tiol sistein dalam protein. Natriumnitroprusida dalam larutan amoniak akan menghasilkan warna merah dengan protein yang mempunyai gugus -SH bebas. Sampel yang mengandung sistein akan menunjukkan hasil yang positif.

10.2.5 Reaksi Sakaguchi

Uji sakaguchi adalah uji yang dilakukan untuk mendeteksi keberadaan arginin dalam protein. Pereaksi yang digunakan ialah naftol dan natriumhipobromit. Pada dasarnya reaksi ini memberikan hasil positif apabila ada gugus guanidin. Gugus arginin

atau protein yang mengandung arginin dapat menghasilkan warna merah.

10.3 Analisa Protein secara Kuantitatif

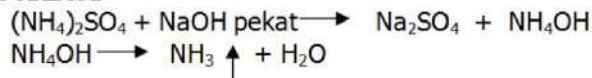
10.3.1 Metode Kjeldahl

Kadar protein dapat ditentukan dengan metode Kjeldahl. Metode kjeldahl merupakan metode sederhana untuk menghitung nitrogen total protein dan senyawa lainnya yang mengandung nitrogen. Kadar protein yang diukur pada metode ini merupakan kadar protein kasar (*crude protein*). Kelemahan metode ini adalah senyawa N bukan protein juga ikut terhitung juga. Prinsip dasar metode ini adalah protein dan komponen organik dalam sampel didestruksi dengan asam sulfat dan katalis. Penentuan nitrogen metode ini terdiri dari 3 tahap yaitu: tahap destruksi, tahap destilasi dan tahap titrasi.

1. DEKSTRUKSI



2. DESTILASI



3. TITRASI



Reaksi kimia yang terjadi pada tahapan metode kjeldahl analisa protein. Proses digesti bertujuan untuk memecah ikatan kompleks polipeptida pada makanan menjadi ikatan peptida yang lebih sederhana dan menghasilkan molekul air, karbondioksida dan amonium sulfat. Digesti dilakukan dengan memanaskan sampel dalam suasana asam pada temperatur tinggi. Dalam reaksi ditambahkan katalis seperti potasium sulfat, selenium, titanium, copper dll. Hasil akhir yang diinginkan adalah amonium sulfat.

Distilasi merupakan proses pendidihan sampel menggunakan air dan larutan alkali, dimana uap yang terbentuk didinginkan dalam kondensor kemudian ditampung sebagai

destilat. Tujuan proses distilasi adalah mengubah amonium sulfat yang terbentuk dalam proses digesti menjadi gas amonia, gas amonia ditangkap menggunakan asam sehingga menghasilkan larutan amonium yang siap untuk dianalisa kadar nitrogennya. Air suling/akudes dan sodium hidroksida (NaOH) dialirkan otomatis ke tabung sampel sehingga sampel larut dan proses pemisahan nitrogen oleh steam destilasi serta perubahan pH menjadi lebih basa oleh NaOH menjadikan terjadinya perubahan NH_4^+ (solid) menjadi NH_3 (gas). Amonia yang diperoleh kemudian dapat dilakukan proses penghitungan kadar dengan metode titrasi atau colorimetrik.

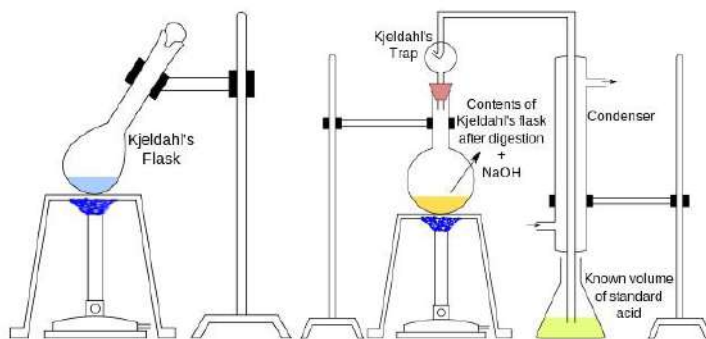
Proses ini adalah tahapan akhir metode Kjeldahl, menganalisa kadar protein dengan menghitung banyaknya kandungan nitrogen. Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan asam (asam sulfat, H_2SO_4 atau asam hidroklorida, HCl) sedangkan colorimetrik menggunakan [spektrofotometer](#).

1. Tahap destruksi

Destruksi merupakan suatu upaya untuk mengubah sampel menjadi bentuk sampel yang dapat diukur kandungannya. Destruksi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu destruksi basah dan destruksi kering. Destruksi basah merupakan perombakan sampel menggunakan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan zat oksidator. Sedangkan destruksi kering adalah perombakan organik logam di dalam sampel menjadi logam-logam anorganik. Cara perombakan ini dilakukan dengan jalan pengabuan sampel dalam muffle furnace dan memerlukan suhu pemanasan tertentu, antara 400-800 °C. Proses destruksi akan dihentikan apabila warna larutan sampel menjadi jernih (tidak keruh) yang menandakan bahwa senyawa-senyawa yang ada didalam sampel telah terurai atau terdestruksi menjadi partikel terlarut tanpa adanya partikel yang tersisa.

Destruksi ini dapat dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak satu gram dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, 7,5 gram kalium sulfat dan 0,35 gram tembaga sulfat dan 15 ml asam sulfat pekat ditambahkan. Semua bahan tersebut dipanaskan di dalam lemari asam sampai berhenti berasap dan diteruskan pemanasan sampai mendidih dan cairan sudah jernih.

Dilanjutkan pemanasan kurang lebih 30 menit, pemanasan dimatikan dan dibiarkan dingin. 100 ml aquadest ditambahkan ke dalam labu Kjeldahl yang didinginkan. Larutan Natrium Hidroksida 50% sebanyak 50 ml dan Zn 200 mg ditambahkan secara perlahan-lahan.



a. Rangkaian Metode Kjeldahl dengan Alat Manual



b. Rangkaian Metode Kjeldahl dengan Instrumentasi Modern

2. Tahap destilasi

Destilasi merupakan suatu cara pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volalitas (kemudian suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia selama proses berlangsung. Dasar pemisahan metode ini adalah perbedaan titik didih cairan pada tekanan tertentu. Proses destilasi biasanya melibatkan suatu penguapan campuran dan diikuti dengan proses pendinginan dan pengembunan.

Tahap destilasi pada analisa protein dilakukan dengan memasang labu Kjeldahl dengan segera pada alat destilasi, panaskan labu. Kjeldahl perlahan-lahan sampai dua lapisan cairan tercampur, kemudian dipanaskan dengan cepat sampai mendidih. Tampung hasil destilat dalam Erlenmeyer yang telah diisi dengan larutan baku asam klorida 0,1 N sebanyak 50 ml dan indikator fenolftalien 1% sebanyak 3 tetes, ujung pipa destilator dipastikan masuk ke dalam larutan asam klorida 0,1 N. Destilasi di akhiri setelah tetesan destilat terakhir sudah tidak basa.

3. Tahap titrasi

Titrasi merupakan suatu proses analisis dimana suatu volume larutan standar ditambahkan ke dalam larutan dengan tujuan mengetahui komponen yang tidak dikenal. Titrasi merupakan suatu metode analisis kimia yang dilakukan secara kuantitatif yang bisa digunakan di laboratorium. Metode ini digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu reaktan.

Tahap titrasi pada analisa protein ini dilakukan dengan cara hasil destilasi dititrasi dengan natrium hidroksida (NaOH) 0,1 N. Titik akhir titrasi tercapai jika terjadi perubahan warna sampai warna merah muda konstan. Kemudian dilakukan pengulangan duplo dan penetapan blanko.

Sampel didestruksi dengan asam sulfat dan dikatalisis dengan katalisator yang sesuai sehingga akan menghasilkan ammonium sulfat. Setelah pembebasan dengan alkali kuat, ammonia yang terbentuk disuling uap secara kuantitatif ke dalam larutan penyerap dan ditetapkan secara titrasi. Metode ini telah banyak mengalami modifikasi sehingga cocok digunakan secara semi mikro, karena hanya memerlukan jumlah sampel dan pereaksi yang sedikit dan waktu analisa yang pendek, dengan kata lain kurang akurat bila diperlukan pada senyawa yang mengandung atom nitrogen yang terikat secara langsung ke oksogen atau nitrogen (Nisah et al., 2021).

10.3.2 Metode Titration Formol

Titration formol merupakan hasil titration yang kedua dikurangi titration blanko yang terdiri 20 ml aquades ditambah 0,4 ml kalium oksalat jenuh, 1 ml indikator PP 1% dan 2 ml formaldehid 37%. Titration formol dapat menghitung protein terlarut dalam cairan berdasarkan kesetimbangan asam basa. Metode titration formol dinilai cukup untuk mengukur kadar protein. Kelemahan dari metode ini yaitu dapat terjadi variasi warna serta kurang tepat dalam menentukan jenis protein tertentu. Sedangkan kelebihan metode ini adalah mudah, cepat dan tidak memerlukan keahlian khusus. Prinsip metode ini yaitu reaksi antara analit dengan suatu reagen atau titran, yang keduanya memiliki sifat asam ataupun basa.

Adapun metode ini dilakukan dengan cara memasukkan 10 ml sampel ke dalam Erlenmeyer. Tambahkan 20 ml aquades dan 0,4 ml kalium oksalat jenuh dan 1 tetes PP 1% kemudian diamkan selama 2 menit. Sampel dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai mencapai merah muda. Setelah titik akhir titration tercapai, ditambahkan 2 tetes formalin 40% dan titration kembali dengan larutan NaOH 0,1 N sampai berubah warna menjadi merah muda. Pembuatan larutan blanko terdiri dari 20 ml aquades ke dalam erlenmeyer. Tambahkan 0,4 ml kalium oksalat jenuh dan 1 tetes PP 1% kemudian 2 tetes formalin, lalu titration dengan NaOH 0,1 N hingga diperoleh warna merah muda. Titration yang terkoreksi yaitu titration kedua sampel dikurangi titration blanko, selisihnya merupakan titration formol. Untuk mengetahui persentase protein susu, dapat digunakan faktor koreksi 1.83. Setiap kadar sampel dilakukan uji secara tripplikasi.

10.3.3 Metode Lowry

Metode lowry merupakan uji protein secara kuantitatif secara modern, yaitu dengan spektrofotometer visible. Metode ini digunakan untuk menguji kadar protein terlarut atau protein yang dapat diserap oleh tubuh. Metode ini dianalisa dengan cara membuat larutan standar protein, Bovine Serum Albumine (BSA) dengan berbagai tingkat konsentrasi dari 30 - 300 µg/ml, kemudian masing-masing sampel diambil 1 ml. Metode ini lebih sensitive karena larutan standar berasal dari serum protein albumin dan

dapat menganalisis sampel protein yang larut dalam air. Adapun kelebihan dari metode ini adalah memiliki sensitivitas lebih tinggi, sedangkan kelemahan metode ini adalah rentan terhadap interferensi oleh senyawa lain yang bersifat mereduksi.

Prinsip metode ini adalah kompleks Cu(II) dalam suasana alkalis akan menjadi Cu(I). Ion Cu^+ kemudian akan mereduksi reagen Folin-Ciocalteu dan kompleks phospholibdat-phosphotungstat (*phosphomolybdotungstate*), menghasilkan heteropolymolybdenum blue akibat reaksi oksidasi gugus aromatic (rantai samping asam amino) terkatalis oleh Cu, yang memberikan warna biru intensif yang dapat dideteksi secara kolorimetri. Metode Lowry menggunakan dua reagen yaitu reagen A yang terdiri dari campuran Folin-ciocalteu dengan Aquadest (1:1) dan reagen B terdiri dari campuran 50 ml larutan (2% Na_2CO_3 + 0,1 N NaOH) + 1 ml larutan (1% CuSO_4 + 1% Sodium Pottasium Tartrat) dalam air (Goretti dan Purwanto, 2014).

10.3.4 Metode Biuret

Metode biuret merupakan salah satu metode penentuan kadar protein dengan menggunakan larutan Biuret pada suasana basa bereaksi dengan ikatan peptide dari protein sampel yang mengakibatkan terjadinya perubahan warna dari larutan Biuret yang berwarna biru menjadi warna ungu. Prinsip metode ini adalah sampel yang mengandung dua atau lebih ikatan peptide dapat membentuk kompleks berwarna ungu dengan garam Cu dalam larutan alkali. Metode ini merupakan metode yang baik untuk menentukan kandungan larutan protein karena seluruh protein mengandung ikatan peptide. Konsentrasi protein dapat dilihat dari kepekatan warna ungu, semakin pekat warna ungu semakin banyak pula ikatan peptide yang berikatana dengan ion Cu^{2+} .

Cara analisa metode Biuret adalah sebagai berikut Metode Biuret merupakan metode spektrofotometri yang menggunakan pereaksi biuret yaitu campuran R1 : Sodium hydroxide, Potassium sodium tartrate dengan R2 : Sodium hydroxide, Potassium sodium tartrate, Potassium Iodide, Copper Sulphate. Metode Biuret adalah metode yang biasa digunakan untuk penetapan kadar protein dibidang kesehatan (Isaac, 1990). Prinsip metode ini yaitu ion-ion

tembaga (Cu) dalam suasana alkalis akan membentuk senyawa kompleks yang berwarna ungu dan intensitas warnanya diukur dengan fotometer, menggunakan panjang gelombang 540–560 nm (Suryanto & Banundari, 2001). Photometer yang digunakan adalah photometer 4010 dengan panjang gelombang 546 nm, program C/St, dan faktor 005,0.

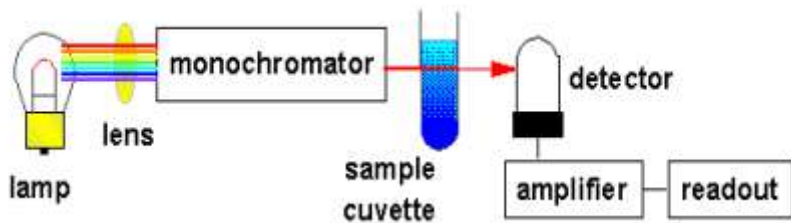
10.3.5 metode spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis alat yang digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi dan absorbs dari cuplikan sebagai fungsi dari Panjang gelombang dan untuk pengukuran didaerah ultraviolet atau didaerah tampak. Spektrofotometri Uv-Vis adalah salah satu dari sekian banyak instrument yang biasa digunakan dalam menganalisa suatu senyawa kimia. Spektrofotometer umum digunakan karena kemampuannya dalam menganalisa begitu banyak senyawa kimia lebih praktis dalam hal preparasi sampel apabila dibandingkan dengan beberapa metode analisa. Spektrofotometri Uv-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisa, sehingga Spektrofotometri Uv-Vis lebih banyak digunakan untuk analisis kuantitatif dibanding kualitatif. Analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometri UV-Vis terdapat beberapa hal yang harus dipersiapkan antara lain:

Perlakuan	Prosedur Kerja
Penentuan Panjang gelombang maksimum	Panjang gelombang maksimum dicari dengan mengukur salah satu campuran standar dan reagen biuret pada panjang gelombang 530 - 560 nm, Pada pengukuran kurva baku albumin dipipet sebanyak 1 mL dan ditambahkan reagen biuret 4 mL, Selanjutnya setelah itu didiamkan selama 30 menit dan diukur menggunakan spektrofotometri sinar tampak serapan dibaca, berapa panjang gelombang yang didapatkan
Pembuatan kurva kalibrasi	Pembuatan larutan induk digunakan BSA (bovin serum albumin) dengan

Perlakuan	Prosedur Kerja
	konsentrasi 100.000 ppm. Dipipet sebanyak 1 mL Larutan albumin 100.000 ppm ke dalam labu ukur 10 mL. Larutan tersebut disiapkan dengan cara meningkatkan konsentrasinya yaitu 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL (20.000, 40.000, 60.000 dan 80.000 ppm). Kemudian ditambahkan air suling hingga tanda batas, lalu di homogenkan. Setelah itu diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.
Penentuan Kadar protein dengan spektrofotometri Uv-Vis	Untuk mengetahui kadar dari masing-masing sampel, kuning telur dan putih telur ayam kampung dan telur ayam ras disentrifuga selama 10 menit. Pada pengukuran sampel diambil sebagian supernatan sebanyak 1 mL dan ditambahkan reagen biuret 4 mL, setelah itu didiamkan pada suhu ruangan selama 30 menit dan diukur menggunakan spektrofotometri sinar tampak, lalu tinggi absorban yang ditampilkan pada layar dicatat dan dihitung kadarnya dengan menggunakan penamaan garis regresi linier dari kurva kalibrasi yang tadi telah dibuat, sehingga bisa diketahui kadar dari sampel tersebut ini menggunakan metode analisis kuantitatif.

Prinsip kerja dari spektrofotometri adalah berdasarkan penyerapan cahaya yang berbeda- beda oleh senyawa kimia organik pada rentang panjang gelombang tertentu dengan menerapkan hukum Lambert-Beer.



Gambar 10.1. Ilustrasi cara kerja spektrofotometri

Adapun kelebihan metode analisis kuantitatif dengan spektrofotometri UV-Vis antara lain:

1. Dapat menganalisa banyak zat organik dan anorganik
2. Selektif
3. Mempunyai tingkat ketelitian yang cukup tinggi dengan kesalahan relative sebesar 1%-3%
4. Panjang gelombang suatu sinar berwarna putih lebih mudah terdeteksi
5. Analisis yang sederhana
6. Mampu mendeteksi konsentrasi analit yang sangat kecil

Kelemahan metode analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis antara lain:

1. Perbedaan pH, suhu dan zat pengganggu dalam larutan sampel akan mempengaruhi absorbansi
2. Terbatas penggunaannya untuk gugus fungsional dengan eletron valensi yang memiliki energi
3. Sinar yang digunakan harus monokromatis

DAFTAR PUSTAKA

- Dianna, D. N. (2020). Dasar-Dasar Penelitian Akademik: Analisis Data Kualitatif dan Kuantitatif. Jurnal Akuntansi, March, 1–10.
- Saputri, G. R., Tutik, & Permatasari, A. I. (2019). Penetapan kadar protein pada daun kelor muda dan daun kelor tua (*Moringaoleifera* L.) dengan menggunakan metode kjeldahl. Jurnal Analis Farmasi, 4(2), 108–116.
- Suhartati, T. (2017). Dasar - Dasar Spektrofotometri UV -Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik

BIODATA PENULIS



Darmawati, S.Si., M.Si.

Dosen Kimia Universitas Madako Tolitoli

Penulis lahir di Tolitoli pada 25 Februari 1994. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana Kimia di Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin pada Januari 2017 dan pendidikan Magister Ilmu Kimia di Fakultas MIPA Universitas Indonesia tahun 2019. Fokus utamanya adalah bidang biokimia, khususnya bidang pangan dan biosensor berbasis DNA. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap untuk mata kuliah Kimia, Biokimia, Mikrobiologi dan Bioteknologi di Fakultas Perikanan, Fakultas Peternakan dan Fakultas Pertanian Universitas Madako Tolitoli, Sulawesi Tengah. Sejak tahun 2022 sampai sekarang diamanahi sebagai Ketua Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Madako Tolitoli. Penulis merupakan salah satu editor jurnal ilmiah terakreditasi SINTA. Penulis aktif dalam kolaborasi penelitian dan publikasi dibidang biokimia, mikrobiologi, bioteknologi, serta bidang ilmu lain. Artikel ilmiah hasil penelitian dan *book chapter* yang telah dipublikasikan dapat diakses melalui ID SINTA 6735043, ID Google Scholar vYlpvgsAAAAJ&hl, ID SCOPUS 57811221500.

BIODATA PENULIS



Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Laboratorium Medis
Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

Nur Qadri Rasyid, S.Si, M.Si lahir di Sungguminasa pada tanggal 28 Februari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Kimia, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2013 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar 2015-sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal nasional terakreditasi seperti: *Marina Chimica Acta 18 (1)* dengan judul *Analysis of iodine content in seaweed and estimation of iodine intake*. *Indonesia Chimica Acta 10(1)* dengan judul *The Determination Of Paraben Preservatives In Body Scrub* dan *Indonesia Chimica Acta Study of Electrolyte Levels in Diabetic Patients*. Jurnal Media Analisis Kesehatan 12(2) : 86-93 dengan judul *Metode Sederhana Untuk Mendeteksi Keracunan Alkohol Dalam Saliva*.

BIODATA PENULIS



Dr. Rahmawati, S. Si, M. Kes.

Dosen Tetap Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Desa Kasiwang Kecamatan Suli Kabupaten Luwu pada tanggal 12 April 1980, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Abd. Muis dan Rapidah Hasan. Penulis adalah dosen tetap yayasan pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar. Menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 20 Cimpu Kecamatan Suli Kabupaten Luwu pada tahun 1992. Pada tahun 1995 telah menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama pada SMP Negeri 2 Kabupaten Takalar. Kemudian pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas pada Sekolah Menengah Farmasi (SMF) Depkes Ujungpandang, Makassar.

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin pada tahun 2003. Pada tahun 2004 melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) Universitas Hasanuddin dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2006. Kemudian pada tahun 2013 melanjutkan S3 pada jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dan berhasil meraih gelar Doktor pada tahun 2018. Penulis menekuni bidang ilmu kimia analitik dan biokimia serta toksikologi klinik.

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



Virna Muhardina, S.TP, M.Sc, Ph.D

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Serambi Mekkah

Penulis lahir di Banda Aceh tanggal 19 September 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Serambi Mekkah. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Syiah Kuala, dan melanjutkan pendidikan S2 pada Jurusan Food Science and Technology di University of New South Wales, Australia. Setelah menyelesaikan S2, penulis melanjutkan pendidikan doktoral pada Jurusan Biochemical Technology di universitas King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) Thailand.

BIODATA PENULIS



Priyosetyoko, S.Si., M.Si.

Penulis lahir di Tegal tanggal 12 Februari 1992. Penulis adalah lulusan S1 Kimia UNNES tahun 2014 dan S2 Kimia di UNDIP 2024. Pengalaman kerja sebagai supervisor RnD PT. Satyaraya Keramindoindah, QC bahan baku di PT New Hope Indonesia dan sales marketing bahan kimia di PT Brataco cabang Tegal.

BIODATA PENULIS



Dyah Ilminingtyas WH.,S.Pi.,M.P.

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas 17 Agustus 1945
Semarang

Penulis lahir di Klaten tanggal 8 Mei 1971 putri dari Bapak Bantu Hardjanta, BA. (Alm) dan Ibu Sri Susihni, BA. (Alm.). Menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Perikanan UNDIP (1995). Pendidikan S2 diselesaikan tahun 1999 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan UGM.

Sejak tahun 2002 mengajar di Universitas 17 Agustus 1945 Semarang Fakultas Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Mata kuliah yang diampu adalah Teknologi Pengolahan Hasil perikanan, Teknologi Lemak dan Minyak, Teknologi Protein, Biokimia dan Analisis Pangan. Konsentrasi tema penelitian yang dilakukan adalah teknologi pasca panen hasil perairan. Saat ini masih mengemban tugas dari Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Semarang sebagai Wakil Dekan Bidang Akademik di Fakultas Teknologi Pertanian.

BIODATA PENULIS



apt. Eri Marwati, S.Farm, M.Si.

Dosen Program Studi Farmasi
Fakultas Kedokteran Universitas Khairun

Penulis lahir di Mandati tanggal 3 Maret 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran, Universitas Khairun. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Farmasi Universitas Indonesia Timur serta melanjutkan profesi apoteker dan S2 pada Jurusan Farmasi Universitas Setia Budi. Penulis menekuni bidang Analisa Farmasi dan Kesehatan. Beberapa penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan antara lain “Uji aktivitas antimikroba ekstrak etanol daging buah dan daun pala (*Myristica fragrans*)”, “Perbandingan proses ekstraksi Virgin Coconut Oil (VCO)”, “Isolasi dan uji aktivitas antioksidan minyak atsiri daging buah pala (*Myristica fragrans*)”, dan “Pemanfaatan potensi alam kota rempah melalui pengolahan minyak atsiri daging buah pala (*Myristica fragrans*) Di Kelurahan Tanah Tinggi Barat Kota Ternate”.

BIODATA PENULIS



A. Sirojul Anam Izza Rosyadi, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Industri Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember

Penulis lahir di Banyuwangi tanggal 3 Agustus 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Industri Pangan Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Kimia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kimia.

BIODATA PENULIS



Marta Tika Handayani, S.TP., M.Sc

Dosen Program Studi D3 Teknologi Pangan
Politeknik Negeri Sriwijaya

Penulis lahir di Muara Enim tanggal 21 Maret 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Pangan Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pertanian Unsri pada tahun 2016 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan UGM pada tahun 2019. Penulis menyelesaikan Tesis yang berfokus pada bidang Peptida Bioaktif ACE-inhibitor dari Tempe koro kratok. Penulis menekuni bidang Menulis.

Email : marta.tika.handayani@polsri.ac.id