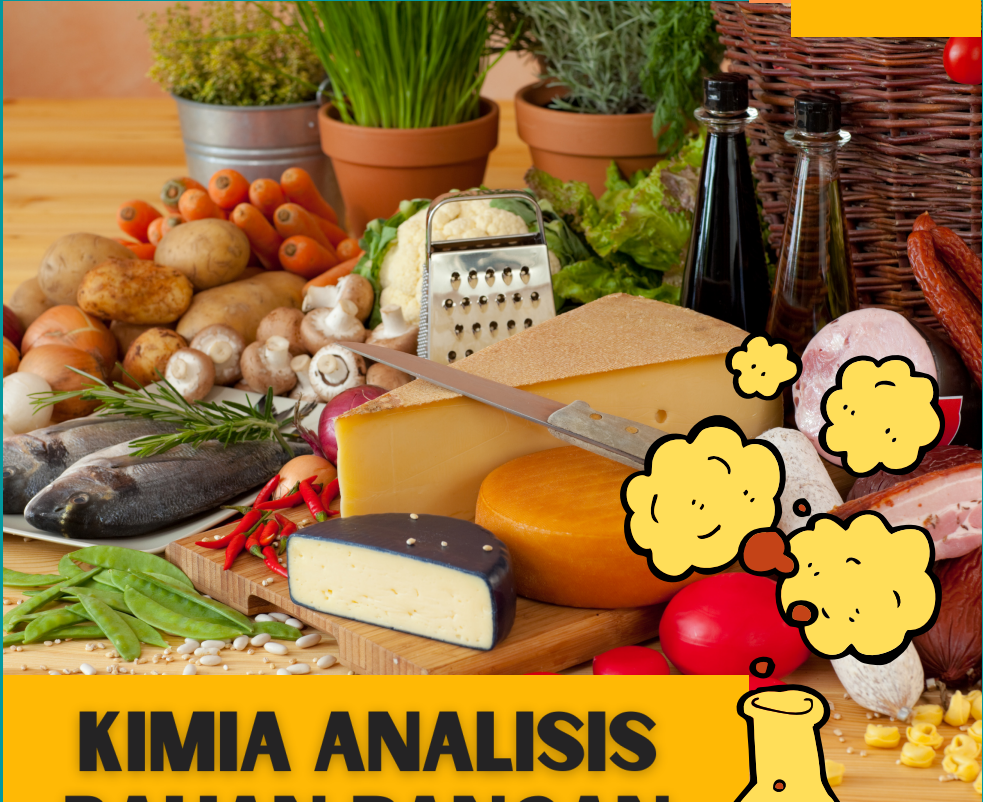




KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN



**Tri Siswati, Aminatus Sa'diyah, Anna Permatasari K,
Rina Rismaya, Devita Sulistiana, Ulfatul Mardiyah,
Budi Kritanto, Dian Puspita A, Nadhifah Al Indis,
Patimah, Siti Aisyah, Lovi Sandra, Dodi Satriawan,
Rahmawati**

KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN

**Tri Siswati
Aminatus Sa'diyah
Anna Permatasari K.
Rina Rismaya
Devita Sulistiana
Ulfatul Mardiyah
Budi Kristanto
Dian Puspita A.
Nadhifah Al Indis
Patimah
Siti Aisyah
Lovi Sandra
Dodi Satriawan
Rahmawati**



GET PRESS INDONESIA

KIMIA ANALISIS BAHAN PANGAN

Penulis :

Tri Siswati
Aminatus Sa'diyah
Anna Permatasari K.
Rina Rismayana
Devita Sulistiana
Ulfatul Mardiyah
Budi Kristanto
Dian Puspita A.
Nadhifah Al Indis
Patimah
Siti Aisyah
Lovi Sandra
Dodi Satriawan
Rahmawati

ISBN : 978-623-5383-31-6

Editor : Mila Sari, S.ST, M.Si

Penyunting : Rantika Maida Sahara, S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Handri Maika Saputra, S.ST

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 2022

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat ALLAH SWT, berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku yang berjudul Kimia Analisis Bahan Pangan.

Buku ini diharapkan dapat membantu pembaca memahami teori Kimia Analisis Bahan Pangan, sehingga mereka dapat mengaplikasikan ilmunya. Semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih bagi kepastakaan di Indonesia dan bermanfaat bagi kita semua.

Penulis, Juni 2022

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I BAHAN PANGAN SEBAGAI SUMBER ENERGI	
1.1 Pengertian Pangan.....	1
1.2 Klasifikasi pangan.....	2
1.2.1 Klasifikasi pangan berdasarkan sumber	2
1.2.2 Klasifikasi pangan berdasarkan fungsi.....	2
1.2.3 Klasifikasi berdasarkan FAO.....	3
1.2.4 Klasifikasi berdasarkan Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM)	3
1.2.5 Klasifikasi pangan berdasarkan daya simpan	3
1.2.6 Klasifikasi berdasarkan unsur kimia	4
BAB II NILAI TENAGA	
2.1 Pendahuluan	12
2.2 Bentuk energi dan konversinya	13
2.2.1 Prinsip Energi dalam Termokimia.....	15
2.2.2 Reaksi Eksoterm dan Endoterm	16
2.3 Perubahan Entalpi (ΔH).....	17
2.3.1 Pengukuran perubahan entalpi	18
2.3.2 Laju Reaksi	20
BAB III KLASIFIKASI BAHAN PANGAN	
3.1 Pendahuluan	22
3.2 Pengklasifikasian Bahan Pangan	23
3.2.1 Berdasarkan kelompok biologis.....	23
3.2.2 Berdasarkan cara perolehannya.....	23
3.2.3 Berdasarkan asal komoditasnya	24
3.2.4 Berdasarkan fungsi bahan (zat gizi) yang diperlukan tubuh	25
3.2.5 Berdasarkan mudah rusak atau tidaknya.....	25
3.2.6 Berdasarkan zat gizinya	26
3.2.7 Berdasarkan zat Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM) 2005 atau TKPI (Tabel Komposisi Pangan Indonesia).....	27

3.2.8 Berdasarkan Pola Pangan Harapan (PPH) atau Desirable Dietary Pattern dan digunakan oleh FAO....	29
3.2.9 Berdasarkan Bahan Makanan Penukar (DBMP)	31
3.2.10 Berdasarkan pola konsumsi di Indonesia.....	31
BAB IV NILAI ENERGI BAHAN PANGAN	
4.1 Pendahuluan	35
4.2 Definisi Energi Bahan Pangan	36
4.3 Menghitung Energi dalam Bahan Pangan	38
4.3.1 Alat Pengukur Energi.....	38
4.3.2 Cara Menghitung Energi Fisiologis dari Bahan pangan	39
4.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Nilai Energi Bahan Pangan	41
4.4 Fungsi Energi bagi Tubuh dan Kebutuhannya	42
4.5 Asupan Energi dan Simpanannya	43
4.6 Mengukur Pengeluaran Energi.....	44
4.7 Energi Metabolisme Basal	45
4.7.1 Pengertian Energi Metabolisme Basal	45
4.7.2 Cara Mengukur Energi Metabolisme Basal	46
4.7.3 Faktor-Faktor Pengaruh Energi Metabolisme Basal	50
4.8 Dampak Buruk Kekurangan dan Kelebihan Energi.....	52
4.8.1 Kekurangan Energi	52
4.8.2 Kelebihan Asupan Energi	52
BAB V LIPIDA	
5.1 Pendahuluan	55
5.2 Klasifikasi Lipida	56
5.2.1 Asam Lemak.....	57
5.2.2 Trigliserida.....	59
5.2.3 Lilin (wax)	61
5.2.4 Fosfolipid	62
5.2.5 Sfingolipid.....	62
5.2.6 Terpen	63
5.2.7 Steroid	64
5.2.8 Lipida Kompleks.....	65
5.3 Analisis Lipida	67
5.3.1 Analisis Kualitatif	67
5.3.2 Analisis Kuantitatif	69

BAB VI EDIBLE FAT/OIL

6.1 Pendahuluan	72
6.2 Lemak atau Minyak	73
6.2.1 Sumber Lemak atau Minyak	73
6.2.2 Jenis Lemak atau Minyak	74
6.3 Sifat Lemak atau Minyak	77
6.3.1 Sifat Fisik Lemak atau Minyak	77
6.3.2 Sifat Kimia Lemak atau Minyak	79
6.3.3 Analisis Sifat Lemak atau Minyak	80
6.3.4 Analisis Kualitas Lemak/Minyak	81

BAB VII ASAM LEMAK

7.1 Pendahuluan	84
7.2 Asam Lemak	85
7.2.1 Klasifikasi asam lemak	86
7.2.2 Sifat fisikokimia asam lemak	92

BAB VIII MINYAK NABATI

8.1 Definisi Minyak	95
8.2 Minyak Nabati	96
8.2.1 Komposisi minyak nabati	98
8.3 Jenis Minyak Nabati	99
8.3.1 Minyak Opium (Poppy Seed Oil)	99
8.3.2 Minyak Kacang Hazel	100
8.3.3 Minyak Kelapa Sawit	100
8.3.4 Minyak Palm Olein	103
8.3.5 Minyak Kedelai	103
8.4 Karakteristik Asam Lemak Minyak Nabati	103
8.4.1 Asam Lemak Jenuh	103
8.4.2 Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal dan Jamak	104
8.4.3 Asam Lemak Tidak Jenuh Cis dan Trans	105
8.5 Reaksi Kerusakan Minyak Nabati	106
8.5.1 Hidrolisis Lemak	106
8.5.2 Oksidasi Lemak	107
8.6 Pengujian Kualitas Minyak	108
8.6.1 Kadar Asam Lemak Bebas (free fatty acid)	108
8.6.2 Bilangan Peroksida	108

BAB IX DETEKSI KERUSAKAN MINYAK DAN LEMAK

9.1 Pendahuluan	117
-----------------------	-----

9.2 Metodologi Penulisan.....	118
9.3 Pembahasan	119
9.3.1 Struktur Kimia dari Minyak/Lemak (Trigliserida), Asam Lemak Tak Jenuh dan Jenuh.....	119
9.3.2 Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI)	121
9.3.3 Faktor-faktor yang Menyebabkan Kerusakan Minyak Goreng.....	122
9.3.4 Analisis Kerusakan Minyak Secara Organoleptis dan Uji Laboratorium.....	123
9.3.5 Hal-hal yang Bisa Dilakukan untuk Menghambat Kerusakan Minyak.....	126
9.3 Kesimpulan	127
BAB X ANALISIS LEMAK/MINYAK	
10.1 Pendahuluan.....	130
10.2 Sifat Fisikokimia Lemak dan Minyak	131
10.2.1 Sifat Fisika Lemak dan Minyak.....	131
10.2.2 Sifat Kimia Lemak dan Minyak.....	132
10.3 Klasifikasi Lemak dan Minyak.....	135
10.4 Analisis Minyak dan Lemak.....	136
10.4.1 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada sifat-sifatnya.....	136
10.4.2 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada kualitas.....	139
10.4.3 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada kadar. ..	141
BAB XI ANALISIS KARBOHIDRAT	
11.1 Analisa Karbohidrat.....	146
11.1.1 Preparasi sampel.....	147
11.2 Uji Kualitatif dan Kuantitatif Karbohidrat	148
11.2.1 Uji Kualitatif.....	148
11.2.2 Uji Kuantitatif	152
BAB XII ANALISIS PROTEIN	
12.1 Pendahuluan.....	160
12.1.1 Klasifikasi Protein	160
12.1.2 Pentingnya Analisis.....	161
12.1.3 Kandungan Protein Dalam Makanan.....	162
12.2 Metode-metode	163

12.2.1 Metode Kjeldahl	163
12.2.2 Metode Dumas (Pembakaran Nitrogen)	167
12.2.3 Spektroskopi Inframerah	168
12.2.4 Metode Biuret.....	169
12.2.5 Metode Lowry	170
12.2.6 Metode Pengikatan Pewarna	172
BAB XIII ANALISIS SUSU	
13.1 Pendahuluan.....	178
13.2 Pengertian Susu	178
13.3 Manfaat Susu	180
13.4 Syarat Mutu Susu	180
13.5 Analisis Berat Jenis.....	181
13.6 Analisis Kadar Lemak.....	182
13.7 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak.....	183
13.7.1 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak dengan Rumus Fleischmann	183
13.7.2 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak dengan Metode Pengeringan	184
13.8 Analisis Protein	185
13.9 Uji Warna, Bau, Rasa dan Kekentalan	186
13.10 Analisis Derajat Keasaman.....	187
13.11 Uji Alkohol.....	188
13.12 Uji Pemalsuan	188
13.12.1 Uji Penambahan susu masak.....	188
13.12.2 Uji Penambahan Gula.....	189
13.12.3 Uji Penambahan Pati	189
13.12.4 Uji Penambahan Bahan Pengawet	189
BAB XIV ANALISIS VITAMIN	
14.1 Pendahuluan.....	192
14.2 Analisis Vitamin C.....	192
14.2.1 Metode Titration Asam Basa.....	193
14.2.2 Metode titrasi iodometri.....	194
14.2.3 Metode Titration 2,6 Dichlorophenol Indophenol (DCIP)	194
14.2.4 Metode spektrofotometri	195
14.2.5 Metode DPPH	196
14.2.6 Metode pereaksi benedict.....	197

14.3 Analisis vitamin A	198
14.3.1 Metode kalorimetri	199
14.3.2 Metode Spektrofluorometer	200
14.3.3 Metode HPLC	200
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi fotosintesis.....	4
Gambar 2. Glukosa dan Fruktosa	6
Gambar 3. Galaktosa.....	6
Gambar 4. Struktur matosa	7
Gambar 5. Struktur Laktosa	7
Gambar 6. Struktur asam amino	8
Gambar 7. Struktur lemak.....	9
Gambar 8. Pemutusan dan pembentukan ikatan kimia.....	13
Gambar 9. Pelemahan atau penguatan gaya Tarik antar molekul.....	14
Gambar 10. a) Sistem Terbuka, b) Sistem tertutup, c) sistem terisolasi.....	15
Gambar 11. Kalorimeter Bom	18
Gambar 12. Pembekuan buah-buahan	24
Gambar 13. Bahan Pangan Mudah Rusak	26
Gambar 14. Bahan Pangan yang Mengandung Mineral	27
Gambar 15. Susu dan hasil olahannya	28
Gambar 16. Piringku	32
Gambar 17. Alat <i>Bomb Calorimeter</i>	38
Gambar 18. Alat <i>Benedict Roth Apparatus</i>	47
Gambar 19. (a) Struktur asam palmitat, merupakan asam lemak jenuh, (b) Struktur asam linoleat, merupakan asam lemak tidak jenuh	59
Gambar 20. Reaksi pembentukan triasilgliserida.....	60
Gambar 21. (a) Reaksi hidrolisis trigliserida oleh asam, (b) reaksi hidrolisis trigliserida oleh basa (reaksi saponifikasi).....	60
Gambar 22. (a) Lilin lebah madu yang mengandung komponen utama mirisilpalmitat, b)Struktur mirisilpalmitat.....	61
Gambar 23. Struktur kimia fosfolipid62	
Gambar 24. Struktur (a) Seramida, (b) Sfingomielin, (c) Serebrosida.....	63
Gambar 25. (a) Minyak mawar merupakan minyak atsiri	

Yang kaya akan terpen (sitral, pinen, geraniol),	
b) Struktur kimia sitral, pinen, dan geraniol.....	64
Gambar 26. Struktur Kolesterol	65
Gambar 27. Struktur membran sel yang tersusun dari	
Glikolipid.....	66
Gambar 28. Struktur kimia minyak.....	95
Gambar 29. Struktur molekul Gliserida.....	98
Gambar 30. Asam Lemak Jenuh (Asam Laurat).....	104
Gambar 31. Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal	105
Gambar 32. Asam Lemak Tidak Jenuh Jamak	105
Gambar 33. Struktur Cis dan Trans Asam Oleat	106
Gambar 34. Reaksi Hidrolisis Enzimatis	106
Gambar 35. Pembentukan Triglisierida dari 3 Ekuivalen	
Asam Lemak dan Gliserol	119
Gambar 36. Struktur Asam Lemak Tak Jenuh.....	120
Gambar 37. Struktur Asam Lemak Jenuh	120
Gambar 38. Reaksi pembentukan lemak dan minyak.....	131
Gambar 39. Reaksi Esterifikasi	132
Gambar 40. Reaksi hidrolisis.	133
Gambar 41. Reaksi penyabunan lemak	133
Gambar 42. Reaksi hidrogenasi.....	134
Gambar 43. Pembentukan Keton	134
Gambar 44. Alat Ekstraksi Soxhlet.....	142
Gambar 45. Alat Babcock	143

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penggunaan energy	14
Tabel 2. Nilai kalori makanan.....	20
Tabel 3. Pengelompokan Pangan PPH (Pola Pangan Harapan)	30
Tabel 4. Nilai Kalori Muffin Labu Kuning.....	41
Tabel 5. Pengaruh kadar air, lemak dan pengolahan terhadap nilai kalori bahan pangan	42
Tabel 6. Faktor kelipatan nilai energi untuk aktivitas	48
Tabel 7. Rumus energi metabolisme basal	49
Tabel 8. Klasifikasi Lipida Berdasarkan Bloor	56
Tabel 9. Asam lemak yang umum dijumpai pada bahan Makanan.....	58
Tabel 10. Contoh asam lemak jenuh	75
Tabel 11. Asam lemak jenuh dan sumbernya.....	87
Tabel 12. Penamaan asam lemak jenuh menurut nama sistematis dan trivial	88
Tabel 13. Komposisi asam lemak jenuh beberapa bahan pangan sumber lemak (%)	89
Tabel 14. Asam lemak tidak jenuh dan sumbernya.	90
Tabel 15. Penamaan asam lemak tidak jenuh menurut nama sistematis dan trivial	91
Tabel 16. Komposisi asam lemak jenuh beberapa bahan pangan sumber lemak nabati (%)	92
Tabel 17. Kandungan Asam Lemak Bebas dari Berbagai Minyak Kelapa Sawit.....	102
Tabel 18. Perbedaan Minyak dan Lemak	119
Tabel 19. Standar Mutu Minyak Goreng (SNI-3741-2013)	121
Tabel 20. Contoh Asam Lemak Jenuh.....	135
Tabel 21. Contoh dari asam lemak tak jenuh.....	135
Tabel 22. Kandungan Protein Makanan Pilihan.....	162
Tabel 23. Faktor Konversi Nitrogen ke Protein untuk Berbagai Makanan	165
Tabel 24. Standar syarat mutu susu berdasarkan SNI 3141.1:2011	180

BAB I

BAHAN PANGAN SEBAGAI SUMBER ENERGI

Oleh Tri Siswati

1.1 Pengertian Pangan

Menurut Undang-undang no 18 tahun 2012 tentang pangan Bab 1 pasal 1(Peraturan Pemerintah Indonesia, 2012): *“Pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan Pangan, bahan baku Pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman”.*

Unsur gizi dalam pangan mendukung pemenuhan kebutuhan manusia untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya(Peraturan Pemerintah Indonesia, 2012; Downer et al., 2020). Senyawa karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, serat, air, dan komponen lain dalam pangan sangat bermanfaat bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia(Downer et al., 2020). Selain unsur gizi, keamanan pangan merupakan bagian yang penting untuk menghindari terjadinya keracunan pangan dan dampak akumulasi jangka panjang dari pangan yang tidak layak dan tidak aman dikonsumsi. Disebutkan dalam Undang-undang pangan No 18 tahun 2012 Bab 1 pasal 1 (3) bahwa: *“Keamanan pangan menjamin tersedianya pangan yang bebas dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat”*

Dalam bab selanjutnya akan dibahas tentang klasifikasi, sifat dan bentuk pangan.

1.2 Klasifikasi pangan

Pangan dapat dikategorikan menurut beberapa aspek, antara lain berdasarkan sumber, fungsi, FAO, DKBM, daya simpan/kestabilannya, dan unsur kimia. Secara detail sebagai berikut:

1.2.1 Klasifikasi pangan berdasarkan sumber

Berdasarkan sumbernya pangan dibagi menjadi 2, yaitu pangan hewani dan nabati(Downer *et al.*, 2020).

a. Pangan hewani

Pangan hewani adalah bahan pangan yang berasal dari hewan, contohnya ayam, ikan, unggas, susu dan hasil olahannya.

b. Pangan nabati.

Pangan nabati adalah pangan yang berasal dari tumbuhan, seperti serelia, kacang-kacangan, sayuran, biji-bijian, buah-buahan dan lain-lain.

1.2.2 Klasifikasi pangan berdasarkan fungsi

Makanan dikelompokkan menjadi 3 berdasarkan fungsinya(FG Winarno, 2008), antara lain:

a. Sumber zat tenaga

Pangan yang berfungsi sebagai sumber zat tenaga utama adalah karbohidrat, seperti nasi, jagung, kentang, ketela, mi, tepung terigu, gandum dan lain sebagainya. 1 gram karbohidrat mengandung 4 kalori.

Selain karbohidrat sumber tenaga lainnya adalah lemak. 1 gram lemak mengandung 9 kalori.

b. Sumber zat pembangun.

Pangan yang berfungsi sebagai sumber zat pembangun jaringan tubuh adalah protein. Protein juga mempunyai fungsi mengatur beberapa fungsi dalam tubuh, antibody, dan sumber energi cadangan. Makanan sumber protein meliputi susu dan produk olahannya, daging, ikan, unggas, dan kacang-kacangan. 1 gram protein mengandung 4 kalori.

c. Sumber zat pengatur

Pangan yang berfungsi sebagai sumber zat pengatur adalah vitamin dan mineral terdapat dalam sayur, buah dan beberapa pangan hewani.

1.2.3 Klasifikasi berdasarkan FAO

Food and Agriculture Organization (FAO) membagi pangan berdasarkan skor Pola Pangan Harapan/PPH dalam 9 kelompok, antara lain(Herforth *et al.*, 2019):

- a. Padi-padian
- b. Umbi-umbian
- c. Pangan hewani
- d. Minyak dan lemak
- e. Buah biji berminyak
- f. Kacang-kacangan
- g. Gula
- h. Sayur dan buah
- i. Lain-lain (minuman dan bumbu).

1.2.4 Klasifikasi berdasarkan Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM)

Selain yang telah disebutkan diatas, dalam Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM) terdapat 10 golongan bahan pangan(Yogyakarta, 1981), antara lain :

- a. Serelia (padin-padian), umbi dan hasil olahannya
- b. Kacang-kacangan, biji-bijian dan hasil olahannya
- c. Daging dan hasil olahannya
- d. Telur
- e. Ikan, kerang,udang dan hasil olahannya
- f. Sayuran
- g. Buah-buahan
- h. Susu dan hasil olahannya
- i. Lemak dan minyak
- j. Serba-serbi

1.2.5 Klasifikasi pangan berdasarkan daya simpan

Berdasarkan daya simpannya (Fardet *et al.*, 2015), makanan dibagi menjadi:

- a. *Stable food*/pangan awet
Contohnya kacang-kacangan dan biji-bijian.
- b. *Non stable food/perishable food*/bahan pangan mudah rusak

Contohnya daging, unggas, ikan segar

- c. *Semi perishable food*, atau bahan pangan agak mudah rusak

Contohnya sayuran dan buah-buahan

1.2.6 Klasifikasi berdasarkan unsur kimia

Pangan menyediakan unsur kimia sebagai zat gizi yang diperlukan tubuh. Berdasarkan unsur kimianya, pangan dibedakan menjadi 6 golongan (DeMan, 1997; FG Winarno, 2008; Kusnandar, 2010), yaitu :

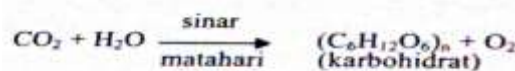
- a. Karbohidrat
- b. Protein
- c. Lemak
- d. Vitamin
- e. Mineral
- f. Air

Dari unsur tersebut,, terdapat unsur yang sifatnya esensial dan non esensial yang diperlukan tubuh. Secara detail zat gizi esensial adalah zat gizi yang diperlukan tubuh namun tubuh tidak dapat membuat sendiri. Sedangkan zat gizi non esensial adalah zat gizi yang diperlukan tubuh namun tubuh dapat mensintesis sendiri.

Secara rinci penggolongan bahan pangan menurut unsur kimia dijelaskan dalam uraian berikut

1. Karbohidrat

Karbohidrat tersusun atas atom karbon (C), hydrogen (H) dan oksigen (O). Karbohidrat dihasilkan oleh tumbuhan dari hasil fotosintesis. Adapun reaksi fotosintesis sebagai berikut (Gambar 1):



Gambar 1. Reaksi fotosintesis

Berdasarkan jumlah atom carbon penyusunnya, karbohidrat dibagi menjadi:

a. Monosakarida

Karbohidrat sederhana mempunyai rantai molekul yang pendek yang terdiri dari satu molekul gula (monosakarida) atau dua molekul gula (disakarida).

Karena rantai molekulnya pendek, maka karbohidrat sederhana ini mudah diserap dan digunakan tubuh. Jika tidak segera digunakan menjadi sumber energi, maka karbohidrat sederhana akan disimpan menjadi lemak.

Karbohidrat sederhana terdiri dari glukosa, fruktosa dan galaktosa (FG Winarno, 2008).

- Glukosa

Glukosa adalah [jenis karbohidrat](#) monosakarida, jenis yang paling sederhana dan tidak bisa diuraikan atau dipecah lagi menjadi bagian yang lebih kecil.

Rumus molekul glukosa adalah $C_6H_{12}O_6$. 6 buah atom karbon mempunyai gugus aldehida yang membuatnya disebut sebagai aldohexosa.

Pada proses fotosintesis, suatu proses pada tumbuhan untuk menghasilkan karbohidrat, glukosa disintesis dari karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) lalu disimpan dalam bentuk pati atau selulosa.

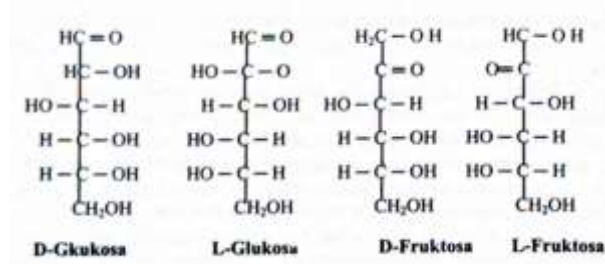
- Fruktosa

Fruktosa adalah disakarida. Jika dipecah fruktosa terdiri dari 2 molekul karbohidrat yaitu glukosa dan sukrosa. Fruktosa disebut juga dengan gula alami terdapat pada buah-buahan dan madu.

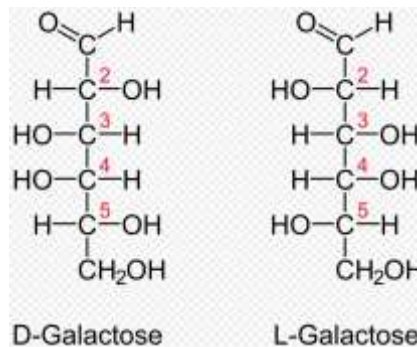
- Galaktosa

Galaktosa adalah disakarida, jika dipecah terdiri dari 2 molekul karbohidrat yaitu glukosa dan laktosa. Susu dan produk olahannya seperti keju, mentega, dan yogurt mengandung galaktosa.

Berikut ini gambar rumus kimia glukosa, fruktosa dan galaktosa (Gambar 2-3):



Gambar 2. Glukosa dan Fruktosa



Gambar 3. Galaktosa

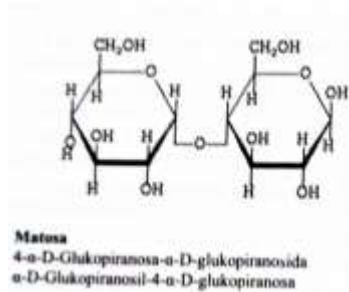
b. Oligosakarida

Oligosakarida adalah jenis karbohidrat yang terdiri dari 2 molekul (disakarida), 3 molekul (triosa).

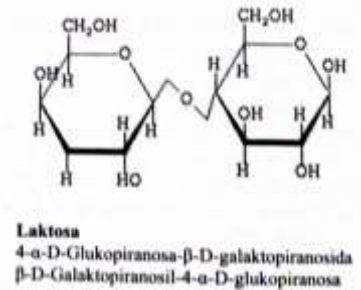
Contoh :

- Matosa
- Sukrosa : terdiri dari glukosa dan fruktosa
- Laktosa : terdiri dari glukosa dan galaktosa

Berikut gambar rumus kimia sukrosa dan laktosa



Gambar 4. Struktur maltosa



Gambar 5. Struktur Laktosa

c. Polisakarida

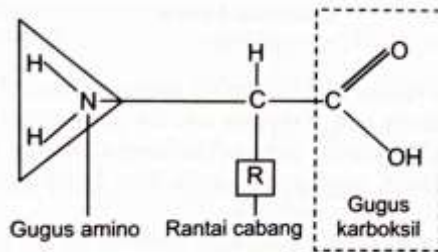
Berbeda dengan karbohidrat sederhana, karbohidrat kompleks terdiri dari 3 atau lebih atom gula (oligosakarida dan polisakarida), Karbohidrat jenis ini digunakan atau diserap tubuh secara perlahan sehingga dapat memberi efek kenyang pada jangka panjang. Karbohidrat kompleks biasanya dikonsumsi oleh orang yang sedang menjalankan diet untuk menurunkan berat badan atau orang yang menderita DM.

Polisakarida dibedakan menjadi homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida adalah polisakarida yang terdiri dari unit monosakarida yang sama.

Misalnya selulosa; pati: amilosa, amilopektin, dekstrin; glikogen). Sedangkan heteropolisakarida polisakarida yang terdiri dari unit monosakarida yang berbeda. Misalnya musilage, gum, hemiselulosa, asam pektinat, pektin, asam pektat polisakarida majemuk (FG Winarno, 2008).

2. Protein

Protein adalah terdiri dari senyawa asam amino sebagai struktur molekul terkecil dengan ikatan peptida. Struktur protein memiliki beberapa kandungan di antaranya karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan kadang kala sulfur serta fosfor. Adapun struktur asam amino seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur asam amino

Asam amino penyusun tubuh manusia terdiri dari unsur asam amino esensial dan non esensial.

a. Asam amino esensial

Asam amino yang sangat penting dan diperlukan tubuh namun tubuh tidak dapat mensintesis. Macamnya adalah:

- | | |
|-------------|---------------|
| ✓ Histidin | ✓ Metionin |
| ✓ Arginin | ✓ Valin |
| ✓ Lisin | ✓ Fenilalanin |
| ✓ Leusin | ✓ Triptofan |
| ✓ Isoleusin | ✓ Treonin |

b. Asam amino non esensial

Asam amino non esensial adalah asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh manusia. Adapun jenis asam amino non esensial meliputi:

- | | |
|-----------------|------------|
| ✓ Alanin | ✓ Glutamin |
| ✓ Asparagenin | ✓ Prolin |
| ✓ Asam aspartat | ✓ Serin |
| ✓ Sistein | ✓ Tirosin |
| ✓ Asam glutamat | ✓ Glisin |

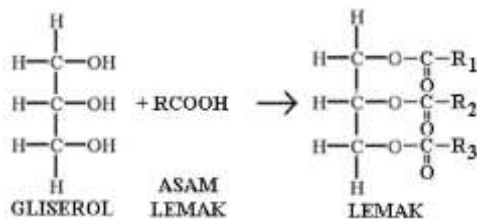
Protein mempunyai peran yang sangat penting bagi tubuh, yaitu :

- Sebagai enzim yang penting dalam reaksi kimia tubuh
- Sebagai alat transport dan penyimpan zat gizi
- Sebagai alat pengatur pergerakan
- Sebagai penunjang mekanis
- Sebagai imunitas
- Sebagai media perambatan impuls saraf
- Sebagai unsur pendukung pertumbuhan
- Sebagai sumber energi jika asupan karbohidrat tidak mencukupi

3. Lemak

Lemak mempunyai struktur rantai unsur karbon (-CH₂-CH₂-CH₂-) sehingga sifatnya hydrophob. Untuk itu lemak tidak larut dalam air, namun larut dalam larutan yang non polar atau organik seperti: eter, chloroform, atau benzol (Kusnandar, 2010).

Lemak terdiri dari asam lemak dan gliserol, dengan struktur pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur lemak

Lemak adalah dapat diklasifikasikan menjadi:

- Lipida sederhana, seperti lemak/minyak dan lilin lipida
- Lipida campuran, seperti fosfolipida, glikolipida, lipoprotein
- Derivat lipida seperti asam lemak dan sterol.

Asam lemak adalah unsur molekul terkecil dari lemak. Asam lemak dibagi menjadi 2 golongan berdasarkan posisi, bentuk molekul dan jumlah ikatan rangkapnya, antara lain:

- a. Asam lemak jenuh
- b. Asam lemak tidak jenuh

Asam lemak mempunyai jumlah atom C genap dari C_2 hingga C_{30} baik dalam bentuk ester maupun gliserol.

Asam lemak mempunyai nama masing-masing:

- a. C_4 : Asam butirrat
- b. C_6 : Asam kaproat
- c. C_8 : Asam kaprilat
- d. C_{10} : Asam kaprat
- e. C_{12} : Asam laurat
- f. C_{14} : Asam miristat
- g. C_{16} : Asam palmitat
- h. C_{18} : Asam stearat
- i. C_{24} : Asam lignoserat
- j. $C_{18:1}$: Asam oleat
- k. $C_{12:2}$: Asam linoleat
- l. $C_{18:3}$: Asam linolenat
- m. $C_{20:4}$: Asam arakidonat

DAFTAR PUSTAKA

- DeMan, J. M. (1997) *Kimia Makanan*. Kedua. Edited by T. Sutomo. ITB, Bandung.
- Downer, S. *et al.* (2020) 'Food is medicine: Actions to integrate food and nutrition into healthcare', *The BMJ*, 369(table 1). doi: 10.1136/bmj.m2482.
- Fardet, A. *et al.* (2015) 'Current food classifications in epidemiological studies do not enable solid nutritional recommendations for preventing diet-related chronic diseases: The impact of food processing', *Advances in Nutrition*, 6(6), pp. 629–638. doi: 10.3945/an.115.008789.
- FG Winarno (2008) *Kimia Pangan dan Gizi*. 1st edn. Bogor, Indonesia: M Bio Press.
- Herforth, A. *et al.* (2019) 'A Global Review of Food-Based Dietary Guidelines', *Advances in Nutrition*, 10(4), pp. 590–605. doi: 10.1093/advances/nmy130.
- Pemerintah Republik Indonesia, P. (2012) 'Undang-undang (UU) no 18 tahun 2012 tentang Pangan'. Jakarta, Indonesia. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39100>.
- Kusnandar, F. (2010) *Kimia Pangan: Komponen Makro*. Jakarta, Indonesia: PT Dian Rakyat.
- Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. (1981) *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. 1st ed. Yogyakarta, Indonesia.

BAB II

NILAI TENAGA

Oleh Aminatus Sa'diyah

2.1 Pendahuluan

Termokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari perubahan kalor atau panas suatu zat yang menyertai reaksi atau proses kimia dan fisika pada suatu sistem. Segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian dalam mempelajari perubahan energi yang berubah selama proses berlangsung disebut sebagai sistem, sedangkan segala hal yang tidak berubah selama proses berlangsung dan dapat membatasi dan mempengaruhi sistem tersebut adalah lingkungan. Hal-hal yang menjadi perhatian dalam studi tentang nilai energi atau tenaga adalah perubahan energi yang menyertai suatu reaksi kimia yang berlangsung secara spontan dan dalam kondisi yang setimbang.

Dalam pembahasan energi atau tenaga, terdapat konsep penerapan hukum kekekalan energi dan hukum termodinamika 1 dalam bidang kimia, dimana Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa "Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, akan tetapi energi dapat berubah bentuk menjadi energi lain". Sedangkan Hukum Termodinamika 1 menyatakan bahwa "Jumlah total energi dalam alam semesta konstan atau tetap". (Subhan, 2013)

Reaksi yang terjadi dalam proses energi diantaranya melibatkan reaksi eksoterm dan Endoterm. Pada saat reaksi eksoterm berlangsung, disertai pelepasan panas atau kalor sehingga kalor akan bernilai (dituliskan) negatif. Sedangkan reaksi endoterm berlangsung dengan membutuhkan panas atau kalor sehingga dituliskan dengan tanda positif. Dalam perhitungan proses energi melibatkan suatu proses perubahan kalor dari reaksi pada suhu dan tekanan tetap yang disebut sebagai perubahan enthalpi.

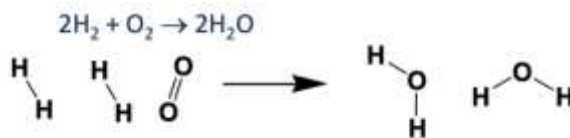
2.2 Bentuk energi dan konversinya

Energi adalah kemampuan melakukan kerja atau mentransfer panas. Energi yang digunakan sehingga sebuah obyek yang memiliki massa bergerak disebut kerja, sedangkan energi yang digunakan sehingga menyebabkan temperature sebuah obyek meningkat disebut panas. Bentuk energi digolongkan menjadi dua yaitu energi potensial dan energi kinetik.

Energi potensial merupakan suatu energi yang tersimpan dalam suatu obyek atau energi yang terasosiasi karena komposisi dan posisinya, sebagai contoh adalah energi potensial kimia, energi gravitasi, dan energi elektrostatis. Energi kinetik terjadi karena gerakan seperti energi panas atom/ion yang bergerak, energi mekanik dan listrik.

Konsep Energi kinetik menyatakan bahwa temperatur yang terjadi dalam suatu system sebanding dengan energi kinetik rata-rata pada partikel dalam suatu system atau sampel tersebut. Komponen energi kinetik yang terlibat dalam proses adalah atom yang bergerak secara translasi, rotasi dan vibrasi. Gerakan-gerakan atom ini mengakibatkan terjadinya perubahan suhu sehingga menghasilkan energi kinetik.

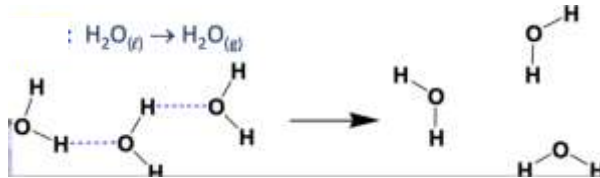
Energi potensial dapat terjadi dengan proses perubahan kimia yang disebut intramolekuler dan perubahan fisika yang disebut antar molekul. Perubahan kimia yang menyebabkan terjadinya energi potensial intramolekuler dapat diilustrasikan dalam pemutusan dan pembentukan ikatan kimia pada air seperti gambar 8.



Gambar 8. Pemutusan dan pembentukan ikatan kimia
(Termokimia, 2020)

Perubahan fisika dapat menghasilkan energi potensial yang terjadi antar molekul. Perubahan fisis ini berupa pelemahan atau penguatan gaya Tarik antar molekul, sebagai contoh perubahan fase liquid menjadi gas pada air akibat

adanya perubahan temperatur seperti ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Pelemahan atau penguatan gaya Tarik antar molekul (Termokimia, 2020)

Satuan yang digunakan pada Energi adalah Joule (J), didefinisikan sebagai jumlah energi yang digunakan untuk menggerakkan massa 1 kg sejauh 1 meter. Satu Joule dalam energi setara dengan satu Newton meter. Pada beberapa kasus, satuan energi yang umum digunakan adalah kalori (cal), yaitu jumlah energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperature 1 gram air sebesar 1° C. Sehingga kcal merupakan energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperature 1000-gram air sebesar 1° C. Satuan kcal umum digunakan untuk mengukur jumlah energi dalam makanan atau lebih sering disebut sebagai food calories dimana 1 food calories sebanding dengan 1kcal.

Penggunaan energi dalam system dapat dilihat pada table berikut :

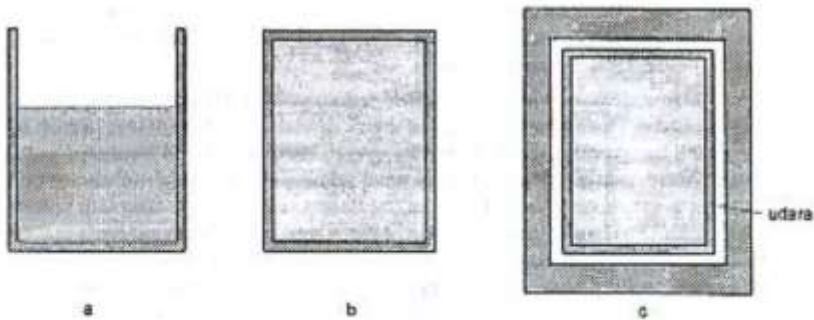
Tabel 1. Penggunaan energi

Unit	Energi untuk meningkatkan suhu 1 g air hingga 1° C	Energi untuk menyalakan lampu 100 W selama 1 hr	Energi untuk berlari sejauh 1 mil (approx)	Energi rerata manusia dalam 1 hari
Joule (J)	4.18	3.60×10^5	4.2×10^5	9.0×10^8
calorie (cal)	1.00	8.60×10^4	1.0×10^5	2.2×10^8
Calorie (Cal)	0.00100	86.0	100	2.2×10^8
kWh	1.16×10^6	0.100	0.12	2.5×10^8

Sumber : modul Termokimia FMIPA -UI

Dalam system energi yang melibatkan interaksi system dengan lingkungan, dibedakan menjadi tiga yaitu

- Sistem Terbuka
Sistem terbuka adalah suatu system yang memungkinkan terjadinya perpindahan energi dan zat antara lingkungan dengan system.
- Sistem Tertutup
Sistem tertutup adalah suatu system yang tidak memungkinkan terjadinya perpindahan energi dan zat antara lingkungan dengan system.
- Sistem terisolasi
Sistem terisolasi merupakan system yang tidak memungkinkan terjadi perpindahan energi dan materi antara system dan lingkungan.



Gambar 10. a) Sistem Terbuka, b) Sistem tertutup, c) sistem terisolasi (Termokimia, 2020)

Pertukaran energi antara sistem dan lingkungan dapat berupa panas atau kalor (Q) atau kerja / usaha (W). Dengan adanya pertukaran energi tersebut akan mengubah jumlah energi yang terkandung dalam sistem, kerja merupakan suatu bentuk pertukaran energi antara sistem dan lingkungan di luar kalor atau panas.

2.2.1 Prinsip Energi dalam Thermokimia

Proses termokimia yang terjadi antara sistem dan lingkungan dapat diketahui dengan perhitungan energi yang disebut sebagai enthalpi. Konsep kekekalan energi menggunakan Hukum Termodinamika 2.

Prinsip kekekalan energi yang utama adalah dampak energi pada suatu material, dimana energi merupakan suatu kapasitas atau kemampuan untuk melakukan kerja sehingga menyebabkan terjadinya suatu proses dalam sistem. Jumlah keseluruhan energi yang terdapat dalam suatu sistem disebut sebagai energi dalam. (Sugianto, 2004)

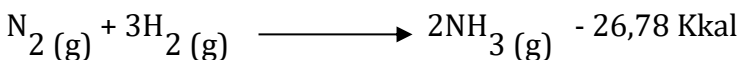
Komponen utama energi dalam adalah kalor, energi yang berkaitan secara langsung dengan gerakan molekul dalam sistem, dan energi kimia yang berkaitan dengan ikatan kimia dan interaksi antar molekul.

Energi merupakan suatu fungsi keadaan, dimana besaran dan nilainya tergantung pada kondisi sistem bukan pada kondisi awalnya. Nilai energi dalam suatu zat tidak dapat ditentukan, namun dalam termokimia bisa didekati dengan memperhatikan perubahan energi dalam (E) yang merupakan suatu fungsi keadaan. (Termokimia, 2004)

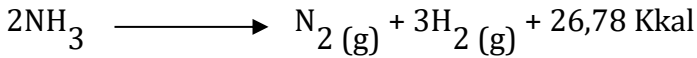
Energi dalam memiliki sifat yang ekstensif, dimana nilainya tergantung pada jumlah zat. Jika energi dalam 1 mol air adalah X kJ, maka energi dalam 2 mol air adalah 2X kJ pada suhu dan tekanan yang sama. Jika kalor mengalami kenaikan akibat adanya perubahan suhu, maka partikel dalam suatu sistem mengalami gerakan yang lebih cepat, sehingga energi mengalami kenaikan. Sebaliknya, jika suhu dalam suatu sistem mengalami penurunan, maka energi dalam pun juga akan mengalami penurunan.

2.2.2 Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Reaksi dalam termokimia dibagi menjadi dua yakni Eksoterm dan Endoterm. Reaksi Eksoterm merupakan suatu reaksi yang disertai dengan pelepasan kalor, sehingga panas reaksi dituliskan dengan tanda negatif (-). Sebagai contoh adalah reaksi yang terjadi antara Nitrogen dan gas hidrogen dimana akan menghasilkan Nitrat dengan pelepasan kalor.



Reaksi berikutnya adalah reaksi endoterm dimana pada proses reaksinya membutuhkan panas atau kalor, sehingga dituliskan dengan tanda positif (+).



2.3 Perubahan Entalpi (ΔH)

Perubahan entalpi yang terjadi dalam sistem merupakan perubahan panas atau kalor dari reaksi pada suhu dan tekanan yang konstan. Perubahan Entalpi dapat dirumuskan dengan selisih antara entalpi zat hasil reaksi dikurangi dengan entalpi zat reaktan.

$$\Delta H = H_h - H_r$$

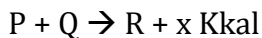
Dimana :

ΔH = perubahan entalpi (kKal)

H_h = entalpi hasil reaksi (kKal)

H_r = entalpi zat reaktan (kKal)

Pada reaksi eksoterm terjadi reaksi antar dua zat yang menghasilkan energi dengan skema berikut :



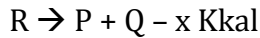
Dimana P dan Q merupakan zat awal, R adalah zat hasil reaksi, dan x merupakan besarnya panas (kalor) yang dihasilkan dari reaksi tersebut. Menurut hukum kekekalan energi .

$$\text{Panas } (P + Q) = \text{Panas } (R) + x \text{ Kkal}$$

Dimana panas yang dimaksud adalah perubahan entalpi dalam H, sehingga $H (P + Q) = H (R) + x \text{ Kkal}$. Nilai perubahan entalpi dapat didekati dengan persamaan.

$$\Delta H = - x \text{ Kkal}$$

Pada reaksi endoterm berlaku :



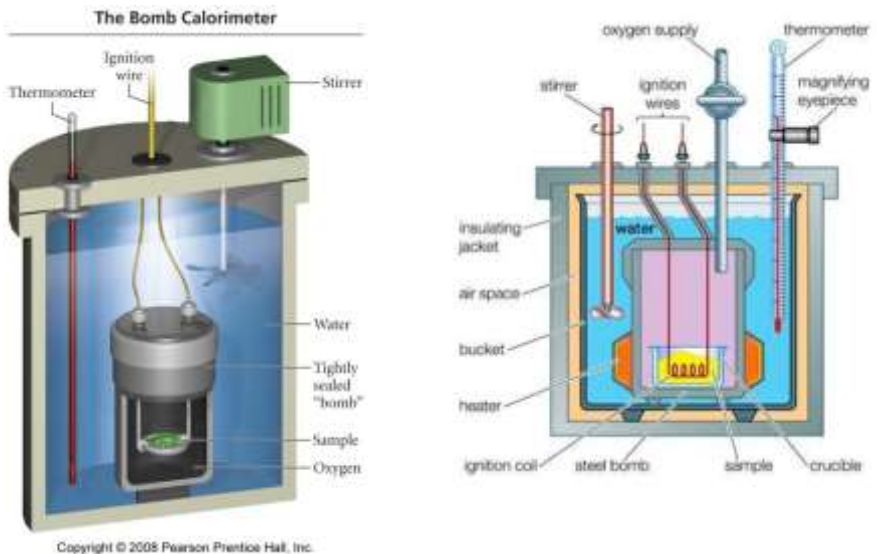
Dimana $H(P + Q) - H(R) = x \text{ Kkal}$, sehingga :

$$\Delta H = x \text{ Kkal}$$

Kedua reaksi memiliki perbedaan notasi perubahan entalpi, dimana reaksi eksoterm memiliki notasi negatif sebagai akibat system kehilangan kalor, sebaliknya reaksi endoterm memiliki nilai positif sebagai akibat system menerima kalor. Namun meskipun memiliki tanda berlawanan, nilai perubahan entalpi kedua reaksi adalah sama.

2.3.1 Pengukuran perubahan entalpi

Penentuan perubahan entalpi selalu dilakukan pada tekanan dan temperature yang tetap atau konstan, beberapa reaksi dapat diukur dengan kalorimeter.



Gambar 11. Kalorimeter Bom (Subhan, 2013)

Calorimeter Bom merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor atau nilai kalori yang dibebaskan pada reaksi pembakaran sempurna. Reaksi pembakaran bisa terjadi pada suatu system, baik berupa senyawa, bahan makanan atau bahan bakar. Sebuah sampel ditempatkan pada tabung berisi oksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), sehingga sampel tersebut akan terbakar oleh api listrik dari elemen logam dalam tabung.

Dalam ruang kalorimetri, terdapat system yang bersifat terisolasi. Tidak ada pertukaran materi maupun energi dengan lingkungan di luar system kalorimetri. Sehingga semua kalor yang dibebaskan oleh reaksi, akan tetap tersimpan di dalam ruang calorimeter, tidak akan keluar system. Dengan mengukur suhu di dalam calorimeter, maka dapat ditentukan jumlah kalor yang diserap oleh air serta perangkat calorimeter dengan persamaan Azaz Black :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Atau

$$Q = C \cdot \Delta T$$

Dimana :

Q	= Jumlah kalor (Joule)
m	= massa zat (gram)
ΔT	= perubahan suhu akhir dan suhu awal
c	= kalor jenis zat air di dalam kalorimeter
C	= kapasitas kalor zat

Oleh karena tidak ada kalor yang terbangun keluar sistem menuju lingkungan, maka kalor reaksi akan sama dengan kalor yang diserap oleh zat cair (air) dalam kalorimeter. Pada penerapannya, kalorimeter digunakan sebagai alat untuk mengukur jumlah kalori yang terdapat dalam makanan.

Berikut beberapa contoh nilai kalori/energi dalam makanan:

Tabel 2. Nilai kalori makanan

Makanan	Joule/gr	Cal/gram	Calories/gr
Protein	17000	4000	4
Lemak	38000	9000	9
Karbohidrat	17000	4000	4

Sumber : Smoot, Smith, Price, Chemistry A Modern Course, 1990

Dimana nilai 1 calorie setara dengan 4.184 joule, dan 1000 calories = 1 „Calorie“. Jika dalam ilmu sains dikatakan 1 Kcal, maka dalam ilmu bahan pangan dinyatakan sebagai 1 „Calorie“.

2.3.2 Laju Reaksi

Laju reaksi merupakan laju berkurangnya pereaksi (reaktan) atau bisa didefinisikan sebagai laju terbentuknya suatu produk dalam proses termokimia. Laju reaksi ditentukan dengan mengukur banyaknya pereaksi yang dihabiskan dalam waktu tertentu, atau jumlah produk yang dihasilkan dalam suatu reaksi termokimia.

Laju reaksi merupakan variabel penting dalam proses termokimia diantaranya pembusukan makanan, perubahan suatu zat akibat pemanasan. Beberapa faktor yang mempengaruhi laju reaksi diantaranya luas permukaan, konsentrasi pereaksi, tekanan, suhu, dan katalis.

DAFTAR PUSTAKA

- Subhan. 2013. Kimia Dasar 2. Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Institut Afama Islam Negeri Ambon. Dua Satu Press
- Anonim. Diktat Penuntun Praktikum Kimia Dasar. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Brawijaya. Malang.
- Brady, James. E. 2009. Kimia Universitas Asas dan Struktur. Jilid 1. Edisi 5. Binarupa Askara : Jakarta
- Nasrudin, Harun. 2004. Termokimia. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Anonim. 2020. Termokimia. Departemen Kimia Fakultas MIPA-UI
- Smoot, Smith, Price. 1990. Chemistry : A Modern Course. Merrill Science Program 1st Edition.
- The Bomb Calorimeter. Pearson Prentice Hall Inc. 2008

BAB III

KLASIFIKASI BAHAN PANGAN

Oleh Anna Permatasari K.

3.1 Pendahuluan

Bahan pangan sangat berkaitan dengan kualitas sumber daya manusia. Bahan pangan yang dikonsumsi, menggambarkan status kesehatan, gizi dan ekonomi seseorang. Oleh karena itu, perlu pemahaman tentang pembagian bahan pangan secara umum agar bahan pangan tersebut dapat dimanfaatkan dan dikonsumsi sesuai dengan keperluan untuk mendapatkan zat gizi seimbang. Bahan pangan didefinisikan secara umumnya sebagai semua sumber bahan makanan yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Bahan pangan ini dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan manusia akan nutrisi. Sementara bahan pangan menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 28 tahun 2004 yaitu, segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah. Termasuk bahan tambahan pangan dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan dan atau pembuatan makanan dan minuman. Ada banyak kategori dalam pembagian dan mengklasifikasi bahan pangan.

Ada juga ahli gizi yang mengklasifikasikan bahan pangan dengan menambahkan air dan oksigen sebagai bahan pangan. Sementara itu, lebih dari dua dasa Indonesia mengakui pembagian dan klasifikasi pangan menjadi 1) Bahan makanan pokok 2) Bahan makanan lauk-pauk 3) Bahan makanan sayuran 4) Bahan makanan buah-buahan atau biasa disebut empat sehat, lima sempurna. Sempurna di sini dengan menambahkan susu sebagai bahan pangan pelengkap yang menyempurnakan kecukupan pangan akan nutrisi.

3.2 Pengklasifikasian Bahan Pangan

Para ahli pangan, gizi dan makanan banyak mengeluarkan teori mengenai pembagian dan pengklasifikasian bahan pangan. Mereka mempunyai berbagai pendapat dan pandangan yang menciptakan beberapa jenis pengklasifikasian. Beberapa klasifikasi bahan pangan yang dilakukan beberapa ahli pangan di Indonesia adalah sebagai berikut:

3.2.1 Berdasarkan kelompok biologis

- 1) Bahan makanan nabati, contohnya sereal, kacang-kacangan, sayuran, buah, bumbu dan lainnya
- 2) Bahan makanan hewani, seperti daging ternak, unggas, ikan dan kerang-kerangan, susu dan telur

3.2.2 Berdasarkan cara perolehannya

Bahan pangan berdasarkan cara perolehannya dibagi menjadi 3:

- 1) Pangan segar, yaitu bahan pangan yang masih segar dan belum mengalami pengolahan. Bahan pangan ini dapat dikonsumsi langsung dan dapat juga menjadi bahan baku dan diolah untuk mendapatkan bahan pangan lainnya, berubah bentuknya tetapi masih membawa rasa aslinya.
- 2) Bahan pangan olahan, yaitu bahan pangan berupa makanan dan minuman yang dihasilkan dengan cara mengolah dan melakukan cara dan metode tertentu. Pengolahan ini dapat menggunakan bahan tambahan pangan ataupun tidak. Contohnya: makanan siap saji (*instant*) yang dihasilkan industri dan pangan olahan hasil industri rumah tangga.
- 3) Pangan olahan tertentu, yaitu pangan olahan yang dihasilkan dan ditujukan bagi kelompok tertentu. Tujuannya adalah untuk memelihara dan meningkatkan kualitas kesehatan. Contoh: ekstrak pare dapat digunakan untuk mengobati dan mencegah diabetes, herbal digunakan untuk meningkatkan imunitas, bawang putih serbuk digunakan untuk meningkatkan stamina dan melancarkan pembuluh darah.

3.2.3 Berdasarkan asal komoditasnya

Bahan pangan berdasarkan asal komoditasnya dikelompokkan menjadi 3:

- 1) Bahan pangan segar asal tumbuhan, yaitu bahan pangan yang dapat dikonsumsi langsung ataupun menjadi bahan baku untuk menghasilkan bahan pangan lainnya. Misalnya dilakukan dengan cara pencucian, pengupasan, pendinginan, pembekuan, pemotongan, pengirisan, pengeringan, penggaraman, penghancuran, pencampuran, penggilingan, pencelupan (blansir) dapat ditambahkan zat *additif* ataupun tidak.



Gambar 12. Pembekuan buah-buahan (Sumber: Tatik, 2019)

- 2) Bahan pangan segar asal hewan, yaitu pangan segar dari hewan ternak yang belum mengalami pengolahan selain dari pendinginan, pembekuan, pemanasan dan pengasapan.
- 3) Pangan segar perikanan, yaitu bahan pangan yang berasal dari biota perairan seperti ikan segar, ikan beku, olahan hasil ikan yang mengalami pengasapan, pengeringan, fermentasi, penggaraman maupun tanpa penggaraman (BPOM no 21, 2016).

3.2.4 Berdasarkan fungsi bahan (zat gizi) yang diperlukan tubuh

Berdasarkan sumber utamanya, bahan pangan dibedakan menjadi:

- 1) Sumber tenaga, yaitu makanan yang banyak mengandung karbohidrat, lemak dan menghasilkan kalori atau tenaga seperti, beras, jagung, kentang, mie, dan sagu.
- 2) Sumber pembangun, yaitu bahan pangan yang mengandung protein seperti, ikan, daging, susu. Menurut Syamsidah dan Suryani (2018) susu meliputi susu segar, susu kalengan dan serta susu dan olahannya, seperti susu kental manis, yoghurt, keju dan skim milk powder.
- 3) Sumber pengatur, yaitu bahan makanan yang berfungsi mengatur metabolisme tubuh seperti, semua makanan yang mengandung vitamin dan mineral, seperti buah-buahan dan beberapa jenis sayuran.

3.2.5 Berdasarkan mudah rusak atau tidaknya

Berdasarkan mudah rusak atau tidaknya bahan pangan dibagi menjadi:

- 1) *High perishable food* (sangat mudah rusak), dapat rusak dalam waktu 1-6 jam, contohnya: ikan, daging dan susu segar yang dibiarkan pada udara terbuka dan suhu ruangan.
- 2) *Perishable food* (mudah rusak), dapat rusak dalam waktu 1-2 hari. Contoh dari golongan bahan pangan ini: sayuran berupa daun dan buah-buahan.
- 3) *Semi perishable food* (sedikit tahan lama), dapat tahan lama dalam jangka waktu 1 minggu dalam suhu ruangan, seperti: kentang, umbi-umbian, bawang dan cabai.
- 4) *Non perishable food* (tidak mudah rusak), dapat bertahan dalam jangka waktu beberapa bulan bahkan 1 tahun, contoh: kacang-kacangan dan sereal.



Gambar 13. Bahan Pangan Mudah Rusak
(Sumber: Anon., 2021)

3.2.6 Berdasarkan zat gizinya

Berdasarkan zat gizinya bahan pangan digolongkan menjadi:

- 1) Karbohidrat, contohnya monosakarida (glukosa, fruktosa, dan galaktosa), disakarida (sukrosa, maltosa dan laktosa) dan glukosa (pati, glikogen dan selulosa).
- 2) Protein, dibagi menjadi protein nabati seperti tahu dan tempe. Sementara protein hewani seperti, ikan, daging merah (sapi, kambing, kerbau dan biri-biri), daging putih (daging unggas) dan susu.
- 3) Lemak, dibagi menjadi lemak jenuh dan lemak tak jenuh, seperti minyak bunga matahari, minyak zaitun, minyak samin dan buah alpukat.
- 4) Vitamin, dibagi menjadi vitamin larut air dan vitamin larut lemak, seperti vitamin A, D, E, K dan B serta C.
- 5) Mineral, dibagi menjadi mineral makro dan mineral mikro, seperti Ferum, Magnesium, Zincum, Fluor, Fosfor dan Kalsium.



Gambar 14. Bahan Pangan yang Mengandung Mineral
(Sumber: Anon., 2021)

3.2.7 Berdasarkan zat Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM) 2005 atau TKPI (Tabel Komposisi Pangan Indonesia)

Berdasarkan DKBM, bahan makanan dapat digolongkan menjadi:

- 1) Sereal dan hasil olahannya
- 2) Umbi berpati dan hasil olahannya
- 3) Kacang-kacangan dan hasil olahannya
- 4) Sayur dan hasil olahannya
- 5) Buah-buahan dan hasil olahannya
- 6) Daging dan hasil olahannya
- 7) Ikan air laut , ikan air tawar, udang, kerang dan hasil olahannya
- 8) Telur, seperti telur ayam, telur itik, telur puyuh dan telur penyu serta hasil olahannya
- 9) Susu dan hasil olahannya
- 10) Lemak dan minyak
- 11) Gula dan sirup, konveksionari
- 12) Semua jenis bumbu-bumbu

Menurut Faridah, *et al.*, (2013) bumbu dibedakan menjadi tiga golongan besar, yaitu:

- a. Bumbu (*hears*), bumbu yang berasal dari tumbuhan seperti bawang merah dan jahe.

- b. Rempah (*spices*), bumbu yang berasal dari tumbuhan juga tetapi digunakan dalam keadaan kering (telah dikeringkan), seperti pala, merica dan cengkeh.
- c. Bumbu (*seasoning*) yang merupakan hasil campuran beberapa macam bumbu lainnya, seperti saus, kecap, cairan bumbu jadi, royko dan vetsin

Berdasarkan asalnya bumbu juga dibedakan menjadi:

- a. Bumbu yang berasal dari hewan, seperti ebi dan terasi
- b. Bumbu yang berasal dari tumbuhan, seperti pala, bawang putih dll
- c. Bumbu buatan, hasil campuran beberapa bumbu segar dan rempah lainnya, misalnya bumbu sup, bumbu rendang dll.

Bumbu dan rempah yang digunakan untuk memasak juga dibedakan menjadi tiga kelompok:

- a. Bumbu segar, bumbu yang digunakan secara langsung dalam keadaan segar. Dilakukan proses awal pengupasan, pengecilan ukuran atau penghalusan. Penggunaannya sesuai dengan menu masakan yang akan diproses atau diolah.
- b. Bumbu kering, bumbu yang telah mengalami pengeringan, sehingga dapat tahan lama dan awet untuk disimpan. Pengeringan bumbu sangat dipengaruhi oleh jenis bahan, suhu, kelembaban udara, kecepatan udara dan waktu pengeringan.
- c. Bumbu jadi, bumbu yang telah mengalami proses atau sudah merupakan rampuan atau campuran dari beberapa jenis bumbu segar atau kering, seperti bumbu opor bumbu rendang dan bumbu kari.
- d. Rempah-rempah, bumbu berupa bentuk kering seperti pala, ketumbar, kemuri dan lainnya
- e. Bumbu lainnya berupa hasil buatan manusia, seperti gula, garam dan cuka.

Bumbu berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi:

- a. Berupa umbi dan akar, seperti lengkuas, kunyit dan jahe.
- b. Berupa batang, seperti serai dan kayu manis.

- c. Berupa daun, seperti daun salam, daun kari, daun jeruk, daun mint, daun seledri dan lainnya
- d. Berupa buah dan biji, seperti kemiri, ketumbar, merica, cabai dan lainnya
- e. Berupa bunga, seperti bunga lawang dan bunga cengkeh.

Penambahan poin ke-12 berupa bumbu-bumbu klasifikasi DKBM menjadi TKPI. Pengelompokan TKPI ini merujuk kepada pengelompokan pangan yang dilakukan oleh harmonisasi ASEAN (Tabel Komposisi Pangan Indonesia, 2009),



Gambar 15. Susu dan hasil olahannya
(Sumber: Anon., 2019)

3.2.8 Berdasarkan Pola Pangan Harapan (PPH) atau *Desirable Dietary Pattern* dan digunakan oleh FAO

Menurut Pola Pangan Harapan, komposisi susunan pangan atau kelompok pangan yang didasarkan pada kontribusi energi baik mutlak, maupun relatif yang memenuhi kebutuhan gizi secara kuantitas, kualitas maupun keragamannya dengan mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, budaya, agama dan cita rasa.

Tabel 3. Pengelompokan Pangan PPH (Pola Pangan Harapan)

Kelompok Pangan	Jenis Komoditas (Kelompok PPH)
Padi-padian	Beras, seperti beras putih, beras merah, beras hitam, ketan putih, ketan hitam dan ketan merah (Syamsidah dan Suryani, 2018), beras dan juga olahannya, jagung (jagung putih, kuning dan ungu) dan olahannya, seperti jagung pipilan dan <i>popcorn</i> .
Umbi-umbian	Ubi kayu, ubi jalar, kentang, talas, ganyong, talas, porang (semua ini termasuk makanan berpati) dan hasil olahannya seperti tepung tapioka, keripik kentang, talas, tape dan lainnya.
Pangan hewani	Daging dan olahannya, ikan dan olahannya, telur dan susu serta olahannya, seperti <i>nugget</i> , ikan kaleng, ikan bandeng presto, ikan asin, telur asin, telur pindang, dan lainnya.
Minyak dan lemak	Minyak kelapa, minyak sawit, mentega, margarin, minyak jagung, minyak wijen, minyak kacang tanah, minyak biji bunga matahari dan lemak hewan (minyak samin) (Syamsidah dan Suryani, 2018).
Buah dan biji yang berminyak	Kelapa, kemiri, kenari dan coklat dan hasil olahannya, seperti kelapa serbuk, kelapa <i>instant</i> , coklat bubuk, coklat, batangan, dan lainnya.
Kacang-kacangan	Kacang tanah, kacang merah, kacang kedelai, kacang hijau, kacang polong, kacang mete, tahu, tempe, tauco, kecap dan sari kedelai.
Gula dan sirup	Gula merah, gula pasir, gula aren, sirup, minuman jadi dalam botol dan kaleng, madu, gula semut dan lainnya.
Sayur –sayuran dan buah-buahan	Sayur segar dan olahannya, buah segar dan olahannya, seperti sayur diasin, sayuran kaleng, buah kaleng, selai, ,

Kelompok Pangan	Jenis Komoditas (Kelompok PPH)
	manisan, <i>fruit leather</i> dan lainnya.
Lain-lain	Bermacam bumbu dan bahan minuman, cengkeh, merica, ketumbar, pala, asam jawa, semua bumbu masak, teh dan kopi.

Sumber: Badan Ketahanan Pangan (2015)

3.2.9 Berdasarkan Bahan Makanan Penukar (DBMP)

Bahan makanan digolongkan menjadi:

- 1) Golongan I. Sumber karbohidrat: nasi, kentang, mie, roti dan lainnya.
- 2) Golongan II. Sumber protein hewani: ikan, daging merah dan daging putih dan lainnya.
- 3) Golongan III. Sumber protein nabati: kacang kedelai, tahu, tempe, susu kedelai, dan lainnya.
- 4) Golongan IV. Sumber sayuran: bayam, kangkung, sawi, wortel, kacang panjang, buncis dan lainnya.
- 5) Golongan V. Sumber buah dan gula: semangka, pisang, papaya, jeruk, nangka, apel, gula putih, gula aren, gula merah dan lainnya.
- 6) Golongan VI. Susu dan turunannya: yoghurt, susu murni, susu kotak dan lainnya.
- 7) Golongan VII. Minyak: minyak jagung, minyak bunga matahari, minyak kelapa, minyak sawit dan lainnya.
- 8) Golongan VIII. Makanan tanpa energi: kopi dan teh tanpa tambahan gula.

3.2.10 Berdasarkan pola konsumsi di Indonesia

Berdasarkan kebiasaan pola konsumsi di Indonesia atau biasa disebut pola makan masyarakat (Empat Sehat Lima Sempurna), bahan pangan digolongkan menjadi:

- 1) Bahan makanan pokok: semua bahan pangan mengandung karbohidrat.
- 2) Bahan makanan lauk-pauk: semua bahan pangan mengandung protein.

- 3) Bahan makanan sayur: semua sayuran yang mengandung vitamin, mineral dan serat.
- 4) Bahan makanan buah-buahan: semua jenis buah, banyak mengandung vitamin dan serat.
- 5) Susu dan telur: termasuk susu dan telur hasil olahannya, seperti yoghurt, dadih dan sejenisnya.

Pola Empat Sehat Lima Sempurna merupakan salah satu penjabaran dari pedoman gizi seimbang, Namun hampir 5 tahun ke belakang ini pola ini telah berubah menjadi Isi Piringku. Secara bahasa ada perbedaan, tetapi hakikatnya adalah sama seperti Empat Sehat Lima Sempurna.



Gambar 16. Piringku
(Sumber: Purba, 2021)

Menurut Purba (2021), pola Isi Piringku terdiri dari makanan pokok, yaitu sumber karbohidrat dengan porsi $\frac{2}{3}$ dari setengah piring. Lalu dilengkapi dengan lauk-pauk dengan porsi $\frac{1}{3}$ dari setengah piring. Sementara setengah piring lainnya berupa sayuran $\frac{2}{3}$ dan buah-buahan dengan porsi $\frac{1}{3}$. Diharapkan komposisi ini dapat memenuhi keperluan terhadap gizi dan kesehatan.

Pola ini juga dilengkapi dengan menerapkan gaya hidup sehat, seperti berolahraga, mencuci tangan menggunakan sabun, selalu menjaga *diet* dengan cara mengontrol berat badan dan membiasakan selalu meminum air putih sebanyak 8 gelas setiap hari. Selain itu perlu membatasi konsumsi gula dan garam untuk menghindari risiko diabetes dan obesitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2021. 'Cara Menyimpan Buah dan Sayuran Agar Tidak Cepat Busuk. Online: <https://kecipir.com/blog/tips-dan-trik/cara-menyimpan-sayuran-buah-agar-tidak-cepat-busuk/>
- Anonymous, 2019. 'Hubungan Konsumsi Produk Olahan Susu dan Kanker Kolorektal. Onlien: <https://www.alomedika.com/hubungan-konsumsi-produk-olahan-susu-dan-kanker-kolorektal>
- Anonymous, 2021. 'Konsumsi 5 Nutrisi Ini Agar Tubuh Tetap Fit Selama Pandemi. Online: <https://kumparan.com/kumparanfood/konsumsi-5-nutrisi-ini-agar-tubuh-tetap-fit-selama-pandemi-1v3h bz lZz l0>
- Anonymous, 2009. 'Tabel Komposisi Pangan Indonesia. Online: <https://www.google.com/amp/s/ahligizi.id/blog2019/05/01/tabel-komposisi-pangan-indonesia-tpi-terbaru/amp/>
- Badan Ketahanan Pangan '2015 'Panduan Penghitungan Pola Pangan Harapan (PPH). Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian 2015. <http://nkp.pertanian.go.id>
- BPOM 2016. 'Pengawasan Pre-Market Pangan Segar dan Pangan Olahan.
- Faridah, A., Yuliana, Holinesti, R. 2013. 'Ilmu Bahan Makanan Bersumber dari Nabati. Gifari Praseta, Jakarta Selatan. Halaman 172-184.
- Almatsier, S. 2009. 'Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sera, A. C., 2018. 'Konsep, Klasifikasi dan Komponen Pangan. PPT. Politeknik Palangkaraya.
- Purba, W., 2021. 'Isi Piringku, Pedoman Baru Gizi Seimbang yang Sesuai Kebutuhan Tubuh. Available at: <https://transbisnis.com/2021/06/23/isi-piringku-pedoman-baru-gizi-seimbang-yang-sesuai-kebutuhan-tubuh/>
- Purnama, S. G. 2018 'Diktat Dasar Kesehatan Lingkungan, pp. 1–97.
- Syamsidah, dan Suryani, H. 2018. 'Pengetahuan Bahan Makanan. Deepublish. Sleman, Yogyakarta.

Tatik, K. 2019. 'Apakah Buah-buahan dan Sayuran Beku Sama Sehatnya dengan Produk Segar? Avalaible at: [Intisari.grid.id//read/031636804/apakah-buah-buahan-dan-sayuran-beku-sama-sehatnya-dengan-produk-segar?page=all](https://intisari.grid.id/read/031636804/apakah-buah-buahan-dan-sayuran-beku-sama-sehatnya-dengan-produk-segar?page=all)

BAB IV

NILAI ENERGI BAHAN PANGAN

Oleh Rina Rismaya

4.1 Pendahuluan

Energi diperlukan oleh setiap makhluk hidup di bumi untuk melakukan aktivitas dan bertahan hidup serta bereproduksi. Bagi tumbuhan, energi diperoleh dari sinar matahari melalui proses fotosintesis. Tumbuhan menangkap dan menyimpan sebagian energi matahari dalam bentuk senyawa kimia organik. Sementara pada hewan dan manusia, energi diperoleh dari bahan pangan yang dikonsumsi melalui proses pemecahan ikatan kimia senyawa organik dalam bahan pangan. Senyawa-senyawa organik dalam bahan pangan yang dapat menghasilkan energi adalah karbohidrat, lemak dan protein.

Energi dari bahan pangan biasanya dinyatakan dalam satuan kilokalori (kkal). Setiap bahan pangan memiliki nilai kalori yang berbeda-beda tergantung dengan kandungan karbohidrat, lemak dan protein dalam bahan pangan. Secara umum, nilai energi untuk 1 gram karbohidrat adalah 4 kkal, 1 gram protein adalah 4 kkal, 1 gram lemak adalah 9 kkal. Meskipun nilai energi lemak paling tinggi, tetapi sumber energi utama manusia adalah karbohidrat. Berdasarkan nilai energi yang dihasilkan dari karbohidrat, protein dan lemak, nilai energi yang tersedia dalam bahan pangan dapat diperkirakan nilainya. Nilai energi bahan pangan juga dapat ditentukan nilainya secara langsung menggunakan alat *Bomb Calorimeter*.

Pengukuran nilai energi bahan pangan sangat penting sebagai salah satu informasi nilai gizi yang dicantumkan pada pelabelan pangan. Selain itu, mengetahui nilai energi bahan pangan juga penting untuk mengontrol asupan energi agar sesuai dengan nilai acuan Angka Kecukupan Gizi (AKG) energi pada individu melalui penyusunan perencanaan menu makan harian. Energi yang dibutuhkan oleh setiap individu sangatlah bervariasi, tergantung pada berbagai

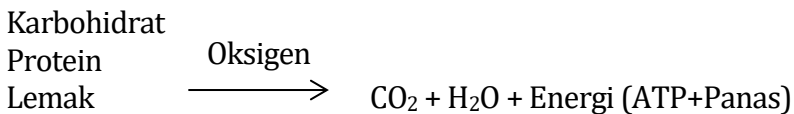
faktor diantaranya: postur tubuh terkait berat badan dan tinggi badan, jenis kelamin, usia, tingkat aktivitas tubuh, dan lain-lain. Perencanaan menu makanan sangatlah penting karena asupan energi dibutuhkan tubuh harus dalam jumlah yang seimbang dan cukup. Apabila asupan energi tidak seimbang dalam hal ini kurang atau berlebih, maka dapat berdampak buruk terhadap kesehatan. Dalam bab ini akan dibahas mengenai definisi energi dari bahan pangan, cara mengukur dan menghitung jumlah energi dari bahan pangan, kebutuhan energi bagi manusia dan fungsinya bagi tubuh, asupan energi dan simpanannya, cara mengukur pengeluaran energi, energi metabolisme basal serta membahas dampak buruk kekurangan dan kelebihan energi terhadap kesehatan.

4.2 Definisi Energi Bahan Pangan

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan dalam melakukan usaha. Terdapat beberapa bentuk energi, diantaranya: energi yang dihasilkan secara kimia, mekanik dan listrik. Berikut ini contohnya:

1. Panas yang dihasilkan secara kimia, misalnya, ketika kapur dan air dicampur.
2. Panas yang dihasilkan secara mekanis ketika biji-bijian digiling di batu gerinda yang terdapat dalam *pin disc mill*
3. Panas yang dihasilkan oleh arus listrik adalah merebus air dalam teko listrik.

Sama seperti halnya mesin yang membutuhkan bahan bakar untuk tetap dapat beroperasi, manusia juga membutuhkan bahan bakar berupa makanan. Peranan utama makanan yang dikonsumsi manusia adalah sebagai sumber energi bagi tubuh yang diperlukan untuk melakukan aktivitas, melakukan usaha atau kerja, dan mempertahankan kehidupannya di bumi. Komponen zat gizi dalam makanan yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh adalah komponen makromolekul yaitu karbohidrat (pati dan gula), protein (asam amino) dan lemak (asam lemak). Di dalam tubuh, zat gizi penghasil energi ini dioksidasi di dalam sel dengan bantuan beberapa enzim, koenzim dan hormon sehingga menghasilkan karbon dioksida (CO_2), air (H_2O) dan energi (Adenosin Trifosfat-ATP dan Panas) (Muchtadi *et al.*, 2015). Proses biokimia ini tentunya memerlukan oksigen yang diperoleh melalui respirasi. Berikut ini adalah reaksi oksidasi karbohidrat, protein dan lemak menjadi CO_2 , H_2O dan energi:

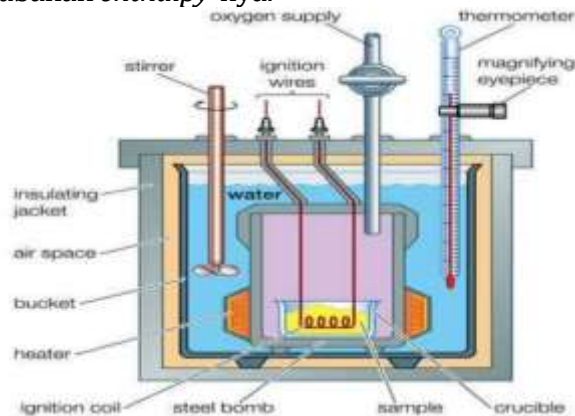


Perlu diingat bahwa tubuh manusia menggunakan energi dalam berbagai bentuk. Oleh karena itu, satuan yang digunakan dalam pengukuran hanyalah indikasi tidak langsung dari energi yang tersedia untuk tubuh dalam berbagai bentuk (kimia, termal, mekanik, listrik, dan lain-lain). Makanan menghasilkan energi yang kita butuhkan untuk melakukan segala hal. Dalam menu diet masyarakat di India, dua komponen makanan ini, yaitu karbohidrat dan lemak menghasilkan energi sebanyak 85% sampai 92% dari total energi makanan yang dikonsumsi, sedangkan sisanya dihasilkan oleh protein.

4.3 Menghitung Energi dalam Bahan Pangan

4.3.1 Alat Pengukur Energi

Pengukuran nilai energi dari bahan pangan dapat ditentukan melalui pengujian di laboratorium dengan menggunakan alat khusus yang disebut dengan *Bomb Calorimeter* (**Gambar 17**). Di dalam *Bomb Calorimeter*, sampel bahan makanan ditempatkan pada tabung beroksigen yang dimasukkan ke dalam medium penyerap panas yang disebut kalorimeter. Selanjutnya sampel dibakar oleh api dari arus listrik yang bersumber dari kawat logam yang terpasang di dalam tabung sampel sampai pembakaran sempurna. Jumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran yang menyebabkan perubahan suhu air yang terletak di luar tabung dicatat. Berdasarkan perbedaan suhu air sebelum dan sesudah pembakaran akan dihitung secara langsung sebagai jumlah energi yang terkandung di dalam bahan pangan. Selain itu, nilai energi bahan pangan juga dapat diukur secara tidak langsung dengan mengukur oksigen yang digunakan dalam pembakaran bahan pangan yang diketahui jumlahnya. Pada metode ini, oksigen diatur dan dialirkan secara kontinu pada debit tertentu selama proses pembakaran dengan tetap menjaga tekanan agar tetap konstan sehingga perubahan energi akan sama nilainya dengan perubahan *enthalpy*-nya.



Gambar 17. Alat *Bomb Calorimeter*

Sumber: Twinomuhwezi *et al.*, 2021

Manusia membutuhkan energi untuk melakukan kerja atau usaha. Energi dari makanan yang dilepaskan dalam tubuh diukur sebagai satuan panas kilokalori (kkal). Satuan kkal ini telah lama dianjurkan untuk diganti dengan satuan Kilo Joule (KJ) oleh *The International Union Of Nutritional Sciences*. Berdasarkan nilai kesetaraan, 1 kkal setara dengan 4.186 KJ. Apabila didefinisikan, 1 kkal adalah sejumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 kg air melalui 1 °C, sebagai contoh yaitu 1 kkal adalah jumlah panas yang meningkatkan suhu 1 kg air dari 14.5° C menjadi 15.5 °C. Sementara, 1 joule didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan ketika suatu objek seberat 1 kg dipindahkan sejauh 1 meter dengan gaya sebesar 1 Newton (N). Terdapat beberapa upaya yang telah dilakukan untuk memperkenalkan KJ sebagai pengganti satuan energi kkal. Akan tetapi, secara praktiknya, satuan joule tidak dapat digunakan sebagai satuan untuk energi nutrisi dari makanan, sampai tabel komposisi makanan dan *Recommended Dietary Allowance* (RDA) dipersiapkan dan ditetapkan dalam satuan joule sebagai satuan nilai energi makanan.

Nilai rata-rata energi yang dihasilkan oleh karbohidrat, protein dan lemak berdasarkan pengukuran dengan menggunakan alat *Bomb Calorimeter* adalah sebagai berikut:

Karbohidrat 4.10 kkal/g

Lemak 9.45 kkal/ g

Protein 5.65 kkal/ g

4.3.2 Cara Menghitung Energi Fisiologis dari Bahan pangan

Nilai energi dari bahan makanan yang tersedia dalam tubuh yang digunakan oleh tubuh untuk proses fisiologis tubuh, lebih rendah dibandingkan nilai energi yang diberikan diatas hasil dari pengukuran menggunakan alat *Bomb Calorimeter*. Hal ini dikarenakan komponen bahan pangan penghasil energi (karbohidrat, protein, lemak) harus dilakukan pencernaan dan penyerapan terlebih dahulu, sehingga energi dari bahan pangan juga dipengaruhi oleh nilai daya cernanya. Karbohidrat dan lemak setelah melalui pencernaan secara utuh akan dioksidasi, namun sebagian produk akhir hasil oksidasi dari protein dikeluarkan melalui urin. Rata-rata nilai energi dari produk akhir protein yang diekskresikan lewat urin ini setara dengan 1.25 kkal/g dari protein

yang dikonsumsi. Angka koreksi ini digunakan untuk menghitung energi dari protein yang tersedia dalam tubuh. Terdapat dua faktor yang harus dikoreksi dalam memperhitungkan nilai energi yang tersedia dalam tubuh yaitu daya cerna dan kehilangan selama proses metabolisme. Nilai energi yang telah dikoreksi disebut sebagai nilai energi fisiologis.

Berikut ini merupakan rata-rata koefisien daya cerna untuk komponen makanan karbohidrat, protein dan lemak:

Karbohidrat 98%

Lemak 95%

Protein 92%

Dengan demikian, nilai energi fisiologis (jumlah energi yang tersedia bagi tubuh) dapat dihitung sebagai perkalian nilai energi dari alat *Bomb Calorimeter* dengan koefisien daya cerna nya serta memperhitungkan pengurangan energi protein akibat kehilangan selama metabolisme, yaitu sebagai berikut:

Karbohidrat = $4.10 \times 98\% = 4.01 \text{ kkal/g}$

Lemak = $9.45 \times 95\% = 8.98 \text{ kkal/g}$

Protein = $(5.65 - 1.25) \times 92\% = 4.05 \text{ kkal/g}$

Untuk penggunaan dalam nutrisi bahan pangan secara praktiknya, nilai energi fisiologis ini dibulatkan ke bilangan bulat terdekat yaitu masing-masing adalah 4 kkal/ g untuk energi dari karbohidrat dan protein serta 9 kkal/g untuk nilai energi dari lemak. Nilai-nilai energi untuk ketiga komponen bahan pangan ini telah digunakan hampir di seluruh dunia untuk menghitung nilai energi bahan pangan dengan cara mengalikan dengan kandungan karbohidrat, protein dan lemak yang diperoleh dari hasil analisis kimia di laboratorium. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai energi muffin labu kuning yang diperoleh dari hasil penelitian Rismaya *et al.* (2016).

Tabel 4. Nilai Kalori Muffin Labu Kuning

Komponen Bahan Pangan	Hasil pengukuran (%)	Nilai Kalori per g (kkal/g)	Nilai kalori per 100 g (kkal/100 g)
Karbohidrat	45.37	4	181.48
Lemak	18.59	9	167.31
Protein	5.85	4	23.4
Nilai kalori muffin labu kuning per 100 g			372.19

Keterangan:

Mengilustrasikan bagaimana menghitung energi bahan pangan muffin labu kuning berdasarkan komposisi kimia penghasil energi yang diperoleh dari pengujian di laboratorium. Nilai energi bahan pangan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

4.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Nilai Energi Bahan Pangan

- a. **Kadar air.** Bahan pangan yang memiliki kadar air yang tinggi akan memiliki nilai energi yang lebih rendah. Sebagai contoh nasi memiliki nilai energi yang lebih rendah yaitu hanya sekitar 1/3 nilai energi beras. Hal ini dikarenakan beras ketika dimasak menjadi nasi akan menyerap air. Begitu pula sebaliknya, bahan pangan dengan kandungan air rendah akan memiliki nilai energi yang lebih tinggi. Sebagai contoh buah-buahan yang dikeringkan menjadi sumber energi yang terkonsentrasi dan memiliki nilai energi yang lebih tinggi dibandingkan pada buah segar.
- b. **Kadar lemak.** Seperti yang telah dipelajari sebelumnya, lemak menyumbang energi paling tinggi yaitu sebesar 9 kkal/g. Oleh karena itu, bahan pangan yang mengandung lemak dalam jumlah tinggi akan memiliki nilai energi yang tinggi pula. Bahan pangan yang diolah dengan menambahkan lemak dan minyak akan meningkatkan nilai energi produk pangan yang dihasilkan. Sebagai contoh menggoreng *papad* akan meningkatkan nilai energi *papad* digoreng dan nilai energinya lebih tinggi jika dibandingkan energi pada *papad* dipanggang. *Papad* merupakan makanan khas India. Sebagai contoh pengaruh

kadar air dan kadar lemak serta pengolahan terhadap nilai energi bahan pangan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Pengaruh kadar air, lemak dan pengolahan terhadap nilai kalori bahan pangan

Makanan	Kadar Air (%)	Kadar Lemak (%)	Nilai Kalori per 100 g (kkal/g)
Timun	96	0.1	13
Tomat	94	0.2	20
Telur	73	13.3	173
Kacang-kacangan	3	40.1	567
Beras	13	0.5	345
Nasi	71	0.2	115
<i>Papad</i> dipanggang	20	0.3	228
<i>Papad</i> digoreng	3	26	512

Sumber: Mudambi dan Rajagopal (2007)

4.4 Fungsi Energi bagi Tubuh dan Kebutuhannya

Sama seperti mesin, tubuh kita membutuhkan bahan bakar berupa energi untuk dapat melakukan pekerjaannya secara terus menerus. Kebutuhan akan energi ini dimulai sejak lahir dan akan terus berlanjut selama seseorang masih hidup. Energi merupakan kebutuhan utama tubuh sehingga pemenuhannya harus didahulukan dari semua kebutuhan lainnya. Energi dibutuhkan tubuh untuk menunjang pertumbuhan, mempertahankan hidup, dan melakukan aktivitas fisik.

Energi untuk aktivitas artinya adalah energi yang dibutuhkan seluruh otot yang memiliki peranan dalam melakukan aktivitas fisik. Diperlukan penambahan energi sedikit untuk denyut jantung yang mengalami peningkatan dan untuk pernafasan karena aktivitas fisik yang berat. Untuk sebagian besar aktivitas tubuh, kebutuhan energi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah ukuran tubuh, berat/ ringan nya aktivitas, usia, tinggi badan, jenis kelamin, masa kehamilan, dan lain sebagainya.

Energi tambahan juga diperlukan untuk pembentukan jaringan baru selama masih saat masa pertumbuhan cepat, meliputi masa kehamilan, anak usia dini dan remaja. Total energi yang dibutuhkan untuk satu kehamilan diperkirakan sekitar 40.000 kkal. Begitu pula pada tahap laktasi yang mensekresikan air susu ibu untuk bayi juga dapat meningkatkan kebutuhan energi bagi sang ibu, tambahan kebutuhannya berada pada kisaran 700-1000 kkal/hari. Pada masa pertumbuhan bayi dengan tingkat pertumbuhannya tertinggi dari seluruh siklus hidup disarankan untuk menambah simpanan energi sebanyak 12-15% dari total asupan energi mereka. Pada saat remaja juga terjadi pertumbuhan yang cepat, sehingga terdapat kebutuhan energi tambahan sebanyak 25-30% lebih dari kebutuhan orang dewasa. Begitu pula orang-orang dalam masa pemulihan dari penyakit *wasting diseases*, luka bakar, dan dari kehilangan banyak darah membutuhkan tambahan energi untuk mengganti jaringan yang rusak atau hilang dengan jaringan baru.

4.5 Asupan Energi dan Simpanannya

Asupan energi dari menu makanan harian dapat dihitung sendiri dengan mencatat secara akurat konsumsi makanan dalam sehari. Apabila terdapat kelebihan kebutuhan energi dari makanan yang dikonsumsi akan disimpan secara efisien dalam tubuh sebagai cadangan energi. Meskipun kita mungkin makan dua sampai tiga kali dalam sehari yang dapat memasok energi bagi tubuh secara berkala, akan tetapi aktivitas tubuh berlangsung sepanjang hari, bahkan pada saat tidur sehingga tubuh akan memanfaatkan simpanan energi untuk memenuhi kebutuhan energinya yang terus-menerus. Berikut ini adalah bentuk-bentuk simpanan energi:

- a. **Glikogen.** Kelebihan glukosa umumnya disimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot dan hati (sekitar 300-350 g) yang berfungsi sebagai cadangan energi. Simpanan glikogen berperan dalam mempertahankan kadar glukosa darah pada tingkat normal untuk kegunaan fungsi-fungsi tubuh selama tidur berjam-jam. Bagi yang sedang berpuasa, sangat penting untuk makan sahur dan berbuka puasa untuk mengisi kembali simpanan glikogen.

- b. **Jaringan adiposa.** Energi dari makanan yang melebihi kebutuhan tubuh akan disimpan dalam jaringan adiposa dalam bentuk trigliserida. Dalam keadaan berpuasa, asam lemak bebas akan dilepas sehingga kebutuhan energi selama berpuasa akan tercukupi. Penyimpanan pada jaringan adiposa ini lebih besar dibandingkan penyimpanan dalam bentuk glikogen. Akan tetapi, jumlah energi yang disimpan dalam jaringan ini sangat bervariasi antara satu orang dengan yang lainnya. Tubuh dengan jumlah energi berlebih dengan penggunaan energi yang kurang akan terjadi ketidakseimbangan energi yang dapat menyebabkan ukuran sel adiposa membesar (hipertrofi) yang berisiko terhadap risiko kegemukan (obesitas).
- c. **Massa Otot.** Sebagian kelebihan energi dari makanan disimpan sebagai protein di dalam massa otot. Kapasitas massa otot perlu dijaga untuk mendapatkan tubuh yang sehat. Tubuh hanya akan menggunakan jaringan ini untuk memperoleh energi ketika sedang stres karena puasa atau kelaparan dalam waktu lama.

4.6 Mengukur Pengeluaran Energi

Energi yang dikeluarkan oleh tubuh manusia saat istirahat atau beraktivitas dapat diukur secara langsung dengan mengukur panas yang dikeluarkan. Metode ini dikenal sebagai kalorimetri langsung. Pada prinsipnya metode ini mudah, tetapi sangat tidak praktis dalam praktiknya. Metode ini membutuhkan ruang kecil yang terisolasi di mana subjek manusia disimpan dan semua panas yang dihasilkan diukur secara akurat. Alat ini mungkin jumlahnya kurang dari di laboratorium penelitian yang ada di dunia. Atwater dan Ross sekitar seratus tahun yang lalu, mempelajari metabolisme energi manusia, menggunakan sebuah *chamber*. Mereka mampu menunjukkan metabolisme energi bahan pangan dalam diri manusia berdasarkan ketentuan berikut ini:

1. Menggunakan prinsip hukum fisika dasar, “Kekekalan Energi”. Ketika seseorang dalam keseimbangan energi maka total energi yang dikeluarkan (panas yang dihasilkan + aktivitas yang dilakukan) sama dengan energi bersih yang

disediakan oleh makanan yang dikonsumsi (energi kimia total dalam makanan–energi yang hilang dalam feses dan urin)

2. Pengeluaran energi total secara kuantitatif berhubungan dengan konsumsi oksigen pada manusia. Total energi yang dikeluarkan secara kuantitatif berkaitan dengan oksigen yang digunakan dalam tubuh. Oksigen yang dikonsumsi ketika zat organik sepenuhnya digunakan (dioksidasi) dalam tubuh sebanding dengan energi dilepaskan sebagai panas. Oleh karena itu pengukuran konsumsi oksigen oleh tubuh dapat digunakan untuk menentukan energi yang dikeluarkan oleh tubuh saat istirahat atau dalam berbagai aktivitas. Metode ini adalah cara tidak langsung untuk menentukan pengeluaran energi dan oleh karena itu, dikenal sebagai kalorimetri tidak langsung. Oksidasi glukosa berlangsung secara kuantitatif sebagai berikut:



Rasio karbon dioksida yang dihasilkan dengan oksigen yang digunakan dikenal sebagai *respiratory quotient* (RQ). RQ untuk oksidasi glukosa adalah 1.0, untuk protein adalah 0.8 dan untuk lemak 0.7, menunjukkan bahwa lebih banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi protein dan lemak daripada yang dibutuhkan untuk mengoksidasi karbohidrat.

4.7 Energi Metabolisme Basal

4.7.1 Pengertian Energi Metabolisme Basal

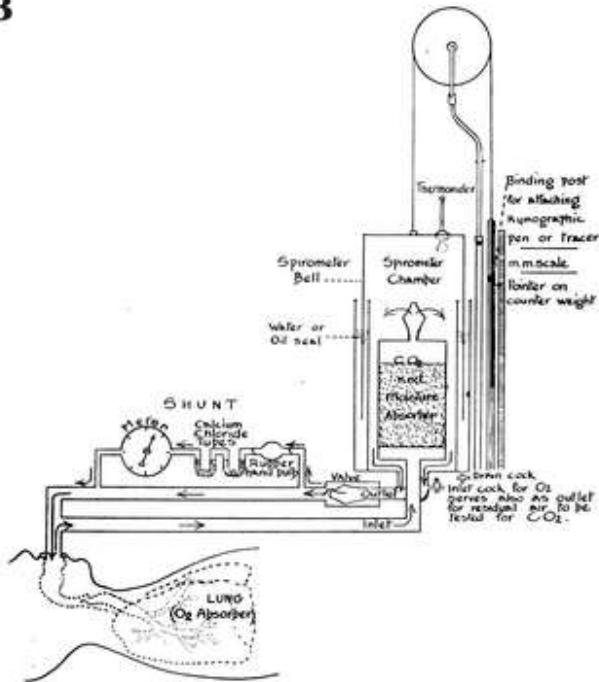
Kebutuhan energi tubuh saat istirahat disebut metabolisme basal. Sejumlah proses tetap berlangsung selama istirahat untuk memastikan tetap hidup meskipun tanpa sadar. Contoh proses yang tetap berlangsung selama istirahat adalah detak jantung, sirkulasi darah, pernapasan, pengaturan tubuh suhu, aktivitas kelenjar, dan lain-lain. Proses-proses ini dikenal sebagai proses metabolisme basal. Energi Metabolisme Basal atau *Basal Energy Expenditure* (BEE) atau *Resting Energy Expenditure* (REE) atau pengeluaran energi saat istirahat merupakan energi yang

digunakan oleh tubuh saat istirahat. Energi yang digunakan untuk proses metabolisme basal diukur sebagai *Basal Metabolic Rate* (BMR) atau laju metabolisme basal. Kebutuhan energi basal mencapai, sekitar 60% dari total kebutuhan energi bagi sebagian besar masyarakat pada umumnya. Jaringan yang sangat aktif (hati, otak, jantung, ginjal, dan saluran pencernaan), yang bagiannya kurang dari 5% dari berat badan, menggunakan sekitar 60-70% energi metabolisme basal. Sisanya jaringan, yang menyumbang sebagian besar berat badan, membutuhkan lebih sedikit energi untuk mempertahankannya fungsi dasar.

4.7.2 Cara Mengukur Energi Metabolisme Basal

Metabolisme basal pada umumnya diukur di pagi hari dalam kondisi istirahat baik fisik maupun emosionalnya, dan dalam keadaan *Post Absorptive* (10-12 jam setelah makan yang terakhir). Pertukaran oksigen dan karbon dioksida pada saat bernafas diukur dengan kalorimeter untuk menentukan energi metabolisme basal. Pengukuran ini menggunakan alat *Benedict Roth Apparatus* yang dapat dilihat pada **Gambar 18**. Alat ini menggunakan sistem sirkuit tertutup, dimana subjek manusia bernafas menghirup oksigen dari silinder oksigen berkapasitas 6 liter dan CO₂ yang dihembuskan selanjutnya diperangkap oleh NaOH yang terdapat dalam tabung.

B



Gambar 18. Alat *Benedict Roth Apparatus*
Sumber : Archiza et al. (2017)

Subjek menghirup oksigen selama 6 menit menggunakan penjepit hidung. Volume oksigen yang dihisap selanjutnya tercatat pada alat *Kymograph*. Pengukuran oksigen ini dilakukan pada kondisi *Post Absorptive* sehingga nilai RQ nya adalah 0.82, dan nilai rata-rata energi ekuivalen dengan RQ 0.82 untuk 1 liter oksigen adalah 4.8 kkal. Sebagai contoh subjek menghirup oksigen sebanyak 11 L/jam, maka panas yang dihasilkan 1 jam adalah $4.8 \text{ kkal} \times 11 \text{ L/jam} = 52.8 \text{ kkal}$. Apabila energi dihitung dalam waktu 24 jam, maka energi metabolisme basal adalah $52.8 \text{ kkal} \times 24 \text{ jam} = 1.267 \text{ kkal}$.

Selain menggunakan metode pengukuran langsung seperti di atas, nilai energi metabolisme basal juga dapat ditentukan menggunakan ketentuan-ketentuan berikut ini:

1. **Berdasarkan berat badan.** Cara ini kurang akurat dan hanya berlaku untuk subjek dengan berat badan ideal. Penentuan energi metabolisme dasar dapat dilakukan dengan melakukan perkalian antara berat badan dengan 1 kkal/jam bagi laki-laki dan 0.9 kkal/jam bagi perempuan. Energi metabolisme dihitung dalam waktu 24 jam.
2. **Berdasarkan rumus *Harris-Benedict*.** Rumus *Harris-Benedict* ditemukan pada tahun 1909 oleh *Harris* dan *Benedict* sehingga rumus ini disebut dengan nama penemunya. Rumus ini mempertimbangkan nilai tinggi badan, berat badan, umur dan jenis kelamin.

$$\text{REE Wanita} = 655 + (9,56 \times W) + (1,85 \times H) - (4,68 \times A)$$

$$\text{REE laki-laki} = 66,5 + (13,8 \times W) + (5,0 \times T) - (6,76 \times A)$$
 Keterangan:
 W = *weight* (berat badan) dalam Kilogram (kg)
 H = *Height* (tinggi badan) dalam sentimeter (cm)
 A = *Age* (umur) dalam tahun
3. **Berdasarkan *Metabolic Body Size*.** Berat badan biologis atau *metabolic body size* atau *fat-free body size* dihitung menggunakan rumus Berat Badan dipangkatkan 0.75 (**Tabel 6**). Sementara energi metabolisme basal dihitung dengan mengalikan 70 dengan berat badan biologis. Faktor kelipatan nilai energi metabolisme basal (istirahat) yang berlaku bagi sebagian besar masyarakat adalah sekitar 1.3. Sementara faktor kelipatan nilai energi untuk aktivitas lainnya adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Faktor kelipatan nilai energi untuk aktivitas

Aktivitas	Jenis Kelamin	
	Laki-Laki	Perempuan
Sangat ringan	1.30	1.30
Ringan	1.65	1.55
Sedang	1.76	1.70
Berat	2.10	2.00

Sumber: Rahmawati (2022)

4. **Berdasarkan Rumus** Food and Agriculture Organization (FAO)/ *World Health Organization* (WHO). Rumus ini dikeluarkan pada tahun 1984. Dalam melakukan perhitungan energi metabolisme basal menggunakan rumus ini perlu memperhatikan umur, gender dan berat badan. Berikut ini **Tabel 7.** yang merupakan rumus energi metabolisme basal berdasarkan FAO/WHO (Rahmawati, 2022):

Tabel 7. Rumus energi metabolisme basal

Kelompok Umur (tahun)	Rumus Energi Metabolisme Basal (kkal/hari)	
	Laki-laki	Perempuan
0-3	60.9 BB - 54	61.0 BB - 51
3-10	22.7 BB + 495	22.5 BB + 499
10-18	17.5 BB + 651	12.2 BB + 746
18-30	15.3 BB + 679	14.7 BB + 496
30-60	11.6 BB + 879	8.7 BB + 829
≥ 60	13.5 BB + 487	10.5 BB + 596

Berikut ini merupakan contoh soal untuk memperkirakan kebutuhan energi bagi seorang laki-laki berumur 30 tahun dengan berat badan 75 kg dan tinggi badan 180 cm melakukan aktivitas sangat ringan menggunakan 4 cara perhitungan:

- Berdasarkan berat badan
 $REE \text{ laki-laki} = 1 \text{ kkal/jam} \times \text{berat badan (kg)} \times 24 \text{ jam}$
 $REE \text{ laki-laki} = 1 \text{ kkal/jam} \times 75 \text{ kg} \times 24 \text{ jam} = 1800 \text{ kkal/ hari}$
- Metode Harris-Benedict
 $REE \text{ laki-laki} = 66,5 + (13,8 \times W) + (5,0 \times T) - (6,76 \times A)$
 $REE \text{ laki-laki} = 66.5 + (13.8 \times 75) + (5,0 \times 180) - (6,76 \times 30)$
 $REE \text{ laki-laki} = 66.5 + 1035 + 900 - (200.8) = 1798.7 \text{ kkal/hari}$
- Berdasarkan *Metabolic Body Size*
 Berat badan biologis= berat badan dipangkatkan 0.75
 $\text{Berat badan biologis} = 75^{0.75} = 25.48$
 $REE \text{ laki-laki} = 70 \times \text{berat badan biologis} = 1783 \text{ kkal/hari}$
- Berdasarkan rumus FAO/WHO
 $REE \text{ laki-laki} = 15.3 \text{ BB} + 679$
 $REE \text{ laki-laki} = 15.3 (75) + 679$

REE laki-laki= $1147.5 + 679 = 1826.5$ kkal/hari

Kebutuhan energi untuk aktivitas fisik sangat ringan dihitung dengan mengalikan faktor kelipatan nilai energi sesuai aktivitas dengan nilai AMB, yaitu sebagai berikut:

= 1.3×1800 kkal= 2340 kkal/ hari.

4.7.3 Faktor-Faktor Pengaruh Energi Metabolisme Basal

- a. **Ukuran dan Komposisi Tubuh.** Kehilangan panas dari tubuh berhubungan dengan ukuran tubuh. Pengukuran energi metabolisme basal didasarkan pada luas permukaan tubuh. Studi terbaru telah menunjukkan bahwa tingkat metabolisme tergantung pada massa tubuh tanpa lemak. Massa tubuh tanpa lemak bisa ditentukan secara akurat dengan menimbang berat badan di bawah air atau menghitung jumlah total kalium tubuh. Orang dengan banyak massa otot tanpa lemak akan memiliki energi metabolisme basal lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang gemuk dengan komposisi lemak tubuh yang banyak. Atlet, yang telah mengembangkan massa ototnya melalui olahraga, memiliki 5% peningkatan BMR dibandingkan dengan non-atlet.
- b. **Jenis kelamin.** Wanita memiliki tingkat metabolisme 5 sampai 10% lebih rendah dibandingkan dengan pria pada berat dan tinggi yang sama, karena mereka memiliki lebih banyak lemak dan lebih sedikit otot di tubuh mereka daripada pria.
- c. **Usia.** Nilai energi metabolisme basal pada bayi dan anak-anak lebih tinggi dibandingkan dengan orang dewasa. Hal ini dikarenakan ada penurunan pengeluaran energi metabolik 2-3% per dekade setelah awal dewasa, karena adanya pergeseran proporsi otot pada lemak dalam tubuh. Tingkat metabolisme basal berangsur-angsur berkurang setelah mencapai usia dewasa; penurunannya sekitar 30% pada usia 30 dan 75 tahun.
- d. **Pertumbuhan dan Perbaikan.** Tingkat metabolisme tertinggi terjadi pada masa pertumbuhan cepat, yaitu pada tahun kesatu dan tahun kedua kehidupan. Energi metabolisme basal pada tingkat pubertas dan remaja lebih

rendah dalam pada kedua jenis kelamin dibandingkan bayi dan anak-anak. Bayi dapat menyimpan 12-15% asupan energi mereka dalam bentuk jaringan baru. Laju metabolisme meningkat pada masa kehamilan karena adanya pertumbuhan janin dan adanya peningkatan aktivitas pertumbuhan.

- e. **Tidur.** Tingkat metabolisme turun sekitar 10% pada saat tidur dibandingkan pada saat terjaga. Penurunan ini dikarenakan adanya relaksasi otot dan berkurangnya aktivitas sistem saraf pada saat tidur.
- f. **Kurang Gizi.** Tingkat metabolisme akan menurun 10-20% karena kekurangan gizi yang berkepanjangan. Penurunan metabolisme basal sebanding dengan derajat keparahan malnutrisi. Hal ini disebabkan oleh penurunan jumlah jaringan aktif dan penurunan laju metabolisme tubuh.
- g. **Demam.** Ketika seseorang menderita demam, peningkatan suhu tubuh meningkatkan metabolisme. Peningkatannya sekitar 7% per setiap peningkatan satu derajat Fahrenheit di atas suhu tubuh normal (98,6°F atau 37°C).
- h. **Kontrol Hormonal.** Hormon tiroksin mengontrol kecepatan aktivitas. Hormon tiroksin ini disintesis dalam kelenjar tiroid yang terletak di leher kita. Jika terlalu banyak tiroksin yang dilepaskan, maka laju pengeluaran energi meningkat. Jika hormon dilepaskan terlalu sedikit, maka pengeluaran energi berkurang. Metabolisme basal dapat menurun 30-40% ketika sintesis tiroksin tidak memadai. Di sisi lain, BMR mungkin meningkat hampir dua kali lipatnya ketika kelenjar tiroid dalam kondisi hiperaktif. Kondisi ini membutuhkan perawatan medis segera.
- i. **Iklim.** Suhu lingkungan yang ekstrim mempengaruhi kebutuhan energi metabolik. Metabolisme tingkat orang di daerah tropis adalah 5-20% lebih tinggi daripada di daerah beriklim sedang. Dalam iklim panas (jika suhu lebih besar dari 86°F), laju metabolisme meningkat sekitar 50% karena peningkatan aktivitas kelenjar keringat.

- j. **Aktivitas Fisik.** Apabila seseorang melakukan aktivitas fisik sesaat sebelum melakukan pengukuran energi metabolisme basal, maka nilainya akan meningkat secara nyata.
- k. **Ketakutan dan Hormon Adrenalin.** Pada saat pengukuran energi metabolisme basal, seseorang ketakutan maka akan dilepas hormon adrenalin yang dapat meningkatkan nilai yang terukur sebagai energi metabolisme basal.
- l. **Kondisi penyakit.** Telat diteliti bahwa terjadi peningkatan metabolisme basal pada seseorang dengan penyakit *splemomedullary* dan *lymphatic leukimia*.

4.8 Dampak Buruk Kekurangan dan Kelebihan Energi

4.8.1 Kekurangan Energi

Asupan energi yang tidak mencukupi kebutuhan tubuh akan memberikan pengaruh yang berbeda pada kelompok usia tertentu. Pada orang dewasa, kekurangan energi dapat mempengaruhi kemampuan melakukan aktivitas bekerja, namun pada anak-anak, selain mempengaruhi aktivitas gerakan fisik seperti bermain dan juga dapat mempengaruhi pertumbuhannya. Hal ini dikarenakan pada saat kekurangan energi, tubuh akan menggunakan cadangan energi dari glikogen dan lemak yang disimpan di jaringan adipose, dan diikuti dengan cadangan energi dari protein dalam jaringan otot yang akan berpengaruh terhadap pertumbuhan anak. Pada ibu hamil yang kekurangan nutrisi dan energi juga telah diteliti akan cenderung memiliki bayi dengan ukuran yang lebih kecil, dan kemungkinan adanya kecacatan mental pada bayi yang dilahirkannya.

4.8.2 Kelebihan Asupan Energi

Kelebihan asupan energi dapat mengakibatkan peningkatan berat badan pada orang dewasa sehat setelah usia mencapai 25 tahun. Tubuh tidak mampu melepaskan energi yang berlebih sehingga kelebihan energi ini akan disimpan dalam bentuk lemak pada jaringan adipose. Kelebihan energi tidak harus selalu dalam jumlah besar, melainkan jumlah kecil misalkan 50 kkal per hari akan meningkatkan berat badan sebanyak 2 kg per tahun.

Penambahan ini tidak menjadi masalah serius jika dalam jangka waktu yang pendek, akan tetapi jika lebih dari satu dekade penambahan dapat mencapai hingga 20 kg, sehingga kegemukan pada saat ini menjadi terlihat. Sebagian besar orang bertambah berat badan setelah usia 35-40 tahun, jika mereka terus melanjutkan asupan energi berlebihnya pada usia 25 tahun. Hal ini dikarenakan mereka pada usia tersebut sudah memiliki kemapanan dalam aspek finansial yang memudahkan mereka mengakses terhadap pangan yang mahal. Selain itu, pengeluaran energi mulai berkurang seiring bertambahnya usia karena adanya penurunan tingkat metabolisme basal, pengurangan aktivitas fisik, berhenti berolahraga dikarenakan tingkat kesibukan kerja. Pengurangan asupan energi dari kebutuhan orang gemuk penting dilakukan untuk menghabiskan cadangan-cadangan energi yang tersimpan dalam lemak, sehingga akan mengurangi berat badan. Pengurangan energi dapat dilakukan dengan diet, latihan fisik dengan berolahraga, berjalan yang dilakukan secara teratur terencana dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Archiza, B., Welch, J., and Sheel, A. (2017)'Classical experiments in whole-body metabolism: closed-circuit respirometry' *European Journal of Applied Physiology*, 117, p.1929–1937.
- Goris, A.H.C. and Westerterp, K.R. (2000)' Post absorptive quotient and food quotient- an analysis in lean and obese men and women' *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, p. 546-550
- Muchtadi, D., Astawan, M., Palupi, N.S. (2015)' *Metabolisme Zat Gizi Pangan*.
- Mudambi, S.R. and Rajagopal, M.V. (2007)' *Fundamentals of Food, Nutrition and Diet Therapy*.
- Mukhtar D. (2012) 'Makrofag pada jaringan adiposa obes sebagai penanda terjadinya resistensi insulin' *Jurnal Kedokteran*, 28(317), p. 29-34
- Rahmawati, F. (2022)'Penentuan kecukupan energi.
- Rismaya R, Syamsir E, dan Nurtama B. (2016)'Pengaruh substitusi tepung labu kuning (*Cucurbita moschata D.*) terhadap sifat fisikokimia, sensori dan kadar serat pangan muffin. Skripsi.
- Safitri, H.S. (2017) 'Pengembangan Alat Praktikum Kalorimeter Bom pada Pokok Bahasan Kalor. Skripsi.

BAB V

LIPIDA

Oleh Devita Sulistiana

5.1 Pendahuluan

Lipida merupakan kelompok senyawa organik yang terdapat dalam makhluk hidup (manusia, hewan, dan tumbuhan) dan sangat berguna bagi kehidupan manusia. Meskipun senyawa yang termasuk dalam golongan lipida tidak memiliki rumus struktur yang mirip, sifat kimia dan fungsi biologinya berbeda-beda, namun ahli biokimia dalam Kongres Internasional Kimia Murni dan Terapan (*International Congress of Pure and Applied Chemistry*) bersepakat bahwa senyawa organik yang memiliki sifat fisika yang sama dengan lemak dimasukkan dalam golongan yang disebut lipida (Poedjiadi, Anna, 2007). Sifat-sifat fisika yang dimaksud adalah: (1) tidak larut air, namun larut dalam pelarut organik non polar, seperti eter, aseton, kloroform, dan benzena, (2) ada hubungan dengan asam-asam lemak atau esternya, dan (3) memiliki kemungkinan untuk digunakan oleh makhluk hidup.

Triasilgliserida atau sering disebut sebagai lemak adalah penyusun utama lipida, yaitu ester gliserol yang mengikat tiga asam lemak dengan jenis yang sama maupun berbeda. Penyusun lipida lainnya adalah gliserida, monogliserida, asam lemak bebas, lilin (*wax*), turunan terpenoid dan turunan steroid. Lipida pada umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa kompleks berikatan dengan protein yang disebut Lipoprotein, dan berikatan dengan karbohidrat yang disebut Glikoprotein. Lipida diperoleh dari jaringan makhluk hidup melalui metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut organik non polar. Jenis dan konsentrasi senyawa lipida yang diperoleh dari ekstraksi tergantung pada jaringan apa yang digunakan. Suatu misal, jaringan di bawah kulit sekitar perut mengandung lipida dalam bentuk lemak mencapai 90%.

Senyawa golongan lipida yang terpenting dan banyak dijumpai pada jaringan makhluk hidup adalah trigliserol. Trigliserol merupakan sumber cadangan kalori berenergi tinggi dibandingkan karbohidrat dan protein. Metabolisme trigliserol dalam menghasilkan energi bisa mencapai 9 kkal/g. Selain sebagai cadangan energi, beberapa jenis lipida memiliki fungsi sebagai kofaktor, pembawa elektron, pigmen pengabsorpsi cahaya, katalisator, pembawa pesan antar sel (*messenger intraseluler*), penyusun struktur membran sel, hormon dan vitamin, serta agen pengemulsi.

5.2 Klasifikasi Lipida

Lipida dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa golongan. Bloor membagi lipida ke dalam tiga golongan besar berdasarkan struktur/ kerangka dasarnya serta dapat tidaknya dihidrolisis, antara lain: (1) lipida sederhana, (2) lipida kompleks, dan (3) derivat/turunan lipida. Lipida sederhana berdasarkan strukturnya merupakan ester asam lemak dengan berbagai alkohol. Lipida kompleks berdasarkan strukturnya merupakan ester asam lemak yang mengandung gugus selain alkohol dan asam lemak melalui reaksi adisi. Sementara derivat/turunan lipida adalah senyawa yang dihasilkan oleh proses hidrolisis lipida. Secara khusus lipida juga diklasifikasikan berdasarkan dapat tidaknya dihidrolisis oleh pengaruh alkali yang disebut sebagai penyabunan/ saponifikasi, yaitu lipida yang dapat disabunkan dan tidak dapat disabunkan.

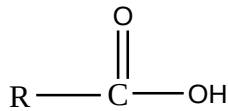
Tabel 8. Klasifikasi Lipida Berdasarkan Bloor

Golongan lipida	Contoh
Lipida sederhana	Gliserida (lemak dan minyak), lilin/malam (wax)
Lipida kompleks	Fosfolipida, glikolipida (glikospingolipida), sulfolipida, aminolipida, lipoprotein.
Derivat lipida	Asam lemak, gliserol, sterol.

Berdasarkan kemiripan struktur kimianya lipida terdiri dari 8 golongan, yaitu: (1) asam lemak, (2) trigliserida, (3) lilin, (4) forfolipida, (5) sfingolipida, (6) terpen, (7) steroid, dan (8) lipida kompleks.

5.2.1 Asam Lemak

Asam lemak merupakan senyawa organik polar dari golongan asam karboksilat yang terdapat sebagai ester trigliserida. Asam lemak mengandung 2 hingga 24 atom karbon (C) dengan gugus karboksil (-COOH) sebagai gugus fungsional utamanya dengan rumus umum:



“R” merupakan rantai karbon jenuh maupun rantai karbon tidak jenuh. Rantai karbon jenuh merupakan rantai karbon yang tidak mengandung ikatan rangkap. Sementara rantai karbon tidak jenuh merupakan rantai karbon yang mengandung ikatan rangkap. Asam lemak tidak jenuh dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Monosaturated.

Merupakan asam lemak yang memiliki satu ikatan rangkap. Contohnya: asam oleat (18:1(Δ^9)), asam palmitoleat (16:1(Δ^9)), dan asam elaidat (18:1(Δ^9)).

2. Polysaturated.

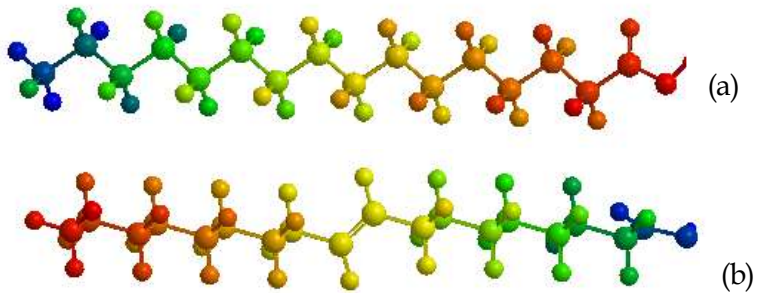
Merupakan asam lemak yang memiliki dua atau lebih ikatan rangkap. Contohnya: asam linoleate (18:2($\Delta^{9,12}$)), asam linolenat (18:3($\Delta^{6,9,12}$)), asam arachidonate (20:4 ($\Delta^{3,8,11,14}$)).

3. Eicosanoid.

Merupakan derivate/turunan asam lemak eikosa opolinoat yang tersusun atas 20 atom karbon. Contohnya: prostanoat, prostaglandin E_2 (PGE₂), tromboksan A_2 (TXA₂), dan leukotriena A_4 (LTA₄).

Tabel 9. Asam lemak yang umum dijumpai pada bahan makanan

Golongan asam lemak	Nama asam lemak	Struktur kimia	Sumber bahan makanan
Jenuh	Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	Susu
	Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	Minyak sawit, alga
	Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	Coklat
	Kaproat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CO}_2\text{H}$	Susu
	Laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	Minyak kelapa, minyak sawit
	Miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	Susu sapi, minyak ikan, minyak sawit, pala, biji palem.
	Laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	Kayu manis, biji palem, minyak kelapa
Tidak jenuh	Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Minyak zaitun, minyak biji bunga matahari
	Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Minyak biji bunga matahari, minyak jagung
	Arakidonat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	Alga laut, daging, telur
	Palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Susu, daging, telur, ikan



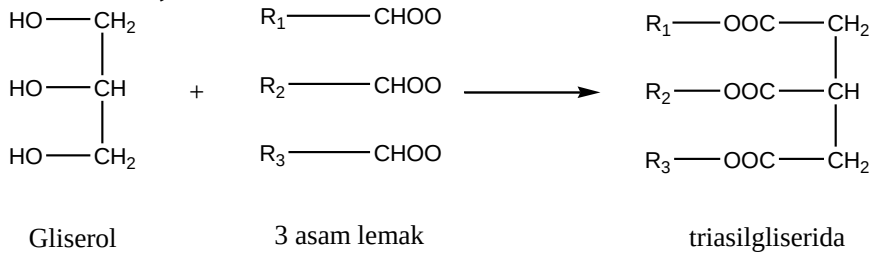
Gambar 19. (a) Struktur asam palmitat, merupakan asam lemak jenuh, (b) Struktur asam linoleat, merupakan asam lemak tidak jenuh.

Minyak ikan merupakan salah satu zat yang kaya gizi yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan dan kecerdasan anak. Zat ini mengandung sekitar 25% asam lemak jenuh dan sekitar 75% asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tak jenuh ganda atau *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) merupakan zat gizi penting yang bermanfaat untuk kecerdasan otak, perkembangan indra penglihatan, dan sistem kekebalan tubuh pada bayi dan balita. Yang termasuk dalam PUFA antara lain: DHA (*Docosahexaenoic acid*), EPA (*Eicosapentaenoic Acid*), ARA (*Arachidonic Acid*).

5.2.2 Trigliserida

Trigliserida atau triasilgliserol merupakan jenis lipida yang terdapat dalam bentuk lemak pada hewan dan minyak pada tumbuhan. Perbedaan antara lemak dan minyak utamanya adalah pada wujudnya pada temperatur kamar. Lemak relatif padat pada temperatur kamar, sementara minyak relatif cair pada temperatur kamar. Trigliserida terjadi oleh adanya reaksi esterifikasi antara alkohol (gliserol) dengan tiga asam lemak. Asam lemak yang terdapat pada trigliserida dapat berupa asam lemak dengan jenis yang sama atau campuran dari asam lemak yang berbeda. Selain itu, trigliserida yang tersusun dari asam lemak jenuh, tidak jenuh, ataupun campuran diantara keduanya. Trigliserida dalam bentuk minyak, pada umumnya tersusun dari asam lemak tidak jenuh yang

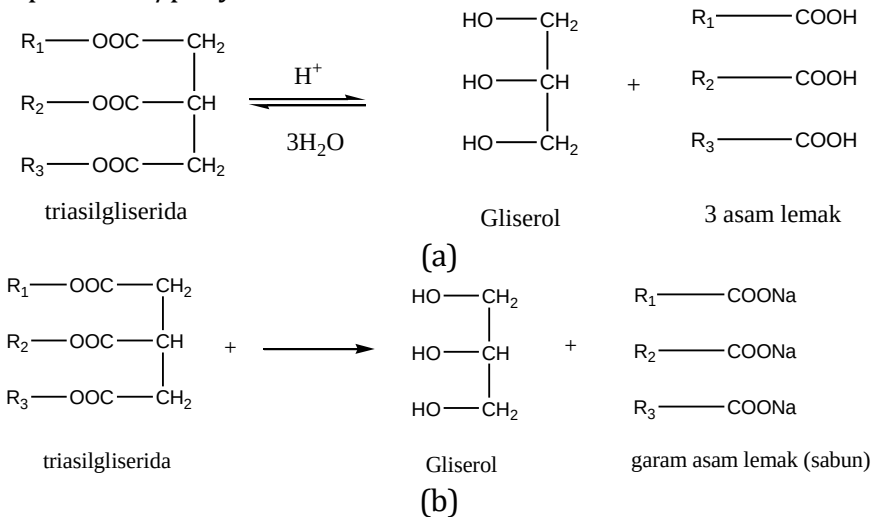
akan menurunkan titik cair, sedangkan lemak pada tersusun dari asam lemak jenuh.



Gambar 20. Reaksi pembentukan triasilgliserida

Trigliserida yang mengandung asam lemak berantai pendek dapat larut air, sedangkan trigliserida yang tersusun atas asam lemak rantai panjang ting dapat larut air. Semua gliserida larut dalam pelarut organik polar, seperti alkohol, ester, kloroform, dan benzena.

Trigliserida dapat terhidrolisis oleh pengaruh asam, basa, dan ezim menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Hidrolisis dengan menggunakan basa menghasilkan gliserol dan aram asam lemak atau sabun. Proses ini disebut sebagai reaksi saponifikasi/penyabunan.



Gambar 21. (a) Reaksi hidrolisis trigliserida oleh asam, (b) reaksi hidrolisis trigliserida oleh basa (reaksi saponifikasi).

Asam lemak bebas yang dihasilkan oleh proses hidrolisis apabila dibiarkan dalam waktu lama akan teroksidasi dan menimbulkan bau tidak enak (tengik). Hal ini dikarenakan proses oksidasi asam lemak bebas akan menghasilkan peroksida dan selanjutnya akan terbentuk aldehida. Oksidasi asam lemak bebas dipengaruhi oleh faktor kelembaban udara, temperatur yang tinggi, cahaya, dan bakteri.

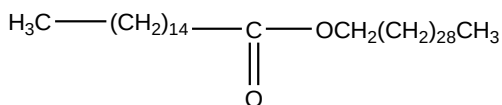
Dalam jaringan darah, trigliserida diangkut terutama sebagai kilomikron dari usus menuju hati dan selanjutnya akan mengalami proses metabolisme. Kandungan trigliserida yang tinggi dalam darah dapat menimbulkan resiko penyakit jantung dan stroke. Trigliserida sangat erat hubungannya dengan obesitas. Pada umumnya orang obesitas memiliki kadar trigliserida yang tinggi dalam plasma darah.

5.2.3 Lilin (wax)

Lilin (wax) terbentuk dari reaksi esterifikasi asam lemak karbon dengan alkohol berantai panjang, antara 14 sampai 34 atom. Lilin dapat diperoleh dari lebah madu dalam bentuk mirisilpalmitat dan ikan paus atau lumba-lumba dalam bentuk spermaseti. Sama seperti lipida pada umumnya, lilin tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut lemak. Dalam jaringan tumbuhan, lilin berfungsi sebagai lapisan pelindung terhadap air yang melapisi daun, batang, dan buah. Pada binatang, lapisan lilin berfungsi sebagai pelindung kulit dan bulu, seperti yang terdapat pada burung, serangga, dan domba. Tidak seperti trigliserida, lilin tidak mudah terhidrolisis oleh pengaruh asam, basa, ataupun enzim.



(a)

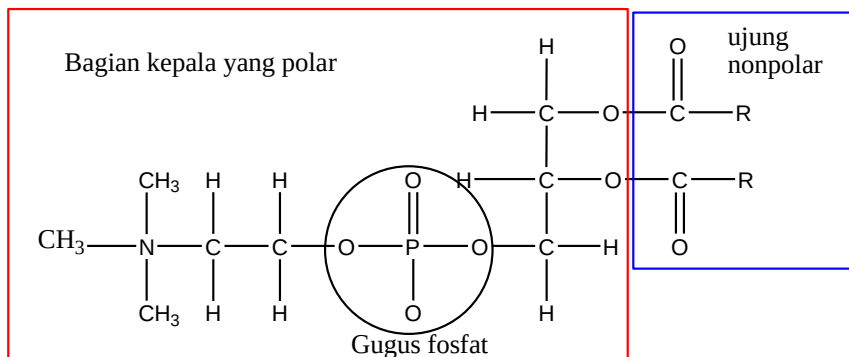


(b)

Gambar 22. (a) Lilin lebah madu yang mengandung komponen utama mirisilpalmitat (sumber: www.sehatq.com), (b) Struktur mirisilpalmitat

5.2.4 Fosfolipid

Fosfolipid merupakan gliserida yang mengandung fosfor dalam bentuk ester asam fosfat, oleh karena itu seringkali fosfolipid disebut sebagai fosfogliserida. Senyawa yang termasuk dalam golongan fosfolipid antara lain: fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, fosfatidilinositol, dan fosfatidilserin.



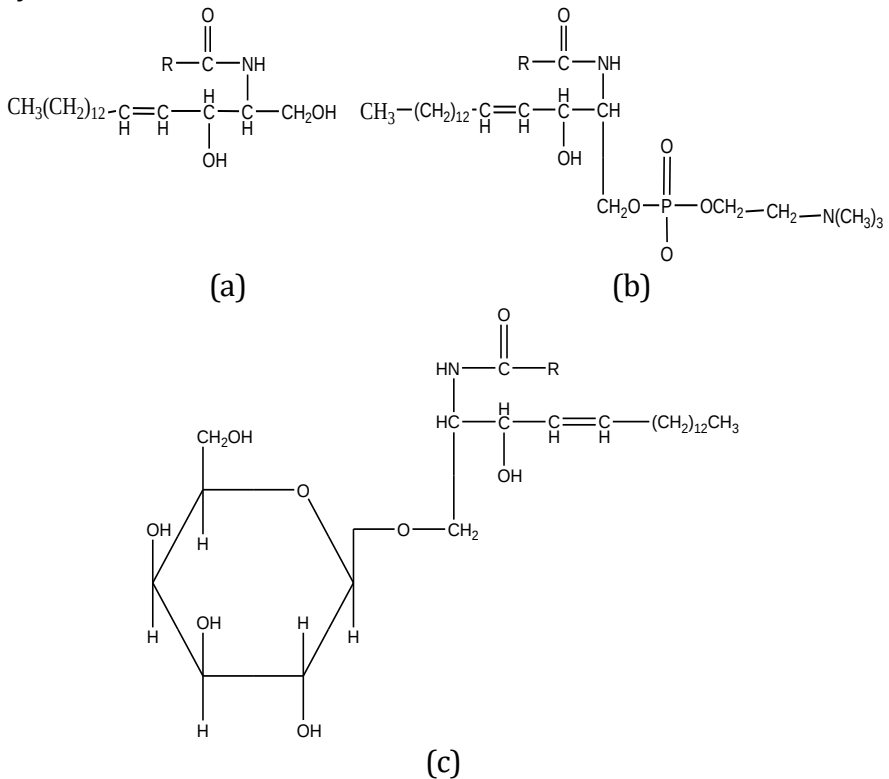
Gambar 23. Struktur kimia fosfolipid

Fosfolipid dapat ditemui dalam jaringan manusia, hewan, dan tumbuhan. Pada manusia dan hewan, fosfolipid terdapat ada telur, hati, ginjal, otak, paru-paru, jantung, dan pankreas. Sementara pada tumbuhan terdapat pada kacang-kacangan, seperti kedelai, kacang tanah, kacang hijau, dan wijen. Sama seperti pada lipid, fosfolipid juga dapat terhidrolisis oleh pengaruh asam, basa, dan enzim. lesitin misalnya, akan terhidrolisis oleh pengaruh asam atau basa menghasilkan asam lemak, kolin, gliserol, dan asam fosfat. Fosfatidiletanolamin dan fosfatidilserin dapat terhidrolisis oleh pengaruh asam atau basa menghasilkan asam lemak, gliserol, asam fosfat dan etanolamin pada fosfatidietanolamin, dan serin pada fosfatidilserin.

5.2.5 Sfingolipid

Sfingolipid merupakan derivat atau turunan dari sfingosin yang memiliki struktur kimia hampir sama, misalnya dehidrosfingosin. Senyawa yang termasuk dalam golongan ini

antara lain seramida, sfingomielin, dan serebrosida. Seramida merupakan derivat sfingosin yang mengandung gugus asil dari asam lemak. Gugus ini terikat pada asam amino dalam bentuk amida. Seramida ditemukan dalam jumlah kecil pada jaringan hewan dan tumbuhan. Sfingomielin merupakan sfingolipid yang mengandung fosfat. Senyawa ini ditemukan dalam jaringan syaraf dan otak. Serebrosida merupakan sfingolipid yang mengandung karbohidrat. Senyawa ini dapat ditemukan terutama pada jaringan syaraf.

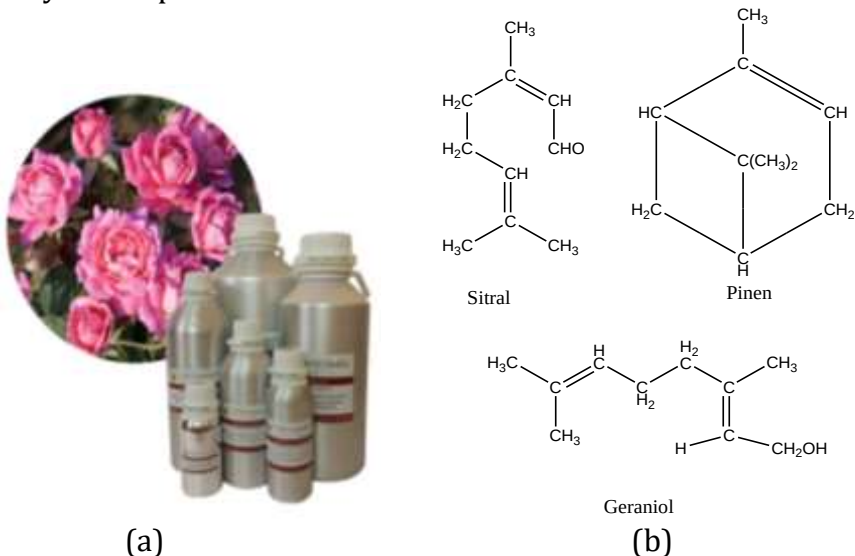


Gambar 24. Struktur (a) seramida, (b) sfingomielin, (c) serebrosida

5.2.6 Terpen

Terpen merupakan kelompok lipida yang molekulnya tersusun dari beberapa molekul isoprena (2-metilbutadiena). Senyawa yang masuk dalam golongan ini antara lain adalah sitral, geraniol, fitol, karoten, pinen, dan skualen. Sitral, pinen, dan geraniol

merupakan terpen yang terkandung pada minyak atsiri (minyak mudah menguap) yang pada umumnya berasal dari tumbuh-tumbuhan, misalnya minyak mawar. Selain pada tumbuhan, terpen juga ditemukan dalam jaringan hewan. Misalnya fitol yang terkandung pada minyak ikan paus, dan skualen yang terdapat pada minyak ikan paus.



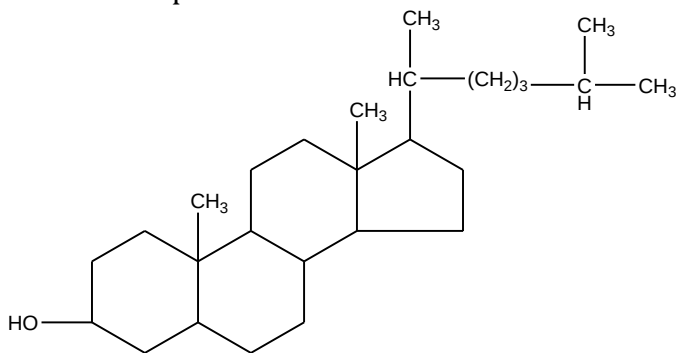
Gambar 25. (a) Minyak mawar merupakan minyak atsiri yang kaya akan terpen (sitral, pinen, geraniol) (Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>), (b) Struktur kimia sitral, pinen, dan geraniol

5.2.7 Steroid

Steroid merupakan turunan sterol yang mempunyai kandungan kolesterol. Senyawa ini memiliki struktur dasar sama yang terdiri dari 3 cincin sikloheksana terpadu dan dianggap sebagai derivat perhidroksiklopentanofenantren. Yang termasuk dalam golongan steroid antara lain: kolesterol, ergosterol, asam empedu, testosteron, adrosteron, estradiol, kolestanol, cortisol, aldosterone, prednisole, dan prednisone.

Salah satu steroid yang paling dikelal diantara yang lainnya adalah kolesterol. Kolesterol merupakan salah satu sterol yang terdapat di alam dan ditemukan pada jaringan tubuh manusia dan

hewan. Pada tubuh manusia, kolesterol terdapat dalam darah, empedu, kelenjar adrenal bagian luar, dan jaringan syaraf. Darah manusia normal memiliki kandungan kolesterol antara 150-200 miligram per 100 mL darah. Apabila terdapat dalam konsentrasi tinggi, kolesterol membentuk kristal tak berwarna dan memiliki titik lebur 150-151°C. Kolesterol yang mengendap dalam pembuluh darah dapat menyebabkan penyempitan pembuluh darah, yang pada akhirnya juga akan berdampak pada jantung karena dengan menyempitnya pembuluh darah maka jantung harus bekerja lebih keras untuk memompa darah.



Gambar 26. Struktur Kolesterol

5.2.8 Lipida Kompleks

Lidid kompleks merupakan lipid yang berikatan dengan senyawa lain, misalnya protein dan karbohidrat. Lipid yang berikatan dengan protein disebut lipoprotein, sedangkan lipid yang berikatan dengan karbohidrat disebut glikolipid. Lipid dalam lipoprotein pada umumnya adalah trigliserida, forfolipid, dan kolesterol. Empat kelompok utama lipoprotein yang penting dalam tubuh, antara lain:

1. Kilomikron

Berasal dari penyerapan trigliserida dan lipid lain di usus. Kilomikron dikeluarkan ke dalam limfe usus untuk dibawa ke kapiler jaringan lemak dan otot rangka. Kilomikron terdiri dari 96% trigliserida, 1,7% protein, 1,75% kolesterol, dan 0,6% fosfolipid.

2. VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*)

VLDL merupakan lipoprotein berdensitas sangat rendah yang berasal dari hati untuk diangkut trigliserida. VLDL mengandung 60% trigliserida, 15% kolesterol, 10% protein, dan 15% fosfolipid.

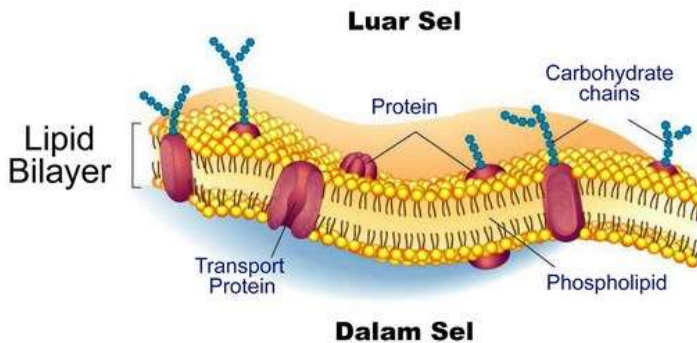
3. LDL (*Low Density Lipoprotein*)

LDL merupakan lipoprotein berdensitas rendah sebagai hasil akhir pada tahapan metabolisme. LDL mengandung 10% trigliserida, 45% kolesterol, 25% protein, dan 20% fosfolipida. LDL dianggap sebagai kolesterol jahat. Hal ini disebabkan karena penumpukan kolesterol dalam jumlah yang banyak akan mengendap pada dinding pembuluh darah dan pada akhirnya mengkristal membentuk plak.

4. HDL (*High Density Lipoprotein*)

HDL merupakan lipoprotein berdensitas tinggi yang berperan dalam transpor kolesterol ke hati untuk didegradasi menjadi asam empedu, serta berperan dalam proses metabolisme VDDL dan kilomikron. HDL mengandung 3% trigliserida, 18% kolesterol, 50% protein, dan 30% fosfolipid.

Glikolipid merupakan lipid kompleks yang tersusun dari lipid dan karbohidrat. Pada umumnya lapisan lipid berada di bagian dalam, dan lapisan/gugus karbohidrat di bagian luar. Fungsi utama glikolipid adalah untuk menjaga stabilitas membran sel, yakni menjaga komunikasi antar sel dan mengatur zat apa saja yang bisa keluar masuk sel. Selain itu, glikolipid juga berfungsi memfasilitasi komunikasi sel dengan lingkungan sekitar dengan berperan sebagai reseptor, pengikat protein dan regulator transduksi sinyal.



Gambar 27. Struktur membran sel yang tersusun dari glikolipid
(Sumber: <https://gim-bi.com>)

5.3 Analisis Lipida

Analisis/ pengujian yang dilakukan terhadap bahan dapat dialkuakn melalui analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui zat/senyawa apa yang terkandung dalam bahan, sementara analisis kuantitatif untuk mengetahui jumlah zat yang terkandung pada suatu bahan. Begitu pula untuk mengetahui apa dan berapa kandungan zat lipida yang terkandung pada bahan, maka dilakukan analisis secara kualitatif dan kuantitatif.

5.3.1 Analisis Kualitatif

1. Uji Kelarutan

Uji ini dilakukan untuk menentukan kelarutan lipida maupun derivat lipida terhadap berbagai macam pelarut. Dalam uji ini, kelarutan lipid ditentukan oleh polaritas pelarut. Pada umumnya lipida memiliki sifat nonpolar, sehingga akan larut pada pelarut yang sama-sama polar.

2. Uji Acrolein

Uji acrolein digunakan untuk menguji keberadaan gliserin atau lemak. Dalam uji ini terjadi dehidrasi gliserol dalam bentuk bebas atau lemak menghasilkan aldehid akrilat / akrolein. Dalam analisisnya, lemak ditambahkan KHSO_4 sebagai agen pendehidrasi yang akan menarik air, sehingga gliserol akan terdehidrasi ke dalam bentuk aldehid tidak jenuh atau dikenal akrolein ($\text{CH}_2\text{-CHCHO}$) yang berbau seperti lemak terbakar.

3. Uji Kejenuhan

Uji ini digunakan untuk mengetahui kejenuhan asam lemak yang terkandung dalam trigliserida dengan menggunakan pereaksi Iod Hubl. Asam lemak yang diuji ditambahkan sejumlah kloroform, yang selanjutnya ditambahkan pereaksi Ion Hubl sedikit demi sedikit sampai terjadi perubahan warna. Jika setelah diberi reagen Iod Hubl terjadi perubahan warna dari merah, kemudian warna merah memudar menjadi kuning jernih, maka hal ini menunjukkan bahwa asam lemak yang diuji adalah asam lemak tidak jenuh. Hal ini disebabkan karena pereaksi iod buble akan mengoksidasi asam lemak berikatan rangkap menjadi ikatan tunggal.

4. Uji Ketengikan

Uji ini digunakan untuk mengidentifikasi ketengikan lemak/minyak oleh adanya reaksi oksidasi. Uji ketengikan ditentukan melalui beberapa cara: uji bilangan peroksida, jumlah karbonik, oksugen aktif, dan uji asam tiobarbiturat. Uji bilangan perokasida ditentukan berdasarkan jumlah iodin yang dibebaskan setelah lemak/minyak direaksikan dengan KI dalam pelarut asam asetat dan kloroform. Jumlah karbonil ditentukan dengan menambahkan senyawa tertentu, misalnya 2,4-dinitrofenilhidrin. yang akan membentuk warna jk beraksi dengan karbonil. Oksigen aktif ditentukan dengan cara melewatkan udara dengan keadaan tertentu pada lemak yang dipanaskan pada temperatur 100°C. Uji asam tiobarbiturat dipakai untuk menentukan adanya reaksi oksidasi lemak/minyak/ lemak yang teroksidasi akan bereaksi dengan asam tiobarbiturat menghasilkan warna merah.

5. Uji Salkowski

Uji ini dilakukan untuk mengidentifikasi kolesterol. Bahan uji dilarutkan dengan kloroform anhidrat kemudian ditambahkan sejumlah asam sulfat. Apabila dalam bahan uji terdapat kolesterol, maka lapisan di bagian atas akan berwarna merah, yang menandakan adanya kolesterol, sementara lapisan bawah (asam sulfat) terlihat berubah menjadi kuning kehijauan.

6. Uji Lieberman Buchard

Uji ini digunakan untuk menguji keberadaan kolesterol pada bahan dengan cara menambahkan bahan dengan asam sulfat pekat. Jika terjadi perubahan warna pink kemudian menjadi biru ungu dan pada akhirnya menjadi hijau tua, maka bahan tersebut positif mengandung kolesterol.

5.3.2 Analisis Kuantitatif

1. Uji Bilangan Reichert Meisel (BMR)

BMR dapat diartikan dengan jumlah 0,1N basa yang diperlukan setiap 5 gram lemak untuk menetralkan asam lemak.

2. Uji Bilangan Polenske

Uji ini dilakukan dengan menentukan kadar asam lemak volatil yang tidak larut air. Pada umumnya asam lemak jenis ini memiliki rantai atom karbon antara 8 sampai 14. Bilangan polenske menunjukkan jumlah (dalam mL) 0,1N alkali yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak yang terdapat pada 5 gram sampel bahan.

3. Uji Bilangan Kirschner Baru (BKB)

Uji BKB dilakukan dengan mereaksikan bahan (yang diduga mengandung lemak/minyak) dengan larutan Ag_2SO_4 dalam campuran etanol dan air, selanjutnya ditambahkan larutan H_2SO_4 . Reaksi lemak dengan Ag_2SO_4 akan menghasilkan garam perak yang dapat larut dalam air. Perhitungan BKB didasarkan pada jumlah (dalam satuan mL) basa konsentrasi 0,1N yang diperlukan untuk menetralkan setiap 5 gram lemak/minyak.

4. Uji Bilangan Penyabunan (BP)

Uji BKB dilakukan dengan mereaksikan bahan uji dengan larutan basa KOH berlebih dalam alkohol. KOH akan bereaksi dengan trigliserida, dimana tiga molekul KOH akan bereaksi dengan satu molekul trigliserida. Larutan alkali yang tertinggal akan dititrasi dengan HCl. Penentuan BP didasarkan pada jumlah (mg) KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan (dengan basa) 1 gram lemak. BP menunjukkan berat molekul trigliserida secara cepat. Dari hasil penelitian diketahui bahwa trigliserida berantai karbon pendek menunjukkan BP yang lebih tinggi daripada trigliserida berantai karbon panjang.

5. Uji Bilangan Herber

Uji bilangan herben digunakan untuk menentukan jumlah asam lemak yang tidak larut dalam air. Pada umumnya, lemak yang memiliki berat molekul besar, bilangan herbernya rendah, begitu pula sebaliknya. Untuk menentukan bilangan herber, pertama filtrat yang diperoleh dari uji penyabunan diuapkan alkoholnya. Selanjutnya filtrat yang bebas dari alkohol dilarutkan dengan air panas dan ditambah HCl pekat sehingga terbentuk asam lemak bebas. Pada saat dingin, akan diperoleh lapisan asam lemak yang tidak larut dalam air, lapisan ini disaring, ditimbang, dan dihitung bilangan herbernya.

6. Uji Bilangan Iodin

Bilangan iodin digunakan untuk menentukan jumlah asam lemak tidak jenuh yang terkandung di dalam lemak/minyak. Dalam reaksinya, iodin akan mengadisi ikatan asam lemak tidak jenuh. Bilangan ini dihitung berdasarkan massa (gram) iodin yang diserap oleh 100 gram lemak. Trigliserida yang akan diuji dilarutkan dengan CCl_4 kemudian ditambahkan dengan larutan iodin berlebih (0,1 s/d 0,5 gram). Selanjutnya sisa iodin yang tidak bereaksi dititrasi dengan menggunakan larutan tiosulfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoh, C.C. (2017' *Food Lipids, Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, pp. 167-184.
- Arianto, Dicki. (2014' *Uji Kualitatif dan Kuantitatif Lemak*. online. [http:// dicki25.blogspot. com / 2014 /08/ uji-kualitatif-kuantitatif-lemak.html](http://dicki25.blogspot.com/2014/08/uji-kualitatif-kuantitatif-lemak.html)
- Da Costa Filho, P.A. 2014. Developing a rapid and Sensitive Method For Determination of Trans-Fatty Aids in Edible Oils Using Middleinfrared Spectroscopy. *Food Chemistry* 18: 1 – 7.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S., (1997' *Dasar-Dasar Kimia Organik*, pp. 407-430.
- Genkawa, T., Ahamed, T., Noguchi, R., Takigawa, T., and Ozaki, Y. 2015. Simple and rapid determination of free fatty acids in brown rice by FTIR spectroscopy in conjunction with a second-derivative treatment. *Food chemistry* <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.014>
- Kartasapoetra, G., Marsetyo, H. (2008' *Ilmu Gizi*. Pp. 63-71.
- Lehninger, A.L. (2012' *Dasar-Dasar Biokimia* Jilid 3, pp 1-308.
- Mamuaja, C.F. (2017' *Lipida*, pp. 1-119.
- Poedjiadi, Anna. Dan Supriyanti, F.M.T. (2009' *Dasar-Dasar Biokimia*, 1-476.
- Panagan, A.T., Yohandini, Heni., dan Wulandari, Mila. (2012' Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Asam Lemak Tak Jenuh Omega-3, Omega-6 dan Karakteristik Minyak Ikan Patin (pangasius-pangasius): *Jurnal Penelitian Sains*, 15(3), pp. 102-106.
- Sartika, R.A.D. (2008' Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh, dan Asam Lemak Trans terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 2(4), pp. 154-60.
- Shahidi, F. (2005' Lipids. In *Handbook of Food Analytical Chemistry : Water, Proteins, Enzymes, Lipids, And Carbohydrates*, ed. R. E. Wrolstad et al., pp. 513-547.
- Sulistiyowati, Eddy. (2010 ' *Diktat Kuliah Biokimia*, pp. 1-77.
- Winarno F.G. (2004' *Kimia Pangan dan Gizi*. Pp. 1- 245.

BAB VI

EDIBLE FAT/OIL

Oleh Ulfatul Mardiyah

6.1 Pendahuluan

Manusia telah menggunakan lemak dan minyak dalam makanan mereka sejak zaman prasejarah. Lemak dan minyak merupakan salah satu zat penting untuk berlangsungnya kehidupan karena merupakan salah satu sumber kalori yang dibutuhkan oleh manusia (9 kkal/g). Lemak dan minyak mengandung asam lemak esensial dan beberapa mikronutrien penting yang tidak larut dalam air, seperti vitamin A, E, K, fitosterol, betakaroten, lutein, dan beberapa makronutrien penting lainnya. Lemak dan minyak juga memberikan karakteristik organoleptik pada makanan, seperti memperkuat rasa, tekstur, pelumasan, dan rasa kenyang (Stodtke and Dahl, 2016).

Lemak atau minyak pangan merupakan lemak yang dapat dikonsumsi (edible fat/oil) oleh manusia yang berasal dari bahan nabati maupun hewani. Minyak atau lemak berfungsi sebagai sumber cadangan energi dalam tanaman atau hewan. Yang membedakan lemak nabati dan hewani antara lain: (a) lemak hewani mengandung kolesterol, dan lemak nabati mengandung fitosterol, (b) lemak hewani mengandung asam lemak tidak jenuh dengan kadar yang lebih sedikit dibandingkan dengan lemak nabati, dan (3) bilangan Reichert-Meissl yang dimiliki lemak hewani lebih besar dan bilangan Polenske lebih kecil dibandingkan dengan minyak nabati (Ketaren, 1986).

Lemak atau minyak pangan sebagian besar bersumber dari bahan nabati yang berasal dari bahan alam yang sengaja ditanam untuk mendapatkan kandungan lemaknya. Sisanya berasal dari bahan hewani dan dari beberapa produk sampingan pengemasan daging dan ikan. Karena karakteristik kualitas intrinsik (misalnya kalori, fisiologis) dan ekstrinsik (rasa, palatabilitas, penampilan, konsistensi dan tekstur), serta penggunaannya yang cukup luas di

bidang pangan (skala rumahan dan skala industri), maka lemak dan minyak menjadi salah satu bahan pangan yang paling dibutuhkan oleh manusia. (Stodtke and Dahl, 2016).

6.2 Lemak atau Minyak

Lemak atau minyak merupakan salah satu bagian dari lipid. Lipid adalah senyawa organik yang memiliki sifat tidak larut dalam pelarut air, melainkan larut dalam pelarut organik nonpolar, seperti n-heksana, isobutanol, dietil eter dan beberapa pelarut nonpolar lainnya. Lemak atau minyak dapat larut pada beberapa pelarut tersebut karena memiliki tingkat kepolaran yang relatif sama.

Secara kimiawi, kandungan lemak maupun minyak adalah 95% molekul triasilgliserol (TAG), dan 1-5% komponen lain (dalam jumlah kecil) seperti: glikolipid, fosfolipid, asam lemak bebas, diasilgliserol, monoasilgliserol, tokoferol, fitosterol dan komponen minor lainnya. Adapun molekul triasilgliserol (TAG) terdapat tiga asam lemak yang diesterifikasi pada tiga gugus alkohol gliserol.

Perbedaan istilah lemak dan minyak didasarkan pada keadaan fisik keduanya pada suhu kamar. Lemak atau minyak didefinisikan sebagai campuran trigliserida atau triasilgliserol yang padat atau cair pada 25°C. Lemak biasanya tidak 100% padat, melainkan campuran padatan kristal keras yang terikat erat dengan minyak cair dalam kisaran 10%-90%, sedangkan minyak sendiri bersifat cair pada suhu 25°C.

Selain itu, lemak atau minyak merupakan sumber energi penting karena memiliki nilai kalori yang lebih tinggi dibandingkan karbohidrat dan protein. Dalam satu gram minyak atau lemak dapat menghasilkan energi sebesar 9 kkal. Sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan energi sebesar 4 kkal/gram.

6.2.1 Sumber Lemak atau Minyak

Klasifikasi sumber lemak atau minyak adalah sebagai berikut:

1. Lemak atau minyak yang bersumber dari tanaman
 - a. Biji-bijian palawija: seperti minyak jagung, *rape seed*, biji kapas, biji bunga matahari, wijen, kacang, dan kedelai.
 - b. Kulit buah tanaman tahunan: seperti minyak kelapa sawit, minyak zaitun.

- c. Biji-bijian dari tanaman tahunan: seperti minyak kelapa, *cohune*, cokelat, *babassu*, inti sawit, dan sejenisnya.
2. Lemak atau minyak yang bersumber dari hewan
 - a. Susu hewan peliharaan: seperti lemak susu
 - b. Daging hewan peliharaan: *oleo oil* dari *oleo stock*, lemak babi, lemak sapi dari turunan *oleostearin* dan *mutton tallow*.
 - c. Hasil laut: Seperti minyak ikan, minyak ikan sarden, *menhaden* dan sejenisnya, dan minyak ikan paus.

6.2.2 Jenis Lemak atau Minyak

Ada banyak jenis lemak atau minyak makanan. Lemak dapat dibagi berdasarkan komposisi asam lemak yang dikandungnya yaitu asam lemak jenuh, asam lemak tak jenuh tunggal, asam lemak tak jenuh ganda, dan lemak trans. Semua lemak dan minyak mengandung campuran lemak jenuh dan tak jenuh, tetapi dengan jumlah yang berbeda. Secara umum, lemak padat mengandung proporsi lemak jenuh yang lebih besar daripada minyak cair.

1. Asam lemak jenuh

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang memiliki dua atom hidrogen terikat pada satu atom karbon. Energi dan titik lebur asam lemak jenuh maupun asam lemak tidak jenuh berbeda secara spesifik, dimana energi yang dibutuhkan selama proses metabolisme pada asam lemak jenuh lebih besar daripada asam lemak tidak jenuh dengan jumlah atom karbon yang sama. Hal ini terjadi, karena asam lemak jenuh memiliki ikatan karbon-hidrogen yang lebih banyak dibandingkan dengan asam lemak jenuh.

Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap pada atom karbon, sehingga asam lemak jenuh tidak peka terhadap proses oksidasi dan pembentukan radikal bebas seperti halnya pada asam lemak tidak jenuh. Salah satu dampak yang dapat ditimbulkan dari asam lemak jenuh adalah peningkatan kadar kolesterol total dan LDL (Low Density Lipoprotein).

Asam lemak jenuh ditemukan secara alami dalam makanan seperti daging sapi, domba, babi, dan keju. Lard (lemak babi), mentega, dan krim juga mengandung jumlah lemak jenuh yang lebih tinggi. Dalam salah satu pedoman diet merekomendasikan untuk membatasi asupan lemak jenuh hingga kurang dari 10% total

asupan energi demi mengurangi risiko penyakit kardiovaskular (misalnya, serangan jantung). Beberapa contoh asam lemak jenuh dapat dilihat pada Tabel 9.1:

Tabel 10. Contoh asam lemak jenuh

Nama	Struktur	Sumber
Asam Butirat	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	Lemak susu
Asam Palmitat	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati
Asam Stearat	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati

Sumber: (Herlina and Hendra S.G, 2002)

Konsumsi lemak jenuh dalam jumlah yang tinggi dapat mengakibatkan hati memproduksi kolesterol LDL (Low Density Lipoprotein) dalam jumlah yang besar. Tingginya LDL dalam tubuh dapat meningkatkan risiko penyakit jantung dan terjadinya trombosis atau proses koagulasi dalam pembuluh darah secara berlebihan sehingga dapat menghambat atau bahkan menghentikan aliran darah. Beberapa pengamatan subklinis dan klinik menunjukkan bahwa penggantian konsumsi asam lemak jenuh dengan asam lemak tidak jenuh dalam diet mampu menurunkan kadar kolesterol total dan kolesterol LDL (*Low Density Lipoprotein*) tanpa menurunkan kolesterol HDL (*High Density Lipoprotein*), hal ini berpengaruh besar terhadap kesehatan karena mampu menurunkan risiko penyakit jantung koroner.

2. Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap, sehingga jumlah ikatan karbon-hidrogen pada asam lemak tidak jenuh lebih sedikit dibandingkan asam lemak jenuh. Terdapat tiga kelompok asam lemak tidak jenuh yaitu:

- Asam lemak tidak jenuh dengan 1 ikatan rangkap (MUFA: *Mono Unsaturated Fatty Acid*). Contoh: Asam Oleat (C18:1).
- Asam lemak tidak jenuh dengan 2 ikatan rangkap (DUFA: *Di Unsaturated Fatty Acid*). Contoh: Asam Linoleat (C18:2).

- c. Asam lemak tidak jenuh dengan 3 ikatan rangkap (PUFA: *Poly Unsaturated Fatty Acid*). Contoh: Asam Linolenat (C18:3).

Asam lemak tak jenuh tunggal ditemukan dengan kadar yang cukup tinggi dalam kedelai, zaitun, safflower, dan bunga matahari. Selain itu, lemak babi, lemak sapi, minyak sawit, dan kacang tanah mengandung kadar lemak tak jenuh tunggal dengan kadar sedang. Minyak kedelai, minyak jagung, kanola, kakao dan mentega juga mengandung lemak tak jenuh tunggal.

Asam lemak tak jenuh jamak (PUFA: *Poly Unsaturated Fatty Acid*) bersifat cair di suhu kamar, bahkan tetap cair pada suhu dingin. Hal ini terjadi karena titik leleh PUFA lebih rendah dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh tunggal atau asam lemak jenuh.

Asupan lemak tak jenuh tunggal dianjurkan untuk kesehatan jantung. Sebuah penelitian menyatakan bahwa minyak zaitun dengan kandungan asam lemak tak jenuh tunggal dapat memberikan manfaat dalam penurunan risiko penyakit kardiovaskular misalnya serangan jantung dan stroke.

Bagian lemak pangan yang memiliki sejumlah manfaat kesehatan untuk tubuh adalah lemak omega-3, omega-6 dan omega-9 yang merupakan bagian dari asam lemak tak jenuh jamak (PUFA).

Terdapat tiga jenis asam lemak omega-3 yang paling umum:

- a. *Eicosapentaenoic acid* (EPA): Asam lemak dengan 20 karbon ini berfungsi untuk menghasilkan bahan *eicosanoids* yang dapat membantu mengurangi peradangan. EPA juga berfungsi mengurangi gejala depresi.
- b. *Docosahexaenoic acid* (DHA): Asam lemak dengan 22 atom karbon ini membentuk sekitar 8% dari berat otak sehingga sangat penting untuk perkembangan dan fungsi otak normal.
- c. *Asam alfa-linolenat* (ALA): Asam lemak yang memiliki 18 karbon ini dapat dikonversi menjadi EPA dan DHA. ALA terutama digunakan oleh tubuh dalam pembentukan energi.

Asam lemak omega-6 adalah asam lemak esensial di mana asam lemak ini tidak dapat di sintesis oleh tubuh manusia, sehingga pemenuhan asam lemak omega-6 diperoleh dari makanan. Asam lemak omega-6 yang paling umum adalah asam linoleat, yang dapat diubah menjadi asam lemak omega-6 yang lebih lama seperti asam arakidonat (ARA). ARA juga digunakan untuk menghasilkan eikosanoid. Namun, lebih bersifat pro-inflamasi. Eikosanoid proinflamasi merupakan bahan kimia yang sangat penting dalam sistem kekebalan tubuh. Namun, ketika terlalu banyak kadar eikosanoid proinflamasi dalam tubuh, justru dapat meningkatkan peradangan. Meskipun lemak omega-6 sangat penting, diet orang Barat terhadap makanan yang mengandung asam lemak omega-6 jauh lebih banyak daripada yang diperlukan.

6.3 Sifat Lemak atau Minyak

6.3.1 Sifat Fisik Lemak atau Minyak

Beberapa sifat fisika lemak atau minyak antara lain:

1. Warna

Zat warna dalam lemak atau minyak dapat digolongkan menjadi dua kelompok; yakni zat warna alamiah dan zat warna hasil degradasi zat warna alami. Zat warna alami antara lain xantofil (berwarna kuning kecoklatan), α dan β karoten (berwarna kuning), klorofil (berwarna kehijauan) dan antosianin (berwarna kemerahan). Sedangkan zat warna dari hasil degradasi zat warna alami, yaitu warna gelap yang disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E), Warna coklat hanya terdapat pada minyak atau lemak yang berasal dari bahan busuk atau memar. Warna kuning sampai ungu kemerah-merahan timbul selama proses penyimpanan. Warna kuning sendiri merupakan salah satu ciri khas lemak tidak jenuh.

2. *Odor dan flavor*

Komponen lain yang terdapat dalam minyak memiliki peran penting dalam pembentukan *odor dan flavor*. Seperti bau khas dari minyak kelapa sawit yang disebabkan oleh kandungan *beta ionone*. Bau khas dari minyak kelapa ditimbulkan oleh nonil metil keton. Selain itu, lemak babi, mentega, krim, susu bubuk, hati, dan bubuk kuning telur dapat menghasilkan bau tidak enak yang mirip dengan bau ikan yang sudah basi. Bau amis pada lemak atau minyak dapat

disebabkan oleh interaksi trimetil amin oksidasi dengan ikatan rangkap dari asam lemak tidak jenuh. Trimetil amin oksidasi sendiri dihasilkan akibat terjadinya oksidasi trimetil amin oleh peroksida. Umumnya senyawa hasil oksidasi ini terdapat dalam jaringan hewan, otot-otot ikan dan terdapat dalam susu. Jika persenyawaan tersebut terdapat dalam minyak yang dipanaskan pada suhu sekitar 105 °C selama beberapa jam, maka akan tereduksi sehingga menghasilkan trimetil amin bebas.

3. Kelarutan

Lemak atau minyak bersifat tidak larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol, tetapi akan melarut sempurna dalam pelarut etil eter, karbon disulfida dan pelarut-pelarut halogen. Kelarutan lemak atau minyak ini digunakan sebagai dasar dalam mengekstraksi bahan yang diduga mengandung minyak.

4. Titik didih

Titik didih dari asam-asam lemak akan semakin meningkat seiring dengan bertambah panjang rantai karbon.

5. Titik cair dan *polymorphism*

Polymorphism merupakan suatu keadaan di mana lemak atau minyak memiliki lebih dari satu bentuk kristal. *Polymorphism* umumnya terdapat dalam beberapa senyawa asam lemak dengan rantai karbon panjang, dan cukup sulit untuk memisahkan kristal tersebut. Namun untuk beberapa komponen sudah dapat diketahui bentuk dari kristal-kristalnya. *Polymorphism* penting untuk mempelajari titik cair asam lemak beserta ester-esternya. Asam lemak tidak memperlihatkan kenaikan titik cair yang linier dengan bertambah panjang rantai atom karbon. Asam lemak dengan ikatan trans mempunyai titik cair yang lebih tinggi daripada isomer asam lemak yang berikatan cis.

6. Bobot jenis

Penentuan bobot jenis dari lemak atau minyak dilakukan pada temperatur 25 °C. Pengukuran bobot jenis lemak yang memiliki titik cair tinggi dapat dilakukan pada temperatur 40 °C atau 60 °C. Pada penentuan bobot jenis ini, kontrol temperatur penting dilakukan dengan hati-hati dalam rentang temperatur yang pendek.

7. Indeks Bias

Indeks bias dapat didefinisikan sebagai derajat penyimpangan cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias lemak atau minyak digunakan untuk pengujian kemurnian minyak dan pengenalan unsur kimia yang dikandungnya.

8. Titik asap, Titik Nyala, Titik Api

Titik asap, titik nyala, titik api umumnya digunakan untuk menentukan kriteria mutu minyak yang biasa digunakan untuk menggoreng. Titik asap merupakan temperatur di mana lemak atau minyak menghasilkan asap tipis berwarna kebiru-biruan saat proses pemanasan. Titik nyala merupakan temperatur di saat **lemak atau minyak melepaskan cukup uap di permukaannya untuk menyala ketika api terbuka diberikan**. Sedangkan titik api adalah temperatur pada saat uap yang dihasilkan terjadi pembakaran secara terus menerus hingga contoh uji habis.

9. Titik kekeruhan (*turbidity point*)

Penentuan titik keruh dilakukan dengan melarutkan lemak atau minyak ke dalam pelarutnya dengan sebuah pemanasan. Dan saat lemak atau minyak sudah terlarut kemudian didinginkan. Saat didinginkan, ada suhu tertentu di mana campuran mulai terpisah dan akan terjadi kekeruhan. Suhu saat terjadi kekeruhan itu disebut dengan titik keruh.

6.3.2 Sifat Kimia Lemak atau Minyak

Beberapa sifat kimia lemak atau minyak adalah sebagai berikut:

1. Hidrolisis

Lemak atau minyak dapat mengalami reaksi hidrolisis, di mana dalam reaksi ini lemak atau minyak akan dipecah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis dapat mengakibatkan kerusakan pada lemak atau minyak karena adanya sejumlah air dalam lemak atau minyak tersebut.

2. Oksidasi

Reaksi oksidasi pada lemak atau minyak dapat terjadi apabila ada kontak antara oksigen dengan lemak atau minyak. Terjadinya oksidasi merupakan penyebab lemak atau minyak menjadi bau tengik. Oksidasi biasanya dimulai dengan

pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Tingkat selanjutnya yaitu terurainya asam-asam lemak disertai dengan konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. Tingginya kadar peroksida merupakan indikator minyak akan berbau tengik.

3. Hidrogenasi

Proses hidrogenasi dilakukan untuk meningkatkan titik jenuh asam lemak tidak jenuh melalui proses penambahan hidrogen. Proses ini umumnya digunakan secara komersial untuk mengubah minyak nabati fase cair menjadi lemak padat yang dibutuhkan dalam rumah tangga, seperti shortening dan margarin yang bersifat padat dalam suhu kamar.

4. Esterifikasi

Reaksi esterifikasi pada lemak atau minyak digunakan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida menjadi bentuk esternya. Reaksi kimia dalam proses esterifikasi disebut dengan inter-esterifikasi atau pertukaran ester yang mengacu pada prinsip transesterifikasi Friedel-Craft.

6.3.3 Analisis Sifat Lemak atau Minyak

Analisis sifat-sifat lemak atau minyak meliputi:

1. Penentuan angka saponifikasi (penyabunan)

Komposisi asam lemak dapat ditentukan melalui proses hidrolisis dengan senyawa alkali. Proses ini disebut dengan saponifikasi. Dalam saponifikasi asam lemak berasidifikasi atau bereaksi dengan basa membentuk garam berupa sabun dan hasil lain berupa gliserol.

Angka saponifikasi menunjukkan banyaknya alkali yang dibutuhkan untuk menghidrolisis satu gram lemak. Saponifikasi digunakan untuk mengukur berat molekul rata-rata dari asam lemak, yakni menunjukkan berat molekul lemak atau minyak secara kasar. Lemak atau minyak yang disusun oleh asam lemak berantai karbon yang pendek dengan berat molekul yang relatif kecil, akan memiliki angka penyabunan yang besar. Dan sebaliknya, jika lemak atau minyak disusun oleh asam lemak berantai panjang dengan berat molekul tinggi, maka angka penyabunan lemak atau minyak tersebut relatif kecil. Angka penyabunan dapat dinyatakan sebagai

banyaknya (mg) NaOH (basa) yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gr lemak atau minyak.

2. Penentuan Angka Iodin

Pengukuran angka iodine bertujuan untuk menunjukkan ketidak-jenuhan asam lemak penyusunan lemak atau minyak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat iodium dan membentuk senyawa yang bersifat jenuh. Sehingga jumlah iodine yang diikat menunjukkan jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam asam lemaknya. Banyaknya iodine dalam gram yang diikat oleh 100 g lemak atau minyak disebut dengan angka iodin.

3. Penentuan angka Reichert-Meissel

Angka Reichert-Meissel dapat menunjukkan banyaknya asam-asam lemak yang dapat larut dalam air dan asam lemak yang mudah menguap. Angka Reichert-Meissel ini dinyatakan dalam jumlah NaOH 0,1 N dalam ml yang digunakan untuk menetralkan asam lemak yang menguap dan larut dalam air yang diperoleh dari penyulingan 5 gr lemak atau minyak pada kondisi tertentu.

6.3.4 Analisis Kualitas Lemak/Minyak

1. Analisis Bilangan Asam

Bilangan asam digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas dalam minyak atau lemak yang dinyatakan dengan mg basa per 1 gr minyak. Jumlah asam lemak bebas sangat berkaitan dengan reaksi hidrolisis yang terjadi pada lemak atau minyak terutama pada saat proses pengolahan, sehingga bilangan/angka asam dapat dijadikan sebagai salah satu parameter dalam penentuan kualitas lemak atau minyak.

2. Analisis Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida merupakan salah satu penentu kualitas lemak atau minyak, dan dinyatakan dengan indeks jumlah lemak atau minyak yang telah mengalami reaksi oksidasi. Angka peroksida sangat penting untuk menentukan tingkat oksidasi minyak. Minyak dengan kandungan asam-asam lemak tidak jenuh dapat teroksidasi oleh oksigen yang menghasilkan suatu senyawa peroksida. Cara yang sering digunakan untuk menentukan angka peroksida adalah dengan metoda titrasi iodometri.

Kerusakan minyak akibat oksidasi dapat mempengaruhi kualitas dan nilai gizi makanan yang digoreng. Pemberian suhu

yang sangat tinggi pada minyak selama proses memasak dapat mengakibatkan sebagian minyak teroksidasi. Minyak yang rusak karena proses oksidasi akan menghasilkan makanan dengan rasa yang tidak enak dan terjadi perubahan warna, serta kerusakan beberapa asam lemak esensial di dalam minyak juga vitamin yang dikandungnya. Selain menimbulkan bau tengik, oksidasi lemak atau minyak dapat memicu terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas mempunyai dampak merusak sel dan jaringan tubuh. Hal ini disebabkan radikal bebas bersifat sangat reaktif.

3. Analisis asam thiobarbiturat (TBA)

Terdapat kandungan aldehid dan kebanyakan sebagai monoaldehid dalam lemak atau minyak yang sudah tengik. Jumlah monoaldehid dapat ditentukan melalui proses destilasi lebih dahulu. Selanjutnya monoaldehid direaksikan dengan thiobarbiturat sehingga terbentuk senyawa kompleks berwarna merah. Intensitas warna merah menunjukkan banyaknya monoaldehid yang sudah bereaksi, dan dapat ditentukan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 528 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. (2001) *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Herlina, N. and Hendra S.G (2002) *Lemak dan Minyak*. USU Digital Library.
- Ketaren, S. (1986) *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Murray, K., KD. Grenner, Mayes, A. & W. R. (2003) *Biokimia*. Jakarta: Harper.
- Schwingshackl, L. and Hoffmann, G. (2014) 'Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies', *Lipids in Health and Disease*, 13(1), p. 154. doi: 10.1186/1476-511X-13-154.
- Stodtke, T. N. and Dahl, W. J. (2016) 'Facts about Fats and Oils', *IFAS Extension University of Florida*, pp. 2–5.

BAB VII

ASAM LEMAK

Oleh Budi Kristanto

7.1 Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir, kesadaran terhadap peran asam lemak esensial dalam kesehatan manusia dan pencegahan penyakit terutama penyakit kardiovaskuler, terus meningkat di masyarakat. Pencegahan yang dilakukan secara alamiah yaitu mengonsumsi bahan makanan yang mengandung asam lemak esensial. Ikan baik perikanan darat maupun laut, minyak ikan dan beberapa bahan pangan yang mengandung minyak nabati merupakan bahan pangan yang kaya akan lemak esensial. Dan bahan pangan tersebut banyak terdapat di tanah air, sehingga masyarakat dengan mudah memperoleh bahan pangan tersebut untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan asam lemak esensial.

Pada negara-negara industri, sebesar 30-35 % dari total asupan energi berasal dari asam lemak, yang diperoleh dari bahan makanan, bahan makanan sumber asam lemak yang penting adalah minyak nabati, produk susu, produk daging, biji-bijian dan ikan berlemak atau minyak ikan. Asam lemak baik yang bebas maupun yang terikat dalam lipid kompleks memiliki sejumlah peran kunci dalam metabolisme utama energi, sebagai komponen utama dalam membran dan sebagai regulator dalam sel. Selain itu lipid dalam bahan makanan juga mengandung asam lemak tidak jenuh ganda yang merupakan prekursor yang kuat dalam reaksi metabolit yakni eikosanoid, sebagai bagian dari lipid kompleks asam lemak juga penting untuk mempertahankan suhu badan dan mencegah benturan pada organ-organ vital manusia (Rustan and Dreven, 2005).

Asam lemak di alam tidak terdapat secara bebas, tetapi terdapat dalam banyak ikatan ester atau amida dalam berbagai jenis lipida. Asam lemak merupakan asam organik yang terdiri dari

rantai hidrokarbon lurus, yang pada satu ujung memiliki gugus karboksil (COOH) dan pada ujung yang lain terdapat gugus metil (CH_3). Asam lemak alami biasanya mempunyai rantai dengan jumlah atom karbon genap, yang berkisar antara empat hingga dua puluh dua karbon (Almatsier, 2009).

7.2 Asam Lemak

Lipid terdiri dari beberapa senyawa yang bersifat tidak larut dalam air, namun terlarut dalam pelarut organik. Lipid merupakan senyawa yang mengandung asam lemak, sehingga sifat lipid banyak dipengaruhi oleh keberadaan asam lemak tersebut. Selain itu asam lemak juga bersifat hidrofobik atau nonpolar, sehingga bersifat tidak larut dalam air namun larut dalam pelarut organik (Estiasih, Hariyono, et al., 2016)

Asam lemak atau asam karboksilat merupakan senyawa organik polar yang memiliki 2 sampai 24 atom karbon (C) dengan gugus fungsional utamanya adalah gugus karboksil ($-\text{COOH}$). Jumlah atom C pada asam lemak umumnya genap, yaitu ; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 dan 24. Asam lemak yang terpendek dengan 2 atom C (karbon) yaitu asam asetat sementara yang memiliki 24 atom karbon (terpanjang) adalah asam Tetrakosanoat. Pada bahan makanan umumnya asam lemak memiliki panjang rantai karbon berkisar antara 12 dan 22.

Gugus karboksil dari asam lemak bersifat polar. Gugus ini terikat pada C_1 dari rantai asam lemak. Posisi atom karbon pada rantai asam lemak dihitung dari posisi C_1 yang mengikat gugus karboksil. Atom hidrogen (H) terikat pada atom C berikutnya (C_2 , C_3 , C_4 dan seterusnya). Untuk membentuk ikatan jenuh, atom karbon pada C_2 sampai $\text{C}_n - 1$ dapat mengikat maksimal 2 atom H, sedangkan atom karbon pada C_n (posisi ujung) mengikat 3 atom H atau disebut gugus metal. Gugus metal pada C_n ini bersifat non-polar. Oleh karenanya, asam lemak memiliki ujung polar pada gugus karboksil dan ujung non-polar pada gugus metal (Mamuaja, 2017).

Setiap atom karbon pada asam lemak akan berikatan dengan atom hidrogen dan atom karbon lainnya, dimana masing-masing akan membentuk 4 ikatan kovalen. Rantai karbon pada struktur asam lemak dapat jenuh atau tidak jenuh. Asam lemak jenuh (saturated fatty acid) disusun oleh rantai atom karbon

penyusunnya yang berikatan tunggal/mengikat dua atom hidrogen, sedangkan asam lemak tidak jenuh (unsaturated fatty acid) mengandung satu atau lebih atom karbon yang berikatan ganda (double bond) sehingga hanya mengikat satu atom hydrogen. Asam lemak tidak jenuh dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah ikatan gandanya, yaitu asam lemak dengan ikatan tidak jenuh tunggal (mono-unsaturated fatty acid atau MUFA) dan asam lemak dengan ikatan tidak jenuh jamak (poli-unsaturated fatty acid atau PUFA) (Rustan and Drevon, 2005)

7.2.1 Klasifikasi asam lemak

Asam lemak dapat dibedakan berdasarkan tingkat kejenuhan, yaitu asam lemak jenuh (saturated fatty acid/ SFA) dan asam lemak tak jenuh (unsaturated fatty acid) yang terdiri dari monounsaturated fatty acid (MUFA) dan polyunsaturated fatty acid (PUFA). Perbedaan antara asam lemak tidak jenuh dan asam lemak jenuh terdapat pada ikatan rangkapnya. Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap antar karbonnya sedangkan asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan rangkap antar karbonnya. Asam lemak tak jenuh memiliki titik cair lebih rendah daripada asam lemak jenuh. Keberadaan ikatan rangkap dalam struktur asam lemak mengakibatkan adanya perbedaan konfigurasi, yaitu konfigurasi cis bila ikatan rangkapnya terletak pada sisi yang sama dengan gugus hidrogen dan konfigurasi trans apabila ikatan rangkapnya terletak di sisi yang berlawanan.

Perbedaan ikatan kimia antara asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh menyebabkan terjadinya perbedaan sifat kimia dan fisik, diantaranya asam lemak jenuh dapat meningkatkan kadar kolesterol dalam darah. Semakin panjang rantai karbon dan semakin banyak jumlah ikatan rangkapnya, maka semakin besar kecenderungan untuk menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Berbagai jenis asam lemak tidak jenuh (unsaturated fatty acid) yaitu Asam lemak omega-3, omega-6 dan omega-9 (O'Keefe, 2002)

Beberapa cara mengklasifikasikan Asam lemak diantaranya adalah berdasarkan panjang rantai, jumlah konfigurasi, posisi ikatan rangkap, kejenuhan dan keberadaan gugus fungsional lain, dapat juga pengklasifikasian asam lemak berdasarkan sumbernya.

a) Asam Lemak Jenuh

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak dengan rantai lurus, dimana jumlah atom karbonya genap, tidak mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Jenis asam lemak ini umumnya berasal dari hewani termasuk daging dan susu, serta dari sumber nabati minyak kelapa sawit dan minyak kelapa. Beberapa bahan makanan / makanan yang banyak mengandung asam lemak jenuh diantaranya : Daging berlemak, produk turunan daging, Mentega, Keju, Krim, minyak goreng kelapa sawit dan Kelapa.

Tabel 11. Asam lemak jenuh dan sumbernya.

Jumlah Atom C	Struktur	Nama umum	Sumber
4	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Asam Butirat	Mentega
6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Asam Kaproat	Mentega
8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	Asam Kaprilat	Kelapa
10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	Asam Kaprat	Kelapa
12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Asam Laurat	PKO
14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Asam Miristat	Minyak pala
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Asam Palmitat	Minyak sawit
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Asam Stearat	Gajih sapi

Sumber : Modifikasi O'Keefe, 2002

Penamaan asam lemak jenuh berdasarkan jumlah atom karbon dalam rantainya, secara alami semua asam lemak memiliki atom karbon berjumlah genap, jarang ditemukan asam lemak memiliki atom karbon ganjil. Secara sistematis penamaan menunjukkan struktur asam lemak. Dalam standar IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemists*) menyatakan bahwa nama asam lemak jenuh mengikuti nama hidrokarbon induknya dan jumlah atom karbon yang terikat serta memberi akhiran -oat. Pemberian akhiran -oat pada hidrokarbon sesuai dengan jumlah karbon yang terikat pada rantai asam lemak. Sebagai contoh asam butirat dengan 4 atom C mempunyai nama hidrokarbon butana, sehingga untuk asam lemaknya diberi

nama butanoat. Selain menggunakan penamaan sistematis, dilakukan pula penamaan dengan mengikuti sumber asalnya yang digunakan sebagai nama dagang (trivial). Nama trivial tidak menunjukkan keteraturan pola dan tidak menunjukkan struktur dari asam lemak, sehingga mudah dipahami. Penulisan Asam lemak juga dapat dilakukan secara singkat dengan menggunakan simbol, yaitu dengan menuliskan jumlah atom karbon, jumlah ikatan rangkap, dan posisinya. Sebagai contoh Asam oktadekanoat dapat ditulis C18:0, artinya jumlah karbonnya 18 dan tidak ada ikatan rangkap.

Tabel 12. Penamaan asam lemak jenuh menurut nama sistematis dan trivial

Jumlah Atom C	Nama Sistematis	Nama trivial
4	Butanoat	Butirat
6	Heksanoat	Kaproat
8	Oktanoat	Kaprilat
10	Dekanoat	Kaprat
12	Dodekanoat	Laurat
14	Tetradekanoat	Miristat
16	Heksadekanoat	Palmitat
18	Oktadekanoat	Stearat
20	Eikosanoat	Arakhidat
22	Dokosanoat	Behenat
24	Tetrakosanoat	Lignoserat

Sumber : Gurr, et, all, 2002, *dalam* Estiasih, Harijono, *et al.*, 2016

Asam lemak jenuh merupakan salah satu penyusun lemak/minyak dari berbagai bahan pangan yang kaya lemak. Komposisi kandungan asam lemak jenuh, setiap bahan makanan berbeda-beda tergantung dari sumber asam lemak jenuh tersebut, seperti yang tertera dalam tabel 13.

Tabel 13. Komposisi asam lemak jenuh beberapa bahan pangan sumber lemak (%)

Sumber bahan pangan	Jenis asam lemak			
	Laurat	Miristat	Palmitat	Stearat
Mentega	3	12	28	10
Butter	3	10	26	15
Lemak sapi	0,2	3	28	24
Minyak sawit	0,2	1,1	44	4,5
Minyak kelapa	44	18	11	6

Sumber : Mamuaja, 2017

b) Asam Lemak Tak Jenuh

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang memiliki ikatan rangkap dalam rantai asil atau hidrokarbon. Konfigurasi bentuk asam lemak yang memiliki ikatan rangkap atau asam lemak tak jenuh adalah cis. Adanya ikatan rangkap menyebabkan bentuk ikatan ruang asam lemak tak jenuh menjadi tikungan (bengkok). Berdasarkan banyaknya ikatan rangkap atau ketidak jenuhannya asam lemak ini dibedakan menjadi dua yaitu : MUFA (Mono Unsaturated Fatty Acid) yaitu asam lemak tak jenuh yang memiliki satu ikatan rangkap dan PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acid), yaitu asam lemak tak jenuh yang memiliki lebih dari satu ikatan rangkap.

Masyarakat umum sudah banyak mengetahui akan keunggulan dari asam lemak tidak jenuh ini dalam fungsinya untuk kesehatan. Banyak makanan fungsional kesehatan yang menggunakan asam lemak tak jenuh sebagai inti dari produk tersebut. Makanan fungsional dapat didefinisikan sebagai makanan atau komponen diet yang dapat memberikan manfaat kesehatan yang signifikan selain nutrisi dasar. Istilah asam lemak esensial (EFA) mengacu pada asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yang harus disediakan oleh makanan karena ini tidak dapat disintesis dalam tubuh namun diperlukan untuk kesehatan Ada dua keluarga EFA, omega-3 (ω -3) dan omega-6 (ω -6). Asam lemak omega-3 memiliki kesamaan ikatan rangkap karbon-karbon akhir pada posisi -3 yaitu ikatan ketiga dari ujung metil asam lemak sedangkan asam lemak -6 memilikinya pada posisi -6 yaitu keenam ikatan dari

ujung metil asam lemak. Pentingnya penunjukan -3 dan -6 adalah bahwa ujung n tidak pernah berubah selama transformasi fisiologis dalam tubuh manusia karena paling stabil secara energi. Ikatan rangkap dalam asam lemak -3 ini berada dalam konfigurasi *cis* yaitu dua atom hidrogen berada di sisi yang sama dari ikatan rangkap. Linolenic acid (ALA), Eicosapentaenoic acid (EPA) dan Docosahexaenoic acid (DHA) memiliki berbagai sifat yang dapat diklasifikasikan sebagai makanan fungsional (Kaur, Chugh and Gupta, 2014).

Beberapa bahan makanan / makanan yang banyak mengandung asam lemak tidak jenuh diantaranya : minyak zaitun, kedelai, ikan dan hati

Tabel 14. Asam lemak tidak jenuh dan sumbernya.

Jumlah Atom C	Struktur	Nama umum	Sumber
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Asam oleat	Zaitun
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Asam linoleat	Kedelai
18	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	Asam linolenat	Ikan
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Asam Arakhidonat	Hati

Sumber : Modifikasi O'Keefe, 2002

Pemberian nama asam lemak tidak jenuh lebih kompleks dibandingkan dengan asam lemak jenuh karena harus dapat mengidentifikasi jumlah dan posisi ikatan rangkap pada rantai karbon, serta konfigurasinya (*cis* atau *trans*). Tujuan menyusun tata nama asam lemak tidak jenuh adalah sebagai berikut :

- Menunjukkan adanya ikatan rangkap maka diberi tambahan *e* pada penamaan yang terikat jumlah rantai karbon, misalnya heksaenoat (6C), oktaenoat (8C), dodekaenoat (12C), dan sebagainya.
- Jumlah ikatan rangkap dituliskan dengan di, tri, tetra, penta, heksa, dan seterusnya. Misalnya enoat (1 buah), dienoat (2 buah), trienoat (3 buah), tetraenoat (4 buah), pentaenoat (5

- buah), dan heksaenoat (6 buah). Asam heksadekaenoat berarti asam lemak dengan 16 atom karbon dan memiliki 2 ikatan rangkap.
- Mengidentifikasi posisi ikatan rangkap pada rantai karbon maka dituliskan juga nomor atom karbon yang memiliki ikatan rangkap. Penomoran atom karbon dihitung dari ujung gugus fungsional karboksilat. Sebagai contoh, asam 9,12,15-oktadekatrienoat, berarti asam lemak memiliki 18 atom karbon dengan 3 ikatan rangkap pada posisi atom karbon nomor 9,12, dan 15.
 - Mengidentifikasi, apakah asam lemak pada posisi ikatan rangkap memiliki konfigurasi *cis* atau *trans* maka diberi awalan *cis* atau *trans*. Sebagai contoh, bila asam lemak dituliskan asam *cis,cis,cis,cis*-5,8,11,14-eikosatetraenoat maka berarti asam lemak tersebut memiliki 20 atom karbon dengan 4 ikatan rangkap pada posisi atom karbon 5,8,11, dan 14, serta memiliki struktur *cis* pada keempat karbon yang memiliki ikatan rangkap tersebut (Mamuaja, 2017)

Tabel 15. Penamaan asam lemak tidak jenuh menurut nama sistematis dan trivial

Nama Sistematis	Nama trivial	Singkatan
c-9Dodekenoat	Laurat	12:1 ω 3
c-9-Tetradekenoat	Miristoleat	14:1 ω 5
c-9-oktadekenoat	Oleat	18:1 ω 9
c-9,c-12,c-15-oktadekatrienoat	Linolenat	18:3 ω 6
c-5,c-8,c-11,c-14-eikosatrienoat	Arakhidonat	20:4 ω 6
c-5,c-8,c-11-eikosatrienoat	Mead's	20:3 ω 9
c-13-dokodenoat	Erusat	22:1 ω 9
c-4,c-7,c-10,c-13,c-16,c-19-dokosaheksaenoat	DHA, Servonat	22:6 ω 3

Sumber : Modifikasi O'Keefe, 2002

Beberapa bahan pangan sebagai sumber asam lemak tidak jenuh memiliki Komposisi yang berbeda, hal tersebut dapat

berkaitan dengan sumber bahan pangan dari asam lemak tidak jenuh tersebut, seperti yang tertera dalam tabel 7.6

Tabel 16. Komposisi asam lemak jenuh beberapa bahan pangan sumber lemak nabati (%)

Sumber bahan pangan	Jenis asam lemak tidak jenuh		
	Oleat	Linoleat	Linolenat
Minyak Zaitun	83	7	
Minyak jagung	40	40	
Kacang tanah	60	25	
Minyak kedelai	24	58	8

Sumber : Mamuaja, 2017

7.2.2 Sifat fisikokimia asam lemak

Sifat fisikokimia asam lemak yang dapat mempengaruhi sifat dan kualitas dari lemak/minyak. Sifat-sifat fisikokimia asam lemak diantaranya :

a. Asam lemak bersifat amfipatik

Asam lemak memiliki dua bagian/kutub; satu kutub mengandung gugus karboksil ($-\text{COOH}$), yang bersifat hidrofilik; dan apolar lain, yang merupakan rantai karbon (alifatik) dan hidrofobik. Gugus karboksil membentuk ikatan hidrogen dengan molekul polar lainnya, sementara rantai alifatik berinteraksi melalui gaya Van der Waals dengan rantai asam lemak lain yang berdekatan.

b. Bereaksi dengan alkohol dan membentuk ester serta melepaskan air

Asam lemak terhidrolisis oleh alkali (pada proses saponifikasi), membentuk garam natrium dan kalium (sabun).

c. Titik leleh

Titik leleh adalah suhu dimana lemak/ minyak berubah wujud dari padat menjadi cair. Titik leleh lemak/minyak ditentukan oleh ada tidaknya ikatan rangkap asam lemak penyusunnya. Asam lemak jenuh memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak tidak jenuh. Titik leleh juga dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak penyusun lemak/minyak, dimana lemak

yang tersusun oleh asam lemak pendek akan memiliki titik leleh yang lebih rendah dibandingkan dengan yang disusun oleh asam lemak rantai panjang.

d. Bilangan peroksida

Asam lemak bebas dalam bahan makanan yang mengandung lemak/miyak, mudah mengalami reaksi oksidasi. Stabilitas oksidasi asam lemak sangat dipengaruhi oleh jumlah ikatan rangkapnya. Semakin banyak ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak maka stabilitas oksidatif asam lemak tersebut semakin rendah. Radikal bebas yang terbentuk di tahap awal reaksi (tahap inisiasi) dapat bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan senyawa peroksida. Keberadaan senyawa peroksida ini digunakan sebagai indikator terjadinya oksidasi lemak/minyak (Mamuaja, 2017)

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. (2009) *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Estiasih, T., Hariyono, *et al.* (2016) *Kimia dan Fisik Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kaur, N., Chugh, V. and Gupta, A. K. (2014) 'Essential fatty acids as functional components of foods- a review', *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), pp. 2289–2303. doi: 10.1007/s13197-012-0677-0.
- Mamuaja, C. F. (2017) *Lipida*. Manado: Unsrat Press.
- O'Keefe, S. F. (2002) *Nomenclature and Classification of Lipids In Food Lipid, Chemistry, Nutrition, and Biotechnologi*. Secon edit. New York: Marcel Dekker Inc.
- Rustan, A. C. and Drewnowski, C. A. (2005) 'Fatty Acids: Structures and Properties', *Encyclopedia of Life Science*. New York: John Wiley & sons, Ltd. doi: 10.1038/npg.els.0003894.

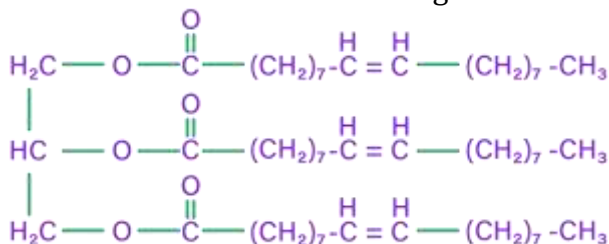
BAB VIII

MINYAK NABATI

Oleh Dian Puspita Anggraini

8.1 Definisi Minyak

Minyak adalah turunan karboksilat dari estergliserol yang disebut gliserida. Sebagian besar gliserida berupa trigliserida atau triasilgliserol yang ketiga gugus -OH dari gliserol di esterkan oleh asam lemak. Jadi hasil hidrolisis lemak dan minyak adalah asam karboksilat dan gliserol.



Gambar 28. Struktur kimia minyak

(Sumber : <https://roboguru.ruangguru.com>)

Asam karboksilat ini juga disebut asam lemak yang mempunyai rantai hidrokarbon yang panjang dan tidak bercabang. Hasil hidrolisis lemak dan minyak adalah asam karboksilat dan gliserol. Asam karboksilat ini juga disebut asam lemak yang mempunyai rantai hidrokarbon yang panjang dan tidak bercabang. Ester-ester gliserol ini menurut tata nama lama disebut gliserida. Bila jumlah gugus -OH dalam rumus stuktur gliserol yang diesterkan satu, digunakan nama monogliserida, sedangkan bila yang diesterkan dua atau tiga gugus -OH maka berturut-turut dinamakan digliserida atau trigliserida. Kini senyawa trigliserida lebih sering dinamakan trigliserol (Adnyana et. al, 2012).

Minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat dialam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik

non-polar, misalnya dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$), Kloroform ($CHCl_3$), benzene dan hidrokarbon lainnya. Minyak dapat larut dalam pelarut tersebut karena minyak mempunyai polaritas yang sama (Adnyana et. al, 2012)

Minyak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu minyak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Satu gram minyak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak, khususnya minyak nabati, mengandung asam-asam lemak essensial seperti asam linoleat, lenolenat, dan arakidonat yang dapat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol. Minyak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E dan K (Ketaren, 1986).

8.2 Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan minyak yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan. Nama ilmiah yang paling umum ialah "Biodiesel" yang mencakup semua bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati maupun lemak hewan, namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati.

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/ FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali,

biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid* / FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat (H_2SO_4) atau asam fosfat (H_3PO_4). Berdasarkan kandungan FFA dalam minyak nabati maka proses pembuatan biodiesel secara komersial dibedakan menjadi 2 yaitu:

- a. Transesterifikasi dengan katalis basa (sebagian besar menggunakan kalium hidroksida) untuk bahan baku refined oil atau minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.
- b. Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kandungan FFA rendah secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan methanol, pencucian dan pengeringan/dehidrasi), pengambilan gliserol sebagai produk samping (asidulasi dan pemisahan metanol) dan pemurnian metanol tak bereaksi secara destilasi/rectification. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun.

Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester.

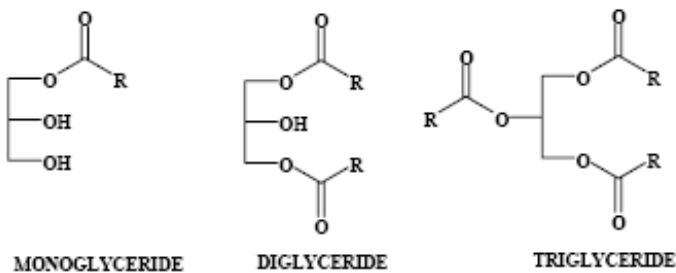
8.2.1 Komposisi minyak nabati

Komposisi yang terdapat dalam minyak nabati terdiri dari trigliserida, trigliserida asam lemak (mempunyai kandungan terbanyak dalam minyak nabati, mencapai sekitar 95%-b), asam lemak bebas (FFA), mono- dan digliserida, serta beberapa komponen-komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral, atau sulfur. Bahan-bahan mentah pembuatan biodiesel adalah:

- Trigliserida-trigliserida, yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak lemak, dan
- Asam-asam lemak, yaitu produk samping industri pemulusan (refining) lemak dan minyak-lemak

1. Trigliserida

Trigliserida adalah triester dari gliserol dengan asam-asam lemak, yaitu asam-asam karboksilat berat atom karbon 6 s/d 30. Trigliserida banyak dikandung dalam minyak dan lemak, merupakan komponen terbesar penyusun minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida. Struktur molekul dari ketiga macam gliserida tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 29. Struktur molekul Gliserida

Sumber: Mittelbach 2004

2. Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati.

Dalam proses konversi trigliserida menjadi alkil esternya melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis basa, asam lemak bebas harus dipisahkan atau dikonversi menjadi alkil ester terlebih dahulu karena asam lemak akan mengkonsumsi katalis. Kandungan asam lemak bebas dalam biodiesel akan mengakibatkan terbentuknya suasana asam yang dapat mengakibatkan korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, membuat filter tersumbat dan terjadi sedimentasi pada injektor. Pemisahan atau konversi asam lemak bebas ini dinamakan tahap preesterifikasi.

8.3 Jenis Minyak Nabati

8.3.1 Minyak Opium (Poppy Seed Oil)

Produksi narkotika di bidang farmasi salah satunya menggunakan bahan baku biji opium atau poppy. Biji opium mengandung 50% minyak nabati. Manfaat lain yakni untuk bahan pelengkap produk bakery. Varian warna biji opium mempunyai banyak warna seperti hitam, putih, abu abu biru, biru tua, abu abu perak dan coklat (Lančaričová et al, 2016; Chmelová et al, 2018). Asam lemak pada opium mencapai 50 – 70% asam linoleat, 16 – 30% asam oleat dan 6 – 16% asam palmitat (Nergiz dan Otles (1994) dan Azcan et al, (2004)).

Kerusakan oksidatif dapat dicegah dengan mengkonsumsi makanan yang mengandung minyak opium, karena mengandung senyawa antioksidan (Bozan dan Temelli, 2008). Namun, menurut Velioglu et al., (1998) minyak biji opium termasuk dalam kelompok asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dan mudah teroksidasi oleh pembentukan radikal bebas, sehingga kehilangan nutrisi dan sifat fungsional dari asam lemak ini.

Kandungan asam lemak pada biji opium dipengaruhi oleh anatomi lapisan epidermis dan warna (Lančaričová et al, 2016). Berdasarkan penelitian Azcan et al. (2004), asam linoleat 69,2% dan asam lemak tak jenuh tertinggi 85,9% terkandung dalam opium putih dan asam linoleat 56,4% dimiliki opium biru.

8.3.2 Minyak Kacang Hazel

Sebanyak 60% lemak terkandung pada kacang hazel (*Corylus avellana* L.) yang banyak ditanam di Turki (Parcerisa et al., 1995). Kacang hazel mempunyai manfaat bagi kesehatan karena mengandung asam oleat, asam linoleat, dan sterol tumbuhan. (Parcerisa et al., 1995; Alasalvar et al., 2003). Komponen utama sterol dalam minyak kacang hazel adalah sitosterol dan terdapat antioksidan alami seperti tokoferol (Parcerisa et al., 1998; Bacchetta et al., 2014). Tokoferol dapat meningkatkan sistem imun, sehingga dapat mencegah penyakit jantung dan beberapa jenis kanker (Dietrich et al., 2006). Hal ini, didukung dengan pernyataan (Fraser et al., 2009), kacang hazel mampu menjaga tekanan darah, mencegah resiko penyakit jantung karena kandungan asam lemak minyak kacang hazel serupa dengan minyak zaitun, yakni tinggi lemak tak jenuh dan rendah lemak jenuh. Kandungan asam lemak minyak kacang hazel mentah adalah asam oleat 72,8%, asam linoleat 7,6%, asam linoleat 0,1%, asam palmitat 4,4%, dan minyak kemiri olahan mengalami peningkatan 83,5% kandungan asam lemak yang mengandung asam oleat 16,6%, asam linoleat 0,13% dan asam palmitat 8,3% (Parcerisa et al., 1998; zdemir et al., 2001; Alasalvar et al., 2003; Benitez-Sanchez et al., 2003). Manfaat lain dari kacang hazel antara lain sebagai saus salad, bahan pelengkap produk makanan, juga sebagai produk kosmetik (Alasalvar et al., 2003). Faktor yang mempengaruhi stabilitas oksidatif minyak kacang hazel yakni tokoferol dan asam lemak tak jenuh tunggal (Zacheo et al, 2000).

8.3.3 Minyak Kelapa Sawit

Ekstrak kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) menghasilkan minyak sawit. Secara alami tumbuh dan tersebar luas di negara beriklim tropis. Salah satu negara produsen utama minyak sawit adalah Indonesia (Wattanapenpaiboon dan Wahlqvist, 2003; Mancini et al., 2015). Kandungan asam lemak minyak sawit adalah 50% lemak jenuh, 40% lemak tak jenuh tunggal, dan 10% lemak tak jenuh ganda (Wattanapenpaiboon dan Wahlqvist, 2003). Mengandung asam palmitat tertinggi sebesar 44%, diikuti oleh asam oleat sebesar 39,2% dan asam linoleat

sebesar 10,1% (Edem, 2002). Proses hidrogenasi minyak sawit dapat menyebabkan penyakit jantung koroner, yang dapat mengarah pada pembentukan lemak tak jenuh trans yang lebih berbahaya daripada lemak jenuh (Mozaffarian et al, 2006).

Kandungan asam palmitat minyak sawit dapat meningkatkan sintesis kolesterol HDL tetapi tidak meningkatkan kolesterol darah (Ebong et al., 1999). Karoten juga terkandung pada minyak sawit berfungsi memelihara jaringan tubuh, mencegah miopia, dan meningkatkan pertumbuhan tubuh. Sitosterol, stigmasterol, dan campesterol merupakan sterol tumbuhan pada minyak sawit secara enzimatis mudah diserap di saluran pencernaan dan diubah menjadi kolesterol. Vitamin E, senyawa antioksidan, juga ditemukan dalam minyak sawit, berfungsi membantu menstabilkan reaksi oksidatif (Wattanapenpaiboon dan Wahlqvist, 2003). Minyak kelapa sawit mempunyai viskositas tinggi disebabkan oleh asam lemak yang sangat jenuh dan dapat menurun pada suhu tinggi (Baroutian, 2010).

Ada dua jenis minyak sawit yang terbuat dari minyak kelapa sawit (CPO), dll., Dengan dua jenis yang terbuat dari minyak kernel sawit mentah yang diperoleh dari buah kelapa sawit atau pusat nuklir batu mentah. Namun, karena CPO memiliki komposisi asam lemak yang cukup tinggi, tingkat topik harus dilakukan oleh fase konversi FFA, yang digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan biodiesel sebelum awalnya merujuk pada langkah esterifikasi. Selain dua jenis minyak sawit di atas, ada juga bagian dari minyak sawit olahan turunan CPO, yaitu minyak sawit yang diputihkan dan dihilangkan baunya (RBDPO). Bedanya, kandungan asam lemak bebasnya sudah sangat rendah dan tidak perlu dilakukan pra-esterifikasi. Komposisi asam lemak bebas dari berbagai minyak yang dapat dihasilkan dari kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 8.1.

Tabel 17. Kandungan Asam Lemak Bebas dari Berbagai Minyak Kelapa Sawit

Minyak	FFA (Free Fatty Acid)
RBD Palm Oil	< 0,1 %
Crude Palm Oil	1-10 %
Palm Fatty Acid Distillate	70-90 %
Crude Palm Kernel Oil	1-10 %
Crude Palm Stearin	1-10 %
Palm Sludge Oil	10-80 %

Sumber: Biodiesel sebagai energi alternatif masa depan, UGM Yogyakarta, 2006

Selain produksi CPO pada sawit lontar, juga terdapat sisa minyak saat sawit lontar diperas. Buah kelapa sawit yang sudah dihaluskan masuk ke proses pemerasan. Proses pengepresan ini bertujuan untuk memisahkan minyak dari ampasnya. Pada proses pengepresan, air panas dialirkan ke mesin pengepres ulir. Ini untuk mengencerkan buah yang diperas agar tidak terlalu keras. Alat press ulir yang digunakan memiliki kapasitas yang dapat diatur dengan mengatur kecepatan putaran ulir. Semakin tinggi tekanan clearance, semakin sedikit minyak dalam sedimen. Daging buah sawit memiliki kandungan minyak 7%, tetapi untuk buah yang bertipe keras (kulit sangat tebal, kandungan minyak buah rendah), perbandingan biji dengan bagian serat jauh lebih tinggi, sehingga kehilangan lebih besar. Kemungkinan benih bersentuhan satu sama lain meningkat. Oleh karena itu, minyak yang terperangkap di antara celah-celah biji tidak akan diperas. Selain itu, tekanan yang diberikan hanya diserap oleh biji. Serat menyerap sangat sedikit gaya tekan dan tidak diekstrusi, meninggalkan lebih banyak minyak dalam serat. Gaya tekan auger cocok untuk tandan buah segar (TBS) dengan rasio biji terhadap buah segar 25:75 atau lebih tinggi (Mangoensoekarjo, 2003).

8.3.4 Minyak Palm Olein

Palm olein dan palm stearin merupakan hasil fraksinasi minyak sawit. Keduanya berbeda dalam komposisi dan kandungan asam lemak. Asam lemak tak jenuh dan senyawa lain seperti digliserida, squalene, karotenoid dan tokoferol terkandung dalam Palm olein. Sedangkan palm stearin mengandung asam lemak jenuh, monogliserida, sterol dan fosfolipid. Kristalisasi suhu rendah, kemudian filtrasi untuk memisahkan fraksi cair dan padat merupakan metode fraksinasi dari palm olein (Gee, 2007). Komponen asam lemak dari asam palmitat antara lain asam palmitat 38,50%, asam oleat 41,13%, dan asam linoleat 11,33% (Anmar, 2016). Palm olein tidak berbau tengik dan tidak mengandung lemak trans atau asam linolenat (Gee, 2007).

8.3.5 Minyak Kedelai

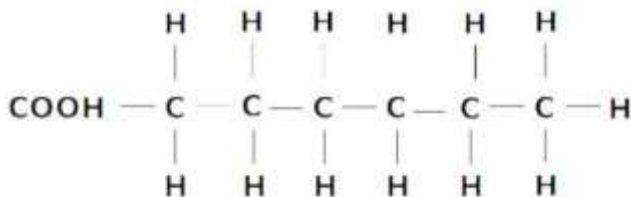
Kandungan minyak kedelai (*Glycine max*) sebesar 20%, tinggi protein dan digunakan sebagai bahan makanan. Minyak kedelai mentah mengandung logam, fosfolipid, dan senyawa lainnya, namun setelah dimurnikan mengandung trigliserida 99% (Woodfield dan Harwood, 2017). Untuk menjaga stabilitas minyak perlu dilakukan degumming, yakni menghilangkan komponen lesitin untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya (O'Brien et al., 2008). Komponen utama asam lemak minyak kedelai adalah asam palmitat 710%, asam oleat 2230%, asam linoleat 5060, dan asam linoleat 59%. Sementara minyak kedelai termasuk dalam kelompok asam lemak tak jenuh ganda yang memiliki manfaat kesehatan menurunkan kolesterol serum dan penyakit kardiovaskular, asam oleat aterosklerosis dan menurunkan kolesterol serum (Wang et al., 1997; Davidson et al., 2000). Dengan metode HPLC, minyak kedelai terdeteksi 686 hingga 1,181 mg/kg tokoferol (Ahmed et al., 2005).

8.4 Karakteristik Asam Lemak Minyak Nabati

8.4.1 Asam Lemak Jenuh

Asam lemak tanpa ikatan rangkap juga disebut sebagai asam lemak jenuh yang tidak mudah teroksidasi. Minyak nabati dengan asam lemak jenuh adalah minyak kelapa dan minyak kelapa sawit. Menurut Mensink (2013), kandungan asam lemak minyak kelapa sawit mengandung 45% palmitat dan 50% laurat. Konsentrasi LDL,

HDL dan kolesterol total dapat meningkat karena adanya laurat dan miristat. Palmitat juga dapat meningkatkan LDL dan kolesterol total, tetapi tidak sebanding dengan laurat dan miristat (Mensink et al, 2003). Asam lemak jenuh dapat memiliki pengaruh buruk pada tubuh, tergantung jenis makanan dan jumlah atom karbon. Jumlah atom karbon adalah SCFA / asam lemak rantai pendek yang memiliki 2 hingga 4 atom karbon, MCFA/ asam lemak rantai sedang dengan 6 hingga 12 atom, dan karbonyl LCFA / asam lemak rantai panjang yakni lebih dari 12 atom karbon (Sartika, 2008). Semakin panjang rantai asam lemak, titik leleh meningkat. Asam butirat mempunyai titik leleh yang rendah, karena rantainya pendek. Berdasarkan metabolisme dan proses pencernaan, LCFA dan MCFA memiliki perbedaan peningkatan kadar kolesterol (de Roos et al., 2001; Lichtenstein et al., 2006; Strayer et al., 2006).

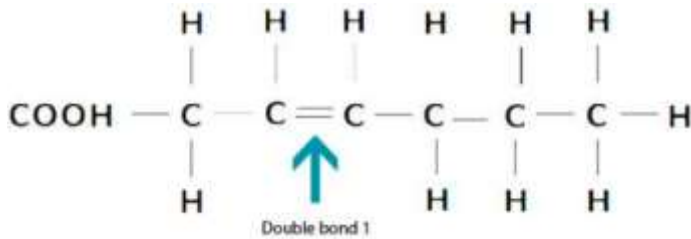


Gambar 30. Asam Lemak Jenuh (Asam Laurat)

Sumber: <https://www.nutritionadvance.com>

8.4.2 Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal dan Jamak

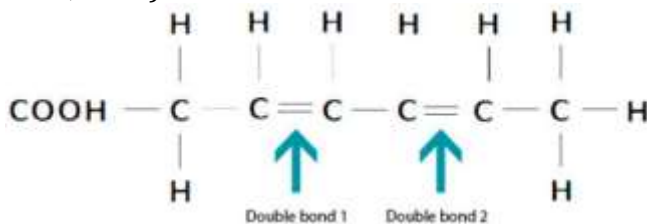
MUFA (asam lemak tak jenuh tunggal) adalah asam lemak yang rantai karbonnya memiliki ikatan rangkap. Minyak canola, minyak kacang tanah, minyak zaitun, minyak almond, minyak wijen dan minyak dedak padi mempunyai komponen utama yakni asam oleat (C18:1, n-9) (Orsavova et al, 2015). Asam lemak tak jenuh berperan menurunkan kadar LDL dan meningkatkan kadar HDL. Konsumsi lemak tak jenuh lebih baik daripada PUFA (Wood et al., 1993) mengatakan bahwa PUFA. Hal ini karena PUFA dapat menurunkan kadar LDL dan HDL. Selain itu, MUFA dapat meningkatkan dan menjaga keseimbangan insulin.



Gambar 31. Asam Lemak Tidak Jenuh Tunggal

Sumber: <https://www.nutritionadvance.com>

Asam lemak yang memiliki dua atau lebih ikatan rangkap pada rantai karbonnya disebut asam lemak tak jenuh. Komponen asam lemak tak jenuh ganda adalah asam linolenat, asam linoleat, asam arakidonat, EPA (*asam eicosapentaenoic*), DHA (*asam docosahexaenoic*). Asam linoleat terdapat pada minyak biji bunga matahari, minyak safflower dan minyak jagung. Sedangkan, asam linolenat ditemukan pada *walnut oil*, *flaxseed oil*, *linseed oil*. Pada minyak ikan mengandung DHA dan EPA. Asam lemak tak jenuh bagi manusia bermanfaat mencegah penyakit jantung koroner, penyakit kardiovaskular, hipertensi dan inflamasi (Strayer et al, 2006; Lunn dan Theobald, 2006).



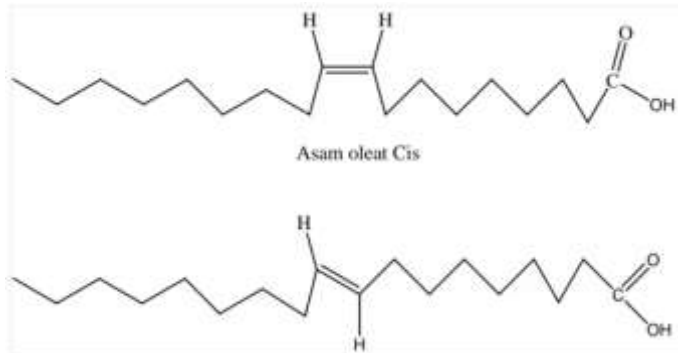
Gambar 32. Asam Lemak Tidak Jenuh Jamak

Sumber: <https://www.nutritionadvance.com>

8.4.3 Asam Lemak Tidak Jenuh Cis dan Trans

Asam lemak tak jenuh berdasar isomer geometri diklasifikasikan menjadi dua, cis dan trans. Posisi atom hidrogen di sisi yang sama dari atom karbon disebut cis, sedangkan posisi atom hidrogen di sisi lain dari rantai karbon disebut trans. Cis memiliki titik leleh rendah, mudah mengalami hidrogenasi, cair pada suhu kamar. Trans bersifat lebih stabil dan tidak mudah terhidrogenasi (Ketaren, 1996; Lunn dan Theobald, 2006; Bozza dan Viola, 2010).

Menurut Mensink dan Katan (1990), mengurangi konsumsi lemak trans dapat menurunkan kadar HDL dan meningkatkan kadar LDL.



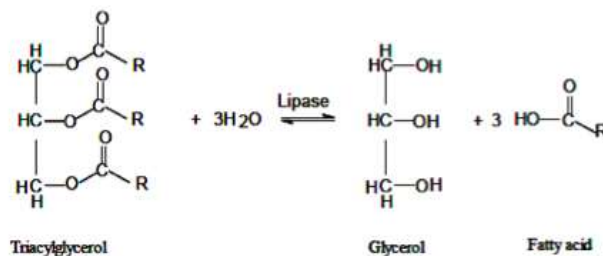
Gambar 33. Struktur Cis dan Trans Asam Oleat
Sumber: Tjeng (2011)

8.5 Reaksi Kerusakan Minyak Nabati

8.5.1 Hidrolisis Lemak

Kerusakan minyak yang disebabkan oleh kelembaban dalam minyak disebut reaksi hidrolisis. Hal ini disebabkan oleh kandungan air pada makanan pada proses penggorengan. Hal ini menyebabkan perubahan kandungan menjadi gliserol dan asam lemak bebas yang ditandai dengan bau “tengik” (Ketaren, 1996).

Pemanasan memicu hidrolisis, membentuk asam lemak bebas dan gliserol. ikatan gliserol akan putus dan menghasilkan komponen akrolein yang menyebabkan iritasi mata. Selain pemanasan, enzim lipase juga mempengaruhi proses hidrolisis, dan asam lemak jenuh dan tidak jenuh juga dapat menghidrolisis lemak (Mamuaja, 2017).



Gambar 34. Reaksi Hidrolisis Enzimatis
Sumber: Kulkarni, 2002

8.5.2 Oksidasi Lemak

Oksidasi lemak adalah kerusakan yang disebabkan oleh paparan langsung oksigen. Ada dua tahap dalam reaksi oksidasi lemak. Dengan kata lain, ini adalah kelanjutan dari tahap awal di mana minyak bersentuhan dengan oksigen untuk menghasilkan hidroperoksida, dan tahap awal di mana hidroperoksida diuraikan untuk menghasilkan aldehida, keton, dan zat organik. asam, volatil dan polimer (Ketaren, 1996).

Proses oksidasi memiliki tiga tahap: awal, propagasi, dan terminasi. Proses inisiasi pertama dibentuk oleh pelepasan hidrogen dari asam lemak dan pembentukan radikal bebas lemak. Radikal asam lemak kemudian bereaksi dengan oksigen untuk membentuk radikal asam lemak peroksi. Radikal bebas peroksil adalah inisiator lain karena mereka mereduksi atom hidrogen dari molekul asam lemak dan melanjutkan ke langkah berikutnya, proliferasi. Langkah propagasi menunjukkan bahwa radikal bebas peroksil membebaskan atom hidrogen dan lipid menjadi bentuk yang lebih stabil, hidroperoksida, dan radikal lipid yang lebih stabil. Selama fase berhenti, hidroperoksida dipecah menjadi aldehida, keton dan alkohol, menghasilkan bau tengik, tetapi proses penghentian dihentikan ketika reaksi antara radikal lipid menjadi lebih stabil atau ketika radikal lipid bereaksi dengan antioksidan meningkat. Menurut Liu dan White (1992) bahwa asam linoleat mudah mengalami oksidasi, pada tahap awal asam lemak dengan ikatan rangkap rangkap lebih sensitif terhadap oksigen. Kandungan PUFA minyak biji anggur sebesar 68,4% memiliki stabilitas oksidatif yang rendah dan nilai asam yang tinggi, acidin, setelah 12 bulan penyimpanan (Maszewska, 2018). Aldehida, hasil oksidasi tahap kedua, menyebabkan ketengikan dan memberikan bau dan rasa yang tidak diinginkan pada minyak (Ketaren, 1996). Minyak yang hanya disimpan juga dapat mengalami oksidasi, yang dikenal dengan periode induksi. Periode induksi adalah waktu di mana oksidasi terjadi, tetapi komposisi minyak sedikit berubah. Jika minyak tidak terkena cahaya, temperatur atau komponen logam, maka masa induksinya akan lebih lama (Budijanto dan Sitanggang, 2010).

Oksidasi dapat dipercepat oleh zat pengoksidasi seperti suhu, cahaya, ozon, asam nitrat, komponen aldehida, dan komponen logam. Suhu tinggi memicu kerusakan minyak, paparan cahaya dalam jangka waktu yang lama dapat menghasilkan aldehida dan keton, menyebabkan bau dan rasa yang tidak diinginkan. Menurut Almeida et.al (2019), penyimpanan pada suhu 4-8°C di lemari es lebih disarankan dibandingkan suhu 26-32°C yang terpapar cahaya dan suhu 20-25°C di tempat tertutup.

Oksidasi thermal terjadi ketika minyak bersuhu tinggi kontak dengan oksigen saat penggorengan. Deep frying merupakan salah satu proses penggorengan dengan menggunakan minyak berlebih hingga menutupi bahan makanan yang digoreng. Kandungan minyak berubah dengan meningkatnya asam lemak terkonjugasi, kandungan oksigen karbonil, pembentukan asam lemak bebas melalui oksidasi ikatan rangkap, dan penurunan titik asap. Penggunaan minyak berulang tidak dianjurkan karena bilangan peroksida meningkat saat pendinginan dan berubah dengan pemanasan ulang (Ketaren, 1996; Strayer et al, 2006).

8.6 Pengujian Kualitas Minyak

8.6.1 Kadar Asam Lemak Bebas (free fatty acid)

Untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam suatu minyak dapat digunakan metode asam lemak bebas. Nilai FFA yang tinggi menunjukkan bahwa minyak telah rusak oleh oksidasi dan kualitas minyak tersebut buruk. Nilai FFA yang rendah menunjukkan bahwa kualitas minyak dalam kondisi baik. Minyak berkualitas buruk menyebabkan gatal di tenggorokan saat dikonsumsi. Metode yang digunakan adalah titrasi dan PP (phenol phthalin) sebagai indikator perubahan warna yang dihasilkan. NaOH digunakan untuk titrasi basa. Dengan cara menambahkan alkohol ke sampel, memanaskannya, dan kemudian menambahkan PP. Kemudian dititrasi dengan NaOH sampai terjadi perubahan warna pink. (Silalahi dkk., 2017).

8.6.2 Bilangan Peroksida

Uji kimia yang digunakan untuk mengukur kerusakan oksidatif minyak disebut bilangan peroksida. Ikatan antara asam lemak tak jenuh dan oksigen akan membentuk peroksida. Bilangan peroksida ditentukan oleh reaksi logam alkali iodida dengan ikatan

peroksida dalam larutan asam. Setelah yodium dilepaskan, dititrasi dengan natrium tiosulfat. Namun, meskipun peroksida bereaksi dengan alkali yodium, kinerja metode peroksida menggunakan iodometri dianggap rendah. Beberapa faktor mungkin menjadi penyebab, seperti reaksi peroksida lain yang tidak sempurna dan reaksi alkali iodida dengan oksigen di atmosfer (Ketaren, 1996). Oleh karena itu, selain metode peroksida, diperlukan metode sekunder untuk mendapatkan hasil yang akurat. Peningkatan bilangan peroksida menunjukkan peningkatan hidroperoksida (Gordon, 2004). Kadar peroksida yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas minyak menurun yang bercirikan aroma “tengik” (Aminah, 2010). SNI 3741:2013 menyatakan, standar bilangan peroksida minyak nabati adalah sampai dengan 10 meq O₂/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I Gede Sila ; Sumiarta , Ketut ; Sudiarta , I Putu
(2012 'Efikasi Pestisida Nabati Minyak Atsiri Tanaman Tropis terhadap Mortalitas Ulat Bulu Gempini *Journal of Tropical Agrotechnology*, 1(1), pp 1-11, <https://ojs.unud.ac.id/index.php/IAT/article/view/1131>
- Ahmed, M. K., Daun, J. K., & Przybylski, R. (2005). 'FT-IR Based Methodology for Quantitation of Total Tocopherols, Tocotrienols and Plastochromanol-8 in Vegetable Oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(5), 359–364. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.12.008>
- Alasalvar, Cesarettin ; Shahidi, Fereidoon ; Liyanapathirana, Chandrika M ; Ohshima,Toshiaki (2003 'Turkish Tumbul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. *Compositional Characteristics Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), pp 3790-6, DOI:[10.1021/jf0212385](https://doi.org/10.1021/jf0212385)
- Almeida, D. T. de., Viana, T.V., Costa, M. M., Silva, C. de. S., dan Feitosa, S. (2019 'Effects of different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and stearin (*Elaeis guineensis*). *Food Science and Technology*, 39(1), 211-217, <https://www.scielo.br/pdf/cta/v39s1/0101-2061-cta-fst43317.pdf>
- Aminah, S. (2010 'Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe pada Pengulangan Penggorengan. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 1(1), 7-14. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JPDG/article/view/141/123>
- Anmar, M.S. (2016 'A Comparative Study on the Antioxidant Activity of TBHQ and Extracts from Rosemary and Oregano on Oxidative Stability of Palm Olein during Deep Fat Frying of Beef Meatballs. *Middle East Journal of Applied Science*, 6(4), 671-681
- Azcan, N. – Ozturk Kalender, B. – Kara, M. (2004 'Investigation of Turkish poppy seeds and seed oils. *Chemistry of*

- Natural Compounds, 40, pp. 370-372. DOI: 10.1023/B:CONC.0000048250.81843.0a
- Bail, S., Stuebiger, G., Unterweger, H., Buchbauer, G., dan Krist, S. (2009) 'Characterization of Volatile Compounds and Triacylglycerol Profiles of Nut Oils Using SPME-GC-MS and MALDI-TOF-MS. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(2), 170-182.<https://doi.org/10.1002/ejlt.200800007>
- Bacchetta, J. et al. (2014) 'Suppression of iron-regulatory hepcidin by vitamin D', *Journal of the American Society of Nephrology*, 25(3), pp. 564-572. doi: 10.1681/ASN.2013040355
- Benítez, S., Sánchez-Quesada, J L., Ribas, V., Jorba, O., Blanco-Vaca, F, González-Sastre, F, Ordóñez-Llanos, J., (2003) 'Platelet-activating factor acetylhydrolase is mainly associated with electronegative low-density lipoprotein subfraction. *Circulation*, 108(1): 92-96
- Bozan, B. – Temelli, F (2008) 'Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, 99, pp. 1559-1568. DOI:10.1007/s11746-013-2303-3
- Bozza, P. T., & Viola, J. P. B. (2010). Lipid droplets in inflammation and cancer. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA), 82(4-6), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2010.02.005>
- Budijanto, S & Sitanggang, A.B. (2010) 'Kajian Keamanan Pangan dan Kesehatan Minyak Goreng. *Jurnal Pangan*, 19(4), 361-372. Bogor. <https://www.jurnalpangan.com/index.php/pangan/article/view/165>
- Chmelova, Daniela ; Ondrejovic, Miroslav; Havrlentova, Michaela (2018) 'Evaluation of polar polyphenols with antioxidant activities in papaver somniferum L, *Journal of Food and Nutrition Research*, 57(1):98-107, <https://www.researchgate.net/publication/324258690>
- Davidson, K. G., Bersten, A. D., Barr, H. A., Dowling, K. D., Nicholas, T. E., & Doyle, I. R. (2000) 'Lung Function, Permeability, and

- Surfactant Composition in Oleic Acid-Induced Acute Lung Injury in Rats. *American Journal Physiology- Lung Cellular and Molecular Physiology*, 279(6),1091-1102. <https://doi.org/10.1152/ajplung.2000.279.6.L1091>
- De Roos, N.M., Bots, M. L., & Katan, M. B. (2001 'Replacement of dietary saturated fat- ty acids by trans fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 21(7), 1233-1237. <https://doi.org/10.1161/hq0701.092161>
- Dietrich LE, Price-Whelan A, Petersen A, Whiteley M, and Newman DK. (2006 'The phenazine pyocyanin is a terminal signalling factor in the quorum sensing network of *Pseudomonas aeruginosa*. *Mol. Microbiol.* 61(5):1308–1321. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2006.05306.x>
- Ebong, P. E., Owu, D. U., dan Isong, E. U. (1999 'Influence of Palm Oil (*Elaeis guineensis*) on Health. *Plant Foods for Human Nutrition*, 53(3), 209–222. <https://doi.org/10.1023/a:1008089715153>
- Edem, D.O. (2002 'Palm Oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57, 319–341 <https://doi.org/10.1023/a:1021828132707>
- Fan, L., dan Eskin, N. A. M. (2015 'The Use of Antioxidants in the Preservation of Edible Oils. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*, 373–388. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-089-7.00015-4>
- Fraser, Diane M, dan M.A Cooper. (2009 'Myles Buku Ajar Bidan. Edisi 14. Jakarta: EGC
- Gee, P.T. (2007 'Analytical characteristics of crude and refined Palm Oil and fractions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4), 373–379. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600264>
- Gordon, M. H. (2004 'Factors Affecting Lipid Oxidation. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 128–141. <https://doi.org//10.1533/9781855739024.1.12>

- Ketaren, S. (1996 'Pengantar Minyak dan Lemak Pangan, UI Press, Jakarta.
- Kulkarni, N. (2002 'Studies on lipase enzyme from *Pseudomonas fluorescens* NS2W. Thesis. University of Pune, India.
- Lančaričová, A. – Havrlentová, M. – Muchová, D. – Bednářová, A. (2016 'Oil content and fatty acids composition of poppy seeds cultivated in two localities of Slovakia. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 62, pp. 19-27. DOI: 10.1515/agri-2016-0003
- Lichtenstein, A. H., Lawrence J.A., Michael, B., Mercedes, C., Stephen, D., Harold, A., Barry, F., Penny K., William S.H., Barbara, H., Njeri, K., Michael, L., Lawrence, R., Frank, S., Linda, V.H., Mary, W., dan Judith, W. (2006 'Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114(1), 82-96.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.176158>
- Liu, H.R., & White, P.J. (1992 'Oxidative stability of soybean oils with altered fatty acid compositions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(6), 528-532.
<https://doi.org/10.1007/bf02636103>
- Lunn, J., dan Theobald, H. E. (2006 'The health effects of dietary unsaturated fatty acids. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.0> Mamuaja, C.F. (2017 'Lipida. Unsrat Press. Manado <http://repo.unsrat.ac.id/2031/1/LIPIDA.pdf>
- Mancini, Annamaria; Imperlini, Esther; Nigro, Ersilia; Concetta Montagnese; Daniele, Aurora; Orru, Stefania; Buono, Pasqualina, (2015 'Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health *Molecules*, 20(9), 17339-17361; <https://doi.org/10.3390/molecules200917339>
- Mangoensoekarjo, S. (2003 'Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit. Yogyakarta Universitas Gadjah Mada Press
- Maszewska, M., Florowska, A., Dłużewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K., & Żbikowska, A. (2018 'Oxidative Stability of Selected Edible Oils. *Molecules* (Basel,

- Switzerland), 23(7), 1746.
<https://doi.org/10.3390/molecules23071746>
- Mensink, R.P.; Zock, P.L.; Kester, A.D.; Katan, M.B. (2003 'Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, 77, 1146–1155.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1146>
- Mensink, R. P., & Katan, M.B. (1990 'Effect of Dietary trans Fatty Acids on High- Density and Low-Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Healthy Subjects. *New England Journal of Medicine*, 323(7), 439–445.
<https://doi.org/10.1056/nejm199008163230703>
- Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willent WC, (2006 'Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *N Engl J Med* ;354, 1601-13.
<https://doi.org/10.1056/nejmra054035>
- Nergiz, C. – Ötleş, S. (1994 'The proximate composition of some minor constituents of poppy seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66, 1994, pp. 117–120. DOI: 10.1002/jsfa.2740660202
- O'Brien, R. D. (2008). Soybean Oil Purification. Soybeans: Chemistry, Production, Processing, and Utilization
<https://doi.org/10.1016/b978-1-893997-64-6.50015-9>
- Obibuzor, J.U.; Okogbenin, E.A.; Abigor, R.D. (2012 'Oil recovery from palm fruits and palm kernl. In *Palm Oil: Production, Processing, Characterization and Uses*; Lai, O.-M., Tan, C.-P., Akoh, C.C., Eds.; AOCS Press: Urbana, IL, USA; pp. 299–328.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50014-9>
- Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J., Vicha, R., dan Mlcek, J. (2015). Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 12871-12890. <https://doi.org/10.3390/ijms160612871>
- Özdemir, Murat; Açıkur, Filiz ; Yıldız, Mustafa; Löker, Gül Biringen, (2001 'Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts

- (*Corylus Avellana* L.), *Food Chemistry* 73(2): pp 185-190, DOI:10.1016/S0308-8146(00)00260-0
- Parcerisa, J;^aRafecas, M; ^aCastellote, A. I; ^aCodony, R^a; Farràn. A^b; Garcia, J^c; Gonzalez, C^c; López, A^d; Romero, A^e. (1995 'Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) from Spain: (III) oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu), *Food Chemistry*, 53(1), pp.71-74, DOI: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)95789-9](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)95789-9)
- Parcerisa, Javier a; Richardson, Daryl G b; Rafecas, Magdalena a; Codony, Rafael a; Boatella, José a, (1998 'Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) harvested in Oregon (USA) *Journal of Chromatography A*, 805(1-2), pp 259-268, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00049-1)
- Roboguru, (2022 'Struktur Minyak, https://roboguru.ruangguru.com/question/di-dalam-kehidupan-kita-sering-menggunakan-benda-benda-yang-tergolong-senyawa-benda_QU-JWHLT2I2
- Tjeng, Melissa. (2011 'Skrripsi. Perbandingan Kandungan Lemak Trans Pada Pembuatan Coating Fat Dari Minyak Inti Sawit Melalui Reaksi Hidrogenasi Parsial, Interesterifikasi Dan Metode Blending. Universitas Sumatera Utara
- Silalahi, R.L.R., Sari, D.P., dan Dewi, I.A. (2017 'Pengujian Free Fatty Acid (FFA) dan Colour untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41-50. <https://industria.ub.ac.id/index.php/industri/article/view/243>
- Wang, T., Hammond, E. G., & Fehr, W. R. (1997 'Phospholipid Fatty Acid Composition and Stereospecific Distribution of Soybeans with a Wide Range of Fatty Acid Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(12), 1587–1594. <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0082-4>
- Wood, R., Kubena, K., O'Brien, B., Tseng, S dan Martin, G. (1993 'Effect of butter, mono- and polysaturated fatty acid enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid

- margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J. Lipid Res*, 34(1), 1-11.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8445333/>
- Mensink, R. P. (2013) 'Fatty Acids: Health Effects of Saturated Fatty Acids. *Encyclopedia of Human Nutrition*, 215-219. doi:10.1016/b978-0-12-375083-9.00101-x.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-375083-9.00101-x>
- Mittelbach, M. dan C. Remschmidt. (2004) 'Biodiesel: The Comprehensive Handbook (First ad.). Graz: Boersedruck Ges. M.b.H.
- Sartika, R.A.D. (2008) 'Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh, dan Asam Lemak Trans terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 2(4) <https://bit.ly/3nlgoo7>
- Strayer, D. (2006) 'Food fats and oils (9th ed.). Washington, DC: Institute of Shortening and Edible Oils, <http://www.iseo.org/httpdocs/Publications/FoodFatsOils2006.pdf>
- Velioglu, Y. S. – Mazza, G. – Gao, L. – Oomah, B. D. (1998) 'Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, pp. 4113-4117. DOI: 10.1021/JF9801973
- Wattanapenpaiboon, Naiyana ; Wahlqvist, Mark W, (2003) 'Phytonutrient deficiency: the place of palm fruit, *Asia Pac clin Nutr*, 12(3): 363-8
- Zacheo, G., Cappello, M. S., Gallo, A., Santino, A., & Cappello, A. R. (2000). Changes associated with post-harvest ageing in almond seeds. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 33(6), 415-423.

BAB IX

DETEKSI KERUSAKAN MINYAK DAN LEMAK

Oleh Nadhifah Al Indris

9.1 Pendahuluan

Lipid berdasarkan sifat kelarutannya, merupakan senyawa biomolekul hidrofobik (tidak larut air), melainkan larut dengan pelarut organik yang bersifat non polar seperti n-heksana, ether, benzena, atau kloroform. Sedangkan berdasarkan struktur kimianya, lipid merupakan molekul yang tersusun atas triester. Triester ini dibentuk dari asam lemak dan gliserol, sehingga senyawa triester juga bisa disebut sebagai trigliserida. Senyawa-senyawa yang masuk dalam golongan lipid adalah vitamin, sterol, lilin (waxes), fosfolipid, asam lemak, dan trigliserida (minyak/lemak). Minyak atau lemak adalah salah satu jenis lipid yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat sbagai bahan makanan, terutama minyak goreng. (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Trigliserida ada yang berwujud cair, yang biasa disebut dengan minyak, dan ada yang berwujud padat, yang biasa disebut sebagai lemak. Bentuk padat/cair pada trigliserida tergantung dari jenis asam lemak penyusunnya. Minyak nabati secara umum berwujud cair karena struktur kimianya tersusun atas asam lemak tak jenuh seperti, asam palmitoleat, oleat, dan linoleat. Sedangkan minyak hewani secara umum berbentuk padat karena struktur kimianya tersusun dari asam lemak jenuh, seperti asam laurat, miristat, dan stearat (Ketaren, 1989). Minyak nabati dengan kandungan asam lemak tak jenuh (terlebih lagi asam lemak tak jenuh ganda / lebih dari 1 ikatan rangkap), lebih sehat untuk dikonsumsi daripada minyak dengan struktur asam lemak jenuh. Asam lemak tak jenuh dapat menurunkan kadar LDL (Low Density Lipoprotein) atau kolesterol jahat dalam darah (Wahjuni, 2013).

Minyak nabati yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan sehari-hari antara lain, minyak dari sawit, kelapa, kanola, biji bunga matahari, jagung, wijen, dan kedelai. Sekitar 70% kebutuhan minyak goreng dihasilkan dari minyak sawit, 20% dari minyak kelapa, dan sisanya minyak nabati yang lain dengan tingkat konsumsi lebih kecil (Ketaren, 1989). Minyak kelapa sawit setelah proses pengolahan akan menghasilkan 22,1–22,2% rendemen dengan kadar FFA (Free Fatty Acid) / asam lemak bebas sebesar 1,7%–2,1%. Kelapa memiliki komposisi 40–60% minyak, yang dapat diolah dengan metode fermentasi untuk dijadikan minyak goreng. Hasil rendemen minyak kelapa berkisar 28,78% dengan kadar asam lemak bebas sebesar 0,87% (Hernawati dan Jirana, 2018).

Konsumsi minyak makanan di seluruh dunia, baik itu untuk minyak goreng, farmasi, dan oleochemical pada tahun 2016 mencapai 166,5 juta ton, pada tahun 2020 meningkat menjadi 232,4 juta ton, dan kebutuhan minyak makanan ini akan terus meningkat di setiap tahunnya, diiringi dengan pertambahan jumlah penduduk (Kemendag, 2021). Konsumsi minyak makanan yang begitu besar menjadikan dasar penulisan deteksi kerusakan minyak dan lemak, agar masyarakat lebih berhati-hati dalam memilih minyak makanan dan mengetahui apakah minyak tersebut sudah rusak atau masih layak untuk dikonsumsi, berdasarkan tanda-tanda kerusakannya yang dapat diamati dengan analisis organoleptis ataupun analisis di laboratorium.

9.2 Metodologi Penulisan

Deteksi kerusakan minyak dan lemak ditulis dengan metode studi literatur dari berbagai buku, dan sebagian berasal dari jurnal ilmiah hasil dari penelitian yang dipublikasikan. Rumusan masalah yang dibahas dalam bab ini adalah :

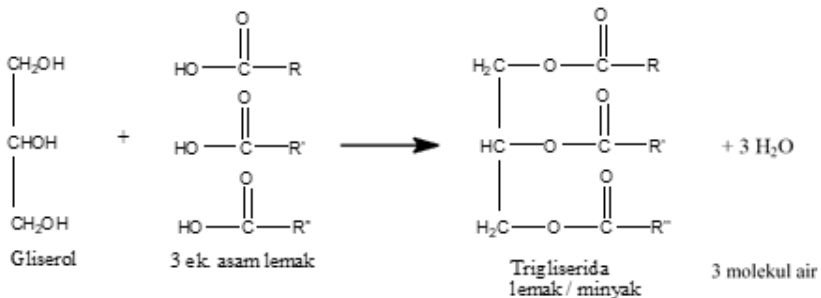
- a. Struktur kimia dari minyak/lemak (trigliserida), asam lemak jenuh dan tak jenuh.
- b. Kualitas minyak goreng berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI).
- c. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan minyak.

- d. Analisis kerusakan minyak secara organoleptis dan uji laboratorium.
- e. Hal-hal yang bisa dilakukan untuk menghambat kerusakan minyak.

9.3 Pembahasan

9.3.1 Struktur Kimia dari Minyak/Lemak (Trigliserida), Asam Lemak Tak Jenuh dan Jenuh

Minyak dan lemak sama-sama memiliki struktur kimia yang sama, yaitu trigliserida. Trigliserida adalah senyawa ester yang terbentuk dari gliserol dan tiga asam lemak (Gambar 9.1). Secara umum minyak dan lemak dibedakan berdasarkan bentuk fisiknya, sumbernya, titik leleh, dan asam lemak penyusunnya (Tabel 17.).



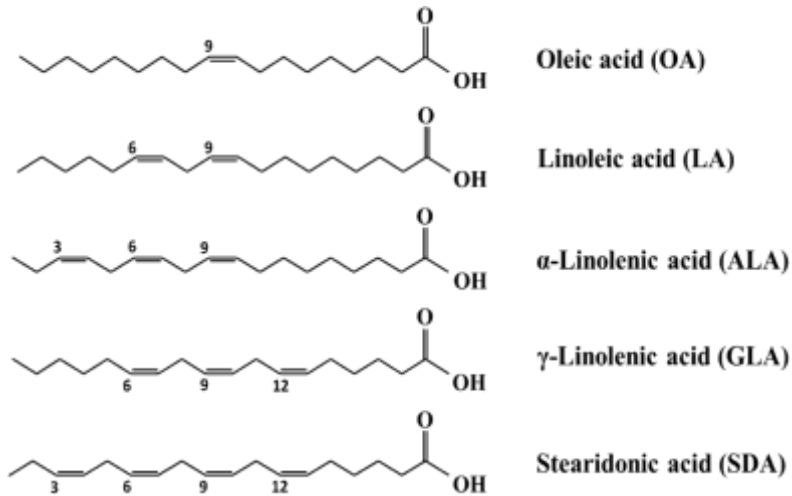
Gambar 35. Pembentukan Trigliserida dari 3 Ekuivalen Asam Lemak dan Gliserol (Sumber : Mamuaja, 2017)

Tabel 18. Perbedaan Minyak dan Lemak

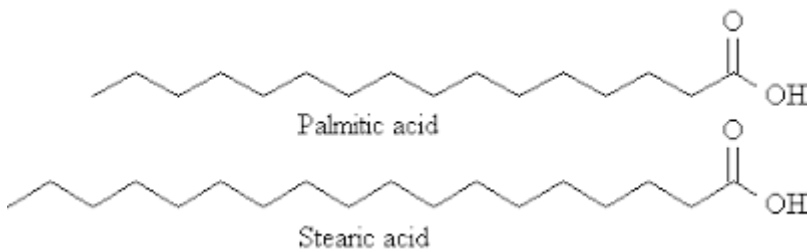
No.	Faktor Pembeda	Minyak	Lemak
1	Bentuk fisik	Cair	Padat
2	Sumber (umumnya)	Nabati	Hewani
3	Titik leleh	Rendah	Tinggi
4	<i>Struktur fatty acid</i>	Tak jenuh	Jenuh

Asam karboksilat rantai panjang yang berada di dalam minyak, disebut sebagai asam lemak. Asam lemak tak jenuh memiliki struktur (C=C) / ikatan rangkap dua, sedangkan asam lemak jenuh ikatan karbonnya tunggal (C-C). Asam lemak tak jenuh

contohnya adalah asam stearidonat, oleat, linoleat, dan linolenat. Asam lemak jenuh, contohnya antara lain asam butirat, palmitat, dan stearat. Struktur asam lemak tak jenuh dan asam lemak jenuh dapat dilihat pada Gambar 36 dan 37.



Gambar 36. Struktur Asam Lemak Tak Jenuh
(Sumber : Mulyani dn Sujarwanta, 2018)



Gambar 37. Struktur Asam Lemak Jenuh
(Sumber : Mulyani dan Sujarwanta, 2018)

Pada dasarnya minyak dan lemak itu sama-sama trigiserida, hidrofobik, dan larut dalam pelarut non polar. Berdasarkan Tabel 9.1, minyak memiliki titik leleh lebih rendah, sehingga wujudnya cair, sedangkan lemak titik lelehnya lebih tinggi bentuknya padat. Lemak hewani biasanya ditambahkan pada makanan berkuah seperti sup, atau ditambahkan pada minyak goreng, untuk menambahkan cita rasa gurih. Karena lemak tersusun atas asam

lemak jenuh, akan cenderung lebih mudah rusak daripada minyak memiliki kandungan asam lemak tak jenuh. Secara umum faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan minyak dan lemak makanan itu sama, sehingga pada bahasan selanjutnya kita bisa menuliskan dengan minyak saja untuk mewakili keduanya.

9.3.2 Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI)

Kebutuhan minyak makanan yang paling banyak adalah untuk menggoreng, oleh karena itu disebut sebagai minyak goreng. Minyak goreng yang baik memiliki standart mutu yang diatur oleh pemerintah. Badan Standarisasi Nasional (BSN), menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 3741-2013, mengenai kualitas / mutu minyak goreng, disajikan pada Tabel 18. Standar tersebut menetapkan acuan normatif untuk minyak goreng nabati dengan kandungan utama trigliserida, berbentuk cair / semi padat, melalui perubahan kimiawi ataupun tidak, yaitu pendinginan, reaksi hidrogenasi, dan telah dimurnikan

Tabel 19. Standar Mutu Minyak Goreng (SNI-3741-2013)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan Fisik		
1.1	Aroma / Bau	-	Normal
1.2	Cita rasa	-	Normal
1.3	Warna	-	Putih bening, kuning pucat sampai kuning
2	Kadar air	% b/b	Maksimal 0,1
3	Bilangan peroksida	mEq O ₂ /kg	Maksimal 10
4	Bilangan asam	mg KOH/g	Maksimal 0,6
5	Minyak pelikan**	-	Negatif
6	Komposisi asam lemak, diukur sebagai asam linolenat (C18:3)	%	Maksimal 2,0

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
7	Kandungan logam berat :		
7.1	Raksa (Hg)	ppm	Maksimal 0,05
7.2	Arsen (As)	ppm	Maksimal 0,1
7.3	Timbal (Pb)	ppm	Maksimal 0,1
7.4	Kadmium (Cd)	ppm	Maksimal 0,2
7.5	Timah (Sn)	ppm	Maksimal 40,0/250*
CATATAN * dikemas dengan kaleng			
CATATAN** tidak bisa mengalami reaksi penyabunan / minyak mineral			

9.3.3 Faktor-faktor yang Menyebabkan Kerusakan Minyak Goreng

Minyak yang telah dipakai untuk menggoreng atau yang disimpan terlalu lama akan mengalami penurunan kualitas. Beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan minyak, antara lain :

1. Hidrolisis

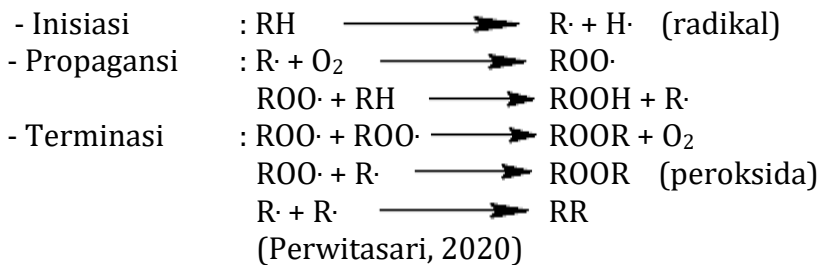
Minyak yang sudah dipakai untuk menggoreng, akan mengalami reaksi hidrolisis trigliserida yang terpecah menjadi *free fatty acid* (FFA) / asam lemak bebas, dan mengakibatkan titik didihnya menjadi lebih rendah dari semula. Oleh karena itu pada penggorengan kedua tidak boleh menggunakan suhu yang tinggi. Minyak akan mengalami degradasi, atau perubahan struktur kimia jika dipanaskan lebih dari 200°C (Winarno, 2004).

2. Menyerap bau dari lingkungan

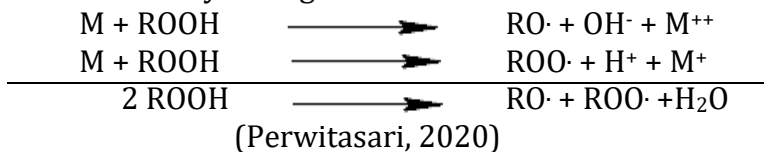
Minyak memiliki sifat yang mudah menyerap bau dari lingkungannya, seperti dari wadah penyimpanan, udara, makanan, dan sebagainya. Minyak yang sudah berbau jika bercampur dengan minyak yang baru, semua akan ikut berbau dan menyebabkan kualitas minyak menjadi buruk (Winarno, 2004).

3. Oksidasi

Reaksi oksidasi minyak menghasilkan senyawa peroksida, yang selanjutnya berubah menjadi aldehid atau keton, yaitu senyawa yang menyebabkan bau tengik. Faktor-faktor yang menyebabkan reaksi oksidasi antara lain ketersediaan oksigen, cahaya, peroksida, wadah penyimpanan dan suhu penggorengan (Winarno, 2004). Setiap kenaikan 15°C pada saat proses penggorengan, akan menaikkan laju oksidasi sebesar 2x lipat. Aerasi, atau masuknya oksigen dari udara ke dalam minyak juga dapat mempercepat laju oksidasi. Reaksi autooksidasi minyak goreng dimulai dari pembentukan radikal bebas, dan diakhiri dengan terbentuknya peroksida. Reaksinya dapat dilihat dibawah ini :



Cemaran logam berat pada minyak seperti Cu, Mn, Pb, atau Fe, juga dapat memicu reaksi oksidasi dengan membentuk radikal RO dan ROO. Reaksinya sebagai berikut :



9.3.4 Analisis Kerusakan Minyak Secara Organoleptis dan Uji Laboratorium

Minyak goreng yang digunakan berulang, pada suhu tinggi, dan ditambah adanya oksigen akan menyebabkan kerusakan, yaitu terbentuknya asam lemak bebas (FFA), peroksida, dan lemak trans. Mengonsumsi minyak yang rusak, akan menimbulkan gangguan pada kesehatan, diantaranya adalah meningkatnya kadar *tumor necrosis factor* (TNF) creactive protein, kolesterol jahat / LDL (*Low Density*

Lipoprotein), dan resiko penyakit jantung (Mongi, dkk., 2016). Padahal konsumsi minyak goreng, yang digunakan secara berulang, di Indonesia masih cukup tinggi. Hasil penelitian di Kota Makassar tentang penggunaan minyak goreng yaitu, 61,2% masyarakat menggunakan minyak goreng sebanyak 2 kali perulangan, 19,6% menggunakan 3 kali pengulangan, 5,4% menggunakan 4 kali perulangan, dan sisanya lebih dari 4 kali perulangan (Martiano, dkk., 2007). Mengingat bahwa penggunaan minyak goreng bekas pada yang suhu tinggi dapat membahayakan kesehatan, maka perlu adanya edukasi atau pemberian informasi kepada masyarakat tentang deteksi kerusakan minyak/lemak secara organoleptis, dan analisis laboratorium jika mungkin untuk dilakukan, agar masyarakat dapat terhindar dari resiko kesehatan yang diakibatkan dari konsumsi minyak goreng bekas. Tanda-tanda kerusakan minyak yang dapat dianalisis secara organoleptis, yaitu :

1. Warna

Menurut SNI-3741-2013, minyak goreng yang baik berwarna putih bening, kuning pucat, atau kuning. Sedangkan minyak goreng yang rusak berwarna coklat kehitaman. Biasanya terdapat remah-remah makanan yang menyebabkan minyak goreng menjadi lebih gelap dan keruh.

2. Aroma

Minyak goreng yang baik berbau normal seperti minyak pada umumnya menurut SNI-3741-2013. Sedangkan minyak goreng yang rusak berbau tengik, yang merupakan efek dari senyawa aldehid dan keton dari reaksi oksidasi. Minyak goreng mudah menyerap bau, walaupun tidak berbau tengik, minyak goreng bisa dikatakan rusak jika digunakan beberapa kali dan bercampur dengan aroma dari berbagai jenis makanan ataupun bau lain yang tidak normal.

3. Tekstur

Minyak goreng yang baik berbentuk cair dan agak kental dengan nilai kerapatan (ρ) 858 – 877 kg/m³ dan viskositas (η) 3,98×10³ – 4,71×10³ Ns/m². Minyak goreng yang telah dipakai berulang akan mengalami perubahan struktur dari molekul besar trigliserida menjadi asam lemak bebas yang

molekulnya lebih kecil. Oleh karena itu kerapatannya pun menjadi berkurang dan nilai viskositasnya juga menurun. Dengan kata lain, minyak goreng bekas teksturnya mejadi lebih encer daripada minyak goreng baru. Terkecuali minyak goreng bekas yang tercampur dengan lemak hewan dari proses menggoreng daging, ayam, atau ikan, akan memiliki tekstur yang lebih kental (Sutiah, dkk., 2008).

4. Rasa

Minyak goreng yang baik memiliki rasa yang normal seperti minyak pada umumnya menurut SNI-3741-2013. Sedangkan minyak goreng yang rusak memiliki citarasa yang tidak enak dan menyebabkan gatal di tenggorokan. Minyak yang dipanaskan secara berulang akan menghasilkan akrolein (2-propenal). Akrolein ini merupakan senyawa aldehid yang bersifat iritan, sehingga tenggorokan kita mengalami iritasi jika mengkonsumsi makanan yang digoreng dengan minyak bekas / minyak dengan kualitas buruk.

Sedangkan deteksi kerusakan minyak di laboratorium meliputi analisis kadar air, bilangan peroksida, asam lemak bebas / *free fatty acid* (FFA), cemaran logam berat, kerapatan (ρ), dan viskositas (η). Analisis kadar air diukur menggunakan thermogravimetri, bilangan peroksida menggunakan metode iodometri, FFA menggunakan metode titrasi asam – basa, cemaran logam berat menggunakan spektrofotometer UV-Visible atau spektrofotometer serapan atom (SAA), densitas / kerapatan (ρ) diukur dengan cara menimbang massa (kg) dan dibagi dengan volume (m^3), dan viskositas (η) diukur menggunakan alat viskosimeter ostwald. Hasil analisis kadar air, bilangan peroksida, FFA, dan cemaran logam berat, dapat dibandingkan dengan SNI-3741-2013 pada Tabel 9.2, untuk mengetahui apakah minyak goreng sudah rusak atau masih layak dikonsumsi.

9.3.5 Hal-hal yang Bisa Dilakukan untuk Menghambat Kerusakan Minyak

Kerusakan minyak dapat dicegah, salah satunya dengan cara menyimpannya dalam wadah gelap, tertutup rapat, dan suhu ruang, untuk menghindarkan minyak berkontak dengan cahaya dan oksigen, sehingga dapat menghambat reaksi oksidasi dan mencegah ketengikan. Usahakan wadahnya terbuat dari alumuni-um atau stainless steel agar minyak terhindar dari bau plastik.

Menggoreng bahan makanan dengan metode *pan frying*, yaitu menggunakan sedikit minyak secara perlahan-lahan pada suhu rendah, lebih baik dari pada metode *deep frying*, yaitu menggoreng dengan minyak yang banyak, hingga semua bahan makanan terendam pada suhu 150-205 °C. Metode *pan frying*, selain menjadikan makanan lebih sehat karena mengandung sedikit minyak, juga bisa menghemat penggunaan minyak goreng, dan tidak menghasilkan jelantah (Wahjuni, 2013).

Masalahnya tidak semua bahan makanan bisa dimasak dengan metode *pan frying*. Contohnya menggoreng krecek kerupuk, rempeyek, donat, keripik, ayam atau jamur krispi, harus menggunakan minyak yang cukup banyak dengan metode *deep frying*, sehingga menghasilkan minyak jelantah dari penggorengan pertama. Masyarakat Indonesia rata-rata menggunakan minyak secara berulang 2 sampai 4 kali pemakaian (Martiano, dkk., 2007). Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk memperbaiki kualitas minyak jelantah agar bisa digunakan kembali dengan kondisi yang baik, yaitu penambahan adsorben dan antioksidan (Perwitasari, 2020). Adsorben merupakan material padat berpori yang dapat menyerap pengotor, yaitu warna, bau, peroksida, kadar air, dan FFA. Sedangkan antioksidan ialah suatu senyawa yang dapat menghambat laju reaksi oksidasi, contohnya vitamin-E, dan vitamin-C (Ketaren, 1989). Buku ini menyajikan beberapa contoh perbaikan kualitas minyak jelantah menggunakan metode adsorben dan antioksidan, yang diambil dari jurnal ilmiah Nasional.

500 gram arang aktif yang ditambahkan pada proses penyaringan minyak goreng bekas, mampu menurunkan kadar air sebesar 1,03%, FFA 0,05%, dan bilangan peroksida 0,71 mEqO₂/kg (Prarudiyanto, 2015). Hasil penelitian lain yang telah dilakukan oleh

(Pardede dan Mularen, 2015) yaitu, 10 gram serbuk cangkang telur berukuran 30 mesh yang diaktivasi pada suhu 700°C, ditambahkan pada 500 mL minyak goreng bekas, diaduk dengan kecepatan 8 rpm (*radian per minute*) selama 50 menit, mampu menurunkan bilangan peroksida dari 40 mEqO₂/kg menjadi 7 mEqO₂/kg (sesuai SNI-3741-2013), bilangan asam dari 7,3 mgKOH/g menjadi 0,3 mgKOH/g (sesuai SNI-3741-2013), dan kadar air dari 0,4% menjadi 0,0% (sesuai SNI-3741-2013). Berdasarkan dua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan adsorben pada kondisi yang maksimum mampu memperbaiki kualitas minyak jelantah, bahkan ada yang sampai dengan standar SNI.

Penambahan 50 mg vitamin E pada 150 gram minyak jelantah mampu menurunkan FFA sebesar 0,06%, kadar air sebesar 1,01%, dan bilangan peroksida sebesar 4,00 mEqO₂/kg (Prarudiyanto, dkk., 2015). Penelitian selanjutnya mengenai uji organoleptis minyak goreng bekas terhadap 30 panelis wanita berusia 30–40, yaitu 70% menyatakan tidak suka dan 30% netral. Setelah minyak goreng bekas tersebut didiberi 50 gram buah mengkudu potong lalu dipanaskan selama 15 menit dan disaring, hasil uji organoleptisnya, adalah 60% menyatakan suka, 10% tidak suka, dan 30% netral (Misrawati, dkk., 2015). Berdasarkan dua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa, penambahan antioksidan juga mampu memperbaiki kualitas minyak goreng bekas.

9.3 Kesimpulan

1. Kerusakan minyak/lemak disebabkan oleh reaksi hidrolisis, tercemar bau dari lingkungan, dan reaksi oksidasi.
2. Analisis kerusakan minyak secara orgaleptis berupa warna, bau/aroma, tekstur/kekentalan, dan rasa.
3. Analisis kerusakan minyak di laborarium, yaitu bilangan peroksida, asam lemak bebas / free fatty acid (FFA), cemaran logam berat, kerapatan (ρ), dan viskositas (η).
4. Hal-hal yang bisa dilakukan untuk mencegah kerusakan minyak antara lain penambahan antioksidan dan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Fessenden, R. J., and J. S. Fessenden. (1982). *Kimia Organik*. Jilid 1 Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Hernawati, D. dan Jirana. (2018). Analisis Asam Lemak Bebas dan Kolesterol pada Minyak Kelapa Hasil Fermentasi. *Jurnal Saintifik*. 4(02). pp 194 – 199. doi: 10.31605/saintifik.v4i2
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2021). *Profil Komoditas Minyak Goreng*. pp. 3 – 9. Available at : https://ews.kemendag.go.id/sp2kp-landing/assets/pdf/120116_ANK_PKM_DSK_Minyak.pdf
- Ketaren, S. (1986). *Pengantar teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Edisi 1. UI – Press. Jakarta
- Mamuaja, C. F., (2017). *LIPIDA*. Unsrat Press. Manado. pp. 11 – 64.
- Martianto D., Sumedi E., Soekatri M., Herwati T. (2007). *Marketing and Distribution Survey of Cooking Oil at Makassar City*. Koalisi Fortifikasi Indonesia
- Misrawati, Retnowaty, S. F., dan Yulia F. (2015). Uji Karakteristik Fisis, pH dan Organoleptik pada Minyak Jelantah dengan Penambahan Buah mengkudu (*Morinda citrifolia*). *Jurnal Photon*. 5(02). pp. 21 – 28. doi: 10.37859/jp.v5i2.582
- Mongi, J. J., Mamuaja, C. F., dan Salindeho, N. (2016). Kajian Tingkat Kerusakan Minyak Kelapa Tradisional yang Digunakan Berulang terhadap Sifat Organoleptik Keripik Pisang Goroho (*Musa acuminate, sp*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 4(02). pp. 37 – 45. Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/itp/article/view/1530>.
- Mulyani, H. R. A. dan Sujarwanta, A. (2018). *Lemak dan Minyak*. UM Metro Press. Lampung. pp. 3 – 11.
- Pardede, E. P. dan Mularen, A. (2015). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Berbasis Cangkang Telur. *Jurnal Atmosphere*. 1(01). pp. 8 – 16. doi: 10.36040/atmosphere.v1i1.2956
- Perwitasari, D, S. (2020). *Teknologi Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas*. CV Mitra Abisatya. Surabaya.
- Prarudiyanto, A., Basuki, E., Alamsyah, A., Handito, D. (2015).

Karakteristik Kimia dan Organoleptik Minyak Goreng Bekas Hasil Penyaringan dengan Penambahan Vitamin E. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 3(01). pp. 102 – 111. Available at : <https://media.neliti.com/media/publications/97636-ID-karakteristik-kimia-dan-organoleptik-min.pdf>

Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Standar Nasional Indonesia Minyak Goreng*. Nomor 3741-2013. Jakarta.

Sutiah, K., Firdausi, S., dan Budi, W. S. dkk. (2008). Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Berkala Fisika – Jurnal Fisika Teori, Eksperimen, Fisika Aplikasi*. 11(02). pp. 53 – 58. Available at : https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/2981/2665

Yogyakarta. Wahjuni, S. (2013). *Metabolisme Biokimia*. Udayana University Press. Denpasar – Bali. pp. 52 – 86.

Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

BAB X

ANALISIS LEMAK/MINYAK

Oleh Patimah

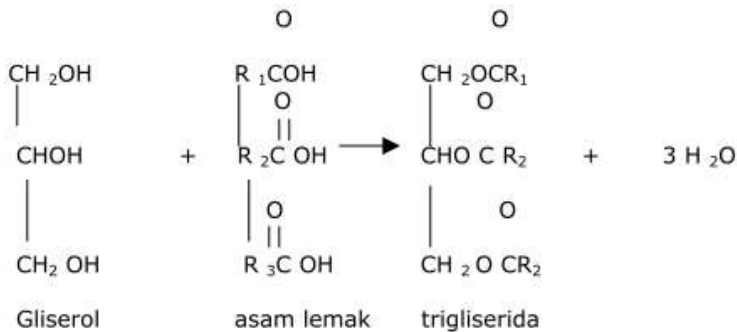
10.1 Pendahuluan

Lemak dan minyak merupakan zat yang sangat penting untuk kesehatan tubuh manusia. Lemak dan minyak lebih efektif sebagai sumber energi bila dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Dalam satu gram minyak menghasilkan 9 kalori/gram bila dibandingkan karbohidrat dan protein hanya 4 kalori/gram (Ulfa *et al.*, 2017). Lemak dan minyak termasuk golongan lipida yaitu merupakan senyawa organik yang mempunyai sifat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik seperti eter, benzene, kloroform. Lemak merupakan bahan padat bila dalam suhu ruang, tidak mempunyai ikatan rangkap dan mempunyai titik lebur yang tinggi. Sedangkan minyak pada suhu ruang merupakan bahan cair dan mempunyai sifat tidak jenuh. Minyak mempunyai satu ikatan rangkap atau lebih diantara karbon atomnya sehingga mempunyai titik lebur yang rendah (Apriyanto, 2021).

Berdasarkan sumbernya lemak dan minyak berasal dari tanaman (minyak nabati) dan hewan (lemak hewani). Minyak dan lemak dari nabati didapat dari biji-bijian palawija contohnya minyak jagung, biji kapas, kedelai, wijen, kacang tanah, bunga matahari, berasal dari buah tanaman tahunan contohnya minyak zaitun, kelapa sawit (Sa'diah, 1967). Minyak nabati dalam bentuk cair dibedakan menjadi 3 golongan yaitu 1) *Drying oil* merupakan minyak membentuk lapisan keras bila mengering di udara. 2) *Semi drying oil* adalah minyak membentuk lapisan setengah keras dan tipis bila diudara. 3) *Non drying oil* adalah minyak tidak mengering di udara. Minyak dan lemak yang berasal dari hewani mempunyai kandungan asam lemak tak jenuh dan fitosterol secara umum berbentuk cair. Minyak dan lemak hewani ini yang berasal dari darat seperti tallow (minyak hewan sapi), lard (lemak babi), minyak ikan dan lainnya. Kandungan lemak hewani ini berbentuk

padat dan kita sebut sebagai sterol atau kolesterol (Masquroh, 2018).

Berdasarkan pembentukan lemak dan minyak merupakan senyawa trigliserida dari gliserol. Trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak dan umumnya ketiga asam lemak tersebut berbeda-beda, yang membentuk satu molekul trigliserida dan satu unsur molekul air. Bila $R_1=R_2=R_3$ maka trigliserida yang terjadi disebut trigliserida sederhana, dan bila R_1, R_2, R_3 berbeda maka disebut trigliserida campuran (Abun, 2009; Rahmani, 2008). Reaksi pembentukan lemak dan minyak seperti gambar 10.1.1. sebagai berikut:



Gambar 38. Reaksi pembentukan lemak dan minyak (Abun,2009)

10.2 Sifat Fisikokimia Lemak dan Minyak

Lemak dan Minyak sering kita sebut dengan istilah lipida yang secara umum tidak larut dalam air. Lipida merupakan senyawa organik yang terdapat dalam tanaman, hewan, atau manusia yang memegang peranan penting dalam struktur dan fungsi sel (Amalia, 2015).

10.2.1 Sifat Fisika Lemak dan Minyak

Sifat fisik lemak dan minyak apabila dilihat dari :

1. Warnanya terdiri dari dua golongan yaitu zat warna alamiah dan zat warna hasil degradasi, warna alamiah secara alamiah didapat dari bahan yang mengandung minyak yang ikut

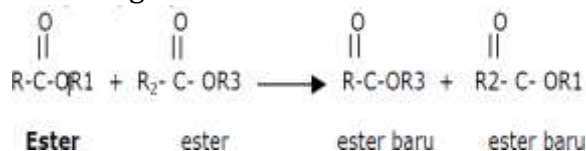
terekstrak saat proses ekstraksi dan warna degradasi yaitu hasil dari degradasi zat warna alamiah.

2. Kelarutannya minyak sedikit larut dalam alkohol, etil eter, karbon disulfida dan pelarut halogen dan tidak larut dalam air kecuali minyak jarak.
3. Titik didihnya maka dengan bertambahnya rantai panjang karbon asam lemak maka titik didih akan semakin meningkat.
4. Titik Kekeruhannya maka dengan mendinginkan campuran minyak dengan pelarut lemak pada suhu mulai terjadinya kekeruhan.
5. Titik asap pada saat pemanasan temperatur minyak akan menghasilkan asap.
6. Bobot jenis , sampek minyak atau lemak dimasukkan ke dalam alat piknometer lalu ditutup, kemudian direndam dengan aquades pada suhu 25°C selama 30 menit, Bagian luar piknometer dikeringkan dan ditimbang. Dengan cara yang sama piknometer diisi dengan aquades dengan volume yang sama dan ditimbang.
7. Indeks bias dilakukan untuk uji kemurnian dan pengenalan unsur kimia (Ngatemin *et al.*, 2013; Taufik & Seftiono, 2018)

10.2.2 Sifat Kimia Lemak dan Minyak

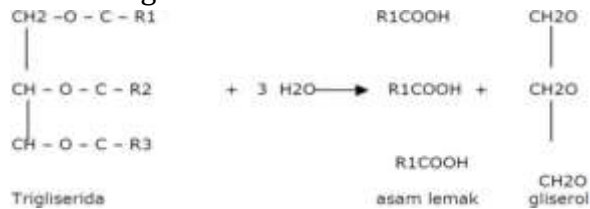
Sifat kimia lemak dan minyak terdiri dari :

1. Esterifikasi yaitu merupakan proses esterifikasi asam lemak bebas dari trigliserida menjadi bentuk ester. Reaksi esterifikasi dapat dilakukan melalui reaksi kimia yang disebut esterifikasi dan pada prinsipnya didasarkan pada transesterifikasi fiedel-craft. Reaksi esterifikasi seperti pada gambar 39. sebagai berikut:



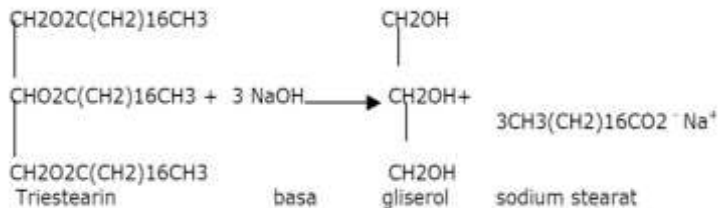
Gambar 39. Reaksi Esterifikasi (Mulyani & Sujarwanta, 2018)

2. Hidrolisis adalah lemak dan minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini akan mengakibatkan kerusakan lemak dan minyak, dan ini terjadi karena terdapat sejumlah air dalam lemak dan minyak (Mamuaja, 2017). Reaksi hidrolisis seperti pada gambar 40. sebagai berikut:



Gambar 40. Reaksi hidrolisis (Mamuaja, 2017).

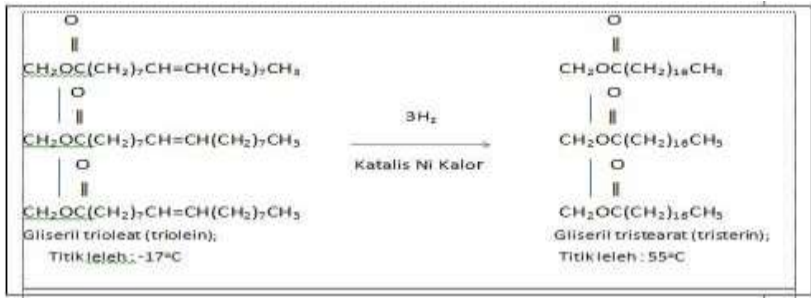
3. Penyabunan, reaksi penyabunan apabila lemak dan minyak dipanaskan dengan penambahan larutan basa kepada trigliserida. Garam asam lemak berantai panjang disebut sabun jadi reaksi ini merupakan reaksi penyabunan (Wahyudiati, n.d.). Reaksi penyabunan seperti pada gambar 41. sebagai berikut:



Gambar 41. Reaksi penyabunan lemak (Mamuaja, 2017)

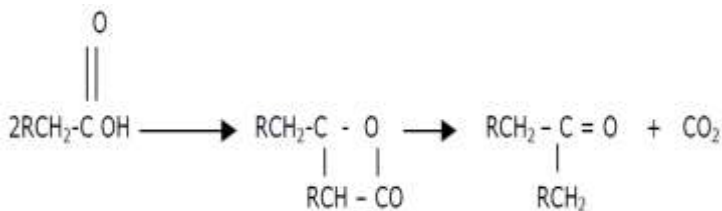
4. Hidrogenasi merupakan proses dengan tujuan untuk menjernihkan ikatan rantai karbon asam lemak pada lemak dan minyak. Kemudian setelah selesai proses minyak didinginkan dan katalisator dipisahkan. Hasil minyak bersifat keras tergantung dari derajat kejenuhan. Reaksi hidrogenasi mengubah lemak tidak jenuh menjadi lemak jenuh. Reaksi hidrogenasi akan dipercepat dengan proses pemanasan dan adanya katalisator seperti nikel. Reaksi

hidrogenasi lemak tidak jenuh menjadi lemak jenuh seperti pada gambar 42. sebagai berikut:



Gambar 42. Reaksi hidrogenasi (Mamuaja, 2017).

5. Pembentukan keton merupakan hasil dari penguraian keton dengan cara hidrolisis ester. Reaksi pembentukan keton seperti pada gambar 43. sebagai berikut:



Gambar 43. Pembentukan Keton (Mulyani & Sujarwanta, 2018).

6. Oksidasi merupakan reaksi oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen lemak dan minyak. Reaksi ini akan mengakibatkan bau tengik pada lemak atau minyak.

10.3 Klasifikasi Lemak dan Minyak

Berdasarkan ketidakjenuhan (ikatan rangkap) terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang mempunyai ikatan tunggal pada rantai karbonnya, asam lemak jenuh ini mempunyai rantai zig-zag yang dapat cocok satu sama lain, sehingga gaya tarik vanderwalls tinggi sehingga biasanya berwujud padat (Mulyani & Sujarwanta, 2018; Sugiyono, 2004). Contoh asam lemak jenuh seperti pada tabel 20. sebagai berikut:

Tabel 20. Contoh Asam Lemak Jenuh

Nama asam	Struktur	Sumber
Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	Lemak susu
Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati
Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak dengan lebih dari satu ikatan rangkap pada rantai karbonnya, asam lemak dengan lebih dari satu ikatan dua tidak lazim, terutama terdapat pada minyak nabati dan minyak ini disebut poliunsaturat. Contoh lemak tak jenuh seperti pada tabel 21. sebagai berikut : (Mulyani & Sujarwanta, 2018; Sugiyono, 2004).

Tabel 21. Contoh dari asam lemak tak jenuh

Nama asam	Struktur	Sumber
Palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati
Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Lemak hewani dan nabati
Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Minyak nabati
Linoleat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	Minyak biji rami

10.4 Analisis Minyak dan Lemak

10.4.1 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada sifat-sifatnya

Pengujian sifat dari minyak dan lemak meliputi, analisis mutu minyak kelapa murni): (Tambuasa, n.d.; Ulfa *et al.*, 2017)

1. Berat jenis adalah perbandingan volume sampel pada suhu 25°C dengan berat air dengan volume yang sama. Berat jenis minyak akan turun nilainya dengan makin kecil berat molekul komponennya dan ini sangat dipengaruhi oleh kejenuhan komponen asam lemaknya (Riyanti, 2021). Cara pengujian berat jenis

Pengujian ini menggunakan alat piknometer, ditimbang pikno kosong, setelah itu pikno diisi dengan air dan ditimbang, kemudian pikno diisi dengan sampel dan ditimbang.

Hasil dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{(\text{Berat Piknometer} + \text{Minyak}) - \text{Berat Piknometer kosong}}{\text{Berat air}}$$

2. Indeks bias adalah digunakan untuk pengujian kemurnian minyak, indeks bias ini merupakan derajat penyimpangan cahaya yang dilewatkan pada medium yang cerah. Prosedur pengujian menggunakan alat refraktometer yaitu alat dilakukan standarisasi menggunakan aquadest ($n = 1,333$), kemudian minyak diteteskan pada kaca prisma refraktometer kemudian kaca prisma ditutup dan didiamkan selama 2 menit. Lampu refraktometer dinyalakan dan dilakukan penamatan pada skala pembacaan (Taufik & Seftiono, 2018). Nilai indeks bias pada suhu tertentu dapat dihitung menggunakan rumus:

$$R = R^I + K (T_1 - T_0)$$

Dimana :

R = Pembacaan skala pada suhu T_0 (25°C)

R^I = Pembacaan skala pada suhu T_1 (suhu kerja)

K = Farktor koreksi (0,000365 untuk lemak dan minyak 0.00385)

3. Angka iod adalah merupakan jumlah (gram) iod diikat oleh 100 gram minyak atau lemak. Ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh akan bereaksi dengan iod, tingkat ketidakjenuhan ini akan tinggi bila trigliserida akan mengikat iod dengan jumlah lebih besar.

Prosedur pengujian angka iod:

Sebanyak 0,5 g sampel dilarutkan dalam 10 mL kloroform, ditambahkan 25 mL larutan Wijs dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian ditambahkan 10 mL larutan KI 15% dan dikocok. Larutan dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampai larutan berwarna kuning muda pucat. Larutan ditambahkan 1 mL larutan kanji (larutan menjadi biru), kemudian dititrasi lagi sampai warna biru hilang (Manurung, 2010).

Iod dihitung dengan rumus :

$$\text{Angka Iod} = \frac{(A - B) \times N \times 12,69}{G}$$

Dimana:

A = jumlah mL tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi Blanko

B = jumlah mL tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi sampel

N = normalitas larutan tiosulfat

G = berat sampel minyak

$$12,69 = \frac{\text{berat ekivalen iod}}{10}$$

1/10 adalah faktor konversi agar satuan menjadi gram iod/100 gram

4. Angka penyabunan merupakan banyaknya asam lemak yang terikat sebagai trigliserida atau asam lemak bebas dalam minyak sehingga makin pendek rantai asam lemak maka makin besar nilai bilangan penyabunan, dan makin

panjang asam lemak maka makin kecil bilangan penyabunannya. Angka penyabunan ini dihitung dari jumlah mg KOH yang diperlukan untuk penyabunan dalam jumlah 1 gram minyak atau lemak (Kurniawati, 2017; Wahyudiati, n.d.).

Prosedur pengujian angka penyabunan:

Sebanyak 1 g sampel, dimasukkan ke dalam labu bulat 250 mL, ditambahkan sedikit demi sedikit 12.5 mL KOH-alkoholis 0.5 N. Kemudian labu bulat dihubungkan dengan pendingin balik dan dipanaskan hingga sampel tersabungkan dengan sempurna, larutan didinginkan dan bagian dalam pendingin balik dibilas dengan sedikit air. Sampel dititrasikan dengan HCl 0.5 N dengan indikator fenolftalein 1% sampai warna merah muda menghilang. Hitung angka penyabunan dengan cara membandingkan hasil titrasi sampel dengan rumus :

$$\text{Angka penyabunan} = \frac{(A - B) \times N \times 56,1}{W}$$

Dimana :

- A = jumlah mL HCl 0,5N titrasi blanko
- B = jumlah mL HCl 05 N titrasi sampel
- N = normalitas larutan KOH 0.5 N
- W = berat sampel minyak
- 56.1 = berat ekivalen KOH

5. Penentuan bilangan ester

Penentuan bilangan ester merupakan salah satu metode volumetri. Bilangan ester ini berhubungan dengan bilangan asam dan bilangan penyabunan, bilangan ester dapat dihitung sebagai selisih antara bilangan penyabunan dengan bilangan asam dengan rumus :

Bilangan ester = bilangan penyabunan – bilangan asam

10.4.2 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada kualitas

Untuk mengetahui kualitas dari minyak dan lemak meliputi:

1. Angka peroksida adalah banyaknya miliekivalen oksigen aktif dalam 1000 gram minyak atau lemak, jika terjadi akibat reaksi oksidasi maka makin besar angka peroksida maka semakin besar derajat kerusakan minyak atau lemak (Budimarwanti, n.d.).

Prosedur pengujian angka peroksida :

Sebanyak 1 g sampel ditambahkan 30 mL campuran asam asetat glasial dan kloroform 3:2 (v/v). Bila minyak sudah larut seluruhnya, sebanyak 0,5 mL KI jenuh ditambahkan sambil dikocok. Setelah 30 menit ditambahkan air suling. Dilakukan titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N atau 0,01 N dengan menggunakan indikator kanji 0,5%. Blanko dilakukan sama seperti uji. Hasil yang didapat dinyatakan dalam meq $\text{O}_2/1000$ g sampel dengan rumus perhitungan :

$$\text{Angka peroksida} = \frac{(B-A) \times N \times 1000}{W}$$

Dimana :

A = jumlah mL tiosulfat yang dibutuhkan titrasi blanko

B = jumlah mL tiosulfat yang dibutuhkan titrasi sampel

N = normalitas larutan tiosulfat

W= bobot sampel

2. Angka asam adalah angka yang dibutuhkan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat pada minyak atau lemak. Angka asam merupakan jumlah mg KOH untuk menetralkan asam-asam lemak bebas di dalam 1 gram minyak atau lemak.

Prosedur penentuan angka asam :

Sebanyak 1 gram minyak dimasukkan ke dalam gelas piala 200 mL, ditambahkan etanol 95% sebanyak 50 mL. Kemudian dipanaskan pada suhu 65°C dan diaduk. Kemudian dititrasi menggunakan KOH 0,1 N menggunakan indikator fenoltalein 1% hingga titik akhir titrasi berwarna merah muda (Giovani *et al.*, 2021; Lempang *et al.*, 2016). Hitung

jumlah KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dengan rumus :

$$\text{Angka asam} = \frac{A \times N \times 56,1}{W}$$

Dimana :

A = Jumlah mL KOH yang dibutuhkan waktu titrasi

N = Normalitas larutan KOH

W = Bobot sampel

56,1 = Berat ekivalen KOH

3. Penentuan asam thiobarbiturate (TBA)

Nilai asam thiobarbiturate digunakan untuk menghitung uji ketengikan pada minyak dan lemak. Ketengikan merupakan hasil oksidasi lemak dan akan menurunkan kualitas minyak dan lemak. Lemak yang tengik mengandung aldehid dan kebanyakan sebagai monoaldehid. Monoaldehid bila direaksikan dengan asam thiobarbiturate akan membentuk senyawa kompleks berwarna merah, sehingga penentuan asam barbiturate dapat dilakukan menggunakan alat spektrofotometri pada Panjang gelombang 528 nm.

Prosedur kerja:

Sebanyak 50-200 mg sampel dimasukkan ke dalam labu tentukur 25,0 mL, ditambahkan n-butanol hingga tanda batas dan dikocok. Diambil 5 mL larutan dimasukan dalam tabung reaksi dan ditambah 5 mL pereaksi TBA. Kemudian dipanaskan selama 2 jam pada suhu 95°C, dinginkan dengan air mengalir dan ukur menggunakan alat spektrofotometri. Hasil perhitungan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{TBA} = \frac{0,355 \times B}{W}$$

Dimana :

C = konsentrasi monoaldehid (u mol/g)

B = Absorbansi sampel dikurangi absorbansi blanko

W= Bobot sampel

10.4.3 Analisis minyak dan lemak didasarkan pada kadar.

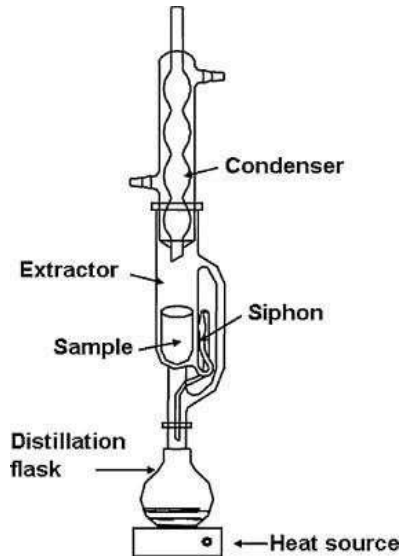
Analisis kadar lemak sudah banyak dikembangkan dengan beberapa metode, diantaranya metode ekstraksi soxhlet, metode Babcock, metode modifikasi Babcock, ekstraksi solven dengan suhu dingin dan lain-lain. Metode analisis ini didasarkan pada sumber, sifat bahan, dan tujuan analisis (Maligan, 2014).

1. Metode Ekstraksi Sokletasi

Metode ekstraksi sokletasi ini pada prinsipnya adalah pada ekstraksi lemak dapat menggunakan pelarut seperti petroleum eter, petroleum benzen, dietil eter, aseton, metanol dan lain lain. Bobot lemak yang diperoleh dengan memisahkan lemak dengan pelarutnya. Prosedur kerja ekstraksi sokletasi ini yaitu disiapkan labu lemak, dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator setelah dingin ditimbang. Kemudian ditimbang sebanyak 5 gram sampel tempatkan kedalam kertas saring masukkan dalam alat ekstraksi sokletasi kemudian pasang alat kondensor di atasnya dan labu lemak dibawahnya. Tuang pelarut dietil eter kedalam labu secukupnya yang disesuaikan dengan alat soklet yang digunakan. Lakukan refluks selama 6 jam sampai pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih. Kemudian dilakukan destilasi dan tampung hasil destilat, kemudian labu lemak yang telah berisi lemak hasil ekstraksi tadi di panaskan dalam oven pada suhu 105°C. Setelah kering angkat dan didinginkan dalam desikator dan timbang labu beserta lemaknya (Pargiyanti, 2019). Kadar lemak dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ lemak} = \frac{\text{Bobot lemak (g)}}{\text{Bobot sampel}} \times 100$$

Gambar alat sokletasi seperti pada gambar 44. sebagai berikut :



Gambar 44. Alat Ekstraksi Soxhlet (Riyanti, 2021)

2. Metode Babcock

Pada prinsipnya analisis tersebut adalah penentuan volume lemak yang berbentuk cair dengan proses pelarut menggunakan pelarut organik. Prosedur kerja metode babcock dalah sejumlah sampel dipipet secara akurat ke dalam botol Babcock, lalu sam sulfat dicampur dengan sampel, dan dipanaskan untuk melepaskan lemak. Kemudian disentrifuse saat masih panas (55-60°C) yang akan menyebabkan lemak cair naik ke leher botol. Leher botol telah diberi skala yang menunjukkan persen lemak. Metode ini membutuhkan waktu 45 menit, dengan presisi hingga 0,1%.

Hasil dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ lemak} = \frac{V_b}{V_a} \times 100 \%$$

Dimana :

V_b = Volume sampel

V_b = Volume lemak yang terbaca pada botol babcock

Alat yang digunakan seperti pada gambar 45. sebagai berikut:



Gambar 45. Alat Babcock (Maligan, 2014)

3. Metode Gerber

Prinsip uji kadar lemak susu dengan Gerber adalah memisahkan lemak dengan cara menambahkan asam sulfat ke dalam susu dan kemudian diikuti pemusingan (sentrifus). Lemak yang terpisah tersebut ditentukan jumlahnya berdasarkan skala yang ada pada alat karena asam sulfat pekat merombak dan melarutkan kasein dan protein lainnya, lemak menjadi cair oleh panas amyl alkohol. Centrifugasi menyebabkan lemak terkumpul dibagian skala dari butyrometer (Maligan, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Abun. (2009). Lipid Dan Asam Lemak Pada Unggas Dan Monogastrik Bahan. *Universitas Stuttgart*.
- Amalia, A. (2015). *Laporan Biokimia Umum*. 10. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=praktikum+mengidentifikasi+senyawa+lipid&oq=#d=gs_qabs&u=%23p%3D2EE-54KtleUJ
- Apriyanto, M. (2021). Kimia Pangan Makro. In *Nuta Media* (Issue June 2017). http://perpustakaan.kkp.go.id/union/index.php?p=show_detail&id=10829
- Budimarwanti, C. (n.d.). *Analisis Lipida Sederhana Dan Lipida Kompleks*. 1–13.
- Giovani, S., Puteri, N. E., & Widiawati, D. (2021). Modul Praktikum Kimia-Biokimia Pangan. *Angewandte Chemie International Edition*, 11, 1–48.
- Kurniawati, A. D. (2017). Analisa Kadar Lemak. *Book*. <http://www.adelyadesi.lecture.ub.ac.id/files/2017/03/2.-Kromatografi.pdf>
- Lempong, I. R., Fatimawati, & Palealu, N. C. (2016). Uji Kualitas Minyak Goreng Curah Dan Minyak Goreng Kemasan Di Manado. *Pharmacon*, 5(4), 155–161.
- Maligan, J. M. (2014). *Analisis Lemak & Minyak Lipidology*.
- Mamuaja, C. F. (2017). Lipida. *Unsrat Press*, 1–119.
- Manurung, J. (2010). *Analisis sifat sifat fisika - kimia dan emisi gas buang dari biodiesel b10, b20 turunan minyak kacang tanah melalui proses transesterifikasi dengan katalis koh*.
- Masquroh, F. H. (2018). *Analisis minyak zaitun, sawit, babi dan campuran berbasis data FTIR dengan kualifikasi menggunakan PCA dan CA*.
- Mulyani, H., & Sujarwanta, A. (2018). *Lemak Dan Minyak*. www.lppm.ummetro.ac.id%0ACetakan
- Ngatemin, N., Nurrahman, N., & Isworo, J. (2013). Pengaruh Lama Fermentasi Pada Produksi Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Terhadap Sifat Fisik, Kimia, Dan Organoleptik. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 4(8), 115658.

- Pargiyanti. (2019). Optimasi Waktu Ekstraksi Lemak Dengan Metode Soxhlet Menggunakan Perangkat Alat Mikro Soxhlet. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 29–35.
- Rahmani, R. (2008). “Penentuan Sifat Fisiko-Kimia dan Komposisi Asam Lemak Penyusun Trigliserida serta Optimasi Kondisi Reaksi Sintesis Biodiesel (Metil Ester) Minyak Biji Sirsak (*Annona Muricata*).” 1–119.
<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/123990-S30365-RizqikaRahmani.pdf>
- Riyanti, H. B. (2021). *Analisis Minyak dan Lemak*.
- Sa’diah, A. F. (1967). Gambaran Kadar Asam Lemak Trans Pada Minyak Goreng Dan Gorengan Systematic Review. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local*, 1(69), 5–24.
- Sugiyono. (2004). *Kimia Pangan*.
- Tambuasa, E. La. (n.d.). *Analisis mutu minyak kelapa murni*.
- Taufik, M., & Seftiono, H. (2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Minyak Goreng Sawit Hasil Proses Penggorengan dengan Metode Deep-Fat Frying. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 123–129.
- Ulfa, A. M., Retnaningsih, A., & Aufa, R. (2017). *Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Kelapa, Minyak Kelapa Sawit Dan Minyak Zaitun Kemasan Secara Alkalimetri*. 2(4), 242–250.
- Wahyudiati, D. (n.d.). *Biokimia*.

BAB XI

ANALISIS KARBOHIDRAT

Oleh Siti Aisyah

11.1 Analisa Karbohidrat

Analisis karbohidrat dilakukan untuk beberapa keperluan. Pada ilmu dan teknologi pangan, analisa karbohidrat dilakukan biasanya untuk penentuan jumlahnya secara kuantitatif dalam rangka menentukan komposisi suatu bahan makanan, penentuan sifat fisis dan kimiawinya dalam kaitannya dengan pembentukan kekentalan, kelekatan, stabilitas larutan dan tekstur hasil olahannya.

Pada ilmu gizi untuk analisis biologis (bioassay) senyawa karbohidrat dalam kaitan peranannya sebagai sumber kalori pencegahan penyakit, dietary fiber, dan sebagainya. Pada bidang Bioteknologi, analisis karbohidrat dilakukan untuk menentukan jenis dan perubahan kimiawi yang dialami karbohidrat selama proses, untuk menentukan kondisi proses yang optimal. Pada bidang kimia murni, analisis karbohidrat dilakukan untuk menentukan struktur polimer karbohidrat, bentuk rantai polimer yang lurus atau bercabang, sifat optis aktifnya, reaksi dengan unsur lain, dan sebagainya. Pada bidang biokimia, analisis karbohidrat meliputi analisis perubahan-perubahan yang terjadi selama proses biologis, peranan dan fungsinya dalam pembentukan biomolekul atau kaitannya dengan struktur sel.

Karbohidrat yang berbentuk polimer dan memiliki satuan monomer berbagai jenis menyebabkan karbohidrat sulit ditentukan jumlah yang sebenarnya. Kadang hanya dapat ditentukan jumlah monomer penyusunnya saja misalnya sebagai heksosa atau pentosa total. Untuk polimer yang homogen, misalnya pati yang monomernya glukosa saja, masih memerlukan kurva standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi pati dengan indikatornya (misalnya gula reduksi hasil hidrolisanya). Kesulitan dalam penentuan kadar pati ini disebabkan oleh beberapa hal,

antara lain : Berat molekul (BM) pati yang bervariasi, sulitnya memperoleh pati yang bebas air dan senyawa-senyawa lain. Reaksi pewarnaan dengan iodine pada pati, merupakan prosedur penentuan pati yang kurang cermat, hal ini dikarenakan adanya perbedaan besar kecilnya molekul pati, perbedaan sumber pati ataupun adanya **interaksi dengan bahan-bahan lain**.

11.1.1 Preparasi sampel

Preparasi sampel yang harus dilakukan sebelum sampel dianalisa adalah :

Dibebaskan dari zat-zat pencampur (pemurnian) dan penjernihan.

Pemurnian ini dilakukan dengan menghilangkan lipida dan klorofil dengan ekstraksi menggunakan pelarut eter pada suhu dibawah 50 °C, untuk menghindari inversi dan hidrolisis sukrosa oleh asam-asam organik, maka selama ekstraksi ditambah kalsium karbonat untuk menetralkan. Bila dicurigai dalam bahan banyak terkandung enzim, maka selama ekstraksi ditambahkan merkuri klorida untuk mencegah hidrolisa, atau ekstraksi dilakukan dengan ethanol 80% dan sampel dipanaskan 30 menit.

Penjernihan didasarkan pada prinsip bahwa logam berat atau zat kimia tertentu dapat mengendapkan koloid, zat warna ataupun senyawa organik lain yang dapat mengganggu pengamatan. Zat penjernih yang dapat digunakan antara lain timbal asetat (mengendapkan asam organik, asam amino, protein, polifenol), aluminium hidroksida (mengendapkan koloid), campuran Ba (OH)₂ dan ZnSO₄ (untuk mengendapkan protein susu), campuran merkuri nitrat dan alkali (mengendapkan protein daging), asam trikloroasetat atau asam fosfotungstat (mengendapkan protein pada umumnya), poliamida, gelatin, polivinil polipirrolidin (menghilangkan zat warna), penukar ion (menghilangkan asam amino). Pemberian zat penjernih tidak boleh berlebihan karena akan mempengaruhi polarisasi gula, terjadi interaksi dengan gula dan destruksi senyawa gula.

11.2 Uji Kualitatif dan Kuantitatif Karbohidrat

11.2.1 Uji Kualitatif

Uji kualitatif dimaksudkan untuk mengetahui ada/tidaknya karbohidrat dalam sampel. Uji yang bisa dilakukan antara lain:

Uji Anthore

Cara kerja : Sebanyak 2 ml larutan test Anthrone (2% dalam H_2SO_4 pekat) ditambahkan kedalam 0,2 ml zat yang akan dianalisis. Jika berubah warna menjadi hijau atau biru-hijau menunjukkan adanya karbohidrat. Test ini sangat sensitif dan akan memberikan reaksi positif dengan kertas saring (selulosa). Reaksi Anthrone telah disesuaikan dengan penetapan kolorimetri kuantitatif untuk glikogen, inulin dan gula darah.

Uji Asazon

Aldosa maupun ketosa dengan phenylhidrasin akan membentuk kristal asazon bila dipanaskan, mekanismenya adalah sbb: phenylhidrasin bereaksi dengan gugus karbonil dari monosakarida menghasilkan phenylhidrazon yang kemudian bereaksi dengan 2 molekul phenylhidrasin membentuk asazon. Kristal asazon ini mempunyai bentuk dan titik lebur yang khas yang dapat dipakai untuk identifikasi gula reduksi.

Uji Barfoed

Uji ini untuk mengetahui gula reduksi monosakarida dalam sampel. Dasar pengujiannya : larutan barfoed yang merupakan campuran Cu asetat dan asam asetat merupakan asam lemah dan hanya direduksi oleh monosakarida. Perpanjangan waktu pada proses pemanasan, akan memberikan reaksi yang positif pada pengujian ini.

Cara kerja : Sebanyak 5 ml pereaksi dimasukkan kedalam 1 ml zat yang akan diketahui. Kemudian letakkan pada penangas air, jika berubah warna menandakan adanya kandungan gula.

Uji Benedict

Uji benedict merupakan modifikasi dari uji fehling's. Reagen benedict yang merupakan campuran reagen Cu sulfat, Na sitrat dan Na karbonat akan direduksi oleh gula reduksi dalam sampel membentuk endapan kupro oksida yang berwarna merah.

Cara kerja : Sebanyak 5 ml zat pereaksi dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 8 tetes zat yang akan diketahui. Tabung reaksi dimasukkan kedalam air mendidih selama 5 menit, jika terdapat endapan berwarna hijau, kuning atau merah jingga akan memberikan hasil semi kuantitatif adanya gula yang mereduksi.

Uji Bial Orchinol

Uji bial merupakan uji untuk pentosa, namun tidak absolut khas untuk pentosa, karena dengan perpanjangan pemanasan heksosa akan menghasilkan hidroksi metil furfural yang juga akan memberikan warna hijau kebiruan jika bereaksi dengan orcinol. Dasar pengujian ini adalah : pentosa jika dipanasi dengan HCl pekat maka akan terbentuk furfural yang mampu berkondensasi dengan orcinol dengan adanya ion ferri akan memberikan warna hijau kebiruan.

Cara kerja : Sebanyak 5 ml pereaksi dimasukkan kedalam tabung reaksi dan tambahkan 2 – 3 ml zat yang akan diketahui. Panaskan sampai gelembung gas naik ke permukaan. Jika terbentuk larutan berwarna hijau dan endapan maka menunjukkan adanya pentosa.

Uji Fehlings

Uji ini untuk mengetahui adanya senyawa reduksi. Uji fehling ini sangat sensitif untuk penentuan glukosa dalam urine karena adanya kerja urate dalam urine. Dasar pengujian ini adalah: bila dipanaskan, larutan fehling's yang merupakan campuran Cu sulfat, Na-K-tartrat dan NaOH akan membentuk endapan berwarna hijau, kuning-oranye atau merah tergantung gula reduksi yang ada dalam sampel.

Uji Fenilhidrazin

Uji fenil hidrazin ini merupakan analisis pembentukan osazon.

Cara kerja : Masukkan pereaksi fenilhidrazin dan 2 ml larutan gula dalam tabung reaksi. Kemudian panaskan pada penangas air mendidih selama 30 menit. Kemudian dinginkan, dan periksa dengan menggunakan mikroskop munculnya kristal-kristal yang menandakan ada gula pada sampel.

Uji Fermentasi

Cara kerja : Pada tabung reaksi atau tabung fermentasi masukkan sebanyak 5 ml suspensi ragi roti 20% ditambahkan 5 ml larutan yang akan diketahui, kemudian tambahkan juga 5 ml buffer fosfat (pH 6,4 – 6,8). Biarkan selama 1 jam, jika muncul gelembung CO₂, maka akan menunjukkan adanya fermentasi pada gula.

Uji Haynes

Uji Haynes hampir sama dengan pengujian Benedict, hanya saja reagen yang digunakan merupakan campuran dari garam Rochelle atau Kalium natrium tartrat, gliserol dan tembaga sulfat.

Cara kerja : Sebanyak 5 ml zat pereaksi dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 8 tetes zat yang akan diketahui. Tabung reaksi dimasukkan kedalam air mendidih selama 5 menit, jika terdapat endapan berwarna hijau, kuning atau merah jingga akan memberikan hasil semi kuantitatif adanya gula yang mereduksi.

Uji Iodine

Uji ini adalah untuk mengetahui karbohidrat golongan polisakarida dalam sampel. Dasar pengujiannya: larutan iodine dengan amilosa akan membentuk warna biru, dengan amilopektin berwarna merah violet, dengan glikogen maupun dekstrin berwarna merah coklat.

Uji Molish

Dasar pengujian ini adalah karbohidrat akan dihidrolisa oleh asam sulfat pekat menjadi monosakarida, dimana monosakarida selanjutnya akan mengalami dehidrasi menjadi furfural dan turunannya. Senyawa tersebut akan berkondensasi dengan alfa naphthol membentuk kompleks berwarna ungu. Reaksi ini untuk mengetahui adanya karbohidrat secara umum serta senyawa organik lain yang memberikan furfural pada penambahan asam sulfat pekat.

Cara kerja : Masukkan kedalam tabung reaksi 2 ml zat yang diketahui, kemudian tambahkan 2 tetes pereaksi 10% α naftol segar dan campur. Tambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat hingga membentuk lapisan dibawah campuran. Jika terbentuk satu cincin merah-ungu menunjukkan adanya karbohidrat.

Uji “Mucic acid”

Dasar dari pengujian ini adalah: karbohidrat akan teroksidasi oleh asam nitrit pekat membentuk asam sakarat. Galaktosa dengan asam nitrit akan membentuk “mucic acid” yang berupa kristal yang spesifik.

Uji Pavy

Uji Pavy sama dengan uji Benedict, hanya saja Reagen yang digunakan merupakan garam Rochelle, ammonium hidroksida, dan tembaga sulfat.

Cara kerja : Sebanyak 5 ml zat pereaksi dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 8 tetes zat yang akan diketahui. Tabung reaksi dimasukkan kedalam air mendidih selama 5 menit, jika terdapat endapan berwarna hijau, kuning atau merah jingga akan memberikan hasil semi kuantitatif adanya gula yang mereduksi.

Uji Seliwanoff

Uji ini untuk melihat ada tidaknya fruktosa dalam sampel. Dasar pengujian ini adalah : dehidrasi monosakarida ketosa menjadi furfural lebih cepat daripada dehidrasi monosakarida aldosa, sehingga aldosa akan memberikan reaksi negatif pada

pengujian seliwano. Furfural hasil dehidrasi akan bereaksi dengan resorsinol membentuk kompleks berwarna merah. Sebagai dehidrator dapat digunakan HCl 12%, asam asetat atau asam sulfat alkoholik.

Uji Tauber benzidin

Cara kerja : Masukkan 1 ml larutan Tauber benzidin kedalam tabung reaksi, kemudian tambahkan 2 tetes larutan yang akan dianalisis. Panaskan dan dinginkan dengan cepat. Jika terbentuk warna ungu maka menandakan adanya pentosa.

Uji Tollens Naftoresorsinol

Cara kerja : Masukkan kedalam tabung reaksi 5 ml zat yang akan diketahui dan tambahkan 1 ml larutan 10% naftoresorsinol dalam alkohol. Panaskan secara perlahan-lahan sampai mendidih, selanjutnya diaduk dan biarkan selama 4 menit. Kemudian dinginkan dibawah air kran, sambil menyiapkan larutan ekstrak eter. Masukkan ekstrak eter kedalam larutan yg sdh didinginkan, jika terbentuk warna ungu-merah menandakan adanya asam heksuronat dan menyingkirkan adanya kandungan pentosa.

11.2.2 Uji Kuantitatif

Uji kuantitatif karbohidrat bertujuan untuk menentukan banyaknya karbohidrat dalam suatu sampel. Pengujiannya dapat dilakukan dengan cara kimiawi, cara fisik, cara enzimatik atau biokimiawi dan cara kromatografi.

Cara Kimiawi

a) Metode oksidasi dengan Cu (kupri)

Dasar pengujiannya adalah: gula reduksi akan mereduksi kupri oksida menjadi kupro oksida. Banyaknya endapan merah kupro oksida ekuivalen dengan banyaknya gula reduksi yang ada. Pengujian yang biasa dilakukan :

Cara Luff schoorl

Pada pengujian dengan metode ini, yang ditentukan bukan kupro oksida yang terbentuk, tetapi kupri oksida dalam larutan

sebelum (blanko) dan sesudah direaksikan dengan gula reduksi dalam sampel dengan titrasi menggunakan natrium thiosulfat standar.

Cara Munson-walker

Penentuan dengan cara ini adalah dengan menentukan banyaknya kupro oksida yang terbentuk dengan cara penimbangan atau dengan melarutkan kembali dengan asam nitrat, kemudian dititrasi dengan natrium thiosulfat standar. Tiap 1 ml Na-thiosulfat ($39 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ / liter) sebanding dengan 11,259 Cu_2O .

Cara Lane-eynon

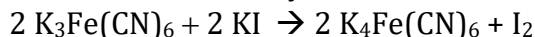
Penentuan gula dengan cara ini adalah dengan menitrasi reagen Soxhlet (larutan CuSO_4 , K-Na-tartrat) dengan larutan gula sampel yang diuji sampai warna biru dari indikator methilen blue hilang. Banyaknya larutan sampel yang diperlukan ekuivalen dengan gula dalam sampel.

Cara Nelson-somogyi

Kupro oksida yang terbentuk direaksikan dengan arsenomolibdat sehingga terbentuk molybdenum yang berwarna biru, intensitasnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 – 600 nm.

a) Metode oksidasi dengan larutan ferrisianida alkalis

Dasar pengujiannya adalah: gula reduksi akan mereduksi ferrisianida menjadi ferrosianida. Ferrosianida yang terbentuk ekuivalen dengan jumlah gula reduksi dalam sampel. Pengukuran ferrosianida ini adalah sebagai selisih antara ferrisianida yang ditambahkan dengan setelah terjadi reaksi reduksi. Reaksinya:



Penentuan gula reduksi dengan berdasarkan jumlah iodine yang dibebaskan dengan menitrasi menggunakan natrium thiosulfat standar. Jumlah iodine ekuivalen dengan jumlah

gula reduksi dan dapat dihitung berdasarkan thiosulfat yang diperlukan untuk titrasi.

Cara lain adalah dengan menentukan jumlah ferrosianida dengan direaksikan dengan cereic sulfat menggunakan indicator phenantroline atau secara kolorimeter.

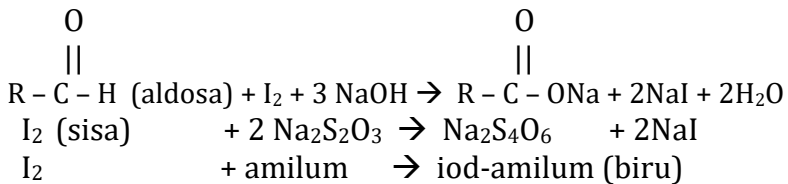
Selain itu dapat juga ditentukan dengan menentukan ferrisianida dengan titrasi menggunakan gula dengan indicator asam pikrat atau methilen blue. Untuk itu perlu titrasi standarisasi menggunakan larutan gula standar terhadap ferrisianida.

Metode oksidasi dengan larutan ferrisianida alkalis ini lebih baik daripada oksidasi dengan kupri sulfat, karena reagen ferri sianida dan ferrosianida yang dihasilkan lebih stabil daripada kupro oksida.

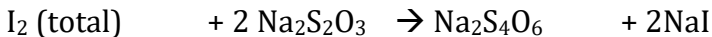
b) Metode iodometri

Dasar pengujiannya: iodine dalam medium yang alkalis dapat terkonversi dengan cepat menjadi hipoiodida. Hipoiodida dapat mengoksidasi aldosa, sedangkan untuk ketosa hanya sedikit yang teroksidasi. Selanjutnya iodine yang tersisa dititrasi dengan thiosulfat standar. Reaksinya:

Titration sampel



Titration blanko



c) Penentuan gula dengan Asam 3.5 Dinitro Salisilat (DNS)

Dasar pengujiannya adalah : glukosa bersama dengan NaOH dapat mereduksi DNS yang berwarna kuning menjadi 3-amino-5-dinitrosalesilat yang berwarna coklat. Intensitas warna coklat , ekuivalen dengan kadar glukosa dalam

sampel dapat ditera dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

d) Metode anthrone

Dasar pengujiannya adalah monosakarida baik heksosa, aldopentosa dan asam heksuronat bebas maupun yang terikat pada polisakarida dengan asam sulfat akan terdehidrasi menjadi furfural atau turunannya yang dengan anthrone akan membentuk kompleks berwarna hijau kebiruan. Intensitas warna hijau kebiruan ini ekuivalen dengan gula dalam sampel, dapat ditera absorbansinya pada gelombang 620 nm. Metode ini tidak cocok bila sampel terdapat protein dengan sejumlah triptopan, karena akan terbentuk warna merah.

e) Penentuan gula reduksi dengan reagen Benedict

Dasar pengujiannya: reagen benedict yang merupakan campuran K-thiocyanat, K-fenocyanida dan kupri sitrat akan direduksi oleh gula reduksi menjadi endapan kuprothiocyanat (bukan sebagai CuO) sehingga titik akhir yang ditunjukkan oleh diskolorisasi warna merah. Ekuivalensi untuk beberapa gula dapat dilihat sbb:

Gula	Ekuivalen dengan 25 ml reagen benedict
Glukosa	50 mg
Fruktosa	53 mg
Laktosa	68,8 mg
Maltosa	74 mg
Sukrosa terhidrolisis	49 mg

Cara Enzimatis

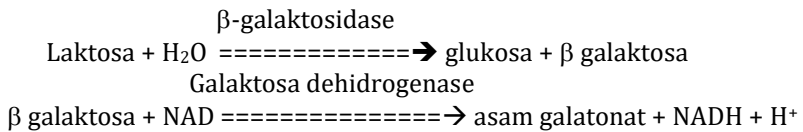
Penentuan gula dengan cara enzimatis sangat tepat untuk tujuan penentuan gula tertentu yang ada dalam suatu campuran berbagai macam gula. Penentuan dengan enzimatis ini antara lain”

a) Penentuan glukosa dan fruktosa

Dasar pengujian ini adalah glukosa dan fruktosa difosforilasikan menjadi glukosa-6-fosfat (G6P) dan fruktosa-6-fosfat (F6P) dengan bantuan enzim heksokinase (HK) dan Adenosin-5-trifosfat (ATP). Dengan enzim glukosa-6-fosfat dehidrogenase (G6P-DH), G6P dioksidasi oleh NADP menjadi glukonat-6-fosfat + NADPH + H⁺. Jumlah NADPH yang terbentuk setara dengan banyaknya glukosa, diukur dengan spektrofotometer pada serapan sinar dengan panjang gelombang 334 atau 340 atau 365 nm. Untuk F6P diisomerase menjadi G6P dengan bantuan enzim fosfoglukosa isomerase terlebih dahulu.

a) Penentuan laktosa dan galaktosa

Dasar pengujiannya adalah:



jumlah NADH yang terbentuk setara dengan jumlah laktosa yang ada. Kenaikan jumlah NADH diukur dari serapan sinar pada panjang gelombang 334, 340 atau 365 nm.

Cara Khromatografi

Penentuan karbohidrat dengan khromatografi adalah dengan cara mengisolasi dan identifikasi karbohidrat dalam sampel. Isolasi ini dilakukan dengan ekstraksi senyawa karbohidrat, selanjutnya dihilangkan komponen anorganiknya (pemurnian) dan dipisahkan komponen-komponennya. Selanjutnya diidentifikasi karbohidrat pada masing-masing fraksi dan ditentukan jumlahnya.

Cara Optic (fisis)

Penentuan karbohidrat dengan cara ini adalah dengan pengukuran indeks biasnya dengan refraktometer. Indeks bias suatu bahan dipengaruhi oleh panjang gelombang sinar dan suhu pengukuran.

Cara lain yang bisa dilakukan adalah penentuan dengan polarimeter. Dasarnya adalah bahwa karbohidrat bersifat optis aktif, sehingga memiliki kemampuan untuk memutar bidang sinar terpolarisasi. Putaran optiknya dapat diukur dengan polarimeter/sakharimeter. Penentuan dengan cara ini sampelnya harus jernih dan tidak berwarna, larutan sampel tidak mengandung bahan asing yang bersifat optis aktif, konsentrasi sampel pada daerah optimum untuk alat yang bersangkutan. Penentuan dengan cara polarimeter ini mengikuti hukum biot, yaitu kapasitas rotasi untuk tiap individu gula sebanding dengan konsentrasi larutan dan panjang cairan dalam tabung, mengikuti rumus:

$$[\alpha]_t^D = \frac{100 \alpha}{I C}$$

$[\alpha]$: rotasi spesifik α : sudut putaran yang diamati C: konsentrasi (gr/100 ml)
 t : suhu pengukuran ($^{\circ}\text{C}$) D : sinar natrium (589 nm) I: panjang tabung (dm)

“Catatan”

Untuk penentuan sukrosa dalam sampel, maka sukrosa dihidrolisis dahulu menjadi gula reduksi, selanjutnya ditentukan besarnya gula reduksi tersebut. Kadar sukrosanya : factor konversi (=0,95) X kadar gula reduksi dalam sampel. Atau bisa juga langsung diukur dengan refraktometer.

Untuk penentuan kadar pati, caranya sama pati dihidrolisa dulu dengan asam atau enzim sehingga diperoleh gula reduksi, selanjutnya ditentukan kadar gula reduksinya. Kadar pati: factor konversi (= 0,90) X kadar gula reduksi. Penentuan kadar pati juga bisa dilakukan dengan cara: pati diekstraksi terlebih dahulu dari sampel, selanjutnya didispersikan menjadi larutan koloidal hingga terpisah dari zat lainnya. Pati ini selanjutnya diendapkan dan ditimbang. Untuk pati dalam bahan yang berlemak atau berprotein tinggi, pati dipisahkan dulu dengan alkali sehingga terbentuk alkohol kompleks yang tidak larut, selanjutnya dipisahkan dan ditimbang.

Untuk penentuan serat kasar yang merupakan karbohidrat yang tidak tercerna, dilakukan dengan defatting, digestion (dengan pelarutan dengan asam dan dengan basa) dilanjutkan penyaringan sesegera mungkin setelah digestion usai.

DAFTAR PUSTAKA

- BeMiller, J., and Whistler, R., (2009, Starch Chemistry and Tecknology, Elsevier, United States of America.
- Gilbert., H. F., (2000, Basic Concepts in a Student's Survival Guide Biochemistry, McGraw-Hill, Texas.
- Harper, H. A., Rodwell, V. W., Mayes, P. A., (1979, Review of Physiological Chemistry, Lange Medical Publication, Los Altos, California.

BAB XII

ANALISIS PROTEIN

Oleh Lovi Sandra

12.1 Pendahuluan

12.1.1 Klasifikasi Protein

Protein merupakan komponen yang melimpah yang terdapat di semua sel, dan hampir semua kecuali protein penyimpan, penting untuk fungsi biologis dan struktur sel (Sam K.C Chang, 2010). Protein makanan sangat kompleks. Banyak yang telah dimurnikan dan dikarakterisasi. Massa molekul protein bervariasi, mulai dari sekitar 5.000 hingga lebih dari satu juta Dalton. Unsur-unsur penyusun protein terdiri dari unsur-unsur hidrogen, karbon, nitrogen, oksigen, dan belerang (Winarno, 2004). Dua puluh asam α -amino adalah bahan penyusun protein, residu asam amino dalam protein dihubungkan oleh ikatan peptida. Nitrogen adalah unsur yang paling menjadi pembeda dalam protein. Namun, kandungan nitrogen dalam berbagai protein makanan berkisar antara 13,4 hingga 19,1% (Jones DB, 1931) karena variasi komposisi asam amino spesifik dalam protein. Umumnya, protein yang kaya akan asam amino basa mengandung lebih banyak nitrogen.

Protein dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi, struktur, fungsi biologis, atau sifat kelarutannya. Misalnya, setelah hidrolisis, protein sederhana hanya mengandung asam amino, sedangkan protein terkonjugasi juga mengandung komponen non asam amino. Protein memiliki konformasi unik yang dapat diubah oleh denaturasi seperti panas, asam, basa, 8 M urea, 6 M guanidin-HCl, pelarut organik, dan deterjen. Kelarutan serta sifat fungsional protein dapat diubah oleh denaturasi.

Analisis protein diperumit oleh fakta bahwa beberapa komponen makanan memiliki sifat fisika-kimia yang serupa. Nitrogen nonprotein dapat berasal dari asam amino bebas, peptida rantai pendek, asam nukleat, fosfolipid, gula amino, porfirin, dan

beberapa vitamin, alkaloid, asam urat, urea, dan ion amonium. Oleh karena itu, total nitrogen organik dalam makanan akan mewakili nitrogen terutama dari protein dan pada tingkat yang lebih rendah dari semua zat nonprotein yang mengandung nitrogen organik. Tergantung pada metodologi, komponen makanan utama lainnya, termasuk lipid dan karbohidrat, dapat mengganggu analisis protein makanan secara fisik.

Banyak metode telah dikembangkan untuk mengukur kandungan protein. Prinsip-prinsip dasar dari metode ini meliputi penentuan nitrogen, ikatan peptida, asam amino aromatik, kapasitas pengikatan zat warna, serapan ultraviolet protein, dan sifat hamburan cahaya. Selain faktor-faktor seperti sensitivitas, akurasi, presisi, kecepatan, dan biaya analisis, apa yang sebenarnya diukur harus dipertimbangkan dalam pemilihan metode yang tepat untuk penerapan tertentu.

12.1.2 Pentingnya Analisis

Analisis protein penting untuk:

1. *Nutrition labelling*

Label nutrisi adalah informasi yang terdapat pada label makanan kemasan. Label nutrisi menggambarkan kandungan nutrisi suatu makanan dan dimaksudkan untuk memandu konsumen dalam memilih makanan. Informasi nutrisi harus jujur dan tidak menyesatkan konsumen. Maka dari itu, sebuah metode analisis yang tepat dapat memberikan informasi yang tepat bagi konsumen.

2. Menentukan harga

Biaya komoditas tertentu didasarkan pada kandungan protein yang diukur dengan kandungan nitrogen (misalnya, biji-bijian sereal; susu untuk membuat produk susu tertentu, misalnya, keju).

3. Investigasi sifat fungsional suatu produk

Protein di berbagai jenis makanan memiliki sifat fungsional makanan yang unik, misalnya, gliadin dan glutenin dalam tepung terigu untuk pembuatan roti, kasein dalam susu untuk koagulasi menjadi produk keju, dan albumin telur untuk *foaming agent* (Denise M. Smith, 2010).

4. Penentuan aktivitas biologis

Beberapa protein, termasuk enzim atau penghambat enzim, relevan dengan ilmu pangan dan nutrisi, misalnya, enzim proteolitik dalam pengempukan daging, pektinase dalam pematangan buah, dan penghambat tripsin dalam biji kacang-kacangan adalah protein. Untuk membandingkan antar sampel, aktivitas enzim sering dinyatakan dalam aktivitas spesifik, yang berarti unit aktivitas enzim per mg protein.

Analisis protein diperlukan ketika Anda ingin mengetahui:

- 1) Kandungan protein total
- 2) Kandungan protein tertentu dalam campuran
- 3) Kandungan protein selama isolasi dan pemurnian protein
- 4) Nitrogen nonprotein
- 5) Komposisi asam amino (Denise M. Smith, 2010)
- 6) Nilai gizi protein (Denise M. Smith, 2010)

12.1.3 Kandungan Protein Dalam Makanan

Kandungan protein dalam makanan sangat bervariasi. Makanan yang berasal dari hewan dan kacang-kacangan adalah sumber protein yang sangat baik. Kandungan protein dari makanan yang dipilih tercantum pada Tabel 21.

Tabel 22. Kandungan Protein Makanan Pilihan (US. Departemen of Agriculture, 2008)

Jenis Makanan	Persen Protein (Berat Basah)
Sereal dan pasta	
Beras	7.9
Gandum mentah	7.1
Tepung terigu	13.7
Tepung jagung	6.9
Spaghetti, kering	13.0
Kanji dari tepung jagung	0.3
Produk susu	
Susu rendah lemak	3.2
Susu tanpa lemak	36.2
Keju cheddar	24.9

Jenis Makanan	Persen Protein (Berat Basah)
Yoghurt rendah lemak	5.3
Buah-buahan dan sayur-sayuran	
Apel	0.3
Asparagus	2.2
Stroberi	0.7
Selada	0.9
Kentang	2.0
Polong-polongan	
Kedelai	36.5
Kacang	23.6
Tahu mentah (keras)	15.8
Tahu biasa	8.1
Daging, unggas, ikan	
Daging sapi	21.4
Daging sapi yang diawetkan	31.1
Ayam	23.1
Ham	16.6
Telur	12.6
Ikan COD	17.9
Tuna kaleng	26.5

12.2 Metode-metode

Prinsip, prosedur umum, dan penerapan dijelaskan di bawah ini untuk berbagai metode penentuan protein. Lihat metode yang dirujuk untuk instruksi rinci tentang prosedur. Metode Kjeldahl, Dumas (pembakaran N), dan spektroskopi inframerah berasal dari *Official Methods of Analysis of AOAC International* (AOAC International, 2007) dan digunakan secara umum dalam pelabelan nutrisi dan penjaminan mutu.

12.2.1 Metode Kjeldahl

1. Prinsip Dasar

Dalam prosedur Kjeldahl, protein dan komponen makanan organik lainnya dalam sampel dihancurkan dengan asam sulfat dengan bantuan katalis. Nitrogen

organik total diubah menjadi amonium sulfat. Hasil reaksi dinetralkan dengan alkali dan disuling menjadi larutan asam borat. Anion borat yang terbentuk dititrasi dengan asam standar, yang diubah menjadi nitrogen dalam sampel. Hasil analisis menunjukkan kandungan protein kasar makanan karena nitrogen juga berasal dari komponen nonprotein (metode Kjeldahl juga mengukur nitrogen pada amonia dan amonium sulfat).

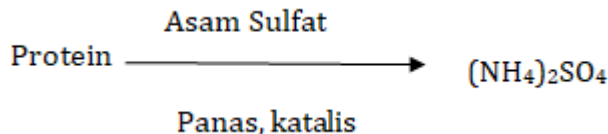
2. Prosedur Umum dan Reaksi

1) Persiapan Sampel

Makanan padat digiling agar lolos saringan 20 mesh. Sampel untuk analisis harus homogen.

2) *Digestion*

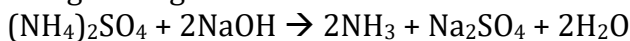
Tempatkan sampel (ditimbang secara akurat) dalam labu Kjeldahl. Tambahkan asam dan katalis; *digest* hingga terurai sempurna semua bahan organik. Amonium sulfat nonvolatil terbentuk dari reaksi nitrogen dan asam sulfat.



3) Selama proses *digestion*, nitrogen protein dibebaskan untuk membentuk ion amonium; asam sulfat mengoksidasi bahan organik dan bergabung dengan amonium yang terbentuk; unsur karbon dan hidrogen diubah menjadi karbondioksida dan air.

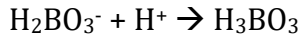
4) Netralisasi dan Distilasi

Produk diencerkan dengan air. Natrium tiosulfat yang mengandung alkali ditambahkan untuk menetralkan asam sulfat. Amonia yang terbentuk kemudian didistilasi ke dalam larutan asam borat yang mengandung indikator metilen biru dan metil merah.



5) Titrasi

Anion borat (sebanding dengan jumlah nitrogen) dititrasi dengan HCl standar.



6) Perhitungan

Mol HCl = mol NH₃ = mol N dalam sampel

Reagen blanko harus dijalankan untuk mengurangi nitrogen reagen dari nitrogen sampel.

$$\% N = N \text{ HCl} \times \frac{\text{volume asam terbaca}}{\text{g sampel}} \times \frac{14 \text{ g N}}{\text{mol}} \times 100$$

Keterangan:

N HCl = normalitas HCl, dalam mol/1000 mL

Volume asam terbaca = (mL asam standar sampel) - (mL asam standar blanko)

Massa atom nitrogen = 14

Suatu faktor digunakan untuk mengubah persen N menjadi persen protein kasar. Pada umumnya protein mengandung 16% N, jadi faktor konversinya adalah 6,25 (100/16)= 6,25).

$$\%N / 0.16 = \% \text{protein} \text{ atau } \%N \times 6.25 = \% \text{protein}$$

Tabel konversi untuk berbagai makanan ditunjukkan di tabel 23.

Tabel 23. Faktor Konversi Nitrogen ke Protein untuk Berbagai Makanan (Mosse, 1990)

	Persen N dalam Protein	Faktor
Telur atau daging	16.0	6.25
Susu	15.7	6.38
Gandum	18.76	5.33
Jagung	17.70	5.65
Oat	18.66	5.36
Kedelai	18.12	5.52
Beras	19.34	5.17

7) Prosedur Alternatif

Pada bagian proses distilasi dan titrasi dengan asam, amonia atau nitrogen dapat dikuantifikasi dengan:

1) Neslerisasi



Metode ini cepat dan sensitif, tetapi amonium dimercuri iodida bersifat koloid dan warnanya tidak stabil (merah-jingga, 440 nm)

2) NH_3 + fenol + hipoklorida $\rightarrow$ indofenol (biru, 630 nm)

3) Pengukuran pH setelah distilasi menjadi asam borat yang diketahui volumenya

4) Pengukuran langsung amonia, menggunakan metode kromatografi ion

3. Penerapan

Kelebihan:

- 1) Berlaku untuk semua jenis makanan.
- 2) Murah (jika tidak menggunakan sistem otomatis).
- 3) Akurat, metode untuk mengukur kandungan protein kasar.
- 4) Telah dimodifikasi (metode mikro Kjeldahl) untuk mengukur jumlah mikrogram protein.

Kekurangan:

- 1) Mengukur nitrogen organik total, bukan hanya nitrogen protein.
- 2) Memakan waktu (minimal 2 jam untuk menyelesaikan).
- 3) Presisi yang lebih buruk daripada metode biuret.
- 4) Reagen bersifat korosif.

12.2.2 Metode Dumas (Pembakaran Nitrogen)

1. Prinsip Dasar

Sampel dibakar pada suhu tinggi (700-1000°C) dengan aliran oksigen murni. Semua karbon dalam sampel diubah menjadi karbondioksida selama pembakaran kilat. Komponen yang mengandung nitrogen yang dihasilkan antara lain N_2 dan nitrogen oksida. Oksida nitrogen direduksi menjadi nitrogen dalam kolom reduksi tembaga pada suhu tinggi (600°C). Nitrogen total (termasuk fraksi anorganik, yaitu, termasuk nitrat dan ntrit) yang dilepaskan dibawa oleh helium murni dan dikuantifikasi dengan kromatografi gas menggunakan detektor konduktivitas termal (TCD) (Wilson, 1990). Kemurnian yang sangat tinggi dari asetanilida dan EDTA (etilendiamin tetraasetat) dapat digunakan sebagai standar untuk kalibrasi alat analisis nitrogen. Nitrogen yang ditentukan diubah menjadi kandungan protein dalam sampel menggunakan faktor konversi protein.

2. Prosedur

Sampel (kira-kira 100-500 mg) ditimbang ke dalam kapsul timah dan dimasukkan ke reaktor pembakaran dalam peralatan otomatis. Nitrogen yang dilepaskan diukur dengan kromatografi gas.

3. Penerapan

Metode pembakaran merupakan alternatif dari metode Kjeldahl (Wiles PG, Gray I, 1998) dan cocok untuk semua jenis makanan.

Kelebihan:

1. Tidak menggunakan bahan kimia berbahaya.
2. Dapat diselesaikan dalam 3 menit.
3. Instrumen otomatis terbaru dapat menganalisis hingga 150 sampel.

Kekurangan:

1. Menggunakan peralatan yang mahal.
2. Mengukur nitrogen organik total, bukan hanya nitrogen protein.

12.2.3 Spektroskopi Inframerah

1. Prinsip Dasar

Spektroskopi inframerah mengukur penyerapan radiasi (daerah inframerah dekat atau pertengahan) oleh molekul dalam makanan atau zat lain. Gugus fungsi yang berbeda dalam makanan menyerap frekuensi radiasi yang berbeda. Untuk protein dan peptida, berbagai pita inframerah-tengah ($6.47 \mu\text{m}$) dan pita inframerah-dekat (NIR) (misalnya, 3300-3500 nm; 2080-2220 nm; 1560-1670 nm) karakteristik ikatan peptida dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan protein suatu makanan. Dengan menyinari sampel dengan panjang gelombang cahaya inframerah khusus untuk konstituen yang akan diukur, dimungkinkan untuk memprediksi konsentrasi konstituen tersebut dengan mengukur energi yang dipantulkan atau ditransmisikan oleh sampel (yang berbanding terbalik dengan energi yang diserap) (O'Sullivan A, A'Connor B, Kelly A, 1999).

2. Prosedur

a. Sampel cair

- a) Sampel harus bebas air
- b) Oleskan sampel pada NaCl Window. Tekan kedua NaCl window sehingga tidak ada gelembung udara diantara keduanya
- c) Untuk analisis kuantitatif, masukkan sampel ke dalam *Demountable Cell*
- d) Sampel siap dianalisis

b. Sampel padat

a) Metode DRS-8000

Sampel padat yang akan dianalisis dicampur dengan serbuk KBr (5-10% sampel dalam serbuk KBr), kemudian tempatkan pada *sample pan* dan sampel siap dianalisis

b) Metode pelet KBr

Campurkan sampel padat dengan serbuk KBr (5-10% sampel dalam serbuk KBr). Campuran yang sudah homogen kemudian dibuat pellet KBr (pil KBr) dengan alat Mini Hand Press. Setelah terbentuk pil KBr, siap untuk dianalisis

3. Penerapan

Spektroskopi inframerah-tengah digunakan dalam *Infrared Milk Analyzer* untuk menentukan kandungan protein susu, sedangkan spektroskopi inframerah-dekat berlaku untuk berbagai produk makanan (misalnya, biji-bijian; sereal, daging, dan produk susu). Instrumen mahal dan harus dikalibrasi dengan benar. Namun, sampel dapat dianalisis dengan cepat (30 detik hingga 2 menit) oleh analis.

12.2.4 Metode Biuret

1. Prinsip Dasar

Warna ungu kebiruan dihasilkan ketika ion tembaga dikomplekskan dengan ikatan peptida (zat yang mengandung setidaknya dua ikatan peptida, yaitu, biuret, peptida besar, dan semua protein) dalam suasana basa. Absorbansi warna yang dihasilkan dibaca pada 540 nm. Intensitas warna (absorbansi) sebanding dengan kandungan protein sampel.

2. Prosedur

- 1) Pereaksi biuret 5 mL dicampur dengan 1 mL larutan protein (1-10 mg, protein/mL). Reagen termasuk tembaga sulfat, NaOH, dan kalium natrium tartrat, yang digunakan untuk menstabilkan ion tembaga dalam larutan basa.
- 2) Setelah campuran reaksi didiamkan pada suhu kamar selama 15 atau 30 menit, absorbansi dibaca pada 540 nm terhadap blanko reagen.
- 3) Filtrasi atau sentrifugasi sebelum membaca absorbansi diperlukan jika campuran reaksi tidak jernih.
- 4) Kurva standar konsentrasi versus absorbansi dibuat menggunakan bovine serum albumin (BSA).

3. Penerapan

Metode biuret telah digunakan untuk menentukan protein dalam sereal, daging, protein kedelai, dan sebagai uji kualitatif untuk pakan ternak. Metode biuret juga dapat digunakan untuk mengukur kandungan protein dari protein yang diisolasi.

Kelebihan:

- 1) Lebih murah daripada metode Kjeldahl; cepat (dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari 30 menit); metode paling sederhana untuk analisis protein.
- 2) Penyimpangan warna lebih jarang ditemui dibandingkan dengan metode Lowry, penyerapan ultraviolet (UV), atau turbidimetri.
- 3) Sangat sedikit zat selain protein dalam makanan yang mengganggu reaksi biuret.
- 4) Tidak mendeteksi nitrogen dari sumber nonpeptida atau nonprotein.

Kekurangan:

- 1) Tidak terlalu sensitif dibandingkan dengan metode Lowry; membutuhkan setidaknya 2-4 mg protein untuk pengujian.
- 2) Absorbansi dapat disumbangkan dari pigmen empedu jika ada.
- 3) Konsentrasi tinggi garam amonium mengganggu reaksi.
- 4) Warna bervariasi dengan protein yang berbeda; agar-agar memberi warna merah muda-ungu.
- 5) *Opalescence* dapat terjadi pada larutan akhir jika terdapat kadar lipid atau karbohidrat yang tinggi.
- 6) Bukan metode mutlak; warna harus distandarisasi terhadap protein yang diketahui (misalnya, BSA) atau terhadap metode nitrogen Kjeldahl.

12.2.5 Metode Lowry

1. Prinsip Dasar

Metode Lowry menggabungkan reaksi biuret dengan reduksi reagen fenol Folin-Ciocalteu (asam fosfomolibdat-fosfotungstat) oleh residu tirosin dan triptofan dalam protein. Warna kebiruan yang terbentuk terbaca pada 750 nm (sensitivitas tinggi untuk konsentrasi protein rendah) atau 500 nm (sensitivitas rendah untuk konsentrasi protein tinggi). Prosedur asli telah dimodifikasi oleh Miller dan Hartree untuk meningkatkan linieritas respon warna terhadap konsentrasi protein.

2. Prosedur

Prosedur berikut ini didasarkan pada prosedur Hartree yang dimodifikasi:

- 1) Protein yang akan dianalisis diencerkan hingga kisaran yang sesuai (20-100 μg).
- 2) Larutan K Na Tartrat- Na_2CO_3 ditambahkan setelah didinginkan dan diinkubasi pada suhu kamar selama 10 menit.
- 3) Larutan $CuSO_4$ -K Na Tartrat-NaOH ditambahkan setelah didinginkan dan diinkubasi pada suhu kamar selama 10 menit.
- 4) Reagen Folin yang baru disiapkan ditambahkan dan kemudian campuran reaksi dicampur dan diinkubasi pada suhu 50°C selama 10 menit.
- 5) Absorbansi dibaca pada 650 nm.
- 6) Kurva standar BSA dibuat dengan hati-hati untuk memperkirakan konsentrasi protein protein yang tidak diketahui.

3. Penerapan

Karena kesederhanaan dan sensitivitasnya, metode Lowry telah banyak digunakan dalam biokimia protein. Namun, belum banyak digunakan untuk menentukan protein dalam sistem makanan tanpa terlebih dahulu mengekstraksi protein dari campuran makanan.

Kelebihan:

- 1) Sangat sensitif
 - a) 50-100 kali lebih sensitif daripada metode biuret
 - b) 10-20 kali lebih sensitif daripada metode penyerapan UV 280 nm
 - c) Sensitivitas yang sama seperti *Nesslerization*, namun, lebih nyaman daripada *Nesslerization*
- 2) Kurang terpengaruh oleh kekeruhan sampel.
- 3) Lebih spesifik daripada kebanyakan metode lainnya.
- 4) Relatif sederhana, dapat dilakukan dalam 1-1,5 jam.

Kekurangan:

Untuk alasan berikut, prosedur Lowry memerlukan standarisasi yang cermat untuk penerapan tertentu,

- 1) Warna bervariasi dengan protein yang berbeda untuk tingkat yang lebih besar daripada metode biuret.
- 2) Warna tidak sepenuhnya sebanding dengan konsentrasi protein.
- 3) Reaksi diintervensi dengan berbagai derajat oleh sukrosa, lipid, buffer fosfat, monosakarida, dan heksoamina.
- 4) Konsentrasi tinggi gula pereduksi, amonium sulfat, dan senyawa sulfhidril mengganggu reaksi.

12.2.6 Metode Pengikatan Pewarna

1. Metode Pengikatan Pewarna Anionik

a. Prinsip Dasar

Sampel yang mengandung protein dicampur dengan pewarna anionik dalam jumlah berlebih yang diketahui dalam larutan buffer. Protein mengikat pewarna untuk membentuk kompleks yang tidak larut. Pewarna larut yang tidak terikat diukur setelah kesetimbangan reaksi dan penghilangan kompleks yang tidak larut dengan sentrifugasi atau filtrasi.

Protein + pewarna berlebih → Protein-pewarna yang mengikat kompleks yang tidak larut + pewarna larut yang tidak terikat

Pewarna asam sulfonat anionik, termasuk *orange acid 12*, *orange G*, dan *Amido Black 10B*, mengikat gugus kationik dari residu asam amino basa (imidazol histidin, guanidin arginin, dan gugus ϵ -amino lisin) dan terminal amino bebas kelompok proteinnya. Jumlah zat warna yang tidak terikat berbanding terbalik dengan kandungan protein sampel.

b. Prosedur

- 1) Sampel digiling halus (ukuran 60 mesh atau lebih kecil) dan ditambahkan ke larutan pewarna berlebih dengan konsentrasi yang diketahui.
- 2) Isi dikocok kuat untuk menyeimbangkan reaksi pengikatan pewarna dan disaring atau disentrifugasi untuk menghilangkan zat yang tidak larut.

- 3) Absorbansi larutan zat warna yang tidak terikat dalam filtrat atau supernatan diukur dan konsentrasi zat warna diperkirakan dari kurva standar zat warna.
- 4) Kurva kalibrasi dapat diperoleh dengan memplot konsentrasi zat warna tidak terikat terhadap nitrogen total (sebagaimana ditentukan dengan metode Kjeldahl) dari makanan tertentu yang mencakup berbagai kandungan protein.
- 5) Kandungan protein dari sampel yang tidak diketahui dari jenis makanan yang sama dapat diperkirakan dari kurva kalibrasi atau dari persamaan regresi yang dihitung dengan metode kuadrat terkecil.

c. Penerapan

Pengikatan pewarna anionik telah digunakan untuk memperkirakan protein dalam susu, tepung terigu, produk kedelai, dan daging. Metode yang disetujui AOAC mencakup dua metode pengikatan pewarna [Metode 967.12 menggunakan *Acid Orange* 12 dan Metode 975.17 menggunakan Amido Black 10B untuk menganalisis protein dalam susu]. Metode AACC 46-14.02 menggunakan pengikatan *Acid Orange* 12 untuk mengukur protein dalam sampel tepung terigu dan kedelai.

Kelebihan:

- 1) Cepat (15 menit atau kurang), murah, dan relatif akurat untuk menganalisis kandungan protein dalam komoditas pangan.
- 2) Dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan kandungan lisin yang tersedia dari produk sereal selama pemrosesan karena pewarna tidak mengikat lisin yang berubah dan tidak tersedia. Karena lisin adalah asam amino pembatas dalam produk sereal, kandungan lisin yang tersedia mewakili nilai gizi protein dari produk sereal.
- 3) Tidak ada reagen korosif.
- 4) Tidak mengukur nitrogen nonprotein.

5) Lebih tepat daripada metode Kjeldahl.

Kekurangan:

- 1) Tidak peka; jumlah miligram protein yang dibutuhkan.
- 2) Protein berbeda dalam kandungan asam amino basa sehingga berbeda dalam kapasitas pengikatan zat warna. Oleh karena itu, diperlukan kurva kalibrasi untuk komoditas pangan tertentu.
- 3) Tidak cocok untuk protein terhidrolisis karena mengikat asam amino N-terminal.
- 4) Beberapa komponen nonprotein mengikat pewarna (yaitu, pati) atau protein (kalsium atau fosfat) dan menyebabkan kesalahan dalam hasil akhir. Masalah dengan kalsium dan ion logam berat dapat dihilangkan dengan menggunakan reagen buffer yang mengandung asam oksalat.

2. Metode Pengikatan Pewarna Bradford

a. Prinsip Dasar

Ketika Coomassie Brilliant Blue G-250 mengikat protein, pewarna berubah warna dari kemerahan menjadi kebiruan, dan penyerapan maksimum pewarna bergeser dari 465 menjadi 595 nm. Perubahan absorbansi pada 595 nm sebanding dengan konsentrasi protein sampel. Seperti metode pengikatan pewarna lainnya, Bradford bergantung pada sifat amfoter protein. Ketika larutan yang mengandung protein diasamkan hingga pH kurang dari titik isoelektrik protein yang diinginkan, pewarna yang ditambahkan akan berikatan secara elektrostatis. Efisiensi pengikatan ditingkatkan dengan interaksi hidrofobik molekul pewarna dengan *backbone* polipeptida yang berdampingan dengan residu bermuatan positif dalam protein. Dalam kasus metode Bradford, zat warna yang terikat pada protein memiliki perubahan spektrum absorbansi yang relatif terhadap zat warna yang tidak terikat.

b. Prosedur

- 1) Coomassie Brilliant Blue G-250 dilarutkan dalam etanol 95% dan diasamkan dengan asam fosfat 85%.
- 2) Sampel yang mengandung protein (1-100 $\mu\text{g/mL}$) dan larutan standar BSA dicampur dengan reagen Bradford.
- 3) Absorbansi pada 595 nm dibaca terhadap blanko reagen.
- 4) Konsentrasi protein dalam sampel diperkirakan dari kurva standar BSA.

c. Penerapan

Metode Bradford telah berhasil digunakan untuk menentukan kandungan protein dalam produk wort dan bir dan umbi kentang. Prosedur ini telah diperbaiki untuk mengukur kuantitas mikrogram protein. Karena kecepatan, sensitivitas, dan gangguan yang lebih sedikit daripada metode Lowry, metode Bradford telah digunakan secara luas untuk analisis protein dan enzim konsentrasi rendah, dalam pemurnian dan karakterisasinya.

Kelebihan:

- 1) Cepat; reaksi dapat diselesaikan dalam 2 menit.
- 2) Dapat direproduksi.
- 3) Peka; beberapa folle lebih sensitif daripada metode Lowry,
- 4) Tidak ada interferensi dari amonium sulfat, polifenol, karbohidrat seperti sukrosa, atau kation seperti K^+ , Na^+ , dan Mg^{2+} .
- 5) Mengukur protein atau peptida dengan massa molekul kira-kira sama atau lebih besar dari 4000 Da.

Kekurangan:

1. Terganggu oleh deterjen nonionik dan ionik, seperti Triton X-100 dan natrium dodesil sulfat. Namun, kesalahan karena jumlah kecil (0,1%) dari deterjen ini dapat diperbaiki dengan menggunakan kontrol yang tepat.

2. Kompleks protein-pewarna dapat mengikat kuarsa kuvet. Analisis harus menggunakan kuvet kaca atau plastik.
3. Warna bervariasi dengan berbagai jenis protein. Protein standar harus dipilih dengan hati-hati.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International (2007) *Official Methods of Analysis*. 18th edn. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Denise M. Smith (2010) *Protein Separation and Characterization Procedures*. 4th edn. Edited by S. Suzanne Nielsen. New York: Springer Science and Business Media LLC. doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1.
- Jones DB (1931) *Factors for converting percentage of nitrogen in foods and feeds into percentages of protein*. Washington, DC: US. Dept. Agric.
- Mosse, J. (1990) 'Nitrogen to Protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content', *J Agric Food Chem*, 38, pp. 18–24.
- O'Sullivan A, A'Connor B, Kelly A, M. M. (1999) 'The use of chemical and infrared methods for analysis of milk and dairy products', *Int J Dairy Technol*, 52, pp. 139–148.
- Sam K.C Chang (2010) *Protein Analysis*. 4th edn. Edited by S. Suzanne Nielsen. New York: Springer Science and Business Media LLC. doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1.
- US. Departemen of Agriculture, A. R. S. (2008) *USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22*.
- Wiles PG, Gray I, K. R. (1998) 'Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products', *J AOAC Int*, 81(620–632).
- Wilson, P. (1990) 'A new instrument concept for nitrogen/protein analysis. A challenge to the Kjeldahl method', *Aspect Appl Biol*, 25, pp. 443–446.
- Winarno, F. G. (2004) *Kimia Pangan Dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

BAB XIII

ANALISIS SUSU

Oleh Dodi Satriawan

13.1 Pendahuluan

Susu sangat banyak sekali manfaatnya. Hal ini dapat kita dapat buktikan dan lihat dari makanan pertama kita ketika lahir di dunia ini adalah Air Susu Ibu (ASI). Bahkan saking bermanfaatnya susu bagi balita, seorang ibu dianjurkan untuk memberikan asinya selama dua tahun. Setelah umur dua tahun pun kita masih dianjurkan untuk meminum susu dengan berbagai jenisnya begitu juga dengan lansia, mereka juga dianjurkan untuk mengkonsumsi susu untuk kebutuhan harian mereka. Lalu apa saja sih manfaat susu, ada berapa jenis susu dan bagaimana cara menganalisis kandungan susu. Pada bab ini, kita akan fokus membahas tentang pengertian susu secara ringkas, manfaat susu, syarat mutu susu segar, dan bagaimana cara menganalisis kandungan susu.

13.2 Pengertian Susu

Susu dapat didefinisikan sebagai cairan yang didapatkan dari ambung sapi yang sehat serta bersih, yang mana cairan ini didapatkan dengan cara pemerahan yang baik dengan mendapatkan kandungan alaminya yang baik atau tidak ditambahi dengan sesuatu apapun serta belum dilakukan penambahan perlakuan apapun (SNI 01-3141-1998, 1998). Susu memiliki empat macam yaitu susu segar, susu pasteurisasi, susu evaporasi dan susu Ultra High Temperatur (UHT).

Susu segar berdasarkan SNI 01-3141-1998, (1998) didefinisikan sebagai susu murni yang didapatkan dari kambing atau sapi sehat serta bersih yang dihasilkan dengan melalui proses pemerahan yang baik dan belum mendapatkan penambahan perlakuan apapun kecuali pemberian perlakuan berupa pendinginan yang tanpa mempengaruhi kemurnian dari kandungan susu tersebut. Susu segar ini bisa didapatkan langsung dari

peternakan sapi atau kambing tanpa ada penambahan apapun seperti penambahan air atau penambahan zat pengawet dalam susu tersebut.

Susu pasteurisasi merupakan susu segar atau susu rekonstitusi atau susu rekombinasi dimana telah mengalami suatu proses pemanasan selama ≥ 30 menit pada suhu $63^{\circ}\text{C} - 66^{\circ}\text{C}$ atau dipanaskan selama 15 menit pada suhu 72°C yang kemudian didinginkan segera hingga suhunya mencapai 10°C dan kemudian dilakukan proses aseptis dan susu disimpan pada suhu $\leq 4,4^{\circ}\text{C}$ (SNI 01-3951-1995, 1995). Maksud dari susu rekonstitusi diatas yaitu susu yang didapatkan dari penggabungan kembali komponen-komponen susu yang telah terpisahkan, sedangkan susu rekombinasi yaitu susu yang didapatkan dari penggabungan komponen susu segar dan susu rekonstitusi (SNI 01-3951-1995, 1995). Contoh susu pasteurisasi yang banyak dijual dipasaran adalah susu greenfields, susu diamond, susu kin, susu brookfarm, dan susu cimory.

Susu evaporasi merupakan susu yang diolah dengan cara penguapan air yang terkandung didalam susu segar atau merekonstitusi susu bubuk yang diproses tanpa atau dengan penambahan berbagai bahan tambahan yang diizinkan (SNI 01.2780.1992, 1992). Contoh susu evaporasi yang dapat ditemukan dipasaran yaitu nestle carnation, F&N filled milk, luna full cream, sumbay evaporated milk, teapot creamer, dairygold filled milk, dan Indofood tiga sapi.

Susu *Ultra High Temperature* (UHT) merupakan susu yang didapatkan dengan proses mensterilkan susu selama 2 detik pada suhu 135°C , tanpa atau dengan penambahan berbagai bahan tambahan makanan dan bahan makanan yang diizinkan serta dikemas dengan aseptis (SNI 01-3950-1998, 1998). Contoh susu *Ultra High Temperature* (UHT) yang terdapat dipasaran berupa susu UHT greenfields, susu UHT *ultra milk*, susu UHT milo, susu UHT Frisian flag, susu UHT ovaltine dan lain-lain.

13.3 Manfaat Susu

Susu memiliki banyak manfaat dan memiliki kandungan gizi yang tinggi . Kandungan gizi ini berupa kandungan karbohidrat protein, lemak, vitamin dan mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh (Miskiyah, 2011). Susu kambing dapat bermanfaat sebagai peningkat kebugaran para atlet sehingga performa latihan atlet menjadi lebih baik karena mengandung medium chain triglyceride atau trigliserida rantai sedang (Yusni and Amiruddin, 2021). Selain itu susu memiliki banyak kandungan kalsium yang baik untuk pertumbuhan gigi dan tulang, kandungan zat besi untuk mencegah anemia, mengurangi kolesterol dan mencukupi kebutuhan protein harian (Hardiansyah, 2020; Anggraeni, Hidayat and Amir, 2021; Andari *et al.*, 2022)

13.4 Syarat Mutu Susu

Banyaknya manfaat susu ini membuat banyaknya produk-produk yang dihasilkan dari bahan baku susu. Untuk memastikan produk susu yang dihasilkan memiliki standar mutu yang baik, maka pemerintah membuat acuan standar syarat mutu susu yang ditetapkan berdasarkan SNI 3141.1:2011. Standar syarat mutu susu dapat dilihat pada tabel 24.

Tabel 24. Standar syarat mutu susu berdasarkan SNI 3141.1:2011, 2011

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
a.	Berat jenis minimum pada suhu 27,5 °C	g/ml	1,0270
b.	Kadar Protein	%	2,8
c.	Kadar lemak minimum	%	3,0
d.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
e.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
f.	Warna, bau, rasa, dan kekentalan	-	tidak ada perubahan
g.	Uji alkohol (70%)	-	negatif
h.	Cemaran mikroba maksimum: - Total Plate Count - Staphylococcus aureus	CFU/ml CFU/ml	1×10^6 1×10^2

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
	- Enterobacteriaceae	CFU/ml	1×10^3
i.	Jumlah set somatik maksimum	Sel/ml	4×10^5
j.	Residu antibiotika (golongan penicillin, tetrazyklin, aminoglykoside, makrolide)	-	negatif
k.	Uji pemalsuan	-	negatif
l.	Titik beku	$^{\circ}\text{C}$	-0,52 s/d -0,56
m.	Uji peroxidase	-	Positif
n.	Cemaran logam berbahaya, maksimum		
	- Timbal (Pb)	$\mu\text{g/ml}$	0,02
	- Merkuri (Hg)	$\mu\text{g/ml}$	0,03
	- Arsen (As)	$\mu\text{g/ml}$	0,1

Karakteristik syarat mutu susu yang ditetapkan SNI 3141.1:2011 akan kita bahas bagaimana cara menganalisis beberapa karakteristik yang telah ditetapkan dari syarat mutu susu.

13.5 Analisis Berat Jenis.

Analisis berat jenis susu mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998) dengan prinsip memasukkan benda padat ke dalam susu dan tekanan dari benda padat ke dalam susu pada suhu 20-30 $^{\circ}\text{C}$ akan memindahkan sejumlah cairan susu keatas atau keluar. Alat yang digunakan pada analisis berat jenis ini berupa laktodensimeter, dua gelas beker gelas 500 ml, tabung berukuran 500 ml, dan termometer. Pada pengukuran berat jenis ini tidak ada penambahan pereaksi apapun sehingga bahan yang digunakan berupa susu segar.

Proses pengukuran berat jenis air dilakukan dengan ambil sampel susu yang baru diperah dan biarkan selama minimal tiga jam. Homogenkan susu yang didiamkan tersebut dengan teknik menuangkan susu dari satu beker gelas ke beker gelas yang lainnya. Setelah homogen susu dimasukkan kedalam tabung besar berukuran 500 ml tanpa ada buih yang terbentuk. Celupkan laktodensimeter ke dalam susu dan bacalah skala yang ditunjukkan pada laktodensimeter. Angka yang terbaca di laktodensimeter

merupakan angka ke-2 dan angka ke-3 di belakang koma dari 4 desimal di belakang koma. Misal angka yang terbaca pada laktodensimeter adalah 28 maka angka yang didapatkan yaitu 1,0280. Lakukan pengujian sebanyak tiga kali pengulangan.

Hasil uji laktodensimeter kemudian dilakukan kalibrasi penyesuaian berat jenis dengan kenaikan 1 °C memiliki koefisien muai susu sebesar 0,0002 dengan perhitungan

$$\begin{aligned} \text{BJ } \frac{27,5\text{ }^{\circ}\text{C}}{27,5\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{ 76 cm Hg} &= 1,0280 + \{(27,5 - 27,5) ^{\circ}\text{C} \times 0,0002\} \\ &= 1,0280 + 0 \\ &= 1,0280 \text{ gr/ ml} \end{aligned}$$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa bila laktodensimeter yang digunakan pada 27,5 °C maka kenaikan koefisien muai susu sama dengan 0 dan didapatkan nilai berat jenis 1,0280 gr/ml. Namun bila menggunakan laktodensimeter pada 15 °C maka perhitungannya menjadi

$$\begin{aligned} \text{BJ } \frac{27,5\text{ }^{\circ}\text{C}}{15\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{ 76 cm Hg} &= 1,0280 + \{(27,5 - 15) ^{\circ}\text{C} \times 0,0002\} \\ &= 1,0280 + (12,5 \times 0,0002) \\ &= 1,0280 + 0,0025 \\ &= 1,0305 \text{ gr / ml} \end{aligned}$$

Sehingga nilai berat jenis dengan menggunakan laktodensimeter pada 15 °C menghasilkan berat jenis 1,0305 gr / ml.

13.6 Analisis Kadar Lemak

Analisis kadar lemak susu mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998) dengan metode Gerber. Metode Gerber merupakan metode empiris yang digunakan untuk mengukur massa kadar lemak dalam 100 ml susu. Prinsip dari metode Gerber ini berupa protein dan kasein di dalam susu dirombak dan dilarutkan dengan asam sulfat sehingga mendapatkan dispersi lemak yang hilang pada susu. Penambahan amil alkohol dilakukan untuk mempercepat pemisahan lemak sehingga lemak akan

mencair dengan adanya panas yang terbentuk. Penambahan proses sentrifugasi menyebabkan pemisahan lemak di bagian skala pada butirometer.

Alat yang digunakan pada analisis kadar lemak ini berupa butirometer, hotplate, sentrifus, micropipet atau pipet ukur 1 ml, dan 10 ml, sedangkan bahan yang digunakan berupa susu segar, asam sulfat 91% dan amil alkohol.

Proses pengukuran kadar lemak dilakukan dengan mengambil 10 ml asam sulfat, 10,75 ml susu yang akan dianalisis, dan 1 ml amil alkohol dimasukkan kedalam butirometer dengan berurutan. Butirometer kemudian ditutup dan dilakukan pengadukan hingga terbentuk karamel dan berubah warna menjadi ungu tua hingga kecoklatan. Butirometer dimasukkan ke dalam sentrifuge dan dilakukan sentrifugasi selama 5 menit dan 1200 rpm. Butirometer kemudian dimasukkan ke dalam air yang memiliki suhu 65 °C selama 5 – 6 menit dan dibaca nilai skala di butirometernya. Skala pada butirometer menunjukkan nilai kadar lemak yang dimiliki oleh susu. Hasil nilai skala dinyatakan dalam persentase.

13.7 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak

Analisis kadar bahan kering tanpa lemak mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998) yang dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode dengan rumus Fleischmann dan metode pengeringan. Metode dengan rumus Fleischmann menggunakan prinsip persentase kadar lemak serta berat jenis susu, sedangkan metode pengeringan menggunakan prinsip pengeringan contoh susu uji hingga kering dan mencapai berat konstan.

13.7.1 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak dengan Rumus Fleischmann

Analisis kadar bahan kering tanpa lemak dengan rumus Fleischmann membutuhkan data persentase kadar lemak serta data berat jenis susu. Perhitungan pada analisis persentase kadar lemak telah dijelaskan pada subbab 14.6 dan untuk analisis berat jenis susu telah dijelaskan pada subbab 14.5. Data yang didapatkan dari

persentase kadar lemak serta berat jenis susu dimasukkan ke dalam rumus Fleischmann berikut ini.

$$BK = 1,311 \times L + 2,738 \frac{100 (BJ - 1)}{BJ}$$

Dimana: BK = kadar bahan kering

L = kadar lemak susu

BJ = berat jenis susu

Rumus diatas merupakan rumus penentuan kadar bahan kering susu. Untuk mengetahui kadar bahan kering susu tanpa lemak menggunakan rumus Fleischmann berikut ini:

$$BKTL = BK - L$$

Dimana: BKTL = bahan kering tanpa lemak

BK = kadar bahan kering

L = kadar lemak susu

13.7.2 Analisis Kadar Bahan Kering Tanpa Lemak dengan Metode Pengeringan

Analisis kadar bahan kering tanpa lemak dengan metode pengeringan menggunakan alat berupa oven, timbangan analitik dengan skala 0,001 gr, desikator, cawan dan *hot plate* atau penangas air. Sedangkan bahan yang digunakan hanya sample susu segar.

Proses pengukuran kadar bahan kering tanpa lemak dengan metode pengeringan dilakukan dengan mengoven cawan beserta tutupnya pada suhu 102 ± 2 °C selama 1 jam. Dinginkan cawan di dalam desikator selama ± 30 menit hingga suhu cawan mendekati suhu kamar (32 °C) kemudian cawan beserta tutupnya di timbang (G_1). Ambil 3 ml sampel susu segar dan letakkan di dalam cawan dan kemudian cawan ditimbang ulang beserta tutupnya (G_2). Oven kembali cawan yang telah berisi sampel susu segar ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 102 ± 2 °C dengan kondisi terbuka dengan

tutup cawan di sampingnya. Dinginkan cawan yang ditutup ke dalam desikator selama ± 30 menit hingga suhu cawan mencapai suhu kamar ($32\text{ }^{\circ}\text{C}$). Timbang cawan yang telah dingin (G_3). Lakukan pengovenan ulang cawan selama 1 jam pada suhu $102 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kemudian didinginkan didalam desikator hingga suhu kamar (± 30 menit). Timbang kembali cawan (G_4). Lakukan prosedur pengovenan hingga berat cawan menjadi konstan ($G_3 = G_4$) atau memiliki selisih maksimal 0,5 mg. Setelah mendapatkan berat cawan konstan masukkan selisih berat ke dalam rumus berikut

$$\text{KBK}(\%) = \frac{(G_{\text{akhir}} - G_1)}{G_2 - G_1} \times 100$$

Dimana: KBK = kadar bahan kering
 G_1 = berat cawan dan penutup
 G_2 = berat cawan + penutupnya dan sampel susu
 G_{akhir} = berat cawan + penutup dan sampel susu kering yang telah konstan

13.8 Analisis Protein

Analisis kadar protein mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998) dengan metode Kjeldahl. Prinsip dari analisis protein dengan metode kjeldahl yaitu membuat destruksi protein yang terkandung di dalam susu menjadi unsur-unsurnya dengan metode pemanasan dan penambahan kalium sulfat serta cupri sulfat yang bertindak sebagai indikatornya. Hal ini dapat menyebabkan gugus N pada susu akan mengalami perubahan menjadi gugus amonium sulfat. Penambahan natrium hidroksida (NaOH) dengan pemanasan akan mengalami proses destilasi menjadi amonia. Amonium yang dilepaskan akan bereaksi dengan asam borat dan sisa asam borat akan dititrasi menggunakan asam klorida (HCl) 0,1 N.

Peralatan yang digunakan di dalam menganalisis protein susu berupa erlenmeyer 500 ml, labu Kjeldahl 500 ml, buret, timbangan analitik, hotplate, alat destilasi, pendingin liebig, batu didih, dan gelas ukur. Sedangkan bahan yang digunakan berupa asam sulfat pekat (H_2SO_4), kalium sulfat (K_2SO_4), asam klorida (HCl), cupri sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), natrium hidroksida (NaOH) 33%, asam

borat 4% dan larutan indikator Kjeldahl. Larutan Kjeldahl dapat dibuat dengan melarutkan *methyl red* 2 gr dan *methylen blue* 1 gram ke dalam 1 L etanol 96%.

Proses analisis protein didalam susu dengan memasukkan 5 gram sampel susu, 0,25 gram cupri sulfat (CuSO_4), 10 gr kalium sulfat (K_2SO_4) dan 20 ml asam sulfat pekat (H_2SO_4) kedalam labu Kjeldahl. Lakukan pencampuran dan pemanasan sampai mendidih dan tidak menimbulkan uap. Setelah cairan menjadi jernih serta tidak berwarna, lakukan pemanasan lanjutan selama 90 menit. Dinginkan sampel hingga suhu kamar dan tambahkan aquades 150 ml beserta beberapa batu didih.

Ambil asam borat 50 ml dan masukkan ke dalam erlenmeyer yang terpisah dari sampel. Tambahkan indikator Kjeldahl sebanyak 4 tetes dan letakkan erlenmeyer di pendingin Leibig. Tambahkan 80 ml NaOH secara perlahan melalui dinding labu Kjeldahl dan panaskan labu Kjeldahl pada alat destilasi minimal 20 menit. Dinginkan sampel susu dan titrasi sampel susu dengan 0,1 N HCl. Lakukan proses diatas untuk pembuatan blanko berupa 5 ml aquades. Hasil titrasi yang di dapat dimasukkan ke dalam rumus berikut

$$\text{Kandungan protein (\%)} = \frac{1,4 \times N \times (A - B) \times 6,38}{C}$$

Dimana: N = normal HCl

A = jumlah HCl pada titrasi sampel susu (ml)

B = jumlah HCl pada titrasi blanko (ml)

C = berat sampel susu (gram)

13.9 Uji Warna, Bau, Rasa dan Kekentalan

Uji warna, bau, rasa dan kekentalan juga mengacu pada SNI 01-2782-1998, (1998). Uji warna dilakukan dengan mengambil 5 ml sampel susu dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Amati warna susu didalam tabung reaksi dengan menambahkan latar belakang berwarna putih. Uji bau dilakukan dengan mengambil 5 ml sampel susu dan dimasukkan kedalam tabung reaksi dan lakukan penciuman bau pada sampel susu. Kemudian sampel susu

dididihkan dan lakukan penciuman bau kembali pada sampel susu. Uji rasa dilakukan dengan pemanasan terlebih dahulu sampel susu hingga mendidih dan kemudian lakukan pencicipan sampel susu tersebut. Sedangkan uji kekentalan dilakukan dengan mengambil 5 ml sampel susu dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Miringkan tabung reaksi dan kemudian tegakkan kembali tabung reaksi. Perhatikan kecepatan sampel susu yang menempel di tabung reaksi turun. Perhatikan juga apakah ada butiran, lendir atau sebagainya

13.10 Analisis Derajat Keasaman

Analisis derajat keasaman pada sampel susu mengacu pada SNI 01-2782-1998, (1998) dengan metode Soxhlet Henkel. Alat yang digunakan untuk analisis derajat keasaman ini berupa erlenmeyer 50 ml, buret dan pipet ukur. Sedangkan bahan yang digunakan berupa sampel susu, NaOH 0,25 N, larutan phenolphthalein 2%, dan larutan cobalt sulfat. Larutan phenolphthalein 2% dapat dibuat dengan melarutkan 2 gr phenolphthalein ke dalam 100 ml etanol 96%. Sedangkan larutan kobalt sulfat dibuat dengan melarutkan $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kedalam 100 ml aquades.

Proses analisis derajat keasaman dilakukan dengan mengambil 50 ml sampel susu yang dimasukkan kedalam dua erlenmeyer. Tambahkan 2 ml phenolphthalein ke salah satu erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,25 N hingga berwarna merah muda. Sampel susu di erlenmeyer yang kedua ditambahkan cobalt sulfat 1 ml. Warna yang terbentuk pada sampel susu di erlenmeyer yang kedua ini sebagai warna pembanding dari sampel susu pada erlenmeyer pertama. Hasil titrasi yang di dapat dimasukkan ke dalam rumus derajat Soxhlet ($^{\circ}\text{SH}$) sebagai berikut

$$^{\circ}\text{SH} = T \times \frac{100 \text{ ml}}{50 \text{ ml}}$$

Dimana: $^{\circ}\text{SH}$ = derajat soxhlet

T = volume NaOH pada titrasi sampel susu (cc)

13.11 Uji Alkohol

Analisis kadar alkohol yang terkandung didalam susu mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998). Susu yang memiliki kandungan alkohol akan menyebabkan sifat dehidrasi protein pada susu sehingga susu akan mengalami koagulasi atau pengentalan susu dan menyebabkan susu menjadi pecah. Kandungan alkohol di dalam susu akan mempengaruhi derajat keasaman susu, semakin tinggi derajat keasaman susu akan menyebabkan semakin tinggi konsentrasi alkohol.

Peralatan yang digunakan untuk analisis uji alkohol berupa tabung reaksi, gelas ukur, dan mikropipet atau pipet ukur 5 ml beserta ball pipetnya. Sedangkan bahan yang digunakan berupa sampel susu segar dan alkohol 70%.

Proses pengukuran kadar alkohol dilakukan dengan mengambil 5 ml sampel susu segar dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Penambahan 5 ml alkohol 70% kedalam tabung sampel susu segar. Kemudian amati kondisi sampel susu, bila sampel susu mengalami gumpalan atau terbentuk butiran-butiran maka susu menunjukkan reaksi positif terhadap alkohol.

13.12 Uji Pemalsuan

Uji pemalsuan digunakan untuk mengetahui apakah susu telah mengalami penambahan seperti gula, pati atau penambahan bahan pengawet sehingga dapat mengurangi syarat mutu dari susu. Uji pemalsuan dilakukan mengacu pada metode SNI 01-2782-1998, (1998) yang berupa uji penambahan susu masak, uji penambahan gula, uji penambahan pati, dan uji penambahan bahan pengawet.

13.12.1 Uji Penambahan susu masak

Pemalsuan yang dimaksud berupa adanya penambahan susu masak kedalam susu segar. Alat yang digunakan untuk melakukan uji penambahan susu masak berupa tabung reaksi, pipet ukur 10 ml, serta pipet tetes. Sedangkan bahan yang digunakan berupa sampel susu, larutan parafenildiamin 2% dan hidrogen peroksida (H_2O_2) 0,2-1%.

Uji penambahan susu masak dilakukan dengan memasukkan 5 ml sampel susu kedalam tabung reaksi dan

ditambahkan larutan paraphenildiamin 2% sebanyak 2 tetes. Tambahkan H_2O_2 (0,2-1%) sebanyak 1-4 tetes lalu gojok tabung reaksi dan amati perubahan warnanya. Bila terjadi perubahan warna menjadi biru maka sampel susu menunjukkan positif adanya penambahan susu masak

13.12.2 Uji Penambahan Gula

Pemalsuan susu segar dapat berupa penambahan gula yang berasal dari gula pasir, air nira, sakarin, atau susu kental manis. Alat yang digunakan untuk uji penambahan gula berupa cawan porselin, gelas ukur 10 ml, *hot plate*, pengaduk kaca dan kawat asbes. Sedangkan bahan yang digunakan berupa resorsin dan asam klorida (HCl) 37%.

Uji penambahan gula dilakukan dengan mengambil 100 mg resorsin, 25 ml sampel susu, dan 2,5 ml HCl 37% yang dimasukkan ke dalam cawan porselin. Lakukan penggojokan dan panaskan hingga mendidih sambil diaduk. Dinginkan selama 5 menit amati terjadinya perubahan warna. Bila terjadi perubahan warna menjadi merah jambu maka sampel susu menunjukkan positif adanya penambahan gula.

13.12.3 Uji Penambahan Pati

Pemalsuan susu segar dapat berupa penambahan pati yang berasal dari tepung kanji, tepung beras, dan air cucian beras. Alat yang digunakan untuk uji penambahan pati berupa tabung reaksi, kertas saring, *potplate*, corong, dan pipet ukur 10 ml. Sedangkan bahan yang digunakan berupa sampel susu, asam asetat dan lugol.

Uji penambahan gula dilakukan dengan mengambil 10 ml sampel susu dan 0,5 ml asam asetat yang dimasukkan kedalam tabung reaksi. Lakukan pengadukan dan pemanasan. Sampel susu kemudian disaring dan ditambahkan lugol 4 tetes ke dalam filtrat sampel susu. Bila terjadi perubahan warna menjadi biru maka sampel susu positif adanya penambahan pati.

13.12.4 Uji Penambahan Bahan Pengawet.

Pemalsuan susu dapat berupa penambahan pengawet seperti penambahan formalin. Untuk mengetahui adanya formalin maka dilakukan uji formalin. Alat yang digunakan untuk uji penambahan formalin ini berupa tabung reaksi, *hot plate*, ball pipet dan pipet ukur 10 ml. Sedangkan bahan yang digunakan berupa larutan HCl yang mengandung besi. Larutan HCl yang mengandung

besi dapat dibuat dengan mencampurkan HCl pekat 100 ml dengan FeCl_3 10% sebanyak 0,2 ml.

Pengujian penambahan formalin ini berupa menambahkan 10 ml asam klorida yang mengandung besi ke dalam 2 ml sampel susu didalam tabung reaksi dan kemudian dipanaskan hingga mendidih selama 1 menit. Bila terjadi perubahan warna menjadi ungu maka sampel susu positif terdapat adanya penambahan formalin.

DAFTAR PUSTAKA

- Andari, I.D. *et al.* (2022) 'Peningkatan Pengetahuan Orang Tua Tentang Pemanfaatan Susu Kambing Bagi Bayi dan Balita', *Jurnal Abdimas PHB: Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif, Humanis, Brainstorming*, 5(1), pp. 57–60.
- Anggraeni, E.D., Hidayat, S.I. and Amir, I.T. (2021) 'Persepsi dan Minat Masyarakat Terhadap Konsumsi Susu', *Jurnal Social Economic of Agriculture*, 10(1), pp. 41–49. doi:10.26418/j.sea.v10i1.47753.
- Hardiansyah, A. (2020) 'Identifikasi Nilai Gizi Dan Potensi Manfaat Kefir Susu Kambing Kaligesing', *Journal of Nutrition College*, 9(3), pp. 208–214. doi:10.14710/jnc.v9i3.27308.
- Miskiyah (2011) 'Kajian Standar Nasional Indonesia Susu Cair di Indonesia', *Jurnal Standardisasi*, 13(1), pp. 1–7.
- SNI 01-2782-1998 (1998) 'SNI 01-2782-1998 tentang Metoda Pengujian Susu Segar', *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*, pp. 1–7. Available at: <http://sni.bsn.go.id/product/detail/3166>.
- SNI 01-3141-1998 (1998) *Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3141-1998 tentang Susu Segar.*, *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- SNI 01-3950-1998 (1998) *SNI 01-3950-1998 tentang Susu UHT (Ultra High Temperature)*, *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- SNI 01-3951-1995 (1995) 'SNI 01-3951-1995 tentang Susu Pasteurisasi', *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta* [Preprint].
- SNI 01.2780.1992 (1992) *SNI 01.2780.1992 tentang Susu Evaporasi*, *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- SNI 3141.1:2011 (2011) *SNI 3141.1:2011 tentang Susu segar-Bagian 1: Sapi*, *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- Yusni, Y. and Amiruddin, A. (2021) 'Dampak konsumsi susu kambing terhadap anthropometri, tekanan darah, kekuatan otot tungkai dan kalsium pada pesepakbola junior', *Action: Aceh Nutrition Journal*, 6(1), pp. 82–92. doi:10.30867/action.v6i1.421.

BAB XIV

ANALISIS VITAMIN

Oleh Rahmawati

14.1 Pendahuluan

Istilah *vitamine* mula-mula diutarakan oleh ahli kimia Casimir Funk dari Polandia pada tahun 1912 yang percaya bahwa zat penangkal beri-beri yang larut dalam air adalah suatu amina yang sangat vital. *Vita* menunjukkan senyawa yang diperlukan oleh tubuh, sementara *amine* berarti mengandung nitrogen. Seriring berjalannya waktu, diketahui bahwa ternyata tidak semua vitamin mengandung nitrogen, maka istilah *amine* diganti menjadi *amin*, sehingga sekarang dikenal istilah vitamin (Winarno, 2008; Muchtadi, 2009). Vitamin dibagi menjadi dua golongan besar berdasarkan kelarutannya yaitu vitamin larut air (golongan B dan vitamin C), dan vitamin larut lemak (A, D, E, dan K) (Muchtadi, 2009).

Pada hakekatnya, senyawa vitamin ini digunakan untuk tubuh dalam bertumbuh dan berkembang secara normal. Meskipun memiliki fungsi vital dalam metabolisme, namun tidak dapat dihasilkan oleh tubuh (esensial) (Rahmawati, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan asupan vitamin dari luar tubuh dengan mengonsumsi makanan yang kaya vitamin. Untuk mengetahui kandungan vitamin dalam makanan perlu dilakukan suatu analisis baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Bab 14 ini akan membahas tentang analisis vitamin dalam makanan mencakup vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air.

14.2 Analisis Vitamin C

Vitamin C atau asam askorbat adalah vitamin mudah larut dalam air dan sering kali digunakan sebagai suplemen kesehatan. Vitamin C memiliki fungsi untuk menjaga Kesehatan gigi dan gusi, menghaluskan kulit, dan meningkatkan daya tahan tubuh terhadap berbagai penyakit serta sebagai antioksidan dalam menetralkan

radikal bebas yang masuk didalam darah maupun dalam cairan. Vitamin C dalam keadaan kering cukup stabil, tetapi ketika dalam keadaan larut maka vitamin C mudah rusak disebabkan terjadinya oksidasi (bersentuhan dengan udara) terutama saat terkena panas. Vitamin C tidak stabil dalam larutan alkali, tetapi cukup stabil ketika dalam larutan asam. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan gusi berdarah, sariawan dan skorbut. Adapun kebutuhan vitamin C per hari bayi yaitu 30 mg, anak-anak 60 mg, dewasa sekitar 75 mg, ibu hamil 100 mg, serta ibu menyusui 150 mg (Suhaimi, 2019; Kemenkes RI, 2020; Rahmawati, 2020).

Identifikasi dan penetapan kadar vitamin C dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui kadar vitamin C dalam sampel, sedangkan analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya vitamin C dalam bahan pangan. Analisis kuantitatif biasanya menggunakan metode titrasi asam basa, titrasi iodium, penggunaan diklorofenolindofenol (DCIP), spektrofotometri, dan DPPH, sedangkan analisis kualitatif menggunakan metode pereaksi benedict (Cresna dan Ratman, 2014; Techinamuti dan Pratiwi, 2018; Fitriana dan Fitri, 2020; Lestari dan Darmayanti, 2021).

14.2.1 Metode Titrasi Asam Basa

Titrasi asam basa adalah salah satu metode analisis dari volumetri yaitu suatu cara yang menggunakan larutan titran. Larutan ini dilepaskan dari perangkat gelas yang disebut buret. Ketika larutan yang diuji bersifat basa maka titran harus bersifat asam, begitupun sebaliknya. Adapun cara untuk menghitung kadar vitamin C melalui metode ini adalah dengan $\text{mol NaOH} = \text{mol asam askorbat}$ (Sastrohamidjojo, 2005; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

Langkah awal dalam metode titrasi asam basa adalah dengan memasukkan sampel ke dalam tabung erlenmeyer sebanyak 100 mL. Langkah selanjutnya mengambil 5 mL larutan vitamin C sebagai titran. Kemudian, teteskan indikator sebanyak 0,15 mL ke dalam NaOH sehingga tampak perubahan warna. Amati perubahan warna dan catatkan volume NaOH. Hasil titrasi akhir ditandai dengan pembacaan PH 7 pada larutan. Uji positif jika timbul warna kuning (Ika, 2009; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

14.2.2 Metode titrasi iodometri

Analisis kadar vitamin C bisa juga menggunakan dengan metode titrasi iodometri. Metode ini paling banyak digunakan karena praktis, sederhana, murah dan tidak memerlukan peralatan laboratorium yang canggih. Metode titrasi ini menggunakan iodium sebagai indikatornya (Ika, 2009; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

Iodin atau iodium adalah salah satu unsur golongan halogen dengan warna ungu kehitaman, bersifat korosif, beracun, dan memiliki banyak isotop radioaktif. Salah satu pangan yang banyak mengandung iodin adalah rumput laut (Fitriana dan Fitri, 2020). Ketika pangan yang menjadi sampel mengandung vitamin C, maka terjadi reaksi dengan larutan iodin (I_2), yang mengubah I_2 menjadi ion iodide (I^-) sehingga iodin mengalami reduksi atau berperan sebagai oksidator (Padmaningrum, 2006; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

Larutan vitamin C (asam askorbat) bertindak sebagai reduktor yang dioksidasi oleh iodium. Setelah Vitamin C dalam sampel habis teroksidasi, maka kelebihan iodium segera terdeteksi oleh kelebihan amilum yang dalam suasana basa menghasilkan warna biru muda. Kadar vitamin C dapat diperoleh melalui perhitungan 1 m 0,01 N larutan iodium = 0,88 mg asam askorbat. Akan tetapi, metode ini memiliki kekurangan yaitu ketidakakuratan nilai yang diperoleh karena vitamin C dapat dipengaruhi oleh zat lain (Ika, 2009; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

14.2.3 Metode Titrasi 2,6 Dichlorophenol Indophenol (DCIP)

Analisis vitamin C (asam askorbat) juga bisa dilakukan dengan menggunakan metode titrasi 2,6 *Dichlorophenol Indophenol* (DCIP). Larutan 2,6 *diklorofenol Indofenol* digunakan sebagai titran dan pada larutan sampel yang ditambahkan asam metafosfat sebagai titer. Larutan DCIP yang digunakan untuk titrasi distandarisasi dengan larutan vitamin C standar (Padang dan Maliku, 2017).

Vitamin C standar ditambahkan larutan asam metafosfat tujuannya untuk mencegah logam katalis lain mengoksidasi vitamin C. Hasil akhir, dititrasi dengan 2,6 *diklorofenol*

Indofenol. Reaksi yang terjadi adalah reaksi reduksi 2,6-diklorofenol *indofenol* dengan vitamin C dalam larutan asam. Asam askorbat akan mendonorkan satu elektron membentuk semidehidroaskorbat yang tidak bersifat reaktif. Selanjutnya semidehidroaskorbat mengalami reaksi disproporsionasi membentuk dehidroaskorbat yang bersifat tidak stabil. Dehidroaskorbat akan terdegradasi membentuk asam oksalat dan asam treonat. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna menjadi merah muda dalam kondisi asam (Ika, 2009; Padang dan Maliku, 2017; Techinamuti dan Pratiwi, 2018). Selanjutnya dilakukan titrasi blanko menggunakan larutan asam metafosfat-asetat. Kadar larutan baku 2,6-diklorofenol *indofenol* dinyatakan dengan kesetaraan dalam mg asam askorbat. Hasil perhitungan kesetaraan yang diperoleh adalah 1 ml 2,6-diklorofenol *indofenol* setara dengan 0,429 mg vitamin C (Padang dan Maliku, 2017).

Meskipun dianggap mahal, tetapi analisis kadar vitamin C menggunakan metode titrasi 2,6-diklorofenol memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lain. Pada metode ini, zat pereduksi lain tidak mengganggu penetapan kadar vitamin C. Disamping itu, metode ini juga praktis dan spesifik untuk larutan asam askorbat pada pH 1-3,5. Sebab, saat pH rendah atau suasana asam akan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dalam suasana netral atau basa (Legowo dan Nurwantoro, 2005; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

14.2.4 Metode spektrofotometri

Metode Spektrofotometri menggunakan ultraviolet (UV-Vis) juga dapat digunakan pada analisis vitamin C. Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode yang paling bermanfaat untuk analisis kuantitatif. Karakteristik yang penting terkait dengan spektrofotometri UV-Vis ini adalah selektifitas cukup tinggi, akurasinya baik, dan sensitivitasnya yang cukup tinggi. Kelebihan dari metode spektrofotometri yaitu dapat digunakan untuk penetapan kadar campuran dengan spektrum yang tumpang tindih tanpa pemisahan terlebih dahulu (Tahir et al., 2016; Gandjar dan Rohman, 2018).

Penggunaan metode spektrofotometri UV lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif karena

spektrofotometri UV melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis. Analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan cara menghitung persamaan regresi linier kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi adalah grafik yang menghubungkan antara konsentrasi (x) dan absorbansi (y) sehingga membentuk garis linear. Penentuan kurva kalibrasi dilakukan dari deret konsentrasi 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 9 ppm dan 11 ppm (Dachriyanus, 2004; Techinamuti dan Pratiwi, 2018; Lestari dan Darmayanti, 2021).

Salah satu contoh persamaan regresi linier pada penelitian Lestari dan Darmayanti (2021) yang memperoleh persamaan yaitu $y = 0,0541X + 0,0791$ dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9956. Menurut Maulana (2016) kriteria penerimaan dari koefisien korelasi (r) sebesar $r > 0,99$ menunjukkan linearitas yang sangat baik. Koefisien korelasi (r) ini dapat diartikan sebagai nilai yang diperoleh dari hubungan/korelasi antara dua variable. Dengan demikian, nilai koefisien korelasi $-1 \leq r \leq 1$ menunjukkan tinggi derajat hubungan antara variabelnya. Hasil Lestari dan Darmayanti (2021) menunjukkan bahwa perbedaan kadar vitamin C pada beberapa varian buah yang diteliti. Hal tersebut disebabkan karena beberapa factor yaitu perbedaan varietas pepaya, tempat tumbuh juga dapat mempengaruhi kandungan kimia pada pangan.

14.2.5 Metode DPPH

Metode DPPH merupakan salah satu metode analisis kuantitatif dengan cara in vitro untuk menguji aktivitas antioksidan. Metode ini sering dipilih karena sederhana, cepat, muda, peka, dan memerlukan sedikit sampel. Metode ini juga tidak memerlukan substrat karena radikal bebas sudah tersedia secara langsung untuk mengganti substrat. Vitamin A (beta karoten), Vitamin C (asam askorbat) dan Vitamin E (α -tokoferol) merupakan senyawa antioksidan alami yang digunakan sebagai senyawa pembanding dalam menguji aktivitas antioksidan pada ekstrak tanaman atau bahan pangan pada metode DPPH (Lung dan Destiani, 2017; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

Menurut Lung dan Destiani (2017) dari ketiga vitamin tersebut, vitamin C merupakan senyawa pembanding yang paling sering digunakan dibanding vitamin A dan vitamin E karena aktivitas antioksidannya yang sangat tinggi dengan mempunyai rata-rata Nilai IC₅₀ yaitu 14,79 µg/mL.

Adapun prinsip dari metode DPPH adalah terjadinya interaksi antioksidan dengan DPPH. Transfer electron atau radikal bebas pada DPPH akan menetralkan radikal bebas dari DPPH. Jika semua elektron pada radikal bebas DPPH menjadi berpasangan, maka warna larutan berubah dari yang semula ungu tua menjadi kuning terang dengan absorbansi yang diukur pada panjang gelombang 517 nm adanya perubahan warna tersebut menunjukkan bahwa DPPH telah tereduksi oleh proses donasi hydrogen atau elektron dari senyawa antioksidan (Packer et al., 2002; Green, 2004; Sunarni et al., 2007; Mulangsri et al., 2017; Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

Vitamin C yang larut dalam air digunakan sebagai kontrol positif (pembanding). Penggunaan kontrol positif pada pengujian aktivitas antioksidan bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat potensi antioksidan yang ada pada fraksi dietil eter ekstrak etanol sampel jika dibandingkan dengan vitamin C. Nilai IC₅₀ sampel sama atau mendekati nilai IC₅₀ kontrol positif maka dapat dikatakan bahwa sampel berpotensi sebagai salah satu alternatif antioksidan yang sangat kuat (*Mulangsri et al.*, 2017).

14.2.6 Metode pereaksi benedict

Metode peraksi benedict merupakan analisis kuantitatif pada penilaian vitamin C. Adapun cara kerja dari metode ini adalah Ekstrak buah dan filtrat dimasukkan ke dalam tabung reaksi menggunakan pipet sebanyak 5 tetes. Kemudian ditambah 15 tetes pereaksi benedict dan dipanaskan di atas api kecil sampai mendidih selama 2 menit. Adanya perubahan warna hijau kekuningan menandakan adanya vitamin C pada sampel (Techinamuti dan Pratiwi, 2018).

14.3 Analisis vitamin A

Vitamin A atau retinol merupakan vitamin yang berfungsi dalam pembentukan indra yang baik, terutama saat malam hari. Vitamin A berfungsi sebagai salah satu komponen penyusun pigmen mata retina dan berperan penting juga dalam menjaga kesehatan kulit dan imunitas tubuh. Namun, vitamin A bersifat mudah rusak oleh paparan panas, udara, dan cahaya matahari (Permana *et al.*, 2018; Rahmawati, 2020).

Percobaan telah dilakukan oleh tikus menunjukkan bahwa jika persediaan dan suplai vitamin A dalam tubuh telah habis (defisiensi), maka pertumbuhan sel-sel epitel, baik yang terdapat pada permukaan kulit, saluran kemih, maupun pernapasan menjadi abnormal. Sel-sel epitel tidak akan mampu mengeluarkan mucus (lendir) yang terdiri dari protein yang diperlukan untuk mencegah infeksi. Selain itu, sel-sel epitel juga tidak mampu membentuk cilia yang berfungsi mencegah bahan asing pada permukaan sel. Defisiensi vitamin A juga menyebabkan rabun senja dan katarak, menyebabkan perubahan pada mata akibat sel-sel epitel kornea pada mata sehingga mengalami keratinisasi, opacity (menjadi keruh), dan pengelupasan yang berakhir pada kebutaan. Gejala tersebut dikenal dengan sebutan bintik Bitot (Bitot's Spot), Xerosis conjunctiva, xerophthalmia (Muchtadi, 2009).

Sebagian besar sumber vitamin A adalah karoten yang banyak terdapat pada bahan pangan nabati yaitu sayuran dan buah-buahan merupakan sumber pro-vitamin A (β -Karoten). Semakin tua warnanya (orange, kuning atau hijau), semakin tinggi kandungan β -Karotennya. β -Karoten pada tubuh manusia merupakan precursor vitamin A yang berpengaruh pada pertumbuhan, penglihatan, dan pertumbuhan embrio, memproteksi jantung, anti kanker dan katarak, pertumbuhan dan reproduksi. Sementara pada industri makanan, β -Karoten digunakan untuk pigmen makanan seperti orange-merah dalam banyak produk (Muchtadi, 2009; Purwitasari dan Maryanti, 2009; Fratianni *et al.*, 2010; Berman *et al.*, 2017; Paul Letelay *et al.*, 2020).

Diperkirakan setiap 6 μg β -Karoten memiliki aktivitas biologi 1 μg retinol. Adanya alasan tersebut sehingga aktivitas vitamin A bahan makanan biasanya dinyatakan sebagai ekuivalen

retinol dengan cara mendambahkan kandungan retinol yang ada dengan 1/6 kandungan β -Karoten. Hasil tersebut diperoleh dari penelitian yang dilakukan terhadap orang-orang India yang didapatkan bahwa kemampuan seseorang dalam menyerap karoten yang berasal dari sayuran hanya 33-58% atau rata-rata 50%, sehingga tidak semua karoten yang diserap dapat berubah menjadi vitamin A. FAO-WHO mengadakan perhitungan dan menyatakan bahwa hanya sekitar 1/6 dari kandungan karoten yang akhirnya akan dimanfaatkan oleh tubuh. (Muchtadi, 2009; Winarno, 2008).

Secara umum dalam melakukan analisis vitamin A dalam bahan pangan terdiri dari 3 tahap, yaitu tahap saponifikasi, tahap ekstraksi, tahap pemekatan atau penguapan pelarut organik, dan tahap pengukuran dengan menggunakan instrumen. Saponifikasi menggunakan kalium hidroksida dengan pelarut campuran etanol dan air, penambahan zat anti oksidan (asam askorbat, pirogalol, Butil Hidroksi Toluene (BHT)) dan pemanasan pada suhu 60–80°C. Tahap ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut organik seperti petroleum eter (Eitenmiller *et al.*, 2007) eter, campuran etanol dengan tetra hidrofuran (USP Convention, 2008). Selanjutnya dilakukan pemekatan atau penguapan terhadap pelarut organik yang digunakan, lalu dilarutkan kembali dengan pelarut lainnya seperti metanol atau etanol dan selanjutnya siap untuk ditetapkan kadarnya menggunakan instrumen seperti kalorimetri, spektrofotometri, atau kromatografi cair kinerja tinggi atau disebut juga sebagai HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*).

14.3.1 Metode kalorimetri

1. Metode Carr-Price

Pereaksi *Carr-Price* terdiri dari kloroform, dari kloroform, $SbCl_3$, dan asam asetat anhidrat. Kloroform memiliki fungsi untuk melarutkan vitamin A, karena vitamin A hanya larut dalam pelarut nonpolar. Ketika vitamin A larut maka akan dipecah menjadi retinol, retinal (retinaldehyde) dan retinoic acid, kemudian penambahan $SbCl_3$. Vitamin A yang bereaksi dengan $SbCl_3$ akan mengalami pengurangan elektron sehingga menjadi lebih kompleks dengan hilangnya gugus hidroksil, dan gugus hidroksil bereaksi

dengan gugus SbCl_3 sehingga menjadi SbCl_3OH . Adanya SbCl_3 menyebabkan terjadinya reaksi adisi dimana reaksi asidisi adalah reaksi pengabungan dua atau lebih suatu produk tunggal yang ditandai dengan hilangnya ikatan rangkap. Vitamin A akan pecah menjadi retinol dan asam lemah sehingga dapat bereaksi, selanjutnya dilakukan penambahan asetat anhidrat untuk memberikan reaksi warna pada vitamin A dan kristal SbCl_3 yang didalamnya terdapat kepingan atau kristal yang berwarna kuning pucat sehingga menghasilkan warna biru tua yang kemudian berubah menjadi warna merah cokelat. Intensitas warna biru sebanding dengan banyaknya vitamin A yang dikandung oleh suatu bahan sehingga dapat dijadikan dasar penentuan kuantitatif vitamin A secara kolometri (OA et al., 2012; Sari et al., 2019).

2. Metode Trikloroasetat (TCA)

Selain Pereaksi *Carr-Price*, Vitamin A secara kalorimetri juga bisa menggunakan Pereaksi Trikloroasetat (TCA). Pereaksi trikloroasetat (TCA) dalam kloroform dan memberikan warna biru kehijauan yang menandakan positif terdapat vitamin A.

14.3.2 Metode Spektrofluorometer

Sifat vitamin A termasuk dapat memberikan flourosensi. Oleh karena itu, vitamin A dalam bahan pangan yang telah diekstraksi dapat diukur menggunakan spektrofluorometer pada panjang gelombang eksitasi 330 nm dan emisi 480 nm. Pengukuran dengan metode spektrofluorometri lebih spesifik dibandingkan cara spektrofotometri, karena banyak senyawa yang memberikan serapan pada daerah UV, namun tidak memberikan sifat flourosensi (Yusuf *et al.*, 2017).

14.3.3 Metode HPLC

Kromatografi cair kinerja tinggi atau disebut juga sebagai HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). HPLC merupakan salah satu metode kromatografi yang digunakan untuk memisahkan berbagai komponen dalam campuran menjadi komponen tunggal dengan dengan interaksi senyawa, fase gerak cair dan fase diam inert. Interaksi antara fase gerak dan fase diam bervariasi dan tergantung pada jenis senyawa yang mengalami pemisahan. Hasil dari sistem analisis datanya yaitu kromatogram. HPLC dinilai sangat efisien dalam proses pemisahan molekul dalam

waktu singkat (Chawla dan Ranjan, 2016; Bayne dan Carlin, 2017; Paul Letelay *et al.*, 2020).

Identifikasi dan penentuan kadar vitamin A metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) lebih spesifik dibandingkan spektrofotometri. Metode HPLC menganalisis vitamin A atau karoten yang tingkat aktivitasnya berbeda, sedangkan spektrofotometri hanya menghasilkan vitamin A atau karoten total (Paul Letelay *et al.*, 2020).

Analisis HPLC adalah analisis kualitatif dengan membandingkan kromatogram standard dengan kromatogram sampel dengan mencari kesamaan waktu retensi (tR) dari keduanya. Waktu retensi (tR) adalah waktu yang diperlukan suatu senyawa untuk berpindah dari injektor ke detector, sedangkan luas area menggambarkan nilai lebar dan tinggi puncak suatu komponen pada kromatogram (Bayne dan Carlin, 2017; Paul Letelay *et al.*, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Bayne, S., Carlin, M., 2017. Forensic applications of high performance liquid chromatography. CRC Press.
- Berman, J., Zorrilla-López, U., Sandmann, G., Capell, T., Christou, P., Zhu, C., 2017. The Silencing of Carotenoid β -Hydroxylases by RNA Interference in Different Maize Genetic Backgrounds Increases the β -Carotene Content of the Endosperm. *IJMS* 18, 2515. <https://doi.org/10.3390/ijms18122515>
- Chawla, G., Ranjan, C., 2016. Principle, Instrumentation, and Applications of UPLC: A Novel Technique of Liquid Chromatography. *CHEM* 3, 1–16. <https://doi.org/10.2174/1874842201603010001>
- Cresna, M.N., Ratman, 2014. Analysis of Vitamin C in The Fruit of Papaya. *J. Akad. Kim* 3, 58–65.
- Dachriyanus, D., 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. Andalas University Press, Padang.
- Eitenmiller, R., Jr, W.O.L., Ye, L., 2007. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences. CRC Press, Hardback.
- Fitriana, Y.A.N., Fitri, A.S., 2020. Analisis Kadar Vitamin C pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Titrasi Iodometri. *Sainteks* 17, 27. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.8530>
- Fратиanni, A., Cinquanta, L., Panfili, G., 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. *LWT - Food Science and Technology* 43, 867–871. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.011>
- Gandjar, I., Rohman, A., 2018. Spektroskopi Molekuler Untuk Analisis Farmasi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Green, R., 2004. Antioxidant Activity of Peanut Plant Tissues. Departement of Food Science Raleigh, North Carolin State University.
- Ika, D., 2009. Alat Otomatisasi Pengukur Kadar Vitamin C Dengan Metode Titrasi Asam Basa. *Neu* 1, 163–178. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1634>
- Kemenkes RI, 2020. Farmakope Indonesia Edisi VI. Kemenkes RI, Jakarta.
- Legowo, A., Nurwantoro, 2005. Analisis Pangan. Universitas Diponegoro, Semarang.

- Lestari, R., Darmayanti, S., 2021. Qualitative and Quantitative Analysis of Vitamin C in Papaya by UV- Vis Spectrophotometry Method. *Jurnal Proteksi Kesehatan* 10, 62–68.
- Lung, J.K.S., Destiani, D.P., 2017. Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin A, C, E dengan metode DPPH. *Farmaka* 15, 53–62.
- Maulana, 2016. *Statistika dalam Penelitian Pendidikan: Konsep Dasar dan Kajian Praktis*. UPI Sumedang Press, Sumedang.
- Muchtadi, D., 2009. *Pengantar Ilmu Gizi*. Alfabeta, Bandung.
- Mulangsri, D.A.K., Budiarti, A., Saputri, E.N., 2017. Aktivitas Antioksidan Fraksi Dietileter Buah Mangga Arumanis (*Mangifera indica* L.) dengan Metode DPPH. *JPS* 4. <https://doi.org/10.20527/jps.v4i1.5760>
- OA, O., GO, O., BM, A., AO, A., 2012. Stability Studies on Ascorbic Acid (Vitamin C) From Different Sources. *IOSRJAC* 2, 20–24. <https://doi.org/10.9790/5736-0242024>
- Packer, L., Traber, M., Kraemer, K., Frei, B., 2002. *The Antioxidant Vitamins C and E, Free Radical Research*. ed. (Eds) AOCs Press, Champaign, Illinois.
- Padang, S.A., Maliku, R.M., 2017. Penetapan Kadar Vitamin C Pada Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.) dengan Metode Titrasi NA-2,6 Dichlorophenol Indophenol (DCIP). *MF* 13. <https://doi.org/10.32382/mf.v13i2.879>
- Padmaningrum, R.T., 2006. *Titration Asidimetri*. Jurdik Kimia UNY, Yogyakarta.
- Paul Letelay, O., Hiarij, A., Pesik, A., 2020. Analisis Beta Karoten dan Vitamin pada Kulit dan Daging Buah Pisang Tongka Langit (*Musa Troglodytarum* L.) di Kota Ambon. *at* 13, 24–33. <https://doi.org/10.20956/at.v13i1.243>
- Permana, Y., Santoso, E., Dewi, C., 2018. Implementasi Metode Dempster-Shafer untuk Diagnosa Defisiensi (Kekurangan) Vitamin pada Tubuh manusia. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 2, 1194–1203.
- Purwitasari, D., Maryanti, D., 2009. *Buku Ajar Gizi dalam kesehatan Reproduksi Teori dan Praktikum*. Nuha Medika, Yogyakarta.
- Rahmawati, 2020. *Ilmu Gizi Keperawatan*. CV. Pustaka Indonesia, Pekalongan.

- Sari, N., Jamaluddin, Widodo, A., 2019. Vitamin A Sidat fish (*Anguilla bicolor*) from Lake Poso, Central Sulawesi. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan* 3, 62–66.
- Sastrohamidjojo, H., 2005. Kimia Organik (stereokimia, karbohidrat, lemak, dan protein). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suhaimi, A., 2019. Pangan, Gizi, dan Kesehatan. Deepublish, Yogyakarta.
- Sunarni, T., Pramono, S., Ratna, A., 2007. Flavonoid antioksidan penangkap radikal dari daun kepel (*Stelechocarpus burahol* (Bl.) Hook f. & Th.). *Majalah Farmasi Indonesia* 18, 11–116.
- Tahir, M., Hikmah, N., Rahmawati, 2016. Analisis Kandungan Vitamin C dan β - KAROTEN Dalam Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) Dengan Metode Spektrofotometri UV–VIS. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* 3, 135–140.
- Techinamuti, N., Pratiwi, R., 2018. Review: Metode Analisis Kadar Vitamin C. *Farmaka* 16, 309–315.
- USP Convention, C., 2008. The United States Pharmacopeia (USP). 31th Edition. USP, United States.
- Winarno, 2008. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia, Jakarta.
- Yusuf, B., Hayati, N., Rahmadi, A., 2017. Teknik Analisis Senyawa dalam Pangan Fungsional dan Obat-obatan Herbal, Prosedur Uji Baku. ed. Universitas Mulawarman, Samarinda.

BIODATA PENULIS



Dr. Tri Siswati, SKM,M.Kes

Dosen dengan jabatan Associate Profesor/Lektor Kepala di
Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Lahir di Kendal, 15 Maret 1974. Pendidikan yang pernah saya tempuh adalah S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat 1992-1996, S2 Gizi Kesehatan masyarakat di IKM UGM, (2001-2003). serta doktor di FKKMK UGM (2015-2018). Tri Siswati berhasil mencapai gelar akademik tertinggi pada tanggal 19 September 2018. Saat ini penulis bekerja di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

Buku lainnya yang dihasilkan adalah buku bidang kesehatan masyarakat berjudul Stunting (2018), Buku menu pemberian makanan untuk balita dan ibu hamil (2021), Buku menu remaja (2021), Simpul Tak Retak-Implementasi IPE IPC dalam penanggulangan stunting balita pada 8000 HPK (2022), Buku ajar (book chapter) Manajemen (2022), Statistik (2022) dan IPE – IPC (2022), Metodologi Penelitian (2022), Gizi Masyarakat (2022) dan Gizi Pada Masa Kehamilan (2022).

Kontak penulis: email: tri.siswati@poltekkesjogja.ac.id

BIODATA PENULIS



Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T

Staf Dosen

Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Penulis menyelesaikan pendidikan magister di Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2014, dan sarjana di Jurusan Fisika Universitas Airlangga pada tahun 2012. Saat ini aktif mengajar sebagai dosen di Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sejak 2015. Merupakan alumni *awardee* LPDP tahun 2013 dengan tema penelitian Produktivitas Mikroba sebagai agen penghasil Energi Terbarukan, juga pernah melaksanakan *joint research program* dengan Carl von Ossietzky Universität Oldenburg-Germany mengenai Analisis Dampak Penerapan Bioteknologi pada ekologi dan lingkungan, didukung oleh DevSus-DAAD. Bidang penelitian yang ditekuni adalah energi terapan untuk industri dan rumah tangga, Produktivitas Mikroba dengan Model Matematis, Teknologi Energi Terbarukan, serta Manajemen Energi berikut dampaknya bagi ekologi dan lingkungan. Saat ini aktif menulis artikel ilmiah baik jurnal nasional maupun Internasional.

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Anna Permatasari K.

Dosen tetap di Universitas Gajah Putih, Takengon, Aceh Tengah

Penulis lahir di Jakarta. Dosen tetap di Universitas Gajah Putih, Takengon, Aceh Tengah. Mempunyai latar belakang pendidikan Bisnis dan Teknologi Pangan. Menyelesaikan kuliah S1 di Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian, TP di Institut Pertanian STIPER, Yogyakarta pada tahun 1996. Pendidikan S2 diselesaikan pada Fakultas Pengurusan Perniagaan (Sekarang FEP, Fakultas Ekonomi Perniagaan) pada tahun 1999. Setelah itu, menyelesaikan pendidikan S2 dan S3 di *School of Chemistry and Food Technology, Faculty of Science and Technology, National University of Malaysia* pada tahun 2003 dan 2008.

BIODATA PENULIS



Rina Rismaya

Dosen di Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Terbuka

Penulis dilahirkan di Kuningan, pada tanggal 30 Juni 1993. Pendidikan S1 penulis ditempuh melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) undangan dengan beasiswa Bidikmisi dan berhasil lulus dengan predikat *Cum Laude* dari Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB), pendidikan S2 ditempuh dalam waktu satu tahun melalui program *fasttrack* dengan program studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB).

Setelah menyelesaikan program studi Magister Ilmu Pangan di IPB, penulis mendapat kesempatan menjadi dosen di Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka. Selama menjadi dosen, penulis mengampu beberapa mata kuliah diantaranya adalah satuan operasi industri pangan, teknologi pengawetan, teknologi pengolahan sayur dan buah, ilmu gizi dan pangan, pengantar teknologi pangan, analisis pangan, kimia pangan, manajemen industri pangan, ekonomi pangan, ekonomi teknik, dan beberapa mata kuliah lainnya. Penulis telah berhasil mempublikasikan karya ilmiah jurnal nasional terakreditasi Sinta-2 pada tahun 2018 dengan judul "Pengaruh Penambahan Tepung Labu Kuning terhadap Serat Pangan, Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Muffin. Penulis juga pernah beberapa kali menjadi reviewer di salah satu Jurnal Nasional ber-ISSN.

Saat ini penulis juga aktif dalam beberapa penelitian diantaranya: 1). Karakterisasi *cookies* berbahan dasar pangan lokal sebagai alternatif *snack* untuk solusi diet tepat penderita autisme; 2). Kajian penyelenggaraan praktik/ praktikum pada program studi di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka; 3). Rancangan moocs pengembangan komoditas pangan: *from farm to fork*; 4). Pemanfaatan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai *functional ingredient* dalam meningkatkan serat pangan *muffin*. Selain aktif dalam pengajaran dan penelitian, penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat diantaranya: 1). Peningkatan pengetahuan dan keterampilan kader pos binaan terpadu dalam produksi makanan sehat untuk para lanjut usia dengan bahan waluh kuning (*Cucurbita moschata*); 2). Peningkatan kompetensi SDM kewirausahaan UMKM mahasiswa Teknologi Pangan.

BIODATA PENULIS



Devita Sulistiana

Dosen di Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Islam Balitar
Blitar

Devita Sulistiana, lahir di Blitar 38 tahun yang lalu. Menamatkan pendidikan S2 di Universitas Negeri Malang jurusan pendidikan kimia pada tahun 2009. Dosen di Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Islam Balitar Blitar sejak tahun 2009 sampai sekarang. Dalam kesehariannya, mengampu matakuliah kimia dasar, biokimia, metode penelitian pendidikan, dan seminar pendidikan. Penelitian dalam bidang kimia yang pernah dilakukan adalah isolasi, identifikasi, dan karakterisasi kandungan minyak atsiri dari bahan alam serta pemanfaatannya sebagai pestisida. Selain itu, penulis pernah mendapatkan hibah penelitian dengan melakukan pemanfaatan bahan alam (sekam padi dan cangkang bekicot) sebagai ekosemen pada tahun 2018. Dalam bidang biokimia penulis beserta 2 rekan lainnya melakukan penelitian terhadap enzim *bacillus subtilis* sebagai agen *biobleaching* dengan menghasilkan luaran penelitian berupa buku referensi ber ISBN dengan judul Bioteknologi Mikroba pada tahun 2019.

BIODATA PENULIS



Ulfatul Mardiyah

Dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Perikana, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ibrahimy

Penulis lahir di Situbondo tanggal 11 Juni 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Perikana, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ibrahimy. Menyelesaikan S1 di Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

BIODATA PENULIS



Budi Kristanto

Dosen Pengajar pada Jurusan Gizi Polteknik Kesehatan Kemenkes Jayapura

Lahir di Surabaya pada 11 Juni 1971. Menyelesaikan pendidikan Akademi Gizi di Malang tahun 1997, S1 Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Brawijaya Malang 2002, dan S2 pada Program Magister Ilmu Gizi Universitas Diponegoro Semarang tahun 2011. Aktif sebagai dosen pengajar pada Jurusan Gizi Polteknik Kesehatan Kemenkes Jayapura sejak tahun 2009 hingga sekarang.

BIODATA PENULIS



Dian Puspita Anggraini, S.Si., M.Si

Staf Dosen Program Studi Pendidikan Biologi

Penulis lahir di Blitar tanggal 16 Februari 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Balitar Blitar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Kimia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Kimia. Penulis menekuni bidang Biokimia dan Bioteknologi. Penulis saat ini aktif mengajar di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Islam Balitar adapun Mata kuliah diampu adalah Kimia Dasar, Biokimia, Pengantar Bioteknologi. Penulis pernah memperoleh Hibah Penelitian Dosen Pemula yang didanai oleh DRPM pada tahun 2017 berjudul PEMANFAATAN LIMBAH WHEY MENJADI PRODUK BIOTEKNOLOGI FERMENTASI NATA DE MILK dan Hibah DRPM 2018 berjudul FERMENTASI VINEGAR SEBAGAI PRODUK BIOTEKNOLOGI DARI BUAH NANAS. Penulis dapat dihubungi via E-mail dpuspita4@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Nadhifah Al Indis, S.Si., M.Si.
Dosen Program Studi Kimia

Penulis berasal dari kabupaten Jember, Jawa Tmur. Lahir hari Sabtu, tanggal 22 Juni 1991. Penulis adalah dosen tetap Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Kadiri (UNISKA). Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 (2013) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan S2 (2016) pada jurusan yang sama.

Penulis mulai aktif menulis sejak tahun 2016 saat lulus S2, dan terus menulis seiring dengan selarasnya bidang pekerjaan sebagai dosen. Beberapa karya yang telah diterbitkan oleh penulis diantaranya adalah:

Determination off free radical scavenging activity from aqueous extract of Curuma mangga by DPPH method, yang diterbitkan di Journal of Physics Conference Series, Tahun 2016.

Pengaruh Aplikasi Electric Fertilizer Terhadap Keragaan Tinggi Tanaman Jagung Varietas Bisi-18, yang diterbitkan di Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia, Tahun 2021.

Potensi Arang Aktif yang Terbuat dari Kulit Biji Nyamplung Sebagai Adsorben Logam Berat Kromium (VI), yang diterbitkan di *Journal Science Innovation and Technology*, Tahun 2022.

BIODATA PENULIS



Apt., Patimah., S.Si., M.Farm

Dosen Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan di Politeknik Kesehatan kemenkes Jakarta II Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan

Penulis lahir di Nganjuk tanggal 03 Januari 1966. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-III Analisis farmasi dan Makanan Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II. Menyelesaikan pendidikan D3 pada Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Farmasi. Penulis menekuni bidang : Analisis Pangan

Penulis merupakan dosen tetap pada Politeknik Kesehatan kemenkes Jakarta II Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan, Tugas penulis sebagai dosen melakukan pengajaran setiap semester. Mata kuliah yang penulis ampu di semester genap adalah Teori Analisis Pangan, Praktikum Analisis Pangan 1, Teori Peraturan Perundang-undangan dan Hukum Kesehatan, Praktikum Peraturan Perundang-undangan dan Hukum Kesehatan. Mata kuliah di semester ganjil adalah Praktikum Analisis Pangan 2 dan Praktikum Fitokimia.

BIODATA PENULIS



Siti Aisyah

Dosen tetap pada Program Studi Pengolahan Hasil Perkebunan (TPHP), Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan

Penulis lahir di Binjai, Tanggal 10 Juni 1976. Penulis adalah Dosen tetap pada Program Studi Pengolahan Hasil Perkebunan (TPHP), Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan. Menulis menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Kimia, di Institut Teknologi Medan pada tahun 2000. Kemudian tahun 2011 menyelesaikan S2 pada Program studi Teknologi Industri Pertanian di Institut Pertanian Bogor.

BIODATA PENULIS



Lovi Sandra, M. Sc.

Dosen di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Sains dan Teknologi dan Tadris Matematika Fakultas Tarbiyah Universitas Ibrahimy P2S3

Lahir di Situbondo, 22 Mei 1984. Telah menyelesaikan studi S-1 di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang tahun 2007 dan S-2 Ilmu Kimia UGM tahun 2013. Tahun 2008 – 2019 aktif mengajar mata pelajaran matematika dan kimia di SMA Ibrahimy Pondok Pesantren Salafiyah Syafi'iyah Sukorejo (P2S3) Situbondo. Mulai tahun 2015 hingga sekarang aktif mengajar di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Sains dan Teknologi dan Tadris Matematika Fakultas Tarbiyah Universitas Ibrahimy P2S3. Penulis bersama penulis yang lain telah membuat beberapa *book chapter*, diantaranya yaitu dengan judul **Ekologi Pangan dan Gizi Masyarakat** Tahun 2021 dan **Biokimia Gizi** Tahun 2022.

BIODATA PENULIS



**Dodi Satriawan, S.T., M.Eng., CPHCEP., CPMP., CPRW., CBOA.,
CNPHRP., CLMA.**

Staf Dosen Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan,
Politeknik Negeri Cilacap

Penulis lahir di Bengkulu tanggal 07 Mei 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-IV Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia, Magister Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang bioproses, bioenergi, dan pengolahan air limbah.

BIODATA PENULIS



Rahmawati, S.Gz, M.Si

Staf Dosen Akademi Keperawatan Yapenas 21 Maros

Penulis lahir di Maros 12 Agustus 1988. Ia lulusan S1 Ilmu Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin tamat 2011. Setelah selesai pendidikan, ia bekerja sebagai Koodinator Tenaga Kesehatan Gizi di Puskesmas Weriagar 2011-2013, kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Ilmu Gizi Masyarakat Fakultas Ekologi Manusia IPB tamat 2015 dengan bantuan beasiswa BPPDN calon dosen tahun 2013. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan S3 di Ilmu Gizi Masyarakat Fakultas Ekologi Manusia IPB dengan bantuan beasiswa Dosen BPI-LPDP tahun 2021. Penulis saat ini juga aktif melakukan kegiatan publikasi baik jurnal nasional maupun internasional. Penulis telah menerbitkan beberapa buku diantaranya Ilmu Gizi Keperawatan tahun 2020, dan Ilmu Kesehatan Masyarakat tahun 2021.