

BUKU AJAR

KIMIA BAHAN PANGAN

JILID 1

Noer Komari

Maria Dewi Astuti



KIMIA BAHAN PANGAN

Noer Komari

Maria Dewi Astuti

Editor : Sunardi

Proofreading : Nia Septia Sari

Layouter : Nurul Hikmah

Desain Sampul : Muhammad Ramli

Ukuran: xiv, 186 halaman, 15,5 × 23 cm

ISBN : 978-623-5774-46-6 (jil.1)

Cetakan pertama, Februari 2022

“Hak cipta dilindungi undang-undang.

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

Penerbit:

CV. Banyubening Cipta Sejahtera

Jl. Sapta Marga Blok E No. 38 RT 007 RW 003

Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

E-mail: penerbit.bcs@gmail.com



No. Anggota : 006/KSL/2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas terselesaikannya Buku Ajar Kimia Bahan Pangan Jilid 1 ini. Buku ini disusun sebagai salah satu bahan penunjang mata kuliah wajib Kimia Bahan Pangan yang diambil mahasiswa Semester III pada Program Studi Kimia FMIPA ULM. Buku ini untuk membantu mahasiswa agar lebih mudah mencapai tujuan dan pembelajaran mata kuliah.

Pangan adalah komponen penting dalam kehidupan. Bahan pangan terdiri dari banyak senyawa kimia yang sekaligus juga berperan sebagai zat gizi. Mengkaji senyawa kimia dalam bahan pangan sangatlah menarik. Senyawa yang dikaji antara lain: air, karbohidrat, protein, dan lipid dalam bahan pangan. Buku ini terdiri atas 4 bab yang juga merupakan tema pada rencana pembelajaran semester (RPS) untuk mata kuliah Kimia Bahan Pangan di paruh waktu pertama. Sedangkan bab lanjutan terdapat pada buku jilid 2.

Kehadiran buku ini merupakan salah satu jawaban atas besarnya minat mahasiswa yang ingin mempelajari senyawa-senyawa kimia dalam bahan pangan serta reaksi dan analisisnya. Sehingga diharapkan kehadiran buku ini dapat membantu untuk mengembangkan pemahaman ilmu kimia dari sisi kajian bahan pangan. Buku ini disampaikan dengan gaya tulisan yang mudah dipahami oleh mahasiswa. Selain diberikan petunjuk yang jelas juga disertai tugas penyelesaian soal untuk memastikan bahwa apa yang dipelajari dalam buku ini telah dipahami dengan baik oleh mahasiswa.

Kami menyadari buku ini masih banyak kekurangan dan memerlukan perbaikan, sehingga kami sangat senang jika para pembaca memberikan kritik dan masukan terhadap buku ini untuk perbaikan di edisi berikutnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat. Dan mohon doanya agar kami mampu menyelesaikan jilid 2 sebagai kelanjutan buku jilid 1 ini.

Banjarbaru, Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU AJAR	x
KONTRAK PERKULIAHAN.....	xi

BAB I

AIR DALAM MAKANAN.....	1
1.1 Pendahuluan.....	2
1.2 Sifat Fisik dan Kimia Air.....	4
1.3 Air dalam Bahan Pangan	7
1.4 Peranan Air dalam Bahan Pangan	10
1.5 Aktivitas Air dalam Bahan Pangan	11
1.6 Keseimbangan Air dalam Bahan Pangan	14
1.7 Faktor Penentu Kualitas Air	16
1.8 Penentuan Kadar Air pada Bahan Pangan.....	20
Rangkuman	22
Tugas Penyelesaian Soal.....	23
DAFTAR PUSTAKA	

BAB II

KARBOHIDRAT DALAM MAKANAN.....	27
2.1 Karbohidrat.....	28
2.2 Klasifikasi dan Nomenklatur Karbohidrat.....	29
2.3 Glukosa.....	30
2.4 Produk Pangan yang Mengandung Glukosa.....	33
2.5 Metode Penetapan Glukosa pada Makanan.....	36
2.6 Pengaruh Glukosa dalam Tubuh.....	37
2.7 Penentuan Kadar Glukosa dalam Makanan.....	45
2.8 Fruktosa	47
2.8.1 Pengertian fruktosa	48

2.8.2	Sumber fruktosa	49
2.8.3	Fruktosa bagi tubuh	53
2.9	Sukrosa.....	56
2.9.1	Sifat-sifat sukrosa	59
2.9.2	Dampak penggunaan sukrosa.....	60
2.9.3	Fungsi sukrosa pada makanan	61
2.9.4	Penentuan sukrosa	63
2.10	Maltosa.....	65
2.10.1	Sumber maltosa.....	67
2.10.2	Analisis maltosa	68
2.11	Laktosa	68
2.12	Selulosa	72
2.13	Sumber Selulosa.....	73
2.14	Isolasi dan Karakterisasi Selulosa Pisang	74
2.15	Ekstraksi dan karakterisasi selulosa nangka	78
2.15.1	Ekstraksi selulosa	78
2.15.2	Karakterisasi.....	79
2.16	Karakterisasi Selulosa dari Kulit Almond.....	79
2.17	Kitin	82
2.17.1	Definisi kitin dan kitosan	83
2.17.2	Sifat-sifat kitin dan kitosan	85
2.17.3	Kitin dan kitosan sebagai pengawet.....	86
	Rangkuman.....	87
	Tugas Penyelesaian Soal	88

DAFTAR PUSTAKA

BAB III

ASAM AMINO, PEPTIDA DAN PROTEIN..... 99

3.1	Struktur dan Karakteristik Asam Amino.....	99
3.2	Penggolongan Asam Amino	100
3.3	Asam Amino dalam Rantai Metabolisme	102
3.4	Sintesis Protein dari Asam-Asam Amino	103
3.5	Ikan Gabus sebagai Sumber Asam Amino	106
3.6	Peptida.....	109

3.6.1	Peptida dari ikan	113
3.6.2	Peptida dalam daging	117
3.6.3	Peptida susu	122
3.7	Protein.....	126
3.7.1	Klasifikasi protein.....	128
3.7.2	Fungsi protein	131
3.7.3	Metabolisme protein	135
3.7.4	Sumber protein.....	136
3.7.5	Produk makanan protein lainnya	140
3.7.6	Kebutuhan protein.....	140
	Rangkuman	145
	Tugas Penyelesaian Soal	145
	DAFTAR PUSTAKA	

BAB IV

	LIPID MAKANAN	153
4.1	Definisi Lipid.....	154
4.2	Klasifikasi lemak	156
4.3	Lemak dan Asam Lemak pada Makanan	156
4.3.1	Asam lemak jenuh	157
4.3.2	Asam lemak tak jenuh.....	160
4.4	Jenis Lemak dan Minyak.....	164
4.4.1	Minyak goreng.....	164
4.4.2	Margarin.....	165
4.5	Analisis Kuantitatif Lemak.....	167
4.5.1	Penentuan triasilgliserol secara enzimatik- colorimetry	167
4.5.2	Penentuan kolesterol total secara enzimatik- colorimetry	168
4.5.3	Penentuan konsentrasi fosfolipid secara fotoelektroklorimetri	168
4.6	Kolesterol.....	169
4.6.1	Pendahuluan.....	169
4.6.2	Pengertian kolesterol.....	172

4.6.3	Klasifikasi Kolesterol	173
4.6.4	Fungsi Kolesterol	175
4.6.5	Proses kolesterol dalam tubuh.....	176
4.6.6	Faktor yang mempengaruhi kadar kolesterol	178
4.6.7	Makanan yang mengandung kolesterol.....	181
4.6.8	Pengukuran kadar kolesterol	182
	Rangkuman.....	182
	Penyelesaian Tugas Soal	183
	DAFTAR PUSTAKA	
	RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Molekul air: a) Sudut ikatan pada molekul air, b) Ikatan hidrogen antar molekul air	4
Gambar 2. Diagram fasa air.....	5
Gambar 3. Aktivitas air terikat di tiga daerah ISA	14
Gambar 4. Mekanisme reaksi anthrone dengan glukosa ...	46
Gambar 5. Struktur monosakarida: glukosa, galaktosa dan fruktosa	48
Gambar 6. Struktur polisakarida: amilosa, amilopektin dan selulosa.....	48
Gambar 7. a) Struktur D-fruktosa. b) Struktur D- fruktofuranosa.....	49
Gambar 8. Struktur kimia sukrosa.....	59
Gambar 9. Struktur maltosa.....	66
Gambar 10. Ikatan glikosidik pada maltosa	67
Gambar 11. Pembentukan laktosa melalui reaksi kondensasi antara glukosa dan galaktosa	69
Gambar 12. Struktur Selulosa.....	74
Gambar 13. Reaksi penghilangan lignin dengan NaOH	77
Gambar 14. (A) Ekstrak kasar batang pisang (B) setelah <i>liquefaction</i> (C) setelah delignifikasi (D) setelah <i>bleaching</i>	77
Gambar 15. Struktur kitin.....	84
Gambar 16. Struktur kitosan.....	84
Gambar 17. Struktur asam amino alfa dalam bentuk yang tidak terionisasi	100
Gambar 18. Metabolisme protein secara umum.....	104
Gambar 19. Struktur kolesterol	172

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Nomenklatur dan klasifikasi karbohidrat.....	30
Tabel 2.	Makanan yang mengandung glukosa.....	34
Tabel 3.	Kandungan fruktosa pada buah-buahan.....	50
Tabel 4.	Kandungan fruktosa dalam beberapa minuman...	51
Tabel 5.	Kandungan fruktosa dalam beberapa sereal.....	52
Tabel 6.	Proporsi selulosa, hemiselulosa, lignin (% berat)	81
Tabel 7.	Klasifikasi 20 Asam Amino.....	102
Tabel 8.	Asam amino pada ikan gabus.....	109
Tabel 9.	Peptida antioksidan dari organisme laut	114
Tabel 10.	Peptida bioaktif dari laut dan aktivitasnya.....	114
Tabel 11.	Kulit dan tulang ikan sumber peptida bioaktif...	115
Tabel 12.	Klasifikasi lipida dan contohnya.....	155
Tabel 13.	Asam lemak jenuh	158
Tabel 14.	Beberapa asam lemak cis-tak jenuh tunggal.....	161
Tabel 15.	Pengelompokan kadar kolesterol	175
Tabel 16.	Daftar makanan yang mengandung lemak tinggi.....	181

PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU AJAR

Materi buku ajar ini diharapkan dikuasai mahasiswa dengan baik dengan mempelajari secara berurutan isi buku dari Bab I sampai dengan Bab IV. Bab-bab dalam buku ini adalah bahan kuliah yang saling berhubungan dan berkaitan satu dengan lainnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan buku ajar ini.

- Mahasiswa harus mempelajari dan memahami terlebih dahulu dengan tepat Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) dan deskripsi singkat pada masing-masing bab. Mahasiswa harus membaca secara menyeluruh sistematis materi yang disajikan.
- Pembelajaran tatap muka, membuat rangkuman, tugas menyelesaikan soal serta ujian haruslah diikuti dengan baik oleh mahasiswa.
- Dosen berperan memberikan bimbingan dan memotivasi mahasiswa dalam proses pembelajaran. Selanjutnya mahasiswa secara aktif dan kreatif berupaya mengembangkan potensinya untuk mengkaji isi buku ajar ini.
- Dosen mengupayakan pendekatan pembelajaran konstruktivistik yang mendorong kemandirian mahasiswa dalam memahami materi dan mengerjakan setiap tugas penyelesaian soal sesuai tuntutan pada setiap bab.
- Mahasiswa diharapkan mengerjakan dan menyelesaikan tugas soal yang diberikan oleh dosen. Tugas dan latihan yang diberikan merupakan wahana untuk mengembangkan kompetensi mahasiswa.
- Di samping belajar secara perorangan, mahasiswa dianjurkan belajar kelompok untuk mengerjakan tugas atau latihan yang sehingga pemahaman mahasiswa lebih mendalam dan mampu mengaplikasikannya.
- Selain dari buku ajar ini, mahasiswa dapat menggunakan pustaka lain dalam memahami materi dan menyelesaikan tugas-tugas dan latihan.

KONTRAK PERKULIAHAN

Nama Mata Kuliah	:	Kimia Bahan Pangan
Kode Mata Kuliah	:	JBKB 374 (2, 0)
Pengajar	:	Noer Komari, S.Si., M.Kes (NK)
		Maria Dewi Astuti, S.Si., M.Si.(MDA)
Semester	:	Ganjil
Hari Pertemuan/ Jam	:	Kamis, 08.00-09.40 WITA
Ruang	:	--

PROGRAM STUDI	:	Kimia (Jenjang S1) FMIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru Kalimantan Selatan
PERINGKAT AKREDITASI	:	BAN PT (Peringkat B)
VISI	:	”Terwujudnya program studi yang terkemuka dalam pelayanan tri dharma perguruan tinggi di bidang sains kimia yang mendukung pengelolaan sumber daya alam Kalimantan berwawasan lingkungan pada tahun 2025”

1. Manfaat Mata Kuliah

Pengetahuan tentang bahan pangan perlu diketahui oleh lulusan kimia, meliputi bahan penyusun pangan (air, karbohidrat, protein, lemak dan minyak, vitamin, dan mineral) termasuk beberapa reaksi yang khas pada bahan pangan, zat aditif pangan, dan racun dalam bahan pangan. Pengetahuan ini diharapkan dapat membekali mahasiswa kimia yang akan bekerja di bidang penelitian atau industri yang berkaitan dengan bahan pangan.

2. Deskripsi Perkuliahan

Matakuliah ini membahas konsep dasar tentang ilmu kimia terutama yang berhubungan dengan bahan pangan, baik kandungan, sifat sifat kimia maupun pengolahan. Pengenalan kimia bahan pangan diawali dengan pengenalan komponen kimia dalam bahan pangan. Komponen bahan pangan yang diperkenalkan antara lain : air, karbohidrat, protein dan penyusunnya, lemak dan penyusunnya, vitamin, mineral. Selanjutnya juga diperkenalkan tentang zat aditif makanan dan zat racun dalam makanan.

Pembelajaran mata kuliah ini diberikan melalui tatap muka daring melalui zoom meeting atau googlemeet atau melalui simari e-learning atau secara luring di kelas. Penilaian capaian pembelajaran dilakukan dengan pemberian tugas/kuis, ujian tengah semester, dan ujian akhir semester.

3. Capaian Pembelajaran Kimia Bahan Pangan (Learning Outcome/LO-MTLB)

Setelah belajar mata kuliah ini mahasiswa mampu memahami dan menguasai tentang:

1. air dalam bahan pangan
2. Karbohidrat
3. Protein
4. Lemak dan minyak
5. Vitamin
6. Mineral
7. Zat aditif pada makanan
8. Zat pencemar (racun) dalam makanan

4. Materi/ Bacaan Perkuliahan

1. Winarno, FG (1997), Kimia Pangan dan Gizi, Gramedia
2. Rauf, R. (2015). Kimia Pangan. Penerbit Andi
3. Buckle, KA, R.A. Edward, G.H. Fleet, M. Wootton. 1987. Ilmu pangan. Penerbit UI
4. Anton K, (1990), Analisis Makanan dan Bahan Makanan, PAU IPB, Bogor
5. John M De Man, Kimia Makanan, ITB, 1997
6. Fennema, O.R. (1996). Food Chemistry. New York: Marcel Dekker, Inc.

5. Kriteria Penilaian

Penilaian akan dilakukan oleh pengampu mata kuliah dengan menggunakan kriteria nilai sebagai berikut:

Nilai	Point	Range
A	4,00	≥ 80
A-	3,75	77 - <80
B+	3,50	75 - <77
B	3,00	70 - <75
B-	2,75	66 - <70
C+	2,50	61 - <66
C	2,00	55 - <61
D+	1,50	50 - <55
D	1,00	40 - <50
E	0	00 - <4

Dalam menentukan nilai akhir akan digunakan pembobotan sebagai berikut:

Tugas	30%
Ujian Tenga Semester	35%
Ujian Akhir Semester	35%

6. Jadwal Perkuliahan			
Pertemuan	Topik bahasan	Sumber belajar	Dosen
1	Kontrak perkuliahan, penyampaian silabus secara umum, manfaat, tujuan instruksional umum dan tujuan instruksional khusus, serta evaluasi hasil belajar	1,2,3,4,5,6	MDA
2	Air dalam bahan pangan a. Pendahuluan b. Sifat sifat kimia air c. Pengaruh air dalam bahan pangan d. kadar air	1,2,3,4,5,6	MDA
3	Karbohidrat a. Karbohidrat dalam makanan b. Jenis karbohidrat c. Analisis karbohidrat dalam bahan pangan	1,2,3,4,5,6	MDA
4	a. Karbohidrat dalam pengolahan (gelatinasi, sineresis, retrogradasi) b. Reaksi Pencoklatan secara enzimatis dan non enzimatis	1,2,3,4,5,6	MDA
5	Protein a. Asam amino b. Peptida c. Klasifikasi protein d. Fungsi protein e. Struktur protein f. Denaturasi protein g. Mutu protein h. Kekurangan konsumsi protein i. Analisis asam amino dan protein	1,2,3,4,5,6	MDA
6	Lemak	1,2,3,4,5,6	MDA

	a. Pembentukan lemak alami b. Komposisi dan sifat lemak c. Jenis lemak dan minyak		
7	Perubahan kimia dalam lemak dan minyak	1,2,3,4,5,6	MDA
8	Ujian Tengah Semester		
9	Vitamin	1,2,3,4,5,6	NK
10	Mineral (makro dan mikro)	1,2,3,4,5,6	
11	Zat aditif makanan a. Zat anti kerak, pemanis buatan dan zat pemutih b. Zat pengawet makanan c. Zat antioksidan, dll	1,2,3,4,5,6	NK
12	Zat warna dan cita rasa a. Zat warna makanan b. Cita rasa tiruan	1,2,3,4,5,6	NK
13	Zat pencemar dalam bahan pangan a. Racun alamiah b. Racun mikroba	1,2,3,4,5,6	NK
14	Racun residu pestisida dan pencemar logam berat	1,2,3,4,5,6	NK
15	Diskusi 1	1,2,3,4,5,6	NK
16	Ujian Akhir semester		

BAB I



AIR DALAM MAKANAN

Capaian Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini melalui serangkaian tatap muka dan penugasan diharapkan mahasiswa mampu memahami peran air dalam bahan pangan.

Indikator

- Menjelaskan definisi air
- Menjelaskan sifat fisik dan kimia air
- Menjelaskan air dalam bahan pangan
- Menjelaskan peran air dalam bahan pangan
- Menjelaskan aktivitas air dalam bahan pangan
- Menjelaskan factor penentua kualitas air
- Menjelaskan penentuan kadar air

Deskripsi Singkat

Setelah mengikuti kuliah tatap muka, diskusi dan penugasan, mahasiswa diharapkan dapat memahami peran air

di dalam bahan pangan. Beberapa subbab yang akan dipelajari antara lain: definisi air, sifat fisik dan kimia air, air dalam bahan pangan, peran air dalam bahan pangan, aktivitas air dalam bahan pangan, faktor penentu kualitas air, dan penentuan kadar air pada bahan pangan.

1.1 Pendahuluan

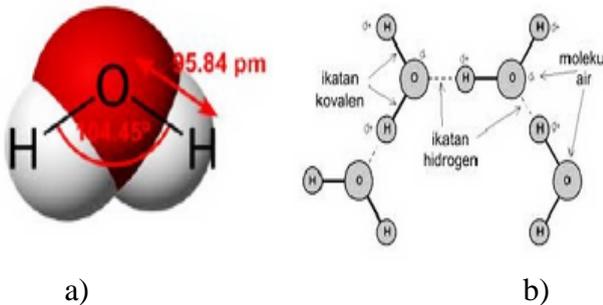
Air merupakan bahan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan fungsinya tidak pernah digantikan oleh senyawa lain. Sebuah molekul air terdiri dari sebuah atom oksigen yang berikatan secara kovalen dengan dua atom hidrogen. Sifat fisik air yaitu tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air adalah pelarut polar yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya seperti garam, asam, dan gula. Molekul-molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen yang secara konstan terputus dan terbentuk kembali karena molekul air yang secara terus menerus bergerak secara acak. Air dalam bahan pangan memegang peranan penting karena dapat mempengaruhi mutu makanan. Jenis air yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis bahan yang diolah, oleh karena itu perlu adanya suatu standar untuk masing-masing jenis pengolahan. Dalam pabrik pengolahan pangan, air diperlukan untuk berbagai keperluan misalnya: pencucian, pengupasan umbi atau buah, penentuan kualitas bahan, bahan baku proses,

medium pemanasan atau pendingin, pembentukan uap, sterilisasi, melarutkan dan mencuci bahan sisa, perlindungan terhadap kebakaran dan keperluan-keperluan lain (Winarno, 2008).

Air memiliki peran sangat penting dalam bahan pangan. Sebagai komponen utama penyusun bahan pangan, air merupakan zat yang sifatnya sangat universal dan mempunyai fungsi yang sangat penting, bukan hanya untuk bahan pangan itu sendiri tetapi juga untuk kelangsungan siklus ekosistem baik bagi komponen organik ekosistem maupun komponen anorganik ekosistem. Namun dalam bahan pangan air mempunyai fungsi dan kegunaan yang berbeda. Air yang terdapat pada bahan pangan berfungsi untuk menentukan sifat-sifat dari bahan pangan tersebut seperti daya tahan, kesegaran, konsistensi, dll. Kandungan air yang terdapat dalam bahan pangan sangat berpengaruh terhadap bahan pangan, sehingga dalam pengolahan pangan air tersebut seringkali menjadi faktor yang harus dikurangi atau ditambah melalui proses-proses seperti pengeringan, penguapan, pengenceran, pengentalan, dll. Air dalam kaitan dengan bahan pangan dipengaruhi banyak hal antara lain sifat fisik dan kimia air, air dalam bahan pangan, peranan air dalam bahan pangan, pengaruh kadar air dan aktivitas air dalam bahan pangan, kesetimbangan air dalam bahan pangan, serta faktor penentu kualitas air.

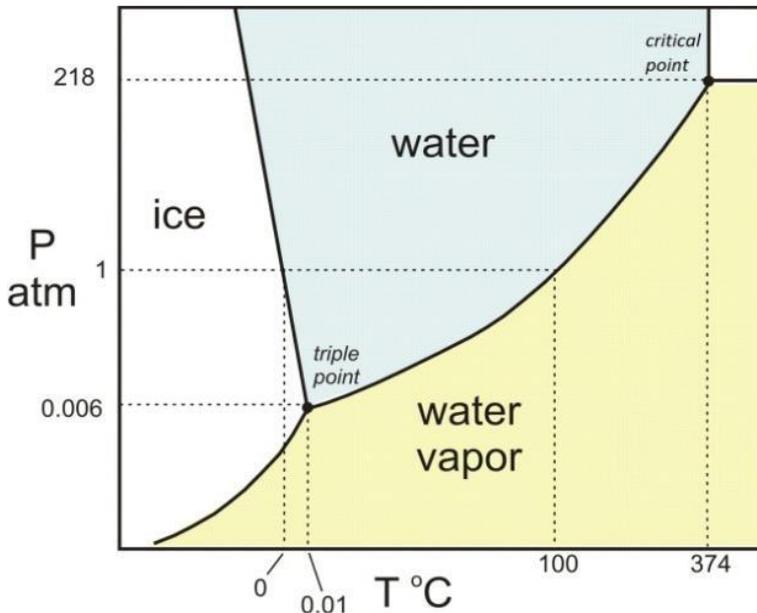
1.2 Sifat Fisik dan Kimia Air

Air merupakan molekul memiliki sifat fisik dan sifat kimia sebagaimana senyawa lainnya. Secara kimia, air merupakan senyawa yang tersusun dari satu buah atom oksigen dan dua buah atom hidrogen yang biasa ditulis sebagai H_2O atau apabila dituliskan menurut aturan Lewis menjadi H-O-H. Satu molekul air tersusun oleh ikatan ionik dimana elektron dari atom H diberikan kepada atom O. Namun untuk membentuk senyawa air, antarmolekul air berinteraksi karena adanya ikatan hidrogen (**Gambar 1**).



Gambar 1. Molekul air: a) Sudut ikatan pada molekul air, b) Ikatan hidrogen antar molekul air

Molekul air berada dalam fasa padatnya pada suhu $0^{\circ}C$, berada pada fasa cairnya pada suhu $0-100^{\circ}C$, dan mendidih pada suhu di atas $100^{\circ}C$. Meskipun air mendidih pada suhu $100^{\circ}C$, namun air menguap pada suhu berapapun. Diagram fasa pada **Gambar 2** menunjukkan hubungan antara suhu dan tekanan serta bentuk zat dari air.



Gambar 2. Diagram fasa air (Prana, 2015).

Sifat-sifat kimia air tergolong unik. Keunikan tersebut terjadi sebagai akibat dari adanya ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul-molekul air. Ikatan hidrogen dalam molekul air terjadi karena adanya sifat polar dalam air, sehingga tempat kedudukan atom hidrogen yang positif akan menarik tempat kedudukan oksigen yang negatif dari molekul air lainnya. Ikatan hidrogen terjadi dalam beberapa senyawa hidrogen, dimana atom hidrogen menjembatani dua atom yang cenderung menarik elektron lebih besar (keelektronegatifan). Ikatan hidrogen ini sifatnya lebih lemah dibandingkan dengan ikatan kovalen. Karena ikatan antara atom hidrogen dengan oksigen adalah ikatan ionik, maka ikatannya mudah lepas, dimana akan dihasilkan spesi H^+ dan

OH. Adanya kedua spesi ini lah yang menyebabkan air bersifat netral atau pH-nya berkisar diantara 7,0. Namun demikian, ikatan hidrogen antara dua molekul air yang berdekatan dan sifat terpolarisasi molekul air inilah yang berperan terhadap sifat-sifat kimia dan fisik air yang unik itu terjadi (Susana, 2003).

Secara fisik, senyawa air dapat ditinjau dari beberapa faktor seperti warna, bau, serta rasa. Air yang murni umumnya tidak berwarna atau bening, tidak berbau, dan tidak memiliki rasa. Apabila dibandingkan dengan persenyawaan kimia lainnya, sifat-sifat fisika air juga tergolong unik, antara lain adalah dalam hal tegangan permukaan, kalor penguapan, kerapatan suhu, dan kapasitas melarutkan. Air memiliki tegangan permukaan yang paling tinggi diantara sekian banyak zat cair. Hal ini terjadi karena adanya ikatan hidrogen dalam molekul air menyebabkan air cenderung bersatu membentuk suatu kekuatan yang dinamakan kohesi. Daya kohesi ini diperlukan untuk melawan kekuatan dari luar molekul yang akan memecahkan ikatan-ikatan hidrogen. Air memiliki kalor penguapan yang tinggi, hal ini nampak ketika air dipanaskan maka proses penguapanannya akan berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan cairan-cairan lainnya. Hal ini terjadi sebagai akibat dari kekuatan ikatan hidrogen di antara molekul air yang harus diputuskan agar molekul dapat terlepas. Tingginya kalor penguapan air ini menyebabkan tingginya pula titik didih air (100°C). Air akan menjadi

semakin rapat bila didinginkan sampai pada suhu 4°C dan dalam proses pendinginan selanjutnya, maka kerapatan air semakin menurun. Keunikan sifat fisik air inilah yang menyebabkan es lebih dingin dibandingkan dengan air dan dapat terapung di atas air. Air dapat melarutkan zat-zat kimia dan dapat digunakan sebagai medium yang di dalamnya berlangsung berbagai reaksi kimia. Kebanyakan proses-proses kimia yang berlangsung, menyangkut reaksi yang menggunakan air sebagai pelarutnya (Susana, 2003).

1.3 Air dalam Bahan Pangan

Air merupakan komponen yang penting dalam bahan makanan, karena air dapat memberikan pengaruh pada penampakan, tekstur, serta cita rasa. Bahkan di dalam makanan kering sekalipun, terkandung air dalam jumlah tertentu. Air dalam bahan pangan terdiri dari dua bentuk, yaitu air bebas dan air terikat. (Abrar *et al.*, 2015). Air bebas yaitu air yang terdapat pada sitoplasma, di dalam ruang antar sel, intergranular, pori-pori bahan dan permukaan bahan. Air bebas berfungsi sebagai pelarut di dalam bahan, berpengaruh terhadap kerusakan bahan pangan melalui berbagai reaksi enzimatik, proses mikrobiologis, biokimiawi. Air bebas sangat mudah dibekukan maupun diuapkan. Air bebas membeku 0°C dan mudah diuapkan pada suhu 71°C (Susanti *et al.*, 2015).

Air terikat yaitu air yang terikat secara fisik menurut sistem kapiler atau absorpsi karena adanya tenaga penyerapan. Air terikat secara kimia, yaitu air yang berada dalam bahan dalam bentuk kristal dan air yang terikat dalam sistem dispersi koloid. Air terikat di atas dapat berikatan dengan protein, selulosa, zat tepung, pektin, dan sebagian zat-zat yang terkandung dalam bahan pangan. Menurut derajat keterikatan air, air dapat dibagi atas empat tipe, yaitu:

- a) Tipe I, adalah molekul air yang terikat pada molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang berenergi besar. Molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom-atom O dan N seperti karbohidrat, protein, atau garam. Air tipe ini tidak dapat membeku pada proses pembekuan, tetapi sebagian air ini dapat dihilangkan dengan cara pengeringan biasa. Air tipe ini terikat kuat dan sering kali disebut air terikat dalam arti sebenarnya. Derajat pengikatan air sedemikian rupa sehingga reaksi-reaksi yang terjadi sangat lambat dan tidak terukur.
- b) Tipe II, yaitu molekul-molekul air yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul lain, terdapat dalam mikrokapiler dan sifatnya agak berbeda dari air murni. Air jenis ini lebih sukar dihilangkan dan penghilangan air tipe II akan mengakibatkan penurunan aktivitas air (A_w). Bila sebagian tipe II dihilangkan, pertumbuhan mikroba dan reaksi-reaksi kimia yang bersifat merusak bahan makanan

seperti reaksi browning, hidrolisis, atau oksidasi lemak akan dikurangi. Jika air tipe II dihilangkan seluruhnya, kadar air bahan akan berkisar antara 3-7%, dan kestabilan optimum bahan makanan akan tercapai, kecuali pada produk-produk yang dapat mengalami oksidasi akibat adanya kandungan lemak tidak jenuh.

- c) Tipe III, adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan seperti membran, kapiler, serat, dan lain-lain. Air tipe III inilah yang sering kali disebut air bebas. Air tipe ini mudah diuapkan dan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimiawi. Apabila air tipe III ini diuapkan seluruhnya, kandungan air bahan berkisar antara 12-25% dengan aktivitas air (A_w) kira-kira 0,8 tergantung dari jenis bahan dan suhu.
- d) Tipe IV, adalah air yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni, dengan sifat-sifat air biasa dan keaktifan penuh.

(Winarno, 2008).

Selain itu, dalam bahan makanan biasanya air terbagi menjadi dua yaitu air imbibisi dan air kristal. Air imbibisi merupakan air yang masuk ke dalam bahan pangan dan akan menyebabkan pengembangan volume, tetapi air ini tidak termasuk komponen penyusun bahan tersebut. Air kristal adalah semua air yang terikat di dalam bahan pangan maupun non pangan yang berbentuk kristal (Abrar *et al.*, 2015).

1.4 Peranan Air dalam Bahan Pangan

Kandungan air dalam bahan pangan memiliki peranan yang sangat penting karena dapat menentukan *acceptability*, kesegaran, dan sangat berpengaruh pada masa simpan bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi beberapa sifat fisik antara lain tekstur, kenampakan dan cita rasa makanan (Praseptiangga *et al.*, 2016). Dalam industri makanan, air sangat penting dalam pemrosesan produk makanan. Ketika air digunakan sebagai komposisi bahan makanan, kualitas air dapat mempengaruhi sifat-sifat makanan, termasuk tekstur, penampilan, aroma dan rasa. Air juga berperan sebagai alat bantu pengolahan, air dapat digunakan untuk membawa, memanaskan, mendinginkan, membilas, melarutkan, menyelimuti, menipiskan, memisahkan, pembangkit uap dan kegiatan lainnya. Kegiatan pembersihan di industri makanan melibatkan penggunaan air sebagai agen yang membawa, pendispersi, pelarut dan pengencer (Prana, 2015). Dalam bahan pangan, air memiliki peran untuk mengendalikan aktivitas enzim dalam makanan. Selain itu, adanya air juga akan mempengaruhi kestabilan bahan pangan selama proses penyimpanan. Hal ini karena kestabilan bahan pangan tergantung aktivitas mikroba pembusuk seperti kapang, kamir, dan jamur (Lisa *et al.*, 2015).

1.5 Aktivitas Air dalam Bahan Pangan

Kadar air adalah jumlah air yang dapat diuapkan dari bahan pangan pada suhu 100°C. Aktivitas air (A_w) menunjukkan jumlah air bebas di dalam bahan pangan yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Nilai aktivitas air (A_w) dalam pangan dapat dihitung dengan membagi tekanan uap air pangan dengan tekanan uap air murni. Air yang diserap atau diikat produk pangan mempunyai sifat-sifat dan perilaku aneh, berbeda dengan air bebas atau air murni. Hampir semua produk pangan mengandung air, dan bagian materi produk pangan di luar air disebut bahan kering, solid atau *dry matter*. Bahan kering terdiri atas berbagai senyawa kimia pangan seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral yang cenderung menyerap atau mengikat molekul air dengan berbagai mekanisme kimia-fisik dan menghasilkan berbagai perilaku molekul air yang berdampak pada stabilitas berbagai sifat, mutu, dan daya awet produk pangan (Soekarto & Adawiyah, 2012).

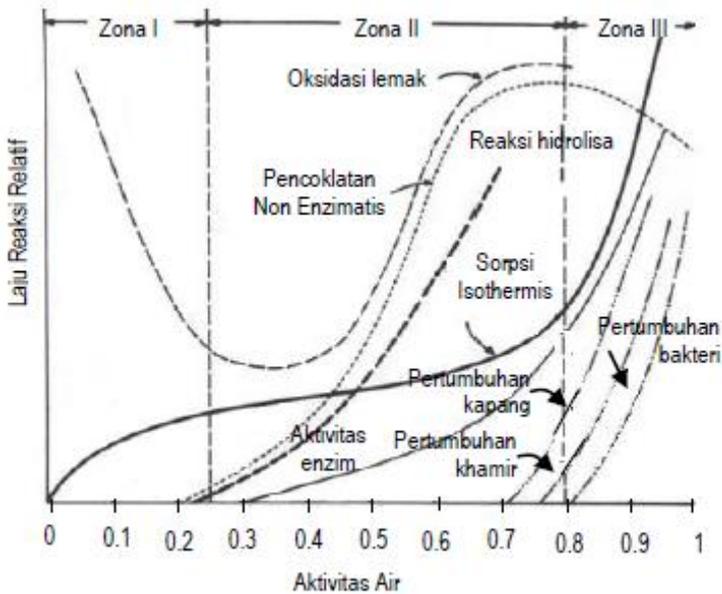
Kadar air dan aktivitas air sangat mempengaruhi kualitas bahan pangan. Kadar air ditentukan berdasarkan banyaknya air yang teruapkan sampai sampel memiliki berat konstan. Semakin tinggi kadar air menunjukkan semakin banyaknya air yang teruapkan pada proses pengeringan, air yang dapat diuapkan termasuk dalam golongan air bebas

yang tidak terikat secara kuat. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan pangan itu. Aktivitas air dalam suatu bahan pangan dapat menentukan daya simpan dari produk itu sendiri. Semakin tinggi aktivitas air maka daya simpan suatu produk akan semakin rendah karena memungkinkan mikroorganisme perusak untuk berkembang. Mikroorganisme memiliki kemampuan hidup pada rentang A_w yang berbeda-beda. Bakteri hidup pada $A_w > 0,9$; khamir hidup pada rentang A_w 0,8 – 0,9; sedangkan kapang dapat hidup pada rentang A_w 0,6 – 0,7 (Praseptiangga *et al.*, 2016).

Hubungan A_w dan kadar air, yaitu peningkatan aktivitas air yang selalu diikuti peningkatan kadar air tetapi tidak linier. Perubahan kadar air pada bahan pangan dapat menyebabkan perubahan nilai A_w pada bahan pangan tersebut. Semakin meningkatnya kadar air pada bahan pangan maka nilai A_w juga akan semakin meningkat, begitu juga apabila kadar air dikurangi atau dihilangkan maka kadar A_w pada bahan pangan akan berkurang nilainya. Perubahan kadar air pada bahan pangan dapat menyebabkan perubahan A_w pada bahan pangan tersebut meskipun hubungannya tidak selalu linear. (Putra *et al.*, 2015). Hubungan aktivitas air dengan kadar air dapat digambarkan dengan kurva MSI (*Moisture Sorption Isotherm*). Kurva MSI tidak berbentuk linier melainkan berbentuk sigmoid. Hal ini karena terdapat perbedaan derajat keterkaitan air dalam bahan pangan. Dalam

kurva MSI terdapat dua pola yaitu absorpsi dan desorpsi. Absorpsi diukur dari kadar air rendah ke tinggi, sedangkan kurva desorpsi diukur dari kadar air tinggi ke rendah. Selain itu kurva absorpsi menggambarkan penyerapan air oleh bahan pangan dimulai dari kondisi kering hingga basah (misalnya : proses rehidrasi/penyerapan air), sedangkan kurva desorpsi menggambarkan kehilangan air suatu bahan pangan dimulai dari kondisi basah ke kondisi kering (misal : proses dehidrasi/pengeringan). Kurva MSI absorpsi dan desorpsi tidak menyatu, fenomena ini disebut *hysteresis*. (Juliana et al., 2020).

Konsep interaksi air dalam bahan pangan yang menggambarkan struktur air dalam produk pangan disebut konsep ISA (Isotermi Sorpsi Air). Konsep pengikatan air tidak hilang hanya berganti rumusan baru dengan konsep aktivitas air (A_w), suatu konsep dengan definisi dan cara mengukurnya yang jelas. Konsep aktivitas air melahirkan konsep perilaku reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba yang dipetakan pada grafik isotermi sorpsi air (ISA). Grafik ISA terbagi dalam 3 daerah, namun batas masing-masing daerah ISA belum ditetapkan secara terukur melainkan secara bias. Meskipun besaran A_w dapat diukur, konsep A_w juga belum memuaskan karena pada A_w rendah yang sama pada produk pangan yang berbeda, berbeda pula daya awetnya. Diagram ISA disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Aktivitas air terikat di tiga daerah ISA (Soekarto & Adawiyah, 2012)

1.6 Keseimbangan Air dalam Bahan Pangan

Kadar air keseimbangan didefinisikan sebagai kadar air pada saat tekanan uap air dalam bahan seimbang dengan tekanan parsial uap air yang berada dalam lingkungan, sedangkan pada saat tercapainya kadar air keseimbangan disebut kelembaban relatif keseimbangan (Heldman & Singh, 1981) Oleh sebab itu kadar air keseimbangan bisa dipengaruhi oleh kelembaban relatif dan suhu lingkungan. Konsep dari kadar air keseimbangan sangat diperlukan dalam menganalisis sistem penyimpanan dan pengeringan, karena kadar air keseimbangan merupakan faktor yang menentukan

tingkat kadar air minimum dari tercapainya suatu kondisi pengeringan tertentu. Menurut Brooker *et al.* (1974) bahwa ada dua cara atau metode untuk dapat menentukan kadar air keseimbangan yaitu metode statis dan dinamis. Dalam uji metode statis biasanya mempergunakan larutan kimia untuk menjaga kemantapan kelembaban relatif lingkungannya. Sedangkan metode dinamis mempergunakan dari pergerakan udara karena lebih cepat tapi kendalanya adalah untuk pengendalian kelembaban relatif-nya. Pada umumnya metode dinamis dipakai untuk analisis sistem pengeringan. Dalam penentuan kadar air dari bahan pangan sangat penting dalam proses pengolahan maupun produksi sehingga harus mendapatkan penanganan yang tepat. Secara umum untuk penentuan kadar air bahan dapat diperoleh dengan metode pengovenan, dimana terdapat perbedaan antara berat bahan contoh sebelum dan sesudah dikeringkan. Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air pada bahan makanan sampai batas tertentu sehingga pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim penyebab kerusakan dapat dihambat. Hal ini akan menyebabkan tercapainya keseimbangan air dalam bahan pangan. Suhu dan lama pengeringan serta kombinasi kedua faktor tersebut memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan suhu dan lama pengeringan yang tepat akan menghasilkan kadar air yang diinginkan, sedangkan interaksi antara suhu dan lama pengeringan

diketahui tidak berbeda nyata karena masing-masing faktor tidak saling mempengaruhi. (Lisa *et al.*, 2015).

1.7 Faktor Penentu Kualitas Air

Air memiliki karakteristik fisika, kimia dan biologis yang sangat mempengaruhi kualitas air tersebut. Oleh sebab itu, pengolahan air mengacu kepada beberapa parameter guna memperoleh air yang layak untuk keperluan domestik terutama pada industri minuman.

a) Faktor Fisika

Faktor-faktor fisika yang mempengaruhi kualitas air yang dapat terlihat langsung melalui fisik air tanpa harus melakukan pengamatan yang lebih jauh pada air tersebut. Faktor-faktor fisika pada air meliputi:

- Kekeruhan
- Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri.
- Temperatur
- Kenaikan temperatur air menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi.
- Warna

- Warna air dapat ditimbulkan oleh kehadiran organisme, bahan-bahan tersuspensi yang berwarna dan oleh ekstrak senyawa-senyawa organik serta tumbuh-tumbuhan.
- Solid (zat padat)
- Kandungan zat padat menimbulkan bau, juga dapat menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut. Zat padat dapat menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air.
- Bau dan Rasa
- Bau dan rasa dapat dihasilkan oleh adanya organisme dalam air seperti alga serta oleh adanya gas seperti H_2S yang terbentuk dalam kondisi anaerobik, dan oleh adanya senyawa-senyawa organik tertentu.

b) Faktor kimia

Karakteristik kimia air menyatakan banyaknya senyawa kimia yang terdapat di dalam air, sebagian diantaranya berasal dari alam secara alamiah dan sebagian lagi sebagai kontribusi aktivitas makhluk hidup. Beberapa senyawa kimia yang terdapat dalam air dapat dianalisa dengan beberapa parameter kualitas air. Parameter kualitas air tersebut dapat digolongkan sebagai berikut:

- pH
- Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efisiensi klorinasi. Beberapa senyawa asam dan basa lebih toksik dalam bentuk molekuler, dimana disosiasi senyawa-senyawa tersebut dipengaruhi oleh pH.

- DO (*Dissolved Oxygent*)
- DO adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan absorpsi atmosfer/udara. Semakin banyak jumlah DO maka kualitas air semakin baik.
- BOD (*Biological Oxygen Demand*)
- BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik (zat pencerna) yang terdapat dalam air secara biologi.
- COD (*Chemical Oxygen Demand*)
- COD adalah banyaknya oksigen yang di butuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik secara kimia.
- Kesadahan
- Kesadahan air yang tinggi akan mempengaruhi efektifitas pemakaian sabun, namun sebaliknya dapat memberikan rasa yang segar. Kesadahan yang tinggi bisa disebabkan oleh adanya kadar residu terlarut yang tinggi dalam air.
- Senyawa Kimia beracun.

c) **Faktor biologi**

Karakteristik biologi air dipengaruhi oleh organisme mikro yang terdapat dalam air. Adapun pembagian mikroorganisme didalam air dapat di bagi sebagai berikut:

- Bakteri dengan ukuran yang berbeda-beda dari 1-4 mikron, bakteri tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Bakteri yang menimbulkan penyakit disebut disebut bakteri patogen.
- Organisme *colliform* merupakan organisme yang tidak berbahaya dari kelompok *colliform* yang akan hidup lebih lama didalam air daripada organisme pathogen. Akan tetapi secara umum untuk air yang dianggap aman untuk dikonsumsi, tidak boleh lebih dari 1 didalam 100 ml air.
- Organisme mikroskopis lain yang tidak diinginkan berupa ganggang dan jamur. Ganggang adalah tumbuh-tumbuhan satu sel yang memberi rasa dan bau pada air. Jamur adalah tanaman yang dapat tumbuh tanpa sinar matahari dan pada waktu tertentu dapat merajalela pada pipa-pipa air, sehingga menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak.

Air yang baik harus memenuhi unsur kualitas baik secara fisik, kimia dan mikrobiologi. Syarat-syarat air yang baik untuk dikonsumsi ataupun digunakan dalam produksi makanan adalah sebagai berikut:

- pH normal berkisar antara nilai pH 6,5 – 8,5.
- Tidak mengandung bahan kimia beracun.
- Tidak mengandung garam atau ion-ion logam.
- Kesadahan rendah.
- Tidak mengandung bahan organik (Gusril, 2016).

1.8 Penentuan Kadar Air pada Bahan Pangan

Air merupakan salah satu komponen utama dalam bahan dan produk pangan karena kandungan air dapat mempengaruhi warna, tekstur, serta citarasa (Winarno, 2008). Analisis kadar air dalam bahan pangan sangat penting dilakukan baik pada bahan pangan kering maupun pada bahan pangan segar. Pada bahan pangan kering, kadar air sering dihubungkan dengan indeks kestabilan khususnya saat penyimpanan. Bahan pangan kering menjadi awet karena kadar airnya dikurangi sampai batas tertentu. Pada pangan segar, kadar air bahan pangan erat hubungannya dengan mutu organoleptiknya (Maks. 4%). Selain mengandung bahan organik dan air, bahan pangan juga mengandung senyawa anorganik yakni mineral atau abu. Walaupun jumlahnya sangat sedikit, namun keberadaan mineral pada bahan pangan sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Di dalam tubuh, mineral berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur.

Kadar air adalah salah satu metode uji laboratorium kimia yang sangat penting dalam industri pangan untuk menentukan kualitas dan ketahanan pangan terhadap kerusakan yang mungkin terjadi. Pengukuran kadar air dalam bahan pangan dapat ditentukan dengan beberapa metode, yaitu: dengan metode pengeringan (*thermogravimetric*), metode destilasi (*thermovolumetri*), metode fisis dan metode

kimiawi (*Karl Fischer Method*). Pada umumnya penentuan kadar air bahan pangan dilakukan dengan mengeringkan bahan dalam oven suhu 105-110°C selama 5 jam atau sampai diperoleh berat konstan. Metode ini dikenal dengan metode pengeringan atau metode thermogravimetri yang mengacu pada SNI 01-2354.2-2006. Pada metode penentuan kadar air secara Thermogravimetri ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi penentuan kadar air bahan, yaitu: Suhu dan kelembaban (RH) ruang kerja / laboratorium, Suhu dan tekanan udara pada ruang oven, Ukuran dan struktur partikel sampel, Ukuran wadah / botol timbang (ratio diameter : tinggi) (Daud *et al.*, 2019).

Pada umumnya penentuan kadar air menggunakan metode oven. Prinsip dari metode oven pengering adalah bahwa air yang terkandung dalam suatu bahan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 105° C selama waktu tertentu. Perbedaan antara berat sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar air dari bahan tersebut. Prinsip metode penetapan kadar air dengan oven biasa serding disebut sebagai thermogravimetri yaitu menguapkan air yang ada dalam bahan dengan pemanasan pada suhu 105°C. Penimbangan bahan dengan berat konstan yang berarti semua air sudah diuapkan dan cara ini relatif mudah dan murah. Perhitungan kadar air seperti pada **Persamaan 1**. Contoh cara penentuan kadar air dengan metode oven sebagai berikut:

- Sampel ditimbang dengan seksama 1-2 gram pada sebuah botol timbang bertutup yang sudah diketahui bobotnya, untuk contoh cairan,
- Botol timbang dilengkapi dengan pengaduk dan pasir kwarsa/kertas saring berlipat.
- Sampel dikeringkan pada oven suhu 105°C selama 3 jam.
- Sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit.
- sampel ditimbang
- Proses ini diulangi hingga diperoleh bobot tetap (SNI 01-2354.2-2006).

Perhitungan:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

W = bobot cuplikan sebelum dikeringkan, dalam gram

W1 = bobot kosong + cuplikan, dalam gram

W2 = bobot kosong + cuplikan setelah dikeringkan, dalam gram

Rangkuman

Air adalah bahan penting dalam bahan pangan karena sangat menentukan kualitas produk pangan. Air dapat melarutkan berbagai bahan seperti garam, vitamin yang larut air, mineral, dan senyawa-senyawa cita rasa seperti yang terkandung dalam teh dan kopi. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan pangan karena air dapat

mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa. Kualitas air terkait dengan bahan pangan sangat dipengaruhi oleh sifat fisik, kimia dan biologis air yang sangat unik. Jenis-jenis air adalah air bebas, air terikat, air imbibisi, dan air kristal. Kadar air pada bahan pangan adalah parameter penting yang harus diketahui. Metode penentuan kadar air pada bahan pangan umumnya menggunakan metode oven secara termogravimetri.

Tugas Penyelesaian Soal

1. Jelaskan peran air dalam bahan pangan!
2. Jelaskan sifat fisik, kimia dan biologi air!
3. Jelaskan prinsip penentuan kadar air pada bahan pangan!

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M. Z., Edison, E., & Sumarto, S. 2015. Profil Asam Amino Ikan Jelawat (*Leptobarbus Hoevenii*) Berdasarkan Perbedaan Umur Panen. *JOM*: 1-10.
- Brooker, D.B., Bakker, F.W., & Hall, C.W. 1974. *Drying Cereal Grain*. The AVI Publishing Company, Inc. New York.
- Daud, A., Suriat, & Nuzulyant. (2019). Kajian Penerapan faktor yang mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air metode Thermogravimetri. *Jurnal Lutjanus*, 24(2).
- Gusril, H. 2016. Studi Kualitas Air Minum PDAM di Kota Duri Riau. *Jurnal geografi*. 8(2): 190-196.
- Heldman, D.R. & P.R. Singh. 1981. *Food Proses Engineering*. The AVI Publ. Comp., Inc. Westport, CT, USA.
- Juliana, R., Hasbullah, R., & Mardjan, S. S. 2020. Models of Moisture Sorption Isotherm and The Estimation of Red Ginger Powder Shelf Life in Various Packaging Materials. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 8(1): 23-28.
- Lisa, M., Lutfi, M., & Susilo, B. 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Mutu Tepung Jamur Tiram Putih (*Plaerotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(3): 270-279.
- Prana, M. J. S. S. 2015. Sifat Fisik dan Kimia Air dalam Berbagai Industri. 1-5.
- Praseptiangga, D., Aviany, T. P., & Parnanto, N. H. R. 2016. Pengaruh Penambahan Gum Arab terhadap

- Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Fruit Leather Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. **9**(1): 71-83.
- Putra, D. A. P., Agustini, T. W., & Wijayanti, I. 2015. Pengaruh Penambahan Karagenan sebagai Stabilizer terhadap Karakteristik Otak-Otak Ikan Kurisi (*Nemipterus nematophorus*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. **4**(2): 1-10.
- Soekarto, S. T., & Adawiyah, D. R. 2012. Keterkaitan Berbagai Konsep Interaksi Air dalam Produk Pangan [Interrelation On Water Interaction Concepts In Foods]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. **23**(1): 107-107.
- Susana, T. (2003). Air sebagai sumber kehidupan. *Jurnal Oseana*. **28**(3): 17-25.
- Susanti, R. F., Andreas, A., & Solihin, G. C. 2015. Pengaruh Jenis, Konsentrasi Bahan Pengisi dan Suhu Pengeringan Terhadap Kualitas Ekstrak Buah *Physalis Angulata* Yang Diperoleh Dengan Ekstraksi Menggunakan Air Subkritik. *Research Report-Engineering Science*, 2.
- Winarno, F. G. 2008. *Ilmu Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

BAB II



KARBOHIDRAT DALAM MAKANAN

Capaian Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini melalui serangkaian tatap muka dan penugasan diharapkan mahasiswa mampu memahami pentingnya karbohidrat dalam bahan pangan.

Indikator

- Menjelaskan pentingnya karbohidrat dalam makanan
- Menjelaskan mono, di dan poli sakarida dalam makanan
- Menjelaskan karbohidrat dalam pengelolaan makanan
- Menjelaskan reaksi reaksi penting pada karbohidrat
- Menjelaskan beberapa analisis karbohidrat

Deskripsi Singkat

Setelah mengikuti kuliah tatap muka, diskusi dan penugasan, mahasiswa diharapkan dapat memahami pentingnya karbohidrat dalam bahan pangan. Beberapa

subbab yang akan dipelajari antara lain: karbohidrat, klasifikasi karbohidrat, monosakarida (glukosa dan fruktosa, disakarida (sukrosa, maltose dan laktosa), polisakarida (selulosa dan kitin), analisis karbohidrat dalam makanan dan reaksi-reaksi penting pada karbohidrat.

2.1 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan makromolekul yang penting bagi tingkat kehidupan makhluk hidup. Senyawa karbohidrat menyumbangkan 70-80% sumber energi untuk aktivitas manusia. Konsumsi rata-rata karbohidrat dalam makanan sekitar 65% dan energi yang dihasilkan dari metabolisme selular karbohidrat tersebut akan digunakan untuk metabolisme biomolekul lainnya seperti protein, lemak dan asam nukleat. Selain itu, lebih dari 90% komponen penyusun tumbuhan kering adalah karbohidrat. Secara umum, karbohidrat merupakan senyawa polihidroksialdehid atau polihidroksiketon dan derivatnya dalam bentuk unit tunggal yang sederhana maupun unit kompleks.

Pada tumbuhan, glukosa disintesis dari karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) melalui proses fotosintesis dan disimpan dalam bentuk pati atau selulosa. Binatang mensintesis karbohidrat dari lipid gliserol dan asam amino, akan tetapi derivat karbohidrat yang digunakan oleh binatang diambil dari tanaman. Glukosa bisa diabsorpsi langsung

dalam aliran darah dan gula bentuk lain akan diubah menjadi glukosa dalam liver sehingga glukosa merupakan jenis karbohidrat yang penting. Sebagai sumber utama energi pada mamalia, glukosa dapat disintesis menjadi glikogen sebagai cadangan makanan, ribosa dan deoksiribosa pada asam nukleat, galaktosa pada laktosa susu, glikolipid dan kombinasi dengan protein (glikoprotein dan proteoglikan).

2.2 Klasifikasi dan Nomenklatur Karbohidrat

Karbohidrat diklasifikasikan menjadi tiga golongan besar (**Tabel 1**), yaitu:

1) Monosakarida

Monosakarida adalah jenis karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi gula yang lebih sederhana. Berdasarkan gugus fungsinya, jenis monosakarida ada dua yaitu aldosa yang memiliki gugus fungsi aldehyd dan ketosa yang memiliki gugus fungsi keton. Berdasarkan jumlah atom karbonnya, monosakarida terdiri dari triosa, tetrosa, pentosa, dan heksosa.

2) Oligosakarida

Oligosakarida adalah hasil kondensasi dari dua sampai sepuluh monosakarida. Oligosakarida dapat berupa disakarida, trisakarida dan tetrasakarida. Disakarida merupakan hasil kondensasi dua unit monosakarida. Contohnya adalah laktosa, maltosa dan sukrosa. Trisakarida

merupakan hasil kondensasi tiga unit monosakarida dan tetrasakarida terdiri dari empat unit monosakarida.

3) Polisakarida

Polisakarida merupakan hasil kondensasi dari lebih dari lebih dari dua puluh unit monosakarida. Polisakarida terdiri dari homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida adalah polisakarida yang terdiri dari unit monosakarida yang sama sedangkan heteropolisakarida terdiri dari unit monosakarida yang berbeda.

Tabel 1. Nomenklatur dan klasifikasi karbohidrat.

Karbohidrat						
Monosakarida		Oligosakarida			Polisakarida	
Gugus fungsional	Jumlah atom C	Disakarida	Trisakarida	Tetrasakarida	homopolisakarida	heteropolisakarida
Aldosa (glukosa)	Triosa	Maltosa	Raffinosa	Staciosa	Dekstrin	Asam hialuronik
	Tetrosa	Laktosa			Selulosa	Heparin
Ketosa (fruktosa)	Pentosa	Sukrosa			Glikogen	Kondroitin sulfat
	Heksosa				Inulin	Dermtan sulfat
					Pati	Keratan sulfat

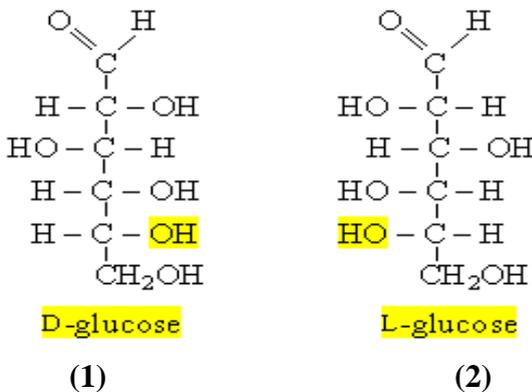
2.3 Glukosa

Glukosa merupakan karbohidrat terpenting dalam kaitannya dengan penyediaan energi di dalam tubuh. Hal ini disebabkan karena semua jenis karbohidrat baik monosakarida, disakarida maupun polisakarida yang dikonsumsi oleh manusia akan terkonversi menjadi glukosa di dalam hati. Glukosa ini kemudian akan berperan sebagai salah satu molekul utama bagi pembentukan energi di dalam tubuh.

Glukosa adalah gula monosakarida yang dapat langsung diserap oleh tubuh dan dikonversi menjadi energi. Kadar glukosa dalam bahan pangan sumber karbohidrat meliputi: monosakarida yang sudah tersedia atau berasal dari pemecahan polisakarida (pati/amilum) dalam bahan tersebut. Proses pemecahan polisakarida menjadi monosakarida dapat terjadi selama proses pengolahan pangan atau melalui hidrolisis selama polisakarida yang dikatalisis oleh asam dan enzim dalam saluran cerna.

Berdasarkan bentuknya, molekul glukosa dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu D-Glukosa dan L-Glukosa. Faktor yang menjadi penentu dari bentuk glukosa ini adalah posisi gugus hidrogen (-H) dan alkohol (-OH) dalam struktur molekulnya. Glukosa yang berada dalam bentuk molekul D & L-Glukosa dapat dimanfaatkan oleh sistem tumbuhan, sedangkan sistem tubuh manusia hanya dapat memanfaatkan D-Glukosa. Di dalam tubuh manusia glukosa yang telah diserap oleh usus halus kemudian akan terdistribusi ke dalam semua sel tubuh melalui aliran darah. Di dalam tubuh, glukosa tidak hanya dapat tersimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot dan hati namun juga dapat tersimpan pada plasma darah dalam bentuk glukosa darah (*blood glucose*). Di dalam tubuh selain akan berperan sebagai bahan bakar bagi proses metabolisme, glukosa juga akan berperan sebagai sumber energi utama bagi kerja otak.

Bentuk alami (D-glukosa) disebut juga dekstrosa, terutama pada industri pangan. Karbohidrat glukosa merupakan karbohidrat terpenting dalam kaitannya dengan penyediaan energi di dalam tubuh. Hal ini disebabkan karena semua jenis karbohidrat baik monosakarida, disakarida maupun polisakarida yang dikonsumsi oleh manusia akan terkonversi menjadi glukosa di dalam hati. Glukosa ini kemudian akan berperan sebagai salah satu molekul utama bagi pembentukan energi di dalam tubuh. Berdasarkan bentuknya, molekul glukosa dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu D-Glukosa (1) dan L-Glukosa (2). Glukosa juga berperan sebagai sumber energi utama bagi kerja otak.



Melalui proses oksidasi di dalam sel-sel tubuh, proses metabolisme glukosa akan digunakan untuk mensintesis molekul ATP (*adenosine triphosphate*) yang merupakan molekul dasar penghasil energi di dalam tubuh. , proses metabolisme glukosa akan berlangsung melalui 2

mekanisme utama yaitu melalui proses anaerobik dan proses aerobik. Proses metabolisme secara anaerobik akan berlangsung di dalam sitoplasma (*cytoplasm*) sedangkan proses metabolisme anaerobik akan berjalan dengan menggunakan enzim sebagai katalis di dalam *mitochondria* dengan kehadiran Oksigen (O). Glukosa merupakan aldehida (mengandung gugus -CHO). Lima karbon dan satu oksigennya membentuk cincin yang disebut "cincin piranosa", bentuk paling stabil untuk aldosa berkarbon enam. Dalam cincin ini, tiap karbon terikat pada gugus samping hidroksil dan hidrogen kecuali atom kelimanya, yang terikat pada atom karbon keenam di luar cincin, membentuk suatu gugus CH_2OH . Struktur cincin ini berada dalam kesetimbangan dengan bentuk yang lebih reaktif. Glukosa merupakan sumber tenaga yang terdapat di mana-mana dalam biologi. Kita dapat menduga alasan mengapa glukosa, dan bukan monosakarida lain seperti fruktosa, begitu banyak digunakan.

2.4 Produk Pangan yang Mengandung Glukosa

Semua makanan akan dicerna menjadi senyawa yang dibutuhkan oleh tubuh. Jalur glikolisis dimulai dari gula sederhana (glukosa) dan diubah menjadi piruvat dan akhirnya masuk ke siklus Krebs. Karbohidrat Bersama sama dengan beragam gula (monosakarida, disakarida dan polisakarida)

diubah menjadi energi. Glukosa dan fruktosa dapat dimetabolisme menjadi kolesterol. Produk makanan yang mengandung glukosa contohnya seperti sayur, buah, biji-bijian beserta olahannya seperti, kue pancake, pie roti, nasi, saos pasta, mi, tepung-tepungan. Glukosa juga bisa ditemukan dalam ubi, jagung manis, singkong, kentang, bihun (Whitbread *et al.*, 2021). Kandungan glukosa pada beberapa jenis makanan disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Makanan yang mengandung glukosa

Jenis Produk	Per 16oz glass	Per 100 gram
Jus Anggur (Glukosa 6,8%)	34.5 g (9 sdt/saran kebutuhan gizi harian)	6.8 g (1.7 sdt/ kebutuhan gizi harian)
Minuman berkarbonasi (4,1% Glukosa)	20.2 g (5 sdt)	4.1 g (1 sdt)
	Per 3 Pancake	Glukosa per 100 gram
Kue Pancake dengan sirup (5,1% Glukosa)	11.2 g (2.8 sdt)	5.1 g (1,3 sdt)
	Pergelas	Glukosa per 100 gram
Buah Anggur (Glukosa hingga 7,2%)	10.9 g (2.7 sdt)	7.2 g (1.8 sdt)
Buah Aprikot Kering (Hingga 33,1% Glukosa)	9,4 g (2,3 sdt)	33.1 g (8 sdt)
	Glukosa Per iris	Glukosa per 100 gram
Pai Apel (4,9% Glukosa)	6.4 g (1.6 sdt)	4.9 g (1,2 sdt)
	Glukosa Per Gelas	Glukosa per 100 gram
Jagung Manis (Glukosa 3,4%)	5 g (1,2 sdt)	3.4 g (0,9 sdt)
	Glukosa $\frac{1}{2}$ gelas	Glukosa per 100 gram
Saos Pasta (2.2 % Glukosa)	2.9 g (0,7 sdt)	2.2 g (0,6 sdt)

Sumber: www.myfooddata.com

Selain makanan glukosa juga terdapat dalam minuman kaleng seperti minuman berkarbonasi dan sirup. Albaasith *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa sirup glukosa sebagai hasil industri mempunyai banyak manfaat diantaranya bahan dasar industri kimia, farmasi dan agroindustri lain. Selama ini sirup glukosa sebagai bahan baku industri di Indonesia masih diimpor dari luar negeri. Sirup glukosa atau gula cair mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa yang dibuat melalui proses hidrolisis pati (enzimatis dan hidrolisis asam) (Howling, 1979).

Menurut Oktafiani & Tjahjani (2013), hidrolisis dalam pembuatan sirup glukosa dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzim. Hidrolisis enzim dalam pembuatan sirup glukosa berlangsung dalam dua tahap, yaitu tahap likuifikasi dan sakarifikasi. Pada tahap likuifikasi terjadi proses perubahan pati menjadi dekstrin, dan pada tahap sakarifikasi terjadi proses perubahan dekstrin menjadi glukosa. Secara lengkap karakteristik sirup glukosa menurut SNI-01-2978-1992 ialah tidak berbau, rasa manis, tidak berwarna, nilai $DE \geq 20$, kadar gula pereduksi $\leq 30\%$ atau $\leq 253,09 \times 10^{-3}$ ppm, kadar air $\leq 20\%$, kadar abu $\leq 1\%$, tidak mengandung pati, cemaran logam timbal ≤ 1 ppm, tembaga ≤ 10 ppm, seng 25 ppm, cemaran mikroba bakteri coliform ≤ 20 APM/g, dan kapang ≤ 50 koloni/g.

2.5 Metode Penetapan Glukosa pada Makanan

Metode penetapan glukosa ada dua yaitu metode Nelson Somogy dan metode Luff Schrool, dimana kedua metode ini bertujuan untuk mengetahui kadar glukosa dalam makanan. Prinsip metode Nelson Somogy kupri oksida dioksidasi oleh larutan tembaga alkali dengan membentuk kuprooksida (CuO), kemudian kuprooksida (CuO) ini dioksidasi kembali dengan asam arsen molibdat yang akan membentuk warna biru arsen molibdat. Metode Nelson Somogy memiliki kelebihan dimana dapat digunakan pada senyawa dengan bobot molekul besar dan dapat di pakai untuk senyawa yang tidak tahan panas. Kekurangan metode Nelson Somogy adalah sampel yang akan digunakan digunakan mengandung gula yang rendah, karena metode Nelson Somogy peka terhadap konsentrasi karbohidrat yang rendah.

Metode Luff Schrool merupakan suatu metode yang dapat digunakan dalam penentuan kadar karbohidrat secara kimiawi. Prinsip dari metode luff-scrool adalah monosakarida dioksidasi oleh kuprooksida (CuO) dari reagen Luff-Schrool kemudian kelebihan kuprooksida (CuO) bereaksi dengan KI dalam suasana asam membentuk I_2 yang akan bereaksi dengan Na-thiosulfat dimana indikator amilum berubah dari biru menjadi tidak berwarna. Pada penentuan metode ini,

yang ditentukan bukannya kuprooksida (CuO) yang mengendap tapi dengan menentukan kuprioksida dalam larutan sebelum direaksikan dengan gula reduksi (titrasi blanko) dan sesudah direaksikan dengan sampel gula reduksi (titrasi sampel). Penentuan titrasi dengan menggunakan Na-tiosulfat. Selisih titrasi blanko dengan titrasi sampel ekuivalen dengan kuprooksida yang terbentuk dan juga ekuivalen dengan jumlah gula reduksi yang ada dalam bahan atau larutan. Reaksi yang terjadi selama penentuan karbohidrat cara ini mulamula kuprooksida yang ada dalam reagen akan membebaskan iod dari garam K-iodida.

Banyaknya iod dapat diketahui dengan titrasi dengan menggunakan Na-tiosulfat. Untuk mengetahui bahwa titrasi sudah cukup maka diperlukan indikator amilum. Apabila larutan berubah warnanya dari biru menjadi putih, adalah menunjukkan bahwa titrasi sudah selesai. Metode Luff-Scrool dapat diaplikasikan untuk produk pangan yang mengandung gula dengan bobot molekuler yang rendah dan pati alami atau modifikasi. Kemampuan mereduksi dari gugus aldehide dan keton digunakan sebagai landasan dalam mengkuantitasi gula sederhana yang terbentuk (Southgate, 1976).

2.6 Pengaruh Glukosa dalam Tubuh

Saat kita mendapatkan glukosa dari makanan, glukosa akan diserap melalui usus halus, dan kemudian disalurkan

lewat darah. Gula yang berada di darah disebut dengan gula darah. Keberadaan gula darah ini selanjutnya akan merangsang hormon insulin. Hormon insulin akan dilepaskan ke darah oleh organ bernama pankreas untuk jadi pengantar gula darah masuk dalam sel-sel otot dan sel-sel hati untuk disimpan. Di dalam tubuh, glukosa tidak hanya dapat tersimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot & hati namun juga dapat tersimpan pada plasma darah dalam bentuk glukosa darah (*blood glucose*).

Glukosa darah di dalam tubuh berfungsi untuk bahan bakar bagi proses metabolisme dan juga sumber energi utama bagi otak. Glukosa darah adalah gula yang terdapat dalam darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka. Jumlah kadar glukosa dari pemeriksaan glukosa darah sewaktu yang menunjukkan jumlah nilai ≥ 140 mg/dl atau glukosa darah puasa menunjukkan nilai > 120 mg/dl ditetapkan sebagai diagnosis diabetes melitus. Glukosa darah adalah parameter untuk mengetahui penyakit diabetes melitus yang dahulunya dilakukan terhadap darah lengkap. Karena eritrosit memiliki kadar protein yaitu hemoglobin yang lebih tinggi sehingga bila dibandingkan dengan darah lengkap serum lebih banyak glukosa lebih banyak glukosa.

Serum adalah bagian darah yang tersisa setelah darah membeku. Pembekuan mengubah semua fibrinogen menjadi fibrin dengan menghabiskan faktor V, VIII dan protombin.

Faktor pembekuan lain dan protein yang tidak ada hubungan dengan hemostasis tetap ada dalam serum dengan kadar sama seperti dalam plasma. Di dalam serum normal tidak terdapat fibrinogen, protombin, faktor V, VIII dan XIII. Yang ada ialah faktor VII, IX, X, XI dan XII. Bila proses pembekuan tidak normal serum mungkin masih mengandung sisa fibrinogen, produk perombakan fibrinogen atau protombin yang tidak diubah. Pemeriksaan glukosa darah metode GOD-PAP lebih banyak dilakukan di laboratorium karena dianggap ketelitiannya lebih tinggi, sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.

Metabolisme glukosa menghasilkan asam piruvat, asam laktat, dan asetil-coenzim A. Jika glukosa dioksidasi total maka akan menghasilkan karbondioksida, air, dan energi yang akan disimpan didalam hati atau otot dalam bentuk glikogen. Hati dapat mengubah glukosa yang tidak terpakai melalui jalur-jalur metabolic lain menjadi asam lemak yang disimpan sebagai trigliserida atau menjadi asam amino untuk membentuk protein. Hati berperan dalam menentukan apakah glukosa langsung dipakai untuk menghasilkan energi, disimpan atau digunakan untuk tujuan structural. Glukosa darah dikatakan abnormal apabila kurang atau melebihi nilai rujukan. Nilai rujukan glukosa adalah pada rentang 60-110 mg/dl. Kadar gula darah yang terlalu tinggi dinamakan hiperglikemia. Kadar glukosa kurang dari normal dinamakan hipoglikomia. Dalam tubuh manusia glukosa yang telah

diserap oleh usus halus kemudian akan terdistribusi ke dalam semua sel tubuh melalui aliran darah.

Antikoagulan adalah bahan yang digunakan untuk mencegah pembekuan darah. Antikoagulan yang sering digunakan dalam pemeriksaan hematologi antara lain Ethylen diamin tetra acetat (EDTA), Heparin, Natrium sitrat, campuran amoniun oxalate dan kalsium *oxalate*. Antikoagulan EDTA pada darah mengikat ion kalsium sehingga menghambat koagulasi. Kalsium diperlukan dalam koagulasi dan jika kalsium hilang maka proses koagulasi langsung berhenti, baik intrinsic dan ekstrinsik yang menyebabkan pembekuan darah. EDTA bekerja dengan cara mengubah ion kalsium dari darah menjadi bentuk yang bukan ion. Darah biasanya sudah membeku dalam jangka waktu 10 menit. Pemisahan tersebut dapat dilakukan dengan alat pemusing (*sentrifuge*) dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Sedangkan plasma dipisahkan dengan cara menambahkan antikoagulan secukupnya pada tabung yang kemudian diisi sejumlah volume darah lalu diputar (*sentrifuge*) dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Pengukuran glukosa darah sering dilakukan untuk memantau keberhasilan mekanisme-mekanisme regulatorik ini. Penyimpangan yang berlebihan dari normal, baik terlalu tinggi atau terlalu rendah mengisyaratkan gangguan homeostasis dan dari hal tersebut mendorong kita melakukan

pemeriksaan untuk mencari etiologinya (Subiyono *et al.*, 2016).

Baharuddin *et al.* (2018) menyatakan bahwa pada penelitian epidemiologis menunjukkan ada kecenderungan peningkatan angka kejadian dan jumlah penyakit Diabetes Melitus (DM) tipe 2 di berbagai penjuru dunia. *World Health Organization* (WHO) meramalkan ada peningkatan jumlah pasien DM di Indonesia dari 8,4 juta pada tahun 2000 menjadi sekitar 21,3 juta pada tahun 2030. *International Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2009 meramalkan kenaikan jumlah pasien DM dari 7 juta pada tahun 2009 menjadi 12 juta pada tahun 2030. Meskipun terdapat perbedaan angka jumlah penyakit tertentu, laporan keduanya menunjukkan ada peningkatan jumlah pasien DM sebanyak antara 2–3 kali lipat pada tahun 2030.

Menurut *American Diabetes Association* (ADA) tahun 2010, DM merupakan kelompok penyakit terkait metabolik tertentu dengan ciri hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin dan kerjanya, atau keduanya. Diagnosis DM ditetapkan atas dasar pemeriksaan kadar glukosa darah. Pemeriksaan glukosa darah yang dianjurkan adalah yang berhubungan dengannya secara enzimatik bersama bahan darah plasma vena. Penggunaan bahan darah lengkap, vena ataupun kapiler tetap dapat dipergunakan dengan memperhatikan angka patokan diagnostik yang berbeda sesuai pembakuan yang diatur oleh

WHO, dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan glukosa darah kapiler dengan pengukur gula (glukometer). Pemantauan kadar glukosa darah dapat dilakukan secara mandiri dengan memakai darah kapiler. Saat ini banyak dipasarkan alat *Point of Care Testing* (POCT), yaitu pengukur kadar glukosa darah menggunakan reagen kering yang umumnya sederhana dan mudah dipakai. Point of care testing merupakan pemeriksaan laboratorik yang dilakukan bagi pasien baik yang rawat inap maupun rawat jalan, di dekat tempat perawatannya, yaitu di luar laboratorium.³ Secara berkala, hasil memantau dengan cara menggunakan reagen kering perlu dibandingkan dengan cara yang lazim dipakai. Pemantauan Gula Darah Mandiri (PGDM) dianjurkan bagi pasien dengan pengobatan insulin atau untuk pemicu sekresi insulin. Penggunaan glukometer di rumah sakit dimulai sejak tahun 1986. Tujuan pemakaian POCT adalah untuk mengurangi *Turn Around Time* (TAT), sehingga memudahkan pengawasan penyakit DM dan meningkatkan mutu kecepatan pelayanan kesehatan pasien. Glukosameter menghasilkan ukuran secara cepat dan dapat dilakukan di samping tempat tidur pasien. Glukosameter dianggap cukup tepat untuk memantau gangguan terkait glukosa darah menurut beberapa penelitian (Baharuddin *et al.*, 2018).

Dita *at al.* (2013), mengemukakan bahwa Diabetes Melitus merupakan penyakit kronik yang diperkirakan jumlahnya akan terus meningkat. Berdasarkan hasil studi dari

91 negara yang mewakili 216 negara memperkirakan 6,4% orang dewasa (berusia 20-79 tahun) menderita DM pada tahun 2010 dan diperkirakan pada tahun 2030 akan meningkat menjadi 7,7%. Diprediksi antara tahun 2010 dan 2030 akan terjadi peningkatan penderita DM di negara berkembang yaitu sekitar 69% dan mencapai 20% di negara maju. Selain prevalensinya yang cukup tinggi, DM seringkali tidak terdeteksi karena onset atau mulai terjadinya yaitu tujuh tahun sebelum diagnosis ditegakkan sehingga meningkatkan morbiditas dan mortalitas dini pada kasus ini. Penyakit DM biasanya disebut *silent killer* karena hampir sepertiga orang dengan DM tidak mengetahui mereka menderita DM, sampai penyakit tersebut berkembang menjadi serius yang berhubungan dengan komplikasi. Elemen patogenik penting yang harus digaris bawahi adalah faktor genetik. Seseorang yang kedua orangtuanya menderita DM maka kemungkinan 50% akan menderita DM. Selain itu, faktor pemicu utama terjadinya DM ialah gaya hidup dan makan berlebih yang berakibat timbulnya kelebihan berat badan. Salah satu kelompok umur yang berisiko terjadinya kelebihan berat badan adalah kelompok usia remaja. Usia remaja berisiko karena adanya pergeseran pola makan dengan komposisi makanan yang terlalu banyak mengandung protein, lemak, gula, garam dan mengandung sedikit serat. Komposisi makanan seperti ini sangat digemari terutama anak muda. Kebiasaan ini berkontribusi terhadap kejadian obesitas.

Menurut Dita *et al.* (2013), kebiasaan melakukan aktivitas fisik merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap glukosa darah. Menurut Hu dkk menyatakan pada orang normal dapat mengalami gangguan regulasi glukosa apabila kurang beraktivitas fisik yang akan memicu peningkatan IMT. Anani *et al.* (2012) dalam penelitiannya menyatakan aktivitas fisik dapat meningkatkan sensitivitas insulin. Pada otot yang sedang aktif, terjadi peningkatan kebutuhan otot terhadap glukosa tetapi tidak disertai dengan peningkatan kadar insulin. Hal ini mungkin disebabkan meningkatnya kepekaan reseptor di otot dan bertambahnya jumlah reseptor insulin yang aktif pada saat melakukan aktivitas fisik. Oleh karena itu, otot yang sedang aktif disebut sebagai jaringan non-insulin dependent. Selain itu, pada saat melakukan aktivitas fisik blood flow meningkat, ini menyebabkan lebih banyak pembuluh darah kapiler terbuka sehingga lebih banyak reseptor insulin yang tersedia dan aktif. Selain aktivitas fisik dan hormon insulin, pola makan berupa makanan dengan kandungan serat juga berpengaruh terhadap kadar glukosa darah. Santoso (2011) dalam penelitiannya menyatakan serat mampu mencegah kenaikan glukosa darah dan menjadikannya tetap terkontrol. Menurut hasil penelitian Bintanah & Handarsari (2012), semakin rendah asupan serat maka semakin tinggi kadar glukosa darah. Menurut Sinaga & Wirawanni (2012) dalam penelitiannya menyatakan konsumsi makanan tinggi serat

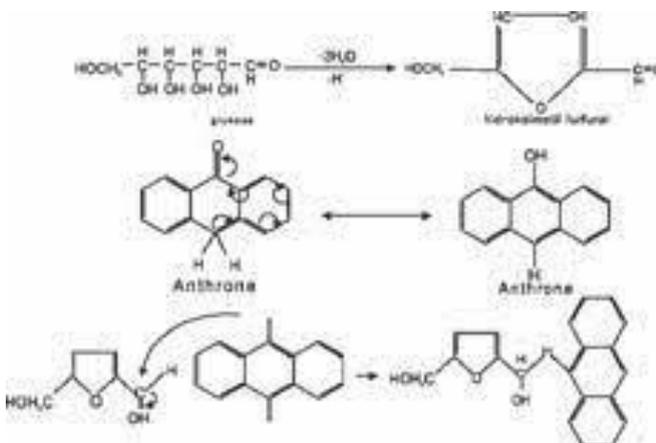
dapat memperbaiki kontrol glukosa darah. Karbohidrat kompleks diserap lebih lambat dibandingkan karbohidrat sederhana sehingga memperlambat peningkatan kadar glukosa darah. Karbohidrat yang diserap lebih lambat dalam darah memiliki indeks glikemik yang rendah sehingga mencegah kenaikan gula darah dengan cepat setelah makan.

2.7 Penentuan Kadar Glukosa dalam Makanan

Salah satu metode penentuan glukosa secara kuantitatif adalah metode anthrone secara spektrofotometri. Metode anthrone merupakan salah satu contoh dari metode kolorimetri pada penentuan konsentrasi gula dalam sampel. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan gula pereduksi dan non-reduksi karena kehadiran H_2SO_4 sebagai pengoksidasi yang kuat.

Mula-mula sampel dalam bentuk cair dibuat basa dengan penambahan kalsium karbonat ($CaCO_3$) agar asam-asam yang terdapat dalam sampel tidak menghidrolisa gula yang ada selama pemanasan. Pemanasan sampel diperlukan untuk menginaktivasi enzim-enzim penghidrolisa gula. Untuk menghilangkan pigmen, senyawa berwarna dan senyawa koloid maka kedalam sampel ditambahkan Pb-asetat basa. Kelebihan Pb-asetat dihilangkan dengan penambahan Na/K-Oksalat.

Reaksi antara glukosa dengan anthrone-asam sulfat merupakan reaksi eksotermis membentuk senyawa berwarna yang akan terjadi dengan baik melalui pemanasan selama 12 menit pada suhu 100°C . Mekanisme reaksi pembentukan senyawa *hydroxy furfural-Anthrone* adalah larutan glukosa dengan anthrone-asam sulfat berwarna hijau agak kekuningan, namun setelah dipanaskan berwarna hijau. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa telah bereaksi dengan anthrone sehingga dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 628 nm dan panjang gelombang 618 nm pada fruktosa. Konsentrasi glukosa dalam sampel memiliki hubungan yang linier dengan absorbansi sampel, begitupun dengan konsentrasi fruktosa pada sampel memiliki hubungan yang linier. Karena itu, kadar glukosa dan fruktosa dalam sampel ditentukan dari kurva kalibrasi. Reaksi glukosa dan anthrone seperti pada **Gambar 4**.

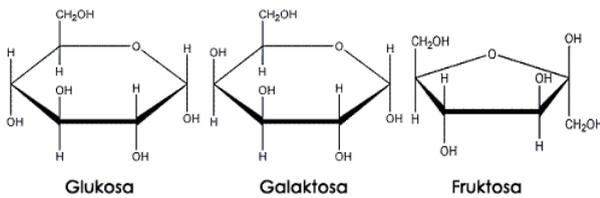


Gambar 4. Mekanisme reaksi anthrone dengan glukosa

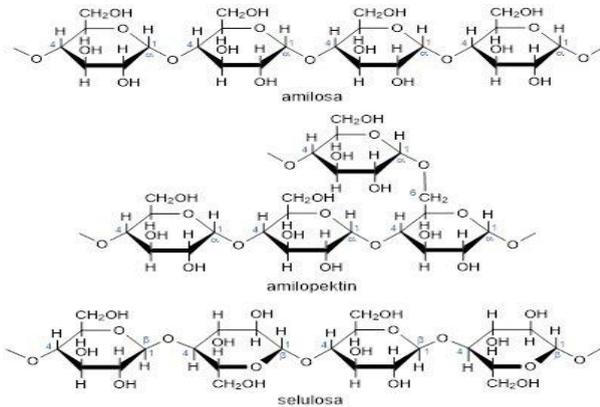
2.8 Fruktosa

Manusia memerlukan asupan bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dan energi setiap harinya. Bahan pangan mengandung berbagai jenis nutrien di dalamnya seperti karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan beberapa mineral. Namun, kadar dari berbagai jenis nutrien tersebut relatif beragam untuk setiap jenis bahan pangan yang satu dan lainnya (Kusumadewi, 2007). Karbohidrat diperoleh melalui proses fotosintesis yang melibatkan sinar matahari terhadap zat hijau daun dan sebagian besarnya terdapat dalam biji, buah dan akar tumbuhan. Contoh bahan pangan yang di dalamnya terdapat karbohidrat diantaranya yaitu sereal, umbi-umbian dan buah-buahan. Karbohidrat dalam bahan pangan tersebut akan menjadi zat untuk mensuplai energi sebagai bahan bakar untuk tubuh. Karbohidrat merupakan senyawa organik yang memiliki struktur yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat umumnya dibagi menjadi dua golongan yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Karbohidrat sederhana tersusun atas gula sederhana yang dinamakan monosakarida dan oligosakarida yaitu gula rantai pendek yang dibentuk oleh galaktosa, glukosa dan fruktosa (**Gambar 5**). Karbohidrat kompleks tersusun oleh polisakarida yang terdiri atas lebih dari dua ikatan monosakarida yang mengalami

polimerisasi (Siregar, 2014). Struktur polisakarida seperti pada **Gambar 6**.



Gambar 5. Struktur monosakarida: glukosa, galaktosa dan fruktosa



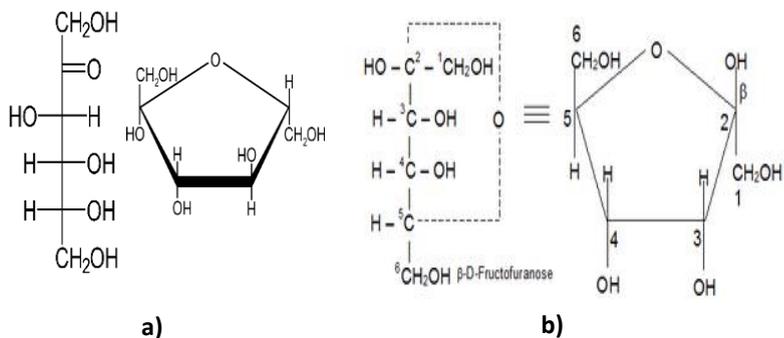
Gambar 6. Struktur polisakarida: amilosa, amilopektin dan selulosa

2.8.1 Pengertian fruktosa

Fruktosa adalah gula sederhana yang memberikan rasa manis, terdapat pada makanan alami seperti buahbuahan, madu, sayuran dan biji-bijian. Sumber utama fruktosa adalah sukrosa, yang merupakan derivat gula tebu dan gula bit.

Fruktosa merupakan jenis karbohidrat yang mempunyai 6 atom C (heksosa) yang termasuk dalam

golongan ketosa. Fruktosa sering dikenal sebagai gula buah yang merupakan gula paling manis. Gula ini banyak terdapat dalam madu bersama glukosa dalam buah, nektar bunga dan juga di dalam sayur (Siregar, 2014). Ikatan *hemiketal* internal antara gugus keto dari C-2 dan gugus hidroksil dari C-5 dalam *D-fruktosa*, menimbulkan pembentukan suatu cincin beranggotakan lima, mirip dengan furan. Jenis struktur cincin ini disebut furanosa dari suatu gula. 2 isomer dari *D-fruktosa* yaitu α -*D-fruktofuranosa* dan β -*D-fruktofuranosa*. Menurut Haworth, rumus bangun furanosa ditulis sebagai segi 5 yang letaknya tegak lurus dengan bidang **Gambar 7**.



Gambar 7. a) Struktur D-fruktosa. b) Struktur D-fruktofuranosa

2.8.2 Sumber fruktosa

Fruktosa yang termasuk golongan monosakarida yang secara alami dapat dijumpai pada buah beri dan buah-buahan seperti ceri, kismis dan apel yang mana di dalamnya mengandung sekitar 5-8% dari berat keseluruhan mereka.

Selain itu, pada madu sekitar 40% terdiri dari fruktosa dan fruktosa juga merupakan blok yang membangun sekitar 50% dari sukrosa disakarida (gula meja), dimana fruktosa dihubungkan oleh ikatan glikosidik bersama dengan glukosa (Ziesenitz, 2015). Dibeberapa negara yang memiliki empat musim, fruktosa dapat dikonsumsi secara alami hanya dalam beberapa waktu selama satu tahun. Tentunya buah-buahan tersebut akan cepat rusak tanpa adanya perlakuan khusus untuk proses pengawetannya. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengawetkan makanan tersebut misalnya dengan metode *freeze* atau *freeze-dry* pada buah-buahan tersebut, dengan demikian makanan tersebut akan dapat bertahan cukup lama. Kandungan fruktosa dalam buah-buahan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kandungan fruktosa pada buah-buahan

Buah	Ukuran saji	Fruktosa (g)	Sukrose (g)	Total fruktosa
Apel	1 medium	10,7	3,8	12,6
Aprikot	1 fruit	0,3	2,1	1,4
Alpukat	1 cup	0,18	0,14	0,3
Pisang	1 large	6,6	3,25	8,2
Cherry	1 cup	7,4	0,2	7,5
Daging kelapa	1 cup	0,2	4,5	2,5
Anggur	10 grapes	3,98	0,74	4,3
Jambu biji	1 fruit	0,38	0,38	0,6
Kiwi	1 medium	3,3	0,11	3,4
Jeruk	1 fruit	0,8	0,6	1,1
Mangga	1 fruit	2,9	9,9	7,9

Pepaya	100 grams	2,7	1,8	3,6
Per	1 medium	11,09	1,38	11,8
Nanas	1 cup	3,49	9,88	8,4
Semangka	1 wedge	9,61	3,46	11,5

Sumber: Johan, 2019. Fructose and fruits. Calorie restriction food and health. 2009 [cited 2009 Jan 25]. Available from <http://cr4life.blogspot.com/2009/01/fructose-and-fruits.html>.

Kebanyakan jus dan *sport drinks* memiliki kadar fruktosa yang relatif cukup tinggi sehingga tidak dapat ditoleransi dalam jumlah berapapun ketika dikonsumsi. Hal tersebut disebabkan karena jumlah fruktosa yang terdapat dalam minuman tersebut telah melebihi kapasitas metabolisme harian dalam tubuh. Di dalam hati manusia hanya dapat mentoleransi 12 hingga 18 gram dari fruktosa setiap harinya (12-15 gram untuk wanita dan 15-18 gram untuk pria) tanpa menyebabkan kekacauan dalam sistem metabolisme tubuh. Kandungan fruktosa dalam beberapa minuman dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kandungan fruktosa dalam beberapa minuman

Buah-buahan	Ukuran saji	Fruktosa (g)	Sukrosa (g)	Fruktosa (g)	Gula (g)
Juz apel	8 oz	14,21	3,12	15,77	23,86
Juz apel/anggur	8 oz	16,15	1,85	17,08	27,3
Apel/anggur/per	8 oz	14,72	1,38	15,41	24,88
Juz anggur	8 oz	18,62	0,1	18,67	35,93
Buah anggur	8 oz	*	*	*	21,88
Orange/Unsweeten	8 oz	6,05	10,11	11,11	21,81
Nanas	8 oz	9,53	3,83	11,44	24,95
Juz tomat	8 oz	3,74	0,61	4,05	8,65

Sumber : Lyons, 2010.

Selain buah-buahan, sereal juga kaya akan sumber fruktosa yang melimpah. Mengingat pentingnya akan hal tersebut terdapat berbagai kemasan sereal yang dipasarkan, sehingga konsumen harus bijak dalam pemilihan makanan tersebut untuk menyesuaikan kebutuhan harian mereka. Kandungan fruktosa dalam sereal dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Kandungan fruktosa dalam beberapa sereal

CEREAL	Ukuran saji	Fruktose (g)	Sukrose (g)	Fruktose (g)	Gula (g)
All Bran	1 cup	0,11	4,09	2,16	4,91
Apple Jacks	1 cup	0,22	13,18	6,81	13,72
Cheerios	1 cup	0	1,13	0,56	1,13
Cinnamon Crunch	3/4 cup	2,25	7,58	6,04	10,28
Corn Flakes	1 cup	0	0,31	0,16	0,31
Cornmeal	1 cup	0,29	1,16	0,87	2,61
Cream of Rice	1 cup	0	0	0	0
Cream of Wheat	1 cup	0	0,07	0,04	0,11
Frosted Flakes	3/4 cup	0,37	10,69	5,72	11,62
Grape Nuts	1/2 cup	0,49	0	0,49	7,29
Lucky Charms	1 cup	0,15	11,57	5,94	14,01
Oatmeal, Hot	1 cup	0	0,68	0,34	1,11
Puffed Wheat	3/4 cup	0	0	0	0
Rice Chex	1 cup	0	0	0	2,01
Rice Kripsies	1 cup	0,15	2,33	1,32	2,65

Sumber : Lyons, 2010.

Telur dan semua jenis daging (kecuali daging yang manis seperti jerkey, teriaki dan lainnya) tidak mengandung fruktosa ataupun karbohidrat jenis lainnya. Makanan jenis ini sehat untuk dikonsumsi karena mengandung banyak omega-3

dan protein yang cukup tinggi, namun dianjurkan untuk tidak mengonsumsi secara berlebihan.

2.8.3 Fruktosa bagi tubuh

Telah diketahui bahwa fruktosa banyak ditemukan di dalam buah-buahan bersama serat dan sejumlah besar nutrisi protektif. Namun, fruktosa tidak merangsang sekresi insulin dan akibatnya adalah peningkatan leptin, hormon yang diproduksi oleh sel-sel lemak yang memberi respon pada otak bahwa tubuh telah merasa kenyang, sehingga hal tersebut dapat mengontrol nafsu makan. Ketika tubuh mengonsumsi fruktosa secara alami melalui buah-buahan segar, tidak akan menimbulkan masalah dalam metabolisme tubuh. Sebab, fruktosa yang dikonsumsi melalui buah-buahan tersebut memiliki kadar yang relatif rendah jika dibandingkan dengan mengonsumsi minuman dengan pemanis tambahan, sehingga menghasilkan efek-efek metabolisme yang berbeda pula (Hyman, 2006). Ketika tubuh mengonsumsi makanan lengkap seperti terdapat serat didalamnya, maka akan menyebabkan efek untuk memperlambat dan memodulasi pelepasan dari fruktosa itu sendiri dalam sistem metabolisme tubuh. Pada zaman sekarang banyak makanan dan minuman yang diproduksi menggunakan fruktosa olahan (tanpa serat) yang tujuannya ditambahkan sebagai pemanis utama. Fruktosa tidak diatur oleh hormon insulin, sehingga mudah diangkut ke dalam sel-sel tubuh. Begitu berada di dalam sel,

fruktosa dengan cepat diubah kembali menjadi glukosa, mengorbankan reseptor insulin, dan berkontribusi terhadap resistensi insulin. Sehingga adanya hal tersebut sering memiliki konsekuensi yang merugikan, dan meskipun bahan makanan fruktosa tinggi seperti agave dan konsentrat buah tidak dianggap makanan 'glikemik tinggi', mereka akhirnya berkontribusi pada beban glikemik pada tubuh (Jaffe, 2013).

Fruktosa juga dapat ditemukan dalam sejumlah sirup, termasuk sirup gula *invert*, sirup isoglukosa dan sirup jagung tinggi fruktosa (*High Fructose Corn Siroup*). Yang mana mereka memiliki proporsi fruktosa yang bervariasi mulai dari 45% hingga 55%, tergantung pada jenis produk. Selain itu, fruktosa juga tersedia dalam bentuk kristal dengan kemurnian yang relatif cukup tinggi (Ziesenitz, 2015). Sirup jagung tinggi fruktosa memiliki harga yang relatif murah sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang industri makanan dan minuman. Setiap tahunnya di negara Amerika mengonsumsi sekitar 60 pound (27 kg) sirup jagung, yang digunakan sebagai pemanis pada soda, jus buah-buahan, gula-gula serta makanan olahan. Fruktosa memberikan tampilan pada warna roti sehingga terlihat cukup menarik (*brown*) dan tetap lunak (Shiddieq *et al.*, 2018). Menurut Johnson & Conforti (2003), untuk memproduksi sirup jagung tinggi fruktosa membutuhkan langkah-langkah manufaktur berikut:

- (1) Biji jagung dilakukan penggilingan secara basah untuk mengekstrak pati;
- (2) Sakarifikasi dan pencairan untuk menghidrolisis pati polimer ke dekstrosa monomer;
- (3) Isomerisasi untuk mengubah dekstrosa menjadi fruktosa ; dan
- (4) Fraksinasi untuk memperkaya konsentrasi fruktosa dalam aliran produk isomerisasi. Langkah kristalisasi tambahan diperlukan untuk produksi fruktosa kristal.

Dalam mekanisme di dalam tubuh fruktosa akan diserap lebih cepat ketimbang gula biasa dan memasuki sel-sel dalam tubuh tanpa bantuan apapun. Yang mana pada proses tersebut hormon insulin tidak ikut berperan (dalam kondisi tidak aktif). Ketika telah berada di dalam sel tubuh, fruktosa akan menjadi sumber karbon (asetil-CoA) yang tak terkontrol, kemudian dibentuk menjadi kolesterol dan trigliserida. Dengan demikian SJKF menjadi sumber pemicu dalam peningkatan kadar kolesterol dalam tubuh yang dapat menimbulkan masalah kesehatan terutama pada organ bagian hati yang memperlambat proses metabolisme. Tingginya kadar fruktosa yang dikonsumsi melalui sirup jagung tersebut akan mengakibatkan organ hati berlemak, sehingga hal tersebut merupakan penyebab utama fungsi hati menjadi abnormal (Hyman, 2006).

2.9 Sukrosa

Bahan pemanis di dalam bahan makanan dan minuman sudah dimulai sejak berabad-abad yang dulu. Bahan pemanis alami yang sangat umum digunakan adalah gula pasir (sukrosa) dan gula jawa (glukosa dan fruktosa). Gula adalah salah satu dari sembilan bahan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia. Gula sering kali dikonsumsi oleh masyarakat sebagai sumber energi, pemberi cita rasa dan sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Pedoman Pola Pangan Harapan (PPH) menganjurkan energi yang berasal dari gula sebesar 6% dari total kecukupan energi atau 110 kalori per kapita per hari atau setara dengan 30 gram gula pasir. Selain itu, gula termasuk pemanis alami yang tidak membahayakan bagi kesehatan jika dikonsumsi secukupnya (Suwarno *et al.*, 2015). Gula banyak digunakan dan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Berbagai macam makanan dan minuman menggunakan bahan dari gula untuk pemanis misalnya, untuk kue, biskuit, roti, martabak dan sebagainya.

Gula pasir atau sukrosa merupakan jenis gula terbanyak di alam, diperoleh dari ekstraksi batang tebu, umbi, nira palem dan nira pohon maple (*Acer saccharum*) yang banyak terdapat di Canada dan Amerika Serikat. Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah jenis

tanaman dari famili poaceae dan banyak tumbuh di daerah yang mempunyai iklim tropis. Indonesia merupakan salah satu yang mempunyai iklim tropis, sangat cocok digunakan untuk usaha budidaya tanaman tebu. Produksi gula di Indonesia hampir seluruhnya berbahan dasar dari tanaman tebu, karena tanaman ini mampu memproduksi biomassa yang cukup besar dengan kandungan sukrosa yang besar. Batang tanaman tebu dapat mengakumulasi sukrosa 12-16% dari berat basahya dan 50% dari berat kering batang tebu (Casu *et al.*, 2003).

Makanan yang kurang baik adalah makanan yang terlalu dominan mengandung sukrosa, walaupun sukrosa diperlukan oleh tubuh, konsistensinya lunak dan melekat, jika berlebihan akan mengakibatkan kerusakan pada gigi. Penelitian yang dilakukan oleh (Worotitjan *et al.*, 2013), menyatakan bahwa anak usia yang rentan terkena penyakit gigi dan mulut adalah usia 10-11 tahun sebesar (63,33%) dan anak yang senang mengkonsumsi makanan seperti coklat, roti, permen dan kue sebesar (21,66%). Mengonsumsi gula yang berlebihan dapat mengganggu proses metabolisme setelah mengonsumsi makanan, mengganggu keseimbanganantara simpanan zat gizi dan proses oksidasi, mempengaruhi rasa lapar, rasa kenyang dan asupan energi untuk mencukupi kebutuhan harian (Setyaningrum *et al.*, 2020).

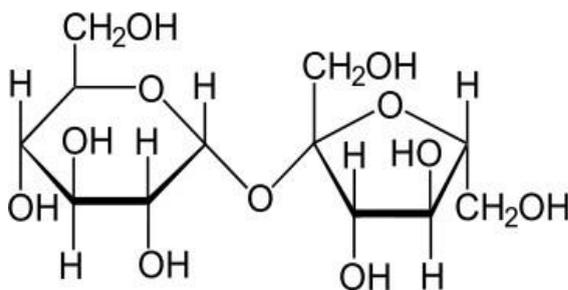
Sukrosa merupakan karbohidrat yang memiliki

rumus kimia $C_{12}H_{22}O_{11}$, yang merupakan disakarida dan terdiri dari 2 komponen monosakarida yaitu D-glukosa dan D-fruktosa. Nama kimia yang lebih tepat dari sukrosa adalah α -D-glukopyranosyl- β -D-fruktofuranoside (**Gambar 8**). Sukrosa memiliki berat molekul 342,30 terdiri dari gugus glukosa dan fruktosa. Sukrosa merupakan senyawa gula yang paling disukai. Sukrosa terdapat di dalam jaringan tanaman terutama buah, biji, bunga dan akar. Madu lebah mengandung Sebagian besar sukrosa dan hasil hidrolisan (Sudarmadji, 1982).

Sukrosa atau gula merupakan disakarida yang paling manis yang terdiri dari glukosa dan fruktosa. Sukrosa bukan merupakan gula pereduksi karena sukrosa tidak mempunyai atom karbon hemiasetal dan hemiaketal. Sukrosa tidak memiliki atom karbon monomer bebas karena karbon anomer glukosa dan fruktosa berikatan satu dengan yang lain. Sukrosa juga mudah dihidrolisis menjadi D-glukosa dan D-fruktosa. Sumber-sumber sukrosa yang berada di alam antara lain: tebu (100% mengandung sukrosa), bit, gula nira (50% mengandung sukrosa). Gula pasir dalam 100 gram mengandung 97,1% sukrosa, gula pereduksi 1,24%, kadar air 0,61%, senyawa organik bukan gula 0,7%, karbohidrat sebesar 94 gram dan air sebesar 5,40 gram.

Gula ini sering digunakan sebagai bahan pengawet makanan dan minuman secara alami karena memiliki daya

larut dan daya mengikat air yang tinggi (Sularjo, 2010). Selain itu, sukrosa digunakan juga dalam produk farmasi yaitu pengencer dalam sirup, tablet, kapsul dan formulasi bubuk. Sukrosa adalah hasil utama proses fotosintesis pada tanaman yang dihasilkan sebagai sumber energi bagi tanaman dan bahan yang disimpan pada jaringan penyimpanan. Sukrosa ditranslokasikan dari jaringan asal (*source*) melalui floem menuju jaringan penyimpanan (*sink*) untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada tanaman tebu, organ penyimpanan sukrosa berada pada batang tebu, dalam proses translokasi diperlukan suatu pentransport sukrosa dari daun menuju batang tanaman tebu (Nurhalimah et al., 2005)



Gambar 8. Struktur kimia sukrosa

2.9.1 Sifat-sifat sukrosa

Titik cair sukrosa adalah 186°C . disakarida banyak yang bersifat mereduksi fehling (benedict) tetapi sukrosa tidak mereduksi. Sukrosa dalam keadaan murni tidak dapat difermentasikan oleh khamir. Pada suhu $160^{\circ} - 186^{\circ}\text{C}$

sukrosa akan membentuk arang yang mengeluarkan bau caramel yang spesifik. Satu gram sukrosa dapat larut dalam dalam 0,5 ml air (suhu kamar) atau dalam 0,2 ml air mendidih, dalam 170 ml alkohol atau 100 ml methanol. Sukrosa sedikit larut dalam gliserol dan piridin. Sukrosa dapat mengalami hidrolisa dalam larutan asam encer atau oleh enzim invertase menjadi glukosa dan fruktosa. Campuran glukosa dan fruktosa disebut “gula invert” dan perubahannya disebut proses inversi. Sukrosa kristal murni mengandung energi 351 kalori/100 gram, sedangkan gula merah tanpa pemurnian 389 kalori/100 gram (Sudarmadji, 1982). Sukrosa memiliki sifat higroskopis dan mudah larut dalam air semakin tinggi suhu kelarutan semakin besar, tetapi sukar larut dalam alkohol (Tirtowinata, 2006)

2.9.2 Dampak penggunaan sukrosa

Sukrosa memiliki dampak positif dan negatif. Positifnya yaitu sebagai sumber energi utama setelah karbohidrat dan sumber cadangan bagi tubuh untuk melakukan aktifitas fisik sehari-hari. Negatifnya yaitu ketika mengkonsumsi sukrosa secara berlebihan. Sukrosa mengandung glikemik yang akan mengurangi kemampuan tubuh secara pencernaan karbohidrat. Akibatnya tubuh akan mengalami penumpukan gula yang berlebihan, baik masuknya sukrosa maupun karbohidrat sehingga menjadikan kadar gula di dalam darah naik secara drastis.

Hal ini memicu gangguan kesehatan pada pancreas dan memunculkan penyakit diabetes.

Mengonsumsi sukrosa dan makanan manis lainnya dalam jumlah yang berlebihan dapat meningkatkan risiko gigi berlubang dan masalah gigi lainnya. Hal ini juga berisiko jika tidak diimbangi meningkatkan risiko gigi berlubang dan masalah gigi lainnya. Selain itu, sukrosa dan gula lain sering ditambahkan ke dalam makanan olahan untuk meningkatkan rasa, meningkatkan kalori tetapi bukan zat gizi yang sebenarnya. Hal ini dapat menyebabkan penambahan berat badan karena adanya penumpukan gula di dalam tubuh. Makanan yang mengandung sukrosa yang tinggi biasanya memiliki rasa yang enak yang disukai anak-anak, sehingga membuat anak-anak tidak bisa berhenti memakannya. Hal ini akan membuatnya kenyang. Bila ini terjadi terus-menerus, asupan nutrisi lain yang dibutuhkan anak-anak akan berkurang (Andragogi *et al.*, 2018).

2.9.3 Fungsi sukrosa pada makanan

Penambahan sukrosa pada es krim kopi ialah dapat meminimalisis rasa pahit dari kopi toraja. Penggunaan konsentrasi sukrosa yang tepat akan meningkatkan kualitas organoleptic dan tingkat penerimaan konsumen. Sukrosa juga berperan dalam penentuan waktu leleh dan overrun pada produk es krim. Berdasarkan Badan Standarisasi

Nasional (1995) untuk produk es krim ditetapkan kandungna gula yang dihitung sebagai sukrosa minimal yaitu 8%. Konsentrasi sukrosa dalam pembuatan es krim menyebabkan peningkatan total padatan dan jumlah molekul penyusun bahan. Konsentrasi sukrosa juga akan menentukan interaksi yang baik antar molekul penyusun bahan es krim, karena dapat mempertahankan udara (molekul oksigen) agar tetap utuh atau tidak pecah sehingga memperlambat kecepatan leleh es krim. (Rantesuba, 2017).

Sorbet biasanya dikenal sebagai makanan penutup yang terbuat dari hancuran buah (*puree*) dengan campuran air dan sukrosa, dan mempunyai rasa manis yang menyengarkan. Sukrosa atau gula yang ditambahkan pada sorbet berfungsi sebagai membuat tekstur sorbet lebih baik, sebagai bahan pemanis, mencegah pembentukan kristal es yang lebih besar dan sebagai pengawet (Cahyadi *et al.*, 2018). Sedangkan fungsi sukrosa dalam roti sebagai makanan ragi, memberi citarasa, serta memperbaiki warna dan aroma akibat proses karamelisasi selama pemanggangan. Gula memiliki sifat higroskopis yang menjadikan roti lebih awet.

Velva pisang probiotik merupakan produk serupa es krim, tetapi dibuat dari hancuran buah pisang. Fungsi sukrosa dalam pembuatan velva mempunyai beberapa keunggulan, selain sebagai pemberi ras juga berfungsi

sebagai bahan pelindung bakteri dari kerusakan akibat proses pembekuan. Sukrosa mempunyai kemampuan sebagai *cryprotection* (pelindung) bagi bakteri akibat proses pembekuan (Yunus & Zubaidah, 2015). Sukrosa juga digunakan dalam pembuatan *food bar* kacang koro, selain digunakan sebagai memberi rasa manis juga untuk menghasilkan kriteria tekstur *food bar* yang diharapkan serta menjadi bentuk yang lebih padat dan kompak (Hikmawati, 2019). Dibidang farmasi sukrosa digunakan untuk menutupi rasa obat. Dalam kadar yang lebih tinggi dari 60% berfungsi sebagai pengawet karena tekanan osmosisnay tinggi sementara tekanan uapnya rendah. Permen jelly rumput laut menggunakan sukrosa sebagai pemanis, pembentuk tekstur, pengawet, pembentuk citarasa, sebgai substrat bagi mikroba dalam proses fermentasi, bahan pengisi dan pelarut (Jaldin *et al.*, 2019).

2.9.4 Penentuan sukrosa

Analisis sukrosa dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Analisa kualitatif

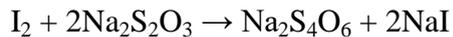
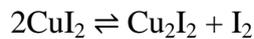
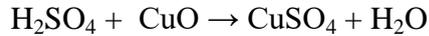
Dilakukan untuk mengetahui jenis gula yang terdapat dalam sampel, menggunakan reaksi molish, uji fehling, uji benedict, uji barfoed dan uji seliwanooff.

2. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dapat dilakukan dengan cara:

a. Uji Luff Schoorl

Prinsip: gula invert direaksikan dengan larutan Luff Schoorl berlebih. Kelebihan larutan luff school dititrasi dengan larutan baku Na Tiosulfat. Kadar gula invert dalam contoh dihitung dengan menggunakan daftar. Kadar Sukrosa dihitung dari selisih kadar gula setelah inversi dan sebelum inversi.



b. Uji Polarografi

Prinsip: Karbohidrat mempunyai sifat memutar bidang polarisasi ke kanan dan ke kiri, karena adanya atom C (karbon) asimetris dalam molekul setiap gula mempunyai sudut yang khas dan berbeda (Winarno, 2004).

c. Uji Anthron

Prinsip: Karbohidrat oleh asam sulfat akan dihidrolisa menjadi monosakarida dan selanjutnya monosakarida mengalami dehidrasi oleh asam sulfat menjadi furfuralatau hidroksi metil furfural. Selanjutnya senyawa furfural ini

dengan anthron (9,10 dihidro-oxoanthrance) membentuk persenyawaan kompleks yang berwarna biru kehijauan. Warna yang terbentuk diukur serapannya pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 620 nm (Winaryati, 2012).

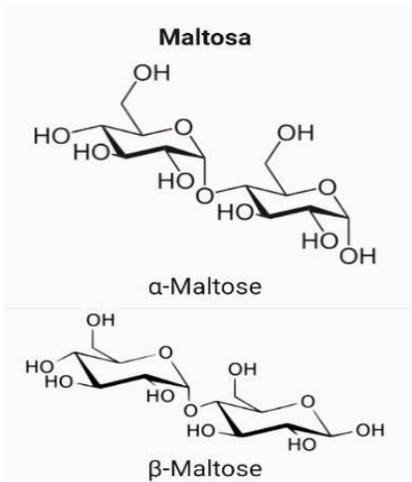
d. Uji Lane Eynon

Prinsip: Penentuan gula cara ini adalah dengan cara menitrasi reagen soxhlet (larutan CuSO_4 K-Na tartrat) dengan larutan gula yang diselidiki. Banyaknya larutan contoh yang dibutuhkan untuk menitrasi reagen soxhlet dapat diketahui banyaknya gula yang ada dengan melihat pada tabel Lane-Eynon. Pada titrasi reagen Soxhlet dengan larutan gula akan berakhir apabila warna larutan berubah dari biru menjadi tidak berwarna. Indikator yang digunakan pada cara ini adalah methilen blue (Sudarmadji, 1982).

2.10 Maltosa

Maltosa adalah disakarida yang terbentuk dari dua unit glukosa bergabung dengan ikatan α (1 \rightarrow 4), terbentuk dari reaksi kondensasi. Merupakan salah satu senyawa turunan pati yang banyak digunakan sebagai pemanis untuk menggantikan sukrosa. Selain itu maltosa juga menjadi bahan

baku pembuatan bioetanol (Abdullah & Rusli, 2015). Maltosa tidak terlalu banyak dipakai dalam industri makanan, namun dapat diperoleh dari proses hidrolisis pati sehingga terjadi pemutusan ikatan 1,4 glikosidik. Pati itu sendiri biasanya terdapat dalam tanaman barley, sukun, jagung dan lain-lain. Maltosa memiliki rumus kimia $C_{12}H_{22}O_{11}$ dengan rumus struktur seperti pada **Gambar 9** (Aiyer, 2005).

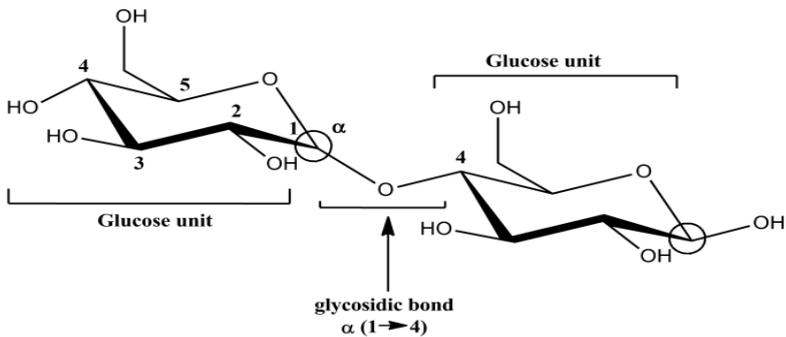


Gambar 9. Struktur maltosa

Maltosa merupakan salah satu gula rendah kalori yang pada pemanfaatannya sangat membantu para penderita penyakit diabetes melitus yang membutuhkan asupan karbohidrat rendah kalori, selain itu harga jual maltosa jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gula sejenis yang telah banyak diproduksi (Lugraha & Damar, 2008).

Maltosa adalah gula kristal dekstrorotatori yang dapat difermentasi. Disakarida ini terdiri dari dua unit D-glukosa

yang dihubungkan oleh ikatan yang dikenal sebagai ikatan glikosidik. Maltosa adalah *4-O- α -D-glucopyranosyl- α -D-glucose* adalah gula pereduksi. Struktur maltosa disajikan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Ikatan glikosidik pada maltosa

2.10.1 Sumber maltosa

Karbohidrat sebagai bahan persediaan makanan dirombak oleh enzim alfa-amilase dan beta-amilase yang bekerja saling mengisi. Alfa-amilase memecah pati menjadi glukosa, sedangkan beta-amilase memecah pati menjadi maltosa. Pada akhirnya, maltosa akan diubah menjadi glukosa dan fruktosa. Selama proses berkecambah, kandungan glukosa dan maltosa meningkat sepuluh kali lipat. Kadar sukrosa dan fruktosa meningkat dua kali lipat, tapi galaktosa menghilang. Adanya glukosa dan fruktosa menyebabkan tauge terasa enak dan manis.

Reaksi hidrolisa pati menjadi maltosa dilakukan dengan menggunakan enzim β -amylase merupakan salah satu

contoh reaksi enzimatik komersial yang penting pada saat ini. Pengubahan menjadi maltosa diinginkan karena maltosa merupakan jenis gula rendah dengan kalori yang rendah. Proses pembuatan maltosa dapat dilakukan melalui proses hidrolisis enzimatik dengan menggunakan bantuan enzim β amilase. Enzim β amilase diambil dari sari kecambah kacang hijau. Selama proses berkecambah, kandungan glukosa dan maltosa meningkat sepuluh kali lipat. Kadar sukrosa meningkat dua kali lipat, tapi galaktosa menghilang. Adanya glukosa dan maltosa menyebabkan tauge terasa enak dan manis. Enzim β amilase pada kondisi optimumnya dapat dengan baik menghidrolisis pati yang terkandung dalam buah sukun menjadi maltosa.

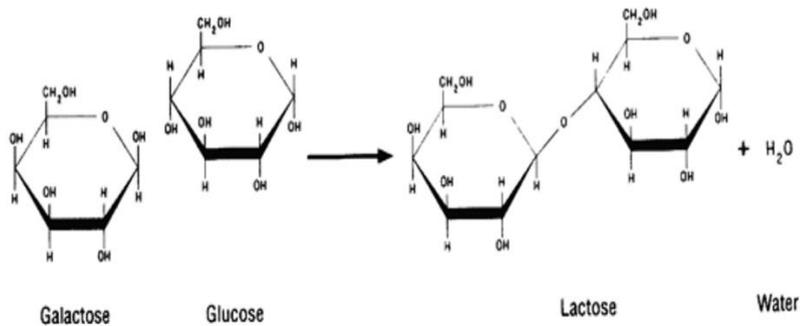
2.10.2 Analisis maltosa

Maltosa sebagai gula pereduksi, penentuannya dapat dilakukan dengan kolorimetri dan prosedur lain untuk estimasi pengurangan gula.

2.11 Laktosa

Laktosa adalah disakarida alami dari susu (**Gambar 11**) (lebih sedikit terkandung dalam susu sapi dibandingkan dengan ASI) (Sinuhaji *et al.*, 2006). Merupakan disakarida yang harus dipecah oleh enzim laktase, menjadi glukosa dan

galaktosa. Tubuh kemudian menyerap gula sederhana ini ke dalam aliran darah (Ingram *et al.*, 2009).



Gambar 11. Pembentukan laktosa melalui reaksi kondensasi antara glukosa dan galaktosa

Laktosa adalah komponen penting dari kelompok karbohidrat yang penting dalam makanan sejak usia dini, karena merupakan sumber energi yang baik. Studi oleh berbagai ilmuwan menunjukkan bahwa laktosa meningkatkan penyerapan kalsium, magnesium, seng, mangan dan mineral lainnya. Laktosa mendorong perkembangan bakteri menguntungkan dalam saluran usus dan mencegah perkembangan yang patogen (Madry *et al.*, 2010). Gula utama dalam ASI dan susu hewani lainnya adalah laktosa. Bayi yang baru lahir memiliki lonjakan enzim lactase tingkat untuk memungkinkan pencernaan laktosa susu yang memadai, tetapi waktu, tingkat enzim turun dan tingkat intoleransi laktosa adalah sangat umum. Kami akan meninjau beberapa aspek peran laktosa dalam susu, serta gambaran umum tentang intoleransi laktosa.

Laktosa adalah disakarida yang dibentuk oleh glukosa dan galaktosa dan merupakan karbohidrat utama dalam ASI. Ini dihidrolisis oleh enzim laktase yang terikat pada membran brush border terutama usus halus bagian atas bayi menyusui. Enzim ini diatur dalam bayi baru lahir langsung periode untuk mendukung pencernaan susu. ASI mengandung sekitar 70g/L laktosa dibandingkan dengan susu sapi, yang memiliki 46 g/L. Laktosa menyumbang sekitar 40% dari kebutuhan harian kebutuhan energi bayi yang diberi ASI (Madry *et al.*, 2010).

Dibutuhkan energi bagi ibu untuk menghasilkan galaktosa dari glukosa, serta untuk menggabungkan glukosa dan galaktosa untuk membentuk laktosa. Bayi juga perlu mengeluarkan energi untuk memecah laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. Bagian dari galaktosa juga diubah kembali menjadi glukosa di hati. Mengapa alam memilih laktosa sebagai gula susu? Oligosakarida yang mengandung galaktosa tergabung dalam glikolipid dan glikoprotein yang berperan peran penting dalam perkembangan otak awal termasuk dalam pembentukan mielin. Ada kemungkinan bahwa laktosa sebagai gula susu adalah tindakan untuk menghindari defisiensi galaktosa pada periode penting dalam perkembangan otak (Heyman, 2006). Galaktosa dari sumber lain dan dari sintesis endogen dapat digunakan untuk tujuan yang sama juga. Studi telah menemukan perkembangan

kognitif serupa pada anak-anak diberi susu formula bayi berbasis susu dan bebas laktosa (Matthews *et al.*, 2005).

Konsentrasi laktosa dalam susu mamalia tetap masuk akal stabil, dan ini membantu menjaga tekanan osmotik susu dengan mengatur kadar air dalam susu (Solomons, 2002). Ini adalah faktor untuk mengapa fore-milk encer dengan lebih banyak air, karena memiliki lebih banyak laktosa. Ini membantu untuk memuaskan dahaga bayi di awal menyusu, dan jika bayi menyusu karena haus, mereka hanya menyusu dengan cepat dari susu depan, tetapi jika lapar, mereka memberi makan lebih lama sehingga mereka mendapatkan susu belakang juga untuk kenyang untuk mendapatkan kandungan lemak yang lebih tinggi dari susu belakang. Laktosa juga membantu penyerapan kalsium dan mineral lain yang terkandung dalam susu. Ini mungkin terkait dengan tinja pH menurun karena produk samping asam (Heyman, 2006). Laktosa adalah struktur komponen dari banyak oligosakarida susu manusia (HMO) yang adalah prebiotik. Ketika kadar enzim laktase tidak cukup untuk mencerna beban laktosa penuh, laktosa melewati tidak tercerna usus dan dalam situasi ini, ia dapat berperilaku sebagai prebiotik (Swallow, 2003). Meskipun laktosa memiliki rasa manis, tidak merangsang pusat penghargaan di otak, dan karenanya, tidak mengganggu respons kenyang bayi selama menyusui dan tidak mendorong pemberian makan yang berlebihan. Laktosa adalah satu-satunya disakarida yang telah mengurangi dampak pada

kesehatan gigi dengan risiko karies yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan sukrosa. Ini bisa jadi faktor mengapa laktosa adalah gula susu.

2.12 Selulosa

Selulosa adalah serat tebal dan kuat yang memberi sayuran dan buah-buahan integritas strukturalnya. Ini adalah salah satu jenis serat makanan yang bisa dimakan tetapi tidak dicerna. Banyak buah dan sayuran merupakan sumber yang kaya akan selulosa. Menariknya, selulosa dalam bentuk bubuk kayu terkadang ditambahkan ke makanan olahan untuk meningkatkan kandungan seratnya. Selulosa yang Anda dapatkan dalam makanan olahan yang diiklankan sebagai serat tinggi mungkin berasal dari sumber yang tidak terduga. Makanan yang mengandung selulosa dalam bentuk ini termasuk sirup, campuran pancake, wafel beku, es krim dan sandwich, dan makanan sarapan beku.

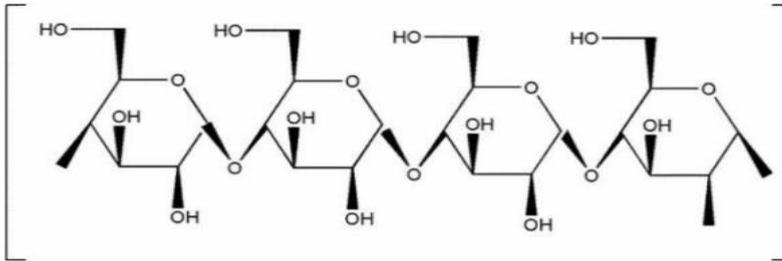
Selulosa tidak dapat dicerna dalam saluran cerna sebab di dalam saluran cerna, tidak ada enzim selulase yang mengatalisis proses hidrolisis selulosa. Selulosa memang tidak dapat dicerna, tetapi memiliki manfaat dalam saluran cerna, antara lain merangsang pengeluaran getah lambung, menyebabkan rasa kenyang, dan membantu memadatkan feses. Jadi, selulosa tidak mempunyai nilai gizi sebagai bahan

makanan untuk tubuh sebab selulosa yang dimakan tidak dapat diubah menjadi glukosa.

Selulosa merupakan salah satu polimer yang tersedia melimpah di alam. Produksi selulosa sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Sebagian dihasilkan dalam bentuk selulosa murni seperti yang terdapat dalam rambut biji tanaman kapas. Namun paling banyak adalah yang berkombinasi dengan lignin dan polisakarida lain seperti hemiselulosa dalam dinding sel tumbuhan berkayu, baik pada kayu lunak dan keras, jerami atau bambu.

2.13 Sumber Selulosa

Selulosa tidak larut dalam air dingin maupun air panas serta asam panas dan alkali panas. Selulosa merupakan komponen penyusun dinding sel tanaman bersama-sama dengan hemiselulosa, pektin dan protein. Selulosa merupakan polimer dari glukosa berantai lurus dengan ikatan β (1 – 4) glikosidik (**Gambar 12**) dengan jumlah glukosa sampai 10.000 unit. Ikatan β (1 – 4) glikosidik ini menghasilkan konformasi seperti pita yang panjang. Setiap dua residu terjadi rotasi 180^0 yang dapat membentuk ikatan Hidrogen antar molekul pada rantai yang paralel. Amilase mamalia tidak bisa menghidrolisis ikatan β (1 – 4).



Gambar 12. Struktur Selulosa

Selulosa merupakan salah satu polimer yang tersedia melimpah di alam. Produksi selulosa sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Banyak buah dan sayuran merupakan sumber yang kaya akan selulosa. Sebagian dihasilkan dalam bentuk selulosa murni seperti yang terdapat dalam rambut biji tanaman kapas.

2.14 Isolasi dan Karakterisasi Selulosa Pisang

Beberapa dekade terakhir, ada banyak penelitian yang berfokus pada penggunaan limbah kaya selulosa. Serat selulosa adalah bahan terbarukan yang paling melimpah, merupakan komponen utama serat tumbuhan, dan merupakan polimer hidrofilik alami. Oleh karena itu, pemanfaatan selulosa dari berbagai makanan ini menjadi bahan yang lebih bermanfaat dan akan meningkatkan nilai tambah suatu produk.

Pisang telah banyak ditanam oleh petani karena banyak manfaat dan nilai gizinya yang tinggi. Di Indonesia terdapat

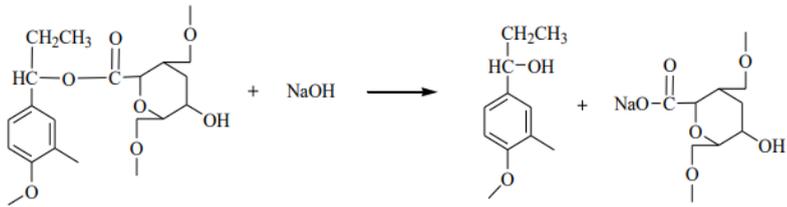
13 varietas pisang dengan pemanfaatan yang luas seperti daun, jantung, umbi dan akar yang saat ini telah dimanfaatkan oleh masyarakat. Pemanfaatan pohon pisang lebih difokuskan pada buah dan daunnya, sedangkan bagian lain seperti batang belum dimanfaatkan dengan baik. Batang pisang merupakan produk limbah yang diperoleh dalam jumlah besar pada saat panen, sehingga sulit untuk dibuang (Raju *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pemanfaatan batang ini menjadi bahan yang lebih bermanfaat akan meningkatkan nilai tambah.

Batang pisang mengandung 3% nitrogen (N), sulfur 0,40% dan fosfor 0,25% dengan kandungan protein tertinggi 8,98% . Komponen terbesar yang terkandung dalam batang pisang adalah selulosa, yaitu sebesar 74,37% dari total komposisinya. Oleh karena itu, limbah batang pisang yang dihasilkan dalam jumlah besar memiliki kandungan serat selulosa yang tinggi yang merupakan sumber utama dalam memproduksi selulosa. Selulosa memberikan perlindungan dan dukungan untuk sel dan jaringan. Ini terdiri dari subunit D-glukosa yang dihubungkan satu sama lain karena adanya ikatan $-(1-4)$ -glikosida. Selulosa paling sering ditemukan di batang, batang, atau semua bagian kayu (Iliyina *et al.*, 2020).

Isolasi selulosa melibatkan proses berikut, yang meliputi pencairan, delignifikasi dan pemutihan. Proses pencairan dilakukan berdasarkan metode Xie *et al.* (2016) dengan memasukkan 10 g batang pisang, 150 mL pelarut

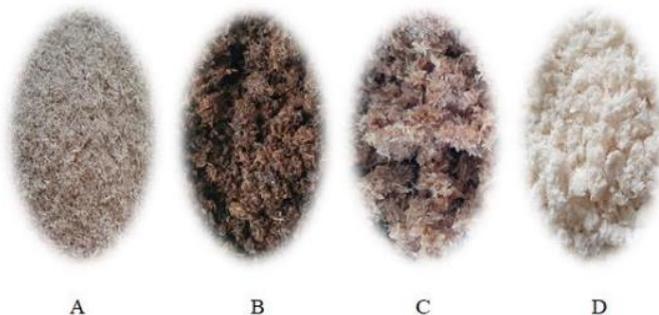
(gliserol: metanol = 2:1) dan 35 mL 1,75% H_2SO_4 ke dalam gelas kimia. Campuran dipanaskan dalam microwave selama 3 menit, disaring, dinetralkan dengan metanol dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C . Selanjutnya dilakukan proses *delignifikasi* dan *bleaching* menggunakan metode yang dilakukan oleh Zain *et al.* (2014) dengan modifikasi proses pemanasan yaitu dari pemanasan konvensional menjadi pemanasan menggunakan gelombang mikro. Reaksi penghilangan lignin dengan NaOH dapat dilihat pada **Gambar 13**.

Residu ditambahkan NaOH 4% dan dipanaskan dalam *microwave* selama 3 menit. Selanjutnya sampel disaring menggunakan pompa vakum dan residu yang dihasilkan dicuci dengan aquades hingga pH netral (pH 7). Residu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 50°C sampai kering sampai diperoleh berat konstan. Setelah itu, 5% H_2O_2 larutan ditempatkan dalam wadah sampel, dipanaskan dalam microwave selama 4 menit, disaring dan endapan dicuci dengan aquades sampai pH netral. Perlakuan dengan larutan peroksida diulang dua kali, secara bersamaan. Sedangkan produk yang telah diputihkan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60°C sampai kering sampai diperoleh berat konstan. Variasi daya pada gelombang mikro terdiri dari 450, 600 dan 800 W. Pada tahap ini dilakukan karakterisasi hasil yang diperoleh.



Gambar 13. Reaksi penghilangan lignin dengan NaOH

Isolasi selulosa dari batang pisang dilakukan dengan pemanasan menggunakan microwave pada proses *liquefaction*, *delignification*, dan *bleaching* dengan total waktu proses 14 menit. Proses pencairan, digunakan pelarut organik dengan katalis asam yang menyebabkan rusaknya ikatan ester antara karbohidrat dan lignin dan depolimerisasi lignin. Sedangkan proses *delignifikasi* dan *bleaching* dilakukan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa secara sempurna yang sebagian masih terdapat pada residu. Hasil ekstrak batang pisang dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. (A) Ekstrak kasar batang pisang (B) Setelah *liquefaction* (C) Setelah *delignifikasi* (D) Setelah *bleaching*

2.15 Ekstraksi dan karakterisasi selulosa nangka

Tanaman nangka (*Artocarpus heterophyllus Lamk*) (**Gambar 16**) merupakan salah satu jenis tanaman buah tropis yang multifungsi dan dapat ditanam di daerah tropis dengan ketinggian kurang dari 1.000 meter di atas permukaan laut yang berasal dari India Selatan. Terlepas dari berbagai kepentingan obat dan ekonomi, sekitar 2.714 - 11.800 kg produksi kulit nangka per pohon dilaporkan setiap tahun.

Tepatnya di India, 75% nangka terbuang sia-sia. Metode yang tepat untuk mengubah limbah ini menjadi nilai tambah produk akan melayani tujuan ganda perlindungan lingkungan dan nilai tambah. Selulosa bisa menjadi produk sampingan yang berharga yang dapat diperoleh dari limbah ini yang mungkin banyak digunakan dalam perdagangan makanan (Sundarraaj *et al.*, 2018).

2.15.1 Ekstraksi selulosa

Ekstraksi prosedur selulosa didukung metodologi yang diberikan oleh Arslan *et al.* (2007) dengan sedikit modifikasi. Metode yang diikuti diberikan pada (**Gambar 8**) dan berat selulosa nangka yang diperoleh dicatat. Selulosa disimpan dalam wadah tertutup pada suhu dan disiapkan untuk analisis. Proporsi selulosa dihitung dengan metode yang diberikan oleh Penjumaras *et al.* (2014).

$$\text{Cellulose (\%)} = (\text{W2/W1}) \times 100$$

Dimana W1 = berat serbuk kulit nangka (g) dan W2 = berat selulosa nangka (g)

2.15.2 Karakterisasi

Kadar air kulit nangka ditemukan 90% setelah melakukan percobaan yang diperlukan. Dengan demikian diperoleh 100 g kulit nangka kering pada pengeringan 1 kg kulit nangka. Selulosa diperoleh dari kulit nangka kering (kadar air 12,98% - 0,42) dengan depektinasi diikuti dengan merserisasi. Jumlah selulosa yang diperoleh adalah $21,10 \pm 1,06$ g untuk 100 g kulitnya diambil. Ini menghasilkan 77,77%, mengingat kandungan selulosa dari kulitnya ditentukan menjadi 27g /100 g bahan kering.

Kandungan selulosa dan hasil dari kulit nangka ditemukan lebih tinggi daripada kulit lainnya termasuk kulit albedo $21,29 \pm 1,90\%$ (Zain *et al.*, 2014), jeruk 24,06% (Bicu & Mustata, 2013) dan rambutan 24,28% (Oliveira *et al.*, 2016).

2.16 Karakterisasi Selulosa dari Kulit Almond

Almond adalah sejenis kulit kacang biomassa dan banyak ditanam di banyak wilayah di dunia termasuk India, Pakistan, Iran, dan Cina. Pada 2014, *output global almond* adalah 3 juta ton per-tahun (data). Cangkang almond

menyumbang sekitar 35–75% dari total berat buah, sehingga tersisa sekitar 10,5–22,5 juta ton cangkang. Cangkang dalam jumlah besar ini memiliki potensi ekonomi dan praktis yang besar.

Komposisi kimia utama partikel kulit almond berukuran 40–60 mesh diukur menurut standar China GBT 35816-2018 (Metode Standar untuk Penentuan Karbohidrat Struktural dan Lignin dalam Bahan Baku Biomassa). Jumlah kandungan hemiselulosa dan selulosa ditentukan dengan menggunakan asam asetat glasial dan natrium hipoklorit sebagai pelarut. Setelah dicuci berulang kali, polisakarida pada kulit almond dilarutkan, kemudian dikeringkan dan diukur. Kandungan selulosa ditentukan dengan menggunakan asam nitrat dan etanol sebagai pelarut. Bahan nonselulosa lainnya termasuk lignin, hemiselulosa, dan bahan lain dalam sampel dielusi untuk mendapatkan selulosa.

Kandungan lignin ditentukan dengan metode sulfat. Setelah pelarut asam sulfat dihilangkan, residu diukur untuk mengetahui kualitas lignin. Partikel kulit almond berukuran 40–60 mesh digunakan untuk mengukur ekstraktif menurut GBT 35818-2018 (Metode Standar Analisis Biomassa Kehutanan-Penentuan Kandungan Ekstraktif). Kandungan ekstraktif kulit almond diukur setelah cangkang diperlakukan dengan air dingin selama 48 jam, air panas selama 6 jam, NaOH 1% selama 1 jam, atau benzena alkohol (V benzena/V

etanol = 2:1) selama 6 jam. Selain itu, larutan ekstraktif benzena alkohol diencerkan menjadi 0,1 mg/mL (V benzena/V etanol = 2:1), dan komposisi kimianya diukur dengan GC/MS (7890A-7000B, American Agilent Corporation, Santa Clara, CA, AS).

Kandungan selulosa dalam kulit almond adalah 38,475%, lebih rendah dari poplar (mengandung 44,12% selulosa), tetapi lebih tinggi dari cangkang lain kecuali cangkang pistachio (**Tabel 6**). Hal ini menunjukkan bahwa sifat mekanik komposit yang dibuat dengan cangkang almond mungkin lebih tinggi daripada kebanyakan biomassa cangkang kacang.

Tabel 6. Proporsi selulosa, hemiselulosa, lignin (% berat)

Sample	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Almond shells	38.47 ± 0.39	28.82 ± 0.25	29.54 ± 0.11
Poplar	44.12 ± 0.23	30.21 ± 0.11	21.24 ± 0.31
Coconut shells	34.12 ± 0.20	22.36 ± 1.47	28.04 ± 0.57
Walnut shells	36.38 ± 0.05	27.85 ± 0.31	43.70 ± 0.57
Chestnut shells	21.47 ± 0.27	16.28 ± 0.35	36.58 ± 0.26
Pistachio shells	43.08 ± 0.19	25.30 ± 0.46	16.33 ± 0.41

Catatan: Data kulit almond dan poplar diukur oleh peneliti, dan pengukuran lainnya berasal dari literature (Li, *et al.*, 2018)

2.17 Kitin

Diera maju saat ini semakin banyak ditemukan makanan yang menggunakan bahan pengawet berbahaya seperti boraks dan formalin. jenis makanan yang biasa menggunakan boraks yaitu baso, mie basah, tahu, siomay, lontong, ketupat dan pangsit. Selain bertujuan untuk mengawetkan juga dapat membuat makanan menjadi lebih kenyal teksturnya dan memperbaiki penampilan. Namun boraks sangat berbahaya untuk kesehatan, bersifat antiseptik, bakteriostatik, fungistatik. Selain boraks, formalin pun banyak digunakan pada pengawetan mie basah dan tahu. Formalin merupakan bahan untuk mengawetkan mayat dan organ tubuh yang sangat berbahaya bagi kesehatan oleh karena itu formalin menjadi bahan tambah pangan yang dilarang dalam peraturan Menteri Kesehatan RI (Puspitasari & Nunik, 2019).

Pengolahan makanan agar lebih awet perlu dilakukan agar makanan tersebut dapat tetap dikonsumsi dalam keadaan yang baik. Pada dasarnya pengawetan makanan bertujuan untuk mencegah bakteri pembusuk masuk ke dalam makanan. Penggunaan anti mikroba yang tepat dapat memperpanjang umur simpan dan menjamin keamanan produk pangan untuk itu diperlukan bahan anti mikroba alternatif lain dari bahan alami yang tidak berbahaya bila dikonsumsi serta dapat menghambat pertumbuhan mikroba

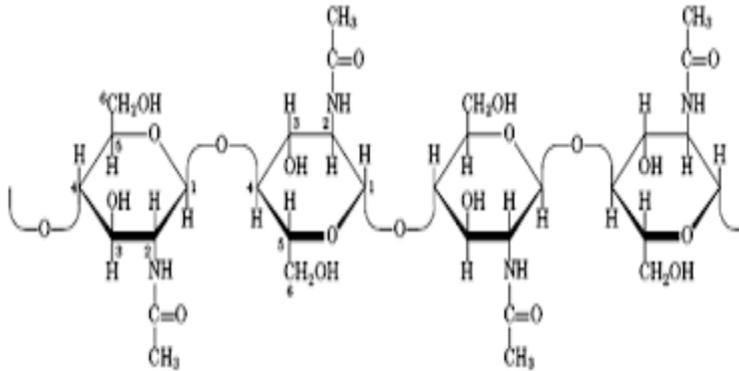
dalam produk sehingga berfungsi untuk menghambat kerusakan pangan akibat aktivitas mikroba (Nuraini, 2008).

Bahan yang menunjukkan aktivitas anti mikroba dibutuhkan identifikasi lebih lanjut untuk mengetahui komponen aktif anti mikrobanya, konsentrasi dan waktu yang dibutuhkan untuk hasil yang optimum yang dibutuhkan untuk menghambat atau membunuh mikroba targetnya. Dengan pengawetan maka nilai ekonomis makanan akan lebih lama dibandingkan jika tidak dilakukan pengawetan. Solusi terbaik yang dibutuhkan sebagai bahan alternatif lain antimikroba yang alami dan tidak membahayakan yaitu dengan memanfaatkan kitin dan kitosan yang memiliki sifat antimikroba yang dinilai efektif (Trisnawati *et al.*, 2013).

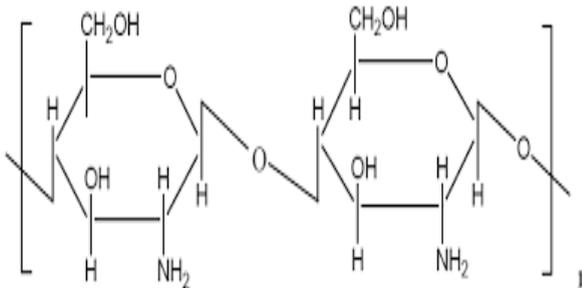
2.17.1 Definisi kitin dan kitosan

Kitin berasal dari bahasa Yunani *kitin*, yang berarti kulit kuku. Kitin merupakan komponen utama dari eksoskeleton invertebrata, crustacea dan insekta dimana komponen ini berfungsi sebagai komponen penyokong dan pelindung. Kitin merupakan homopolisakarida struktural yang rumus bangunnya mengandung nitrogen. Kulit keras pada banyak insekta dan krustasea dibangun oleh sekitar 30% polisakarida ini. Walaupun dalam bentuk kecil, kitin juga terdapat dalam beberapa jenis lumut, jamur, dan bakteri. Struktur kimia kitin adalah polimer β -N-asetil-D-

glukosamina dalam bentuk pinnarosa (**Gambar 15**) (Sumardjo, 2008).



Gambar 15. Struktur kitin



Gambar 16. Struktur kitosan

Kitosan merupakan senyawa yang dihasilkan dari kitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi, Perbedaan antara kitin dan kitosan adaJah pada setiap cincin molekul kitin terdapat gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{-CO}$) pada atom karbon kedua, sedangkan pada kitosan terdapat

gugus amina ($-\text{NH}_2$) (**Gambar 16**). Kitosan dapat dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan dengan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu tinggi. Kitosan adalah biopolimer yang mempunyai keunikan yaitu dalam larutan asam, kitosan memiliki karakteristik kation dan bermuatan positif sedangkan dalam larutan alkali, kitosan akan mengendap. Kitin dan kitosan merupakan polimer linier yang bersifat polikationik. Deasetilasi yang terjadi pada kitin hampir tidak pernah selesai sehingga dalam kitosan masih ada gugus asetil yang terikat pada beberapa gugus N (Kusumawati, 2009).

2.17.2 Sifat-sifat kitin dan kitosan

Kitin adalah senyawa yang stabil terhadap reaksi kimia, rendahnya reaktivitas kimia, tidak beracun (non toxic) dan bersifat biodegradable. Kitin tidak larut dalam air (bersifat hidrofobik), dalam alkohol serta tidak larut dalam asam maupun alkali encer. Kitin dapat larut dengan proses degradasi menggunakan asam-asam mineral pekat pada asam formiat anhidrous, namun tidak jelas apakah semua jenis kitin dapat larut dalam asam formiat anhidrous, Mudah tidaknya kitin terlarut sangat tergantung pada derajat kristalisasi, karena hanya 13-kitin yang terlarut dalam asam formiat anhidrous. Sifat kelarutan, derajat berat molekul, kelengkapan gugus asetil berbeda-beda menurut

sumber bahan dan metode yang diterapkan (Taufan & Zulfahmi, 2010).

Kitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viscositas cukup tinggi ketika dilarutkan, sebagian besar reaksi karakteristik kitosan merupakan reaksi karakteristik kitin. Kitosan banyak digunakan pada berbagai aplikasi, hal tersebut dikarenakan adanya gugus amino pada posisi C2 dan juga karena gugus hidroksil primer dan sekunder pada psosisi C3 dan C6. Kitosan adalah turunan yang paling sederhana dari kitin. Tidak seperti polisakarida kehadiran gugus amino bermuatan positif yang terdapat sepanjang ikatan pilernya menyebabkan molckul dapat mengikat muatan negatif permukaan melalui ikatan ionik atau hydrogen, sehingga kitosan memiliki sifat kimia linier plyamine (*poly D-glucosamine*), gugus amino dan hidroksi yang reaktif (Taufan & Zulfahmi, 2010).

2.17.3 Kitin dan kitosan sebagai pengawet

Mekanisme kerja zat antimikroba secara umum adalah dengan merusak struktur-struktur utama dari sel mikroba seperti dinding sel, sitoplasma, ribosom, dan membran sitoplasma. Zat yang berperan aktif berupa gugus fungsional amina ($-NH_2$) yang bermuatan positif sangat kuat yang dapat menarik molekul asam amino bermuatan negatif pembentuk protein dalam mikroba yang membuatnya menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan tersebut akan

menyebabkan denaturasi protein.

Keadaan ini menyebabkan inaktivasi enzim, sehingga sistem metabolisme terganggu atau menjadi rusak dan akhirnya tidak ada aktivitas sel mikroba (Roadhes & Roller, 2000). Sebagai kation, kitosan mempunyai potensi untuk mengikat banyak komponen seperti protein. Muatan positif dari gugus NH_3^+ pada kitosan dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada permukaan sel bakteri (Rabea, 2003). Adanya kerusakan pada dinding sel mengakibatkan pelemahan kekuatan dinding sel, bentuk dinding sel menjadi abnormal, dan pori-pori dinding sel membesar.

Rangkuman

Karbohidrat adalah komponen penting dalam bahan makanan. Karbohidrat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu monosakarida, oligosakarida dan polisakarida. Monosakarida sakarida yang penting adalah glukosa dan fruktosa. Oligosakarida yang penting adalah disakarida. Sukrosa, maltosa dan laktosa adalah disakarida penting di dalam makanan. Sukrosa disebut sebagai gula buah dan laktosa adalah gula susu. Polisakarida penting adalah selulosa dan kitin. Selulosa adalah komponen utama pada Tumbuhan dan berperan sebagai serat atau serabut makanan. Kitin dan turunannya kitosan dapat digunakan sebagai bahan pengawet makanan.

Tugas Penyelesaian Soal

1. Jelaskan perbedaan antara mono, di dan polisakarida!
2. Jelaskan tentang laktosa intoleran?
3. Jelaskan analisis kandungan selulosa pada bahan pangan!

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., H. Rusli. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polimetilmetakrilat (PMMA) Bentonit untuk Memisahkan Maltosa dan Pati. *Jurnal Kimia Kemasan*. 37(2): 79-86.
- Aiyer, P. V. 2005. Amylases and Their Applications. *African Journal of Biotechnology*. 4(13): 1525-1529.
- Lugraha, A., & D. Damar Adikrisma. 2008. Pemanfaatan buah Sukun (*Artocarpur artilis*) sebagai bahan baku pembuatan Gulah Rendah Kalori Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Beta-Amilase dari Kecambah Kacang Hijau. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 1-4.
- Albaasith, Z., Lubis, R. N., & Tambun, R. 2014. Pembuatan sirup glukosa dari kulit pisang kepok (*Musa acuminatabalbisianacolla*) secara enzimatis. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2): 15-18.
- Anani S, Udiyono A, Ginanjar P. 2012. Hubungan Antara Perilaku Pengendalian Diabetes dan Kadar Glukosa Darah Pasien Rawat Jalan Diabetes Melitus (Studi Kasus di RSUP Arjawinangun Kabupaten Cirebon). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2: 466-78.
- Andragogi, V., Bintoro, V. P., & Susanti, S. (2018). Pengaruh Berbagai Jenis Gula Terhadap Sifat Sensori dan Nilai Gizi Roti Manis. *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(2), 163–167.

- Arslan N., Togrul H., & Yasar F. 2007. Flow properties of cellulose and carboxymethylcellulose from orange peel. *Journal of Food Engineering* 81:187 - 199.
- Baharuddin, B., Nurulita, A., & Arif, M. 2018. Uji glukosa darah antara metode heksokinase dengan glukosa oksidase dan glukosa dehidrogenase di diabetes melitus. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*. 21(2): 170-173.
- Bintanah S, Handarsari E. 2012. Asupan Serat dengan Kadar Gula Darah, Kadar Kolesterol Total dan Status Gizi pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 di Rumah Sakit Roemani Semarang. *Seminar Hasil hasil Penelitian LPPM UNIMUS*. 289-96.
- Cahyadi, W., Widiantara, T., & Rahmawati, P. S. (2018). Penambahan Konsentrasi Bahan Penstabil Dan Sukrosa Terhadap Karakteristik Sorbet Murbei Hitam. *Pasundan Food Technology Journal*, 4(3), 218. <https://doi.org/10.23969/pftj.v4i3.649>
- Campbell AK, Waud JP, Matthews SB. 2005. The molecular basis of lactose intolerance. *Sci. Prog.* 88, 3, 157-202.
- Casu, R. E., Grof, C. P. L., Rae, A. L., McIntyre, C. L., Dimmock, C. M., & Manners, J. M. (2003). Identification of a novel sugar transporter homologue strongly expressed in maturing stem vascular tissues of sugarcane by expressed sequence tag and microarray analysis. *Plant Molecular Biology*, 52(2), 371–386. <https://doi.org/10.1023/A:1023957214644>
- Dita, D. L., Purwanto, D. S., & Kaligis, S. H. M. 2013. Gambaran kadar glukosa darah puasa pada mahasiswa

angkatan 2011 Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi dengan indeks massa tubuh 18, 5-22, 9 kg/m². 2013.[cited November 2016]. Jurnal e-Biomedik (eBM), 1(2), 991-996.

Hikmawati, N. A. (2019). Pengaruh Proporsi Sukrosa dan Sirup Glukosa Terhadap Hasil Jadi Food Bar Emping Jagung dan Kacang Koro. E-Journal Tata Boga, 8(2), 268–274.

Hyman, M., 2006. *Ultra Metabolisme: The Simple Plan for Automatic Weight Loss*. New York: Scrubner. Howling, D. 1979. The general science and technology of glucose syrups. In: G.G. Birch, and K.J. Parker (Eds.). Sugar, science, and technology. Appl. Scie. Publ. Ltd.

Heyman MB. 2006. Lactose intolerance in infants, children, and adolescent. Ped. J. 118, 3, 1279.

Iliyini I., Henny P., & Tun T.I. 2020. Isolation and Characterization of Cellulose from Banana Stems using Microwave Heating. Jurnal Kimia Valensi 6(2):170-175.

Ingram CJ, Mulcare CA, Itan Y, Thomas MG, Swallow DM. 2009. Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. Hum. Genet. 124, 6, 579-591.

Jaffe, R., 2013. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*. USA: Elsevier Inc.

Jaldin, A., Haslianti, H., & Asyik, N. (2019). Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Glukosa dan Sukrosa Terhadap Kualitas Sensori dan Kimia Permen Jelly

- Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). Jurnal Fish Protech, 2(2), 234.
<https://doi.org/10.33772/jfp.v2i2.9474>
- Jariyah, T. Susanto, & Yuanita. 2001. Analisis Komponen Gula Hasil Hidrolisis Pati Garut dengan Enzim Clarase L. *Jurn Semnas Pepti*. 1(B): 29-38.
- Johan, 2019. Fructose and fruits. Calorie restriction food and health. 2009 [cited 2009 Jan 25]. Available from <http://cr4life.blogspot.com/2009/01/fructose-and-fruits.html>.
- Johnson, J. M. & Conforti, F. D., 2003. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. USA: Elsevier Science Ltd.
- Kusumadewi, S., 2007. Klasifikasi Kandungan Nutrisi Bahan Pangan Menggunakan Fuzzky C-Means. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007)*, 16 Juni, pp. 53-58.
- Kusumawati, N, 2009. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Ultrafiltrasi. *Inotek*. 13(2): 113-120.
- Li Y., Yinan L., Jianxiu H., & Weihong W. 2018. Article Study of Almond Shell Characteristics. *Materials* 1782; doi:10.3390/ma11091782.
- Lyons, M. F., 2010. *Fructose Exposed The Sweet Truth About America's Expanding Waistline and Failing Health*. USA: Xulon Press.

- Madry E, Fidler E, Walkowiak J. 2010. Lactose intolerance – current state of knowledge. *Acta Sci. Pl., Technol. Aliment.* 9 (3), 343-350.
- Matthews SB, Waud JP, Roberts AG, Campbell AK. 2005. Systemic lactose intolerance: a new perspective on an old problem. *Postgrad. Med. J.* 81, 167-173.
- Nuraini, R.. 2008. Teknik Pengawetan Ikan untuk Dikonsumsi dengan Metode Fermentasi Ensiling. Sekolah Ilmu dan Tehnologi Hayati ITB.
- Nurhalimah, Miswar, & Hartatik, S. (2005). Potensi Pertumbuhan Dan Akumulasi Sukrosa Pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Transgenik Over Ekspresi Gen SoSUT1 Generasi Kedua. *Berkah Ilmiah PERTANIAN*, 10(10), 1–5.
- Oktafiani, N. I. E., & Tjahjani, S. 2013. Karakterisasi Hasil dan Penentuan Laju Reaksi Sakarifikasi Dekstrin Umbi Suweg (*Amorphophallus Campanulatus* Bi) Menjadi Sirup Glukosa (Characterization Results And Determination Of Saccharification Reaction Rate Of Suweg (*Amorphophallus campanulatus* BI). *Unesa Journal of Chemistry.* 2(3).
- Penjumaras P., Rahman R.B.A., Talib R.A., & Abdan K. 2014. Extraction and characterization of cellulose from durian rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2:237-243.
- Puspitasari, D. & Nunik E. 2019. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Pengawet Alami Makanan. *TEDC*, 13(3) : 256-261.

- Rabea, E.L. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-65.
- Raju S.K, A Philomen., & R Emilin. 2019. Shelf life assessment of banana pseudostem cutlet. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 8(6): 210–214.
- Rantesuba, N. A. (2017). Pengaruh Penambahan Sukrosa Terhadap Karakteristik Organoleptik, Waktu Leleh dan Overrun Es Krim Rasa Kopi. Universitas Hassanudin Makassar.
- Santoso A. 2011. Serat Pangan (Dietary Fiber) dan Manfaatnya bagi Kesehatan. *Magistra*. 23:35-40.
- Setyaningrum, A. A., Sutoya, D. A. R., & Atmaka, D. R. (2020). Diet Tinggi Sukrosa dan Fruktosa Terhadap Obesitas Alvia. *Healthy Tadulako Journal*, 6(3), 22–32.
- Shiddieq, D., Sudira, P. & Tohari, 2018. *Aspek Dasar Agronomi Berkelanjutan*. DI Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sinaga E, Wirawani Y. 2012. Pengaruh Pemberian Susu Kedelai terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa pada Wanita Prediabetes. *Journal of Nutrition College*. 1: 563-79.
- Sinuhaji AB. 2006. Intoleransi laktosa. *Majalah kedokteran nusantara* 39, 4, 424-429.
- Siregar, N. S., 2014. Karbohidrat. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 13(2), pp. 38-44.

- Southgate DAT. 1976. *Determination of Food Carbohydrates*. Applied Science Publisher Ltd, London
- Solomons NW. 2002. Fermentation, fermented foods and lactose intolerance. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56, Suppl 4, 50-55.
- Subiyono, S., Martsiningsih, M. A., & Gabrela, D. 2016. Gambaran Kadar Glukosa Darah Metode GOD-PAP (Glucose Oksidase–Peroxidase Aminoantypirin) Sampel Serum dan Plasma EDTA (Ethylen Diamin Terta Acetat). *Jurnal Teknologi Laboratorium.* 5(1): 45-48.
- Sudarmadji, S. (1982). *Bahan-Bahan Pemanis*. Liberty Yogyakarta.
- Sumardjo D., 2008. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*. Jakarta: EGC
- Sundarraj A.A., Ranganathan T.V., & Gobikrishnan S. 2018. Optimized extraction and characterization of pectin from jackfruit (*Artocarpus integer*) wastes using response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules* 106: 698-703.
- Sularjo. (2010). *Pengaruh Perbandingan Gula Pasir dan Daging Buah Pepaya Terhadap Kualitas Permen Pepaya*. ISSN 0215-9511, Klaten.
- Swallow DM. 2003. Genetics of lactase persistence and lactose intolerance. *Ann. Rev. Genet.* 37, 197-219
- Suwarno, Ratnani, R. D., & Hartati, I. (2015). *PROSES Pembuatan Gula Invert dari Sukrosa Dengan Katalis*

- Asam Sitrat, Asam Tartrat dan Asam Klorida. *Inovasi Teknik Kimia*, 11(2), 99–103.
- Taufan, M. R. S. & Zulfahmi, 2010. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap (Bio-termitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu, Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tirtowinata, T. (2006). Makanan Dalam Perspektif Al-Quran dalam Ilmu Gizi. Fakultas Kedokteran. Universitas Indonesia.
- Trisnawati, E., Andesti, D., & Saleh, A., 2013. Pembuatan kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting sebagai Bahan Pengawet Buah Duku dengan Variasi Lama Pengawetan. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(19) : 17-26.
- Virlandia, F. 2021. Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar Metode Enzimatis. Blog at WordPress.com. Diakses tanggal 4 Desember 2021.
- Whitbread, D. 2021. Top 10 Foods Highest in Glucose. <https://www.myfooddata.com/articles/high-glucose-foods.php>
- Winarno, F. G. (2004). Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama.
- Winaryati, E. (2012). Buku Panduan Praktik Ilmu Kimia Makanan. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Worotitjan, I., Mintjelungan, C. N., & Gunawan, P. (2013). Pengalaman Karies Gigi Serta Pola Makan Dan Minum Pada Anak Sekolah Dasar Di Desa Kiawa Kecamatan Kawangkoan Utara. *E-GIGI*, 1(1), 59–68. <https://doi.org/10.35790/eg.1.1.2013.1931>

- Xie J., Hse C., Hoop C.F.D.e., Hu T.Q.J., & Shupe T.F. 2016. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from bamboo using microwave liquefaction combined with chemical treatment and ultrasonication. *Carbohydrate Polymers*. 151: 725–734.
- Yunus, Y., & Zubaidah, E. (2015). The Effect of Sucrose Concentration and Fermentation Time to Viability of *Lactobacillus casei* during Frozen Storage for Velva from Amb. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 303–312.
- Zain N.F.M., Yusop S.M., & Ahmad I. 2014. Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose from Pomelo (*Citrus grandis*) Albedo. *Journal of Nutrition and Food Sciences* 5: 334
- Ziesenitz, S. C., 2015. *Foods, Nutrients and Food Ingridients with Authorised EU Heakth Claims: Volume 2*. Germany: Elsevier Ltd.

BAB III

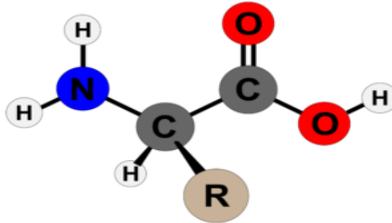


ASAM AMINO, PEPTIDA DAN PROTEIN

3.1 Struktur dan Karakteristik Asam Amino

Asam amino adalah senyawa organik yang berperan sebagai monomer dari protein. Senyawa ini secara sederhana terdiri atas atom karbon (C) yang mengikat gugus fungsi karboksil ($-\text{COOH}$), gugus fungsi amina ($-\text{NH}_2$), atom H, serta rantai samping (R) yang spesifik untuk setiap jenis asam amino. **Gambar 17** menunjukkan struktur asam amino alfa dalam bentuk yang tidak terionisasi. Asam amino bersifat amfoterik ketika dalam bentuk larutan. Gugus karboksil yang dimilikinya memberikan sifat asam, sementara gugus amina memberikan sifat basa, sehingga asam amino mampu menjadi ion zwitter (Tatang, 2013). Asam amino merupakan prekursor kimia bagi senyawa yang mengandung nitrogen penting. Sebagian besar asam amino memiliki struktur yang sama (dalam bentuk tak terionisasi) karena kerangka kovalen

protein adalah tetap dan menyangkut fungsi karbonil dan amino, maka gugus R yang memberi suatu kedudukan bagi sifat-sifat fisik dan kimia asam amino dalam rantai protein (Sugiyono, 2004).

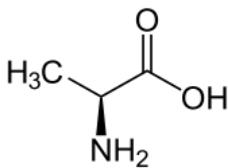


Gambar 17. Struktur asam amino alfa dalam bentuk yang tidak terionisasi (Stevens, 2001)

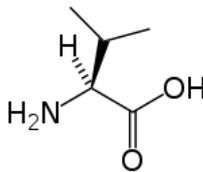
3.2 Penggolongan Asam Amino

Menurut Tatang (2013), Penggolongan 20 asam amino yang umum dalam protein, yaitu:

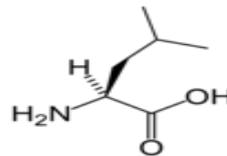
1) Gugus rantai cabang hidrofobik



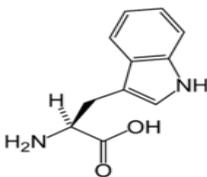
Alanin



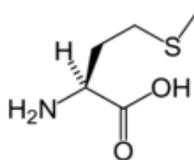
Valin



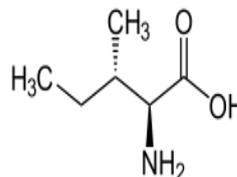
Leusin



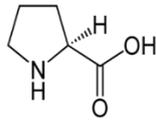
Triptofan



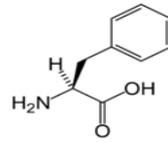
Metionin



Isoleusin

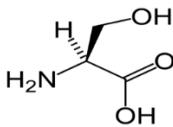


Prolin

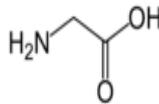


Fenilalanin

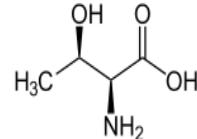
2) Gugus rantai cabang polar tak bermuatan



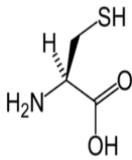
Serin



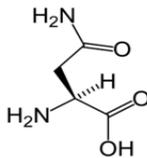
Glisin



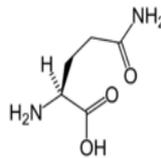
Treonin



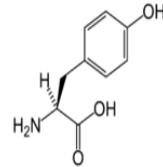
Sistein



Asparagin

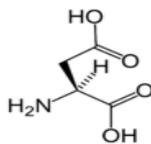


Glutamine

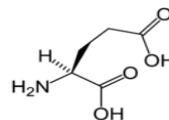


Tirosin

3) Gugus rantai cabang bermuatan negatif pada pH 7

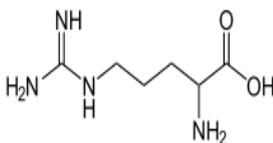


Asam aspartat

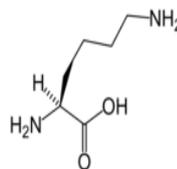


Asam glutamate

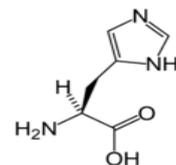
4) Gugus rantai cabang bermuatan positif pada pH 7



Arginin



Lisin



Histidin

Sekitar 9 dari 20 jenis asam amino yang menyusun protein tidak dapat disintesis oleh manusia dan membutuhkan asupan dari makanan. Asam amino ini dinamakan asam amino esensial. Selebihnya adalah asam amino yang dapat disintesis dari asam amino lain dan dinamakan asam amino non-esensial. **Tabel 7** menunjukkan klasifikasi 20 asam amino penyusun protein.

Tabel 7. Klasifikasi 20 Asam Amino

Asam Amino Esensial	Asam Amino Non-esensial
Histidin	Alanin
Isoleusin	Arginin
Leusin	Asparagin
Lisin	Asam aspartat
Metionin	Sistein
Fenilalanin	Asam glutamik
Treonin	Glutamin
Triptofan	Glisin
Valin	Prolin
-	Serin
-	Tirosin

3.3 Asam Amino dalam Rantai Metabolisme

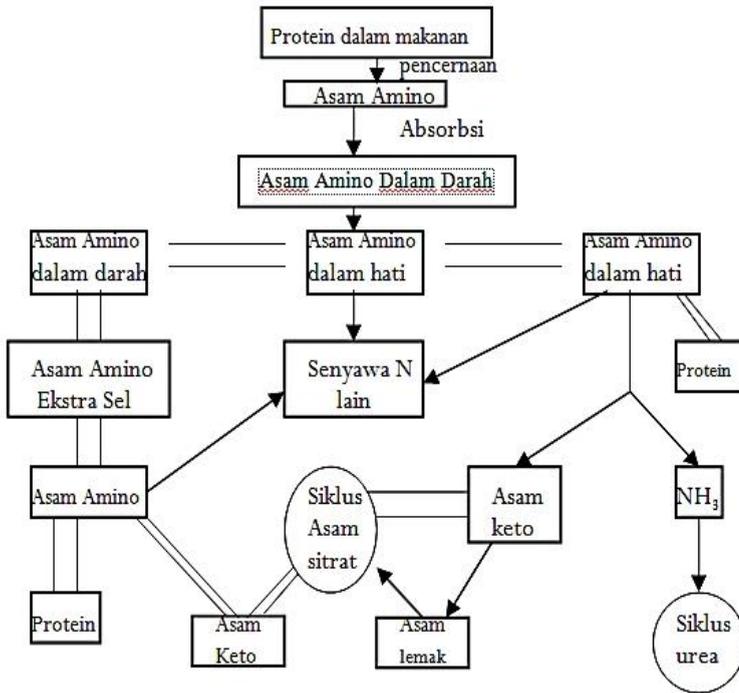
Protein dalam sel hidup terus menerus diperbaharui melalui proses pertukaran asam amino, yaitu suatu proses

berkesinambungan yang terdiri atas penguraian protein yang sudah ada menjadi asam amino bebas dan resintesis selanjutnya dari asam-asam amino bebas menjadi protein (Wahjuni, 2013). Sekitar 1-2% protein di dalam tubuh mengalami penguraian setiap hari. Sekitar 75-80% dari asam amino yang dibebaskan akan digunakan kembali untuk sintesis protein yang baru. Nitrogen sisanya akan dikatabolisasi menjadi urea (pada mamalia) dan kerangka karbon bagi senyawa-senyawa amfibolik (Murray, 2002). Menurut Sudirga (2015), ada empat jalur metabolik utama yang dilalui asam amino yakni terdiri atas:

1. Produksi asam amino dari pembongkaran protein tubuh, digesti protein diet serta sintesis asam amino di hati,
2. Pengambilan nitrogen dari asam amino,
3. Katabolisme asam amino menjadi energi melalui siklus asam serta siklus urea sebagai proses pengolahan hasil sampingan pemecahan asam amino.

3.4 Sintesis Protein dari Asam-Asam Amino

Gambar 18 menunjukkan alur sederhana proses metabolisme protein secara umum.



Gambar 18. Metabolisme protein secara umum

Manusia memerlukan 30-60 g protein setiap hari atau ekuivalen dalam bentuk asam amino bebas. Keberadaan asam amino yang berlebih di dalam tubuh tidak akan disimpan, melainkan terjadi penguraian dengan cepat. Protein di dalam sel akan diuraikan menjadi asam amino oleh protease dan peptidase. Protease intrasel akan memutus ikatan peptida internal protein sehingga terbentuk senyawa peptida (Murray, 2002). Selanjutnya, oleh peptidase, peptida tersebut akan diuraikan menjadi asam amino bebas. Endopeptidase akan memutus ikatan peptida internal sehingga terbentuk peptida-peptida yang lebih pendek, selanjutnya amlopeptidase dan

karboksipeptidase akan membebaskan asam-asam amino masing-masing dalam gugus terminal-N dan -C pada peptida-peptida tersebut. Penguraian protein seperti yang disebutkan di atas adalah untuk protein ekstrasel dan intrasel yang mana penguraiannya tidak memerlukan ATP. Untuk protein yang berusia pendek dan yang abnormal penguraiannya terjadi pada sitosol dan memerlukan ATP atau ubiquitin. Asam amino yang terbentuk dari katabolisme protein ini akan dimetabolisasi menjadi ammonia dan kerangka karbon. Selanjutnya kerangka karbon akan ikut dalam siklus asam sitrat (TCA) dan glukoneogenesis. Sedangkan ammonia akan mengalami sintesis membentuk urea atau membentuk asam amino baru (Bourke, 2003).

Hanya sedikit organisme yang dapat mengubah nitrogen bebas (N_2) menjadi senyawa biologis yang berguna seperti NH_3 , oleh karenanya organisme umumnya menggunakan nitrogen dari asam amino. Secara umum, asam amino dimetabolisasi di hepar. Ammonia yang dihasilkan dari proses itu didaur ulang dan digunakan untuk bermacam-macam proses biosintesis lainnya, dan kelebihan akan dibuang sebagai urea (Yeum & Russel, 2002). Kelebihan ammonia yang dihasilkan oleh jaringan ekstrahepatik akan diangkut ke hepar (dalam bentuk gugus amino) untuk diubah menjadi senyawa yang bisa diekskresi.

Di dalam katabolisme ini, asam amino glutamat dan glutamin berperan penting. Gugus amino dari asam amino

akan dialihkan ke α -keto glutamat membentuk glutamat (terjadi disitosol). Selanjutnya, glutamat akan diangkut ke mitokondria dan gugus amino dilepaskan berupa NH_4 . Kelebihan ammonia jaringan lain akan diubah menjadi glutamin lalu diangkut ke mitokondria hepar. Kelebihan gugus amino di jaringan otot dialihkan ke piruvat, karenanya piruvat berubah menjadi alanin yang selanjutnya akan dibawa ke mitokondria hepatosit untuk dilepas gugus NH_4 nya (Wahjuni, 2013).

Manusia merupakan makhluk ureotelik artinya dapat mengubah nitrogen asam amino menjadi urea yang tidak toksik dan mudah larut dalam air. Biosintesis urea menurut Libby & Ross (1996), dibagi menjadi 4 tahap: (1) Transaminasi, (2) Deaminasi oksidatif, 3) Pengangkutan ammonia dan (4) Reaksi siklus urea. Asam-asam amino yang telah kehilangan gugus amino, kerangka karbonnya akan mengikuti siklus glukoneogenesis. Asam-asam amino yang demikian ini disebut sebagai asam amino glukogenik (*ala, ser, cys, gly, thre, glu, arg, pro, his, val, meth, dan asp*).

3.5 Ikan Gabus sebagai Sumber Asam Amino

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu bahan pangan potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan karena memiliki kandungan gizi yang

tinggi yaitu kadar protein dalam 100 gram daging ikan gabus sebesar 25,2 gram (Prastari *et al.*, 2017). Ikan Gabus (*Channa striata*) merupakan jenis fauna yang hidup pada perairan tawar. Ikan ini mampu bertahan hidup selama musim kemarau dengan menggali lumpur pada danau, kanal dan rawa.

Ikan gabus sering dikaji dalam beberapa penelitian karena memiliki kandungan protein yang sangat tinggi dibandingkan dengan ikan air tawar jenis lainnya. Hasil riset melaporkan bahwa konsumsi ekstrak ikan gabus dalam diet secara nyata dapat meningkatkan kadar albumin serum dan mempercepat proses penyembuhan luka setelah operasi (Aisyatusoffi & Abdulgani, 2013). Albumin merupakan protein khas yang sampai saat ini hanya dimiliki oleh Ikan Gabus untuk Kelas Pisces dan tidak dimiliki oleh ikan lainnya seperti ikan Lele, ikan Gurami, ikan Nila, ikan Mas dan sebagainya. Albumin adalah protein yang dapat larut air serta dapat terkoagulasi oleh panas. Ikan Gabus mempunyai kandungan albumin sebesar 62,24 g/kg (Yuniarti *et al.*, 2012).

Ikan Gabus memiliki kandungan gizi cukup tinggi dibandingkan dengan jenis ikan air tawar jenis lain. Kandungan gizi ikan Gabus terkandung 70% protein, 21% albumin, asam amino lengkap, zinc, selenium, iron (Ardianto, 2015). Asupan makanan dari ikan gabus mengandung asam amino esensial yang tidak dapat disintesis dalam tubuh

sehingga sangat baik untuk dikonsumsi. Sementara itu, kelompok asam amino non esensial pada ikan Gabus seperti asam glutamate, arginin, dan asam aspartat, yang sangat penting dalam penyembuhan luka (Shafri & Mannan, 2012). Kandungan asam amino esensial dan asam amino nonesensial pada ikan Gabus memiliki kualitas yang jauh lebih baik dari telur (Yuniarti *et al.*, 2012).

Beberapa laporan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan yang tepat dapat meningkatkan kadar protein pada olahan daging ikan gabus. Prastari *et al.*, (2015), melaporkan bahwa penambahan crude enzim papain dengan konsentrasi 11,5% pada pembuatan hidrolisat ikan gabus mampu meningkatkan kadar protein tertinggi sebesar 66,80%bb, akan tetapi penggunaan *crude enzim papain* tersebut menurunkan nilai sensori produk. Hasil penelitian Sari *et al.* (2017). membuktikan bahwa dengan pengolahan ikan gabus melalui substitusi tepung ikan gabus 20% dan tepung labu kuning 15% yang ditambahkan pada bubur bayi instan dapat meningkatkan kadar albumin sekitar 2,20% dan kadar protein sekitar 18%. Kandungan asam amino ikan gabus disajikan pada **Tabel 8**.

Hasil analisis kandungan gizi ikan gabus pada perairan Kalimantan Barat menurut Fitriyani *et al.* (2020) meliputi kadar air sebesar 77,84%, protein sebesar 20,21%, abu sebesar 1,13%, lemak sebesar 0,20%, karbohidrat sebesar 0,62%, kalsium (Ca) sebesar 11,04 mg/kg, fosfor (F) sebesar

0,532% dan zat besi (Fe) sebesar 3,40 mg/kg. Kandungan asam lemak jenuh yang tertinggi pada ikan gabus adalah kandungan asam palmitat. Sementara itu, kandungan asam lemak tak jenuh yang tertinggi pada ikan gabus adalah asam oleat.

Tabel 8. Asam amino pada ikan gabus

Asam Amino Non-esensial	Kadar	Asam Amino Esensial	Kadar
Asam aspartate	1,79%	Histidina	0,41%
Asam glutamate	2,85%	Threonina	0,84%
Serina	0,58%	Arginina	1,06%
Glisina	0,71%	Metionina	0,53%
Alanina	1,02%	Valina	0,91%
Tirosina	0,62%	Fenialanina	0,73%
		I-Leusina	0,88%
		Leusina	1,42%
		Lisina	1,54%
		Triptopan	0,14%
Total Asam Amino		16,03%	

3.6 Peptida

Peptida merupakan polimer asam amino yang mempunyai rantai lebih pendek serta berperan sebagai hormon. Peptida adalah hasil polimerisasi asam amino yang menjadikan strukturnya terdiri dari dua atau lebih asam amino. Berdasarkan jumlah asam amino penyusun polipeptida, peptida tersusun kurang dari 50 asam amino yang mana dipeptida (2 asam amino), tripeptida (3 asam amino) dan polipeptida (>10 asam amino). Terbentuknya

ikatan peptida disebabkan oleh amida pada gugus amino berikatan dengan gugus hidroksil molekul lain lewat reaksi kondensasi. Sifat peptida ditentukan oleh gugus $-\text{NH}_2$, gugus $-\text{COOH}$, dan gugus R. Sifat asam basa ditentukan oleh gugus $-\text{COOH}$ dan $-\text{NH}_2$, tapi untuk peptida rantai panjang, gugus tersebut tidak lagi berpengaruh. Peptida rantai panjang sifat asam basa dari gugus ujung berkurang karena jumlah gugus R yang banyak beresonansi.

Selama proses pencernaan protein, banyak peptida yang diproduksi. Peptida berperan sebagai pembawa pesan biologi menstimulasi respon fisiologi. Peptida diperoleh dari protein makanan yang berperan untuk menjaga kesehatan dan mencegah terjadinya penyakit jantung, syaraf, system kekebalan dan nutrisi di samping fungsinya sebagai asam amino. Jenis-jenis peptida yang ada pada bahan pangan dan tubuh yaitu:

- a. Susu peptida: terbentuk dari protein susu oleh reaksi enzimatik yang dipecah oleh enzim pencernaan atau oleh proteinase yang dibetuk oleh lactobacilli selama fermentasi susu. Sebagian dari peptida susu ini telah dibuktikan mempunyai efek antihipertensi pada hewan dan dalam uji klinis.
- b. Peptida ribosom: disintesis oleh translasi mRNA berfungsi dalam organisme tingkat tinggi seperti hormone dan molekul sinyal, beberapa organisme menghasilkan peptida antibiotik.

- c. Pepton: berasal dari susu bentuk hewan atau daging yang dicerna oleh pencernaan proteolitik. Pepton digunakan dalam media nutrisi untuk tumbuh bakteri dan jamur.
- d. Peptida non-ribosom: dirakit oleh enzim yang spesifik untuk setiap peptida, bukan oleh ribosom. Peptida non-ribosom paling umum yaitu glutathione berupa komponen dari pertahanan antioksidan organisme paling aerobik. Peptida non-ribosom lain yang paling umum pada organisme uniseluler, tanaman dan jamur disintesis oleh kompleks enzim modular yang disebut non ribosom sintesis peptida.
- e. Fragmen peptida: mengacu pada fragmen protein yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memenuhi syarat protein sumber. Hal ini juga sering sebagai produk degradasi enzimatik di laboratorium untuk sampel terkontrol tapi juga dapat menjadi sampel forensic yang sudah terdegradasi oleh efek alami. Neuropeptida tersebar luas dalam sistem saraf pusat dari perifer tubuh dan mempunyai fungsi hambat serta rangsang tertentu. Neuropeptida berperan dibanyak cara yang sama seperti neurotransmitter seperti serotonin dan dopamin. Salah satu kelas yang paling terkenal dari neuropeptida yang endorfin. Endorfin yang dianggap sebagai obat penghilang rasa sakit endogen tubuh, sering dibandingkan dengan morfin narkoba. Bagian dari fungsi endorfin meliputi penghambatan lain neuropeptida, Substance P,

yang mentransmisikan sinyal rasa sakit dari sistem saraf perifer ke penerima di sistem saraf pusat. Kadang-kadang, neuropeptida dapat bekerja sebagai hormon dalam sistem tubuh tertentu juga. Sehubungan dengan klasifikasi peptida karena sintesis mereka, sebagian besar jenis ribosom; Jenis peptide ini disintesis ketika utusan asam ribonukleat (mRNA) pada sel diterjemahkan. Selama penerjemahan, proses kimia terjadi di mana satu kelompok karboksil pada pasangan asam amino dengan asam amino lain untuk membentuk rantai awal asam amino (Winarno, 2007).

Peptida banyak digunakan dalam berbagai bidang, salah satu kegunaannya yaitu sebagai anti kerut di mana Tembaga-Glisil-L-Histidil-L-Lisin (Cu-GHK) merupakan peptida yang mampu memberikan efek antikerut dan menghidrasi kulit. Kemampuan hidrasinya ini, peptida (Cu-GHK) juga dapat memberi efek peningkatan daya penetrasi vitamin C dalam sediaan serum antikerut. Pemanfaatan lainnya yaitu gelatin yang merupakan polipeptida larut berasal dari kolagen, yang merupakan konstituen utama dari kulit, tulang, dan jaringan ikat binatang. Gelatin dihasilkan melalui proses hidrolisis parsial dari kolagen. Ketika kolagen diperlakukan dengan asam atau basa, struktur fibrosa kolagen dipecah irreversibel menghasilkan gelatin. Beberapa peptida secara biologi aktif dan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan status kesehatan manusia dan hewan yang

dapat disebut peptida bioaktif. Meskipun sebagian peptida bebas sudah terdapat secara alamiah, namun kebanyakan peptida bioaktif masih terikat dalam protein asal dan dilepaskan melalui proses enzimatik atau hidrolisis (Kusumaningtyas, 2018).

3.6.1 Peptida dari ikan

Ikan adalah hewan laut yang banyak mengandung protein. Jumlah protein yang terkandung dalam daging ikan hingga 17-22% sedangkan tuna matang memiliki kandungan protein 30%. Protein berfungsi untuk membangun struktur utama dalam sel, enzim dalam memberan, hormon serta alat pembawa. Secara nutrisi, protein berperan sebagai sumber energi dan asam amino yang penting untuk pertumbuhan dan perbaikan sel. Sifat fungsional protein dinyatakan sebagai karakteristik fisiko-kimia, perhitungan perubahan dalam sistem makanan selama persiapan, proses, penyimpanan serta konsumsi. Manusia memerlukan protein dari jaringan protein sebagai sumber nitrogen di mana dalam sehari memerlukan asupan 0,8 g/kg berat badan (Venugopal, 2010).

Protein dari ikan merupakan sumber yang baik dari sisi fungsional serta nutrisi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Ikan bukan hanya sumber protein tetapi juga merupakan sumber bioaktif peptida. Banyak senyawa bioaktif peptida ditemukan dalam daging ikan dari berbagai

jenis (Kadam & Prabhasankar, 2010). Limbah pengolahan ikan serta ikan ekonomis rendah merupakan terbaik senyawa bioaktif peptida. Sumber terbaik peptida pada ikan laut terdapat pada ikan sardin yang mempunyai kandungan fraksi lipipeptic dan peptidic. Beberapa antiosidatif peptida dari organisme laut serta senyawa bioaktif peptida dari laut dan aktivitasnya terdapat pada **Tabel 9**, **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

Tabel 9. Peptida antioksidan dari organisme laut

Asam Amino	Sumber
Val-Lys-Ala-Gly- Phe-Ala-Trp- Ala-Asn-Glu- Glu-Leu-Ser-	Tuna
Leu-Gly-Leu- Asn-Gly-Asp- Asp-Val-Asn-	Conger eel
Arg-Pro-Asp- Phe-Pro-Leu- Glu-Pro-Pro-Tyr	Ikan lidah kuning

Tabel 10. Peptida bioaktif dari laut dan aktivitasnya

Aktivitas	Sumber
Anti-hipertensi melalui menghambat aktivitas ACE, dengan hasil meningkatnya HDL.	Pacific hake, sardin, salmon, tiram, kolagen tulang ikan, organ pencernaan bonito kering, FPH
Aktivitas antioksidan	<i>Alaska pollack</i> , teripang,

Calcium-binding oligophosphopeptide	Saithe, <i>Round scad</i> Mussel, tuna gelatin, hoki gelatin Tulang ikan dari hoki
Antifreeze proteins (<i>cryostabilization</i>)	FPH dari antarctic krill, salmon
Gastrin and CGRPs	Ikan kod Atlantik/Greenland, ikan sebelah, sardin, limbah hasil perikanan
Aktivitas menghambat HIV-I protease	Tiram
Prolyl endopeptidase inhibition	Cod, salmon, trout
Defense system	Mackerel

Sumber: Susanto & Fahmi (2012)

Tabel 11. Kulit dan tulang ikan sumber peptida bioaktif

Jenis ikan	Bagian limbah	Enzim hidrolisis	Bioaktivitas	Cara uji
Patin	Tulang Kulit	Alkalase	Antihipertensi	In vitro
Kod	Kulit	Pepsin, tripsin, kemotripsin	Antihipertensi, antioksidan	In vitro
Hiu	Kulit	Papain Tripsin, pepsin, alkalase	Antihipertensi Antioksidan	In vitro In vitro
Tuna	Kulit	Alkalase Alkalase, flavourzyme, tripsin, bromelin, papain, neutrase, properase E, multifact neutral	Antimikroba Antioksidan, antihipertensi	In vitro In vitro, in vivo In vitro
Nila	Kulit	flavourzyme	Antidiabetes	In vitro,

			tipe 2	in vivo
Ikan sturgeon	Kulit	Alkalase Tanpa hidrolisis	Antioksidan antioksidan	In vitro, in vivo
Salmon	Kulit	Alkalase, bromelin, flavourxyme	Antidiabetes tipe 2	In vivo

Sumber: Atma (2016)

Banyak peptida yang dihasilkan selama proses pencernaan protein. Peptida berperan membawa pesan biologi dan menstimulasi respon fisiologi. Peptida diperoleh dari protein makanan yang berfungsi untuk menjaga kesehatan dan mencegah penyakit jantung, saraf, sistem kekebalan serta nutrisi di samping sebagai sumber energi dan asam amino. Sulit mengenali bioaktif yang berasal dari protein dan peptida, sebab banyak peptida yang menempel dan mengekspresi protein serta diedarkan dan diserap selama proses pengolahan juga pencernaan makanan. Senyawa protein dalam organisme laut tersusun atas rangkaian bioaktif peptida yang mampu menunjukkan efek fisiologis dalam tubuh. Sebagian diantaranya diidentifikasi bermanfaat bagi kesehatan manusia serta dapat digunakan dalam mengurangi kemungkinan timbulnya penyakit jantung (Ngo *et al.*, 2011). Peptida biasanya tersusun atas 3-20 asam amino dan aktivitas bioaktif peptida tergantung dari komposisi asam amino dan susunannya. Peptida yang berasal dari organisme laut terdiri dari enzim terhidrolisa protein laut serta memiliki beberapa fungsi fisiologis antara lain

sebagai antioksidan, anti koagulan, anti hipertensi dan anti bakteri. Biopeptida laut yang berperan untuk antioksidan memiliki potensi yang besar sebagai nutraeutical dan pangan fungsional (Susanto & Fahmi, 2012).

3.6.2 Peptida dalam daging

Perubahan pola konsumsi makan pada beberapa masyarakat cenderung untuk konsumsi gizi yang berlebihan. Fenomena ini menyebabkan timbulnya berat badan berlebih serta obesitas sehingga memicu munculnya banyak penyakit degeneratif seperti hipertensi, stroke, kanker, asam urat, kencing manis atau jantung koroner. Hal ini mengakibatkan pemakaian obat-obatan dan produk pangan fungsional yang berhubungan dengan bermacam penyakit tersebut melonjak naik. Produk pangan fungsional yang berbasis komponen bioaktif baik yang telah maupun belum dikomersialkan masih cukup sedikit seperti *caseinophosphopeptides*, *angiotensin converting enzyme* (ACE) dan *dipeptidyl peptidase IV inhibitor*, digunakan untuk antikanker, antioksidan serta antihipertensi.

Konsumen bahan pangan daging serta produk-produk daging biasanya mengklaim sebagai sumber pangan yang baik, nilai biologis protein tinggi, kelompok vitamin B, mineral-mineral dan elemen minor seperti senyawa bioaktif lain yang berguna untuk tubuh manusia. Tentunya kesehatan bahan pangan sangat penting terhadap mutu bahan pangan

daging serta produknya yang mendorong mengefektifkan penggunaan senyawa-senyawa bioaktif atau peptida-peptida yang aktif secara fisiologis. Senyawa-senyawa peptida bioaktif itu bekerja sangat aktif dan berefek positif bagi kesehatan saluran pencernaan manusia (Mine & Shahidi, 2006).

Penemuan bahan kimia sebagai komponen alami makanan telah ditentukan kegunaannya bagi tubuh manusia dalam pencegahan serta pengobatan penyakit atau pengembangan fisiologis yang diketahui sebagai *nutraceuticals*. Sebagian komponen bioaktif yang ada pada daging mempunyai potensi yang menguntungkan bagi kesehatan manusia seperti karnosin, L-karnitin dan turunan protein berupa peptida bioaktif yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan produk-produk daging fungsional. Karnosin dan ansirin yaitu dipeptida histidil sebagai antioksidan yang paling besar komposisinya dalam daging. Sebanyak 350 mg/100 g karnosin terdapat dalam daging sapi dan sebanyak 400 mg/100 g pada daging domba. Beberapa komponen aktif secara fisiologis telah ditemukan dalam jaringan otot rangka/daging ayam merupakan antioksidan endogenous, berupa dipeptide mengandung histidine, karnosin dan anserine berperan dalam stabilitas oksidasi otot rangka. Antioksidatif histidil dipeptida, karnosin dan anserine paling banyak di daging, khusus anserine banyak terdapat dalam otot ayam, konsentrasinya

dalam daging sekitar 500 mg/kg paha ayam sampai 2700 mg/kg daging paha babi (Wu & Shiau, 2002).

Aktivitas biologi dalam bentuk peptida bioaktif yaitu antihipertensi. Peptida *Angiotnesi I Converting Enzyme* (ACE) inhibitor berfungsi sebagai inhibitor *Angiotensin I Converting Enzyme* (dipeptidil dihidrolase, EC 3.4.15.1), suatu enzim di dalam sistem *Renin Angiotensin Aldosteron System* (RAAS) yang mengubah Angiotensin I menjadi Angiotensin II. Terbentuknya Angiotensin II akan menyebabkan terjadinya kontraksi pembuluh darah dan menstimulasi sekresi aldosteron sehingga akan menyebabkan terjadinya absorpsi air dan sodium sehingga akan meningkatkan volume aliran darah dan meningkatkan cardiac output. ACE juga akan menginaktivasi bradikinin suatu vasodilator yang menyebabkan pembuluh darah tidak dapat berelaksasi sehingga menyebabkan terjadinya hipertensi. Oleh sebab itu target utama dalam mengatasi hipertensi adalah penghambatan terhadap aktivitas ACE. Terhambatnya kerja ACE maka tidak akan terbentuk Angiotensin II yang dapat menyebabkan kenaikan tekanan darah. Oleh karena itu penghambatan aktivitas ACE oleh ACE inhibitor yang berupa molekul-molekul peptida bioaktif dari protein daging mengakibatkan efek antihipertensif.

Peptida opioid merupakan peptida dengan daya mengikat reseptor opiate sebagaimana efek seperti opiate. Peptida opioid berpengaruh pada sistem saraf dan fungsi

gastrointestinal. Peptida opioid melakukan aktivitasnya dengan mengikat pada reseptor spesifik usus dari sel target. Reseptor individu bertanggung jawab untuk efek fisiologis spesifik seperti perilaku emosional, supresi pergerakan usus, sedatif dan konsumsi makanan. Peptida bioaktif yang bersifat antimikrobia melakukan aktivitasnya dengan interaksi pada membran, penetrasi membran serta interaksi dengan komponen seluler lain. Sebelum mencapai membran fosfolipid, peptida melalui dinding luar bakteri Gram negatif yang mengandung lipopolisakarida (LPS). Bakteri Gram positif, peptida melalui dinding sel luar bakteri mengandung polisakarida asam (asam teikoat). Peptida kation berinteraksi dengan permukaan LPS, secara kompetisi menggantikan kation divalen yang menjembatani dan sebagian menetralkan LPS.

Hal ini menyebabkan gangguan pada membran bagian luar yang nampak seperti gelembung di bawah mikroskop. Tahap selanjutnya adalah terjadi lisis atau disintegrasi sebagian membran jika konsentrasi antimikrobia di atas *minimal inhibitory concentration* (MIC). Pada saat interaksi membran, sebagian peptida juga dapat menyisip secara paralel dengan permukaan membran ke interface di antara gugus kepala fosfolipid dan rantai asam lemak dari lapisan tunggal bagian luar membran. Akibatnya membran menjadi lebih permeabel melalui pembentukan pori-pori transmembran sehingga sel lisis atau mati. Interaksi dengan

komponen seluler yang lain dilakukan oleh peptida dengan cara melawan terjadinya pembelahan sel, DNA, RNA untuk sintesis protein dan aktivasi autolisin. Bakteri dimatikan dengan cara menghambat sintesis protein dan menginduksi degradasi protein yang diperlukan untuk replikasi DNA.

Peptida berperan penting sebagai pemenuhan kebutuhan asam amino untuk sumber nitrogen, namun sayangnya penelitian terbaru lebih mengarah pada fungsi sekunder peptida dengan deret asam aminonya yang spesifik yang mempunyai fungsi bioaktif yang menghasilkan dampak positif pada fungsi dan kondisi tubuh terutama memberikan manfaat pada kesehatan. Peptida bioaktif dapat dihasilkan dari: hidrolisis enzimatis, proses pengolahan pangan (panas dan kondisi alkali), serta degradasi proteolitik mikroorganisme. Peptida bioaktif harus dapat diserap melalui epitel-epitel usus untuk dapat sampai pada organ-organ peripheral target (Al Awwaly, 2015).

Pembangkitan peptida bioaktif dari protein daging dapat dihasilkan dari beberapa perlakuan enzimatis dengan memanfaatkan aktivitas enzim proteolitik gastrointestinal, perlakuan pemeraman dan penyimpanan melalui proses fermentasi dan pemanfaatan proteinase dari berbagai sumber. Isolasi peptida inhibitor enzim konversi angiotensin I dari ekstrak otot dada ayam dan diperoleh urutan asam amino: Hyp-Gly-Leu-Hyp-Gly-Phe memperlihatkan aktivitas yang lebih kuat dari P4 peptida (Gly-Phe-Hyp-Gly-Thr-Hyp-Gly-

Leu-Hyp-Gly-Phe) terhadap aktivitas hipertensi untuk tikus. Turunan peptida-peptida bioaktif dari protein daging dan dalam produk-produk daging terfermentasi, merupakan sesuatu yang mungkin diarahkan untuk mengintroduksi fungsi fisiologis dan merupakan kandidat harapan sebagai bahan makanan fungsional. Peptida-peptida bioaktif dapat diturunkan dari protein daging terfermentasi melalui proses hidrolisis oleh enzim proteolitik selama fermentasi dan penyimpanan. Protein-protein daging mengalami degradasi menjadi peptida-peptida oleh enzim endogenous (Katepsin, B, D, H dan L) selama proses fermentasi (Al Awwaly, 2015).

3.6.3 Peptida susu

Peptida semakin menarik sebagai pengganti antibiotika sebab dinilai lebih aman karena memiliki mekanisme yang berbeda dibanding antibiotika konvensional. Resistensi antibiotika disinyalir dapat menimbulkan dampak yang besar dalam berbagai bidang kehidupan khususnya kesehatan. Peptida juga telah dikembangkan dalam bidang pengawetan makanan berupa bubuk yang dapat dipergunakan untuk pengawetan daging segar. Peptida hasil pemecahan protein mengalami penggantian karakteristik fisiko-kimia dari protein alamiahnya sebelum terdegradasi. Peptida tidak memiliki rasa seperti pahit kecuali peptida yang di dalamnya ada terkandung glutamat atau asam aspartate yang memiliki rasa

manis. Secara nutrisi, dalam bentuk peptida akan meningkatkan *bioavailability* asam amino daripada protein bahkan asam amino bebasnya. Peptida juga memiliki berat molekul rendah yang menjadikannya kurang menimbulkan alergi dibandingkan dengan protein alamiahnya.

Peptida bioaktif merupakan fragmen spesifik dari protein yang mempunyai pengaruh positif terhadap beberapa fungsi dan kondisi tubuh terkhusus untuk kesehatan. Sebagai besar peptida bioaktif dapat diperoleh dari protein alamiah dengan cara hidrolisis enzimatik, pemecahan enzimatik oleh organisme melalui proses fermentasi atau melalui pemrosesan makanan seperti asam, basa dan pemanasan. Karakteristik dari peptida sangat dipengaruhi oleh susunan dan panjang asam amino dalam rantai peptida. Sifat asam dan basa ditentukan oleh residu terminal bebas dan kelompok ion pada bagian lateral dari residu dalam rantai. Reaktivitas dari gugus terminal tersebut berguna untuk deteksi dan kuantifikasi peptida bioaktif tersebut. Beberapa peptida memiliki daerah rantai peptida yang *overlapping* yang memperoleh fungsi berbeda. Daerah tersebut diduga *strategic zone* yang sebagian terlindungi pemecahan lebih lanjut oleh enzim proteolitik. Salah satu contoh *strategic zone* yaitu sekuen 60-70 dari β -kasein sapi dan manusia. Sekuen tersebut dilindungi dari proteolisis karena hidrofobitasnya yang tinggi dan kehadiran residu prolin (Tidona *et al.*, 2009).

Asam amino prolin berperan membantu mempertahankan rigiditas formasi peptida melalui kemampuannya untuk mempertahankan sudut torsi tertentu di rantai peptida sehingga peptida tidak mudah mengalami kerusakan. Hidrofobisitas yang tinggi dan residu prolin (jika ada) tersebut yang juga melindungi peptida tersebut dari pemecahan lebih lanjut ketika kontak dengan enzim protease maupun asam dalam saluran pencernaan. Beberapa peptida diperoleh dari susu sapi yang mampu berperan untuk menjaga kesehatan manusia dengan fungsinya sebagai antimikroba yaitu K-kasein, α -S₁-kasein dan β -kasein.

Susu sapi termasuk sumber protein yang mempunyai nilai biologis yang tinggi dan dicirikan dengan keseimbangan profil asam amino. Salah satu nilai nutrisi yang tinggi adalah protein susu serta degradasinya berupa peptida yang memiliki fungsi biologis yang luas. Sekuen protein susu mengandung fragmen dengan berbagai aktivitas seperti antibakteri, antihipertensi, antithrombotic, opioid antagonis, immunomodulatory, antifungi, mencegah amnesia dan menyebabkannya terjadinya kontraksi otot polos. Pemecahan protein susu menjadi peptida bioaktif secara normal terjadi selama proses pencernaan oleh pepsin dan enzim pancreas seperti tripsin, kimotripsin, karboksi dan aminopeptidase yang menghasilkan fragmen peptida bioaktif dalam saluran pencernaan individu pengonsumsi susu. Dampak fisiologis peptida bioaktif begitu dipengaruhi

pada kemampuannya mencapai target termasuk absorbs melalui sel epitelium untuk organ peripheral. Peptida bioaktif derivate dari protein susu biasanya berupa fragmen yang mengandung 3-20 residu asam amino.

Sehubung dengan ketersediaan bahan baku peptida antimikroba yang diperoleh dari susu mempunyai kemungkinan yang besar untuk dikembangkan dalam skala komersial. Beberapa kendala teknis yang menjadi penghambat sebelumnya untuk produksi secara luas mulai teratasi dengan dikembangkannya beberapa teknik untuk meningkatkan produksi peptida dalam berat molekul tertentu. Nanofiltrasi dan ultrafiltrasi sekarang mulai digunakan dalam industri untuk menghasilkan ingredient yang mengandung peptida bioaktif spesifik berbahan dasar hidrolisat kasein atau *whey*. Beberapa peptida hasil hidrolisat kasein atau *whey* mempunyai aktivitas ganda, misalnya hidrolisat α S2-kasein yaitu fragmen 203-208, PYVRYL, selain berfungsi sebagai antimikroba juga dapat berfungsi sebagai inhibitor *Angiotensin-converting enzyme* (ACE) sehingga dapat digunakan untuk pencegahan dan pengobatan hipertensi dan antioksidan. Selain itu karena sifatnya yang tidak bereaksi dengan bahan makanan lain, peptida tersebut dapat diaplikasikan sebagai ingredient dalam berbagai makanan seperti minuman berbahan dasar susu atau buah dalam bentuk permen atau kapsul.

Bahan dasar yang melimpah, kemudahan aplikasi baik dalam bidang medis maupun dalam makanan, cara konsumsi, multifungsi dan faktor keamanan dalam konsumsi membuat peptida dari kasein atau *whey* menjadi sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut dalam skala yang lebih besar. Penggunaan peptida antimikroba ke depan nampaknya menjadi semakin menarik perhatian. Preferensi konsumen yang mulai berubah yaitu menginginkan sedikit pemrosesan makanan dan mengandung sesedikit mungkin zat aditif kimia, pangan fungsional yang sehat, mengandung banyak nutrisi dan tidak menimbulkan alergi ikut mendukung kemungkinan penggunaan peptida. Peptida antimikroba menjadi menarik karena dapat digunakan sebagai pengawet yang food grade termasuk untuk produk-produk peternakan sekaligus dapat berfungsi sebagai pangan fungsional atau suplemen (Kusumaningtyas, 2013).

3.7 Protein

Terdapat beragam kebutuhan yang dimiliki makhluk hidup untuk menunjang keberlangsungan hidupnya dan menjalani aktivitas sehari-hari. Kebutuhan tersebut terbagi menjadi primer, sekunder dan tersier dimana kebutuhan primer mencakup sandang, pangan, papan. Pangan merupakan kebutuhan yang berkaitan erat dengan gizi, salah satu faktor determinan utama dalam menentukan kualitas sumber daya manusia (Sartika, 2010). Kata gizi berasal dari

Bahasa Mesir yang artinya “makanan”. Gizi juga merupakan terjemahan kata “nutrition” yang berasal dari Bahasa Inggris. Zat gizi atau nutrient merupakan zat yang didapatkan dari makanan dan dimanfaatkan oleh tubuh dalam aktivitas pertumbuhan, perkembangan, pemeliharaan, perbaikan sel tubuh dan lainnya. Ada enam zat gizi, yaitu: karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral dan air (Devi, 2010).

Salah satu zat gizi yaitu protein, termasuk dalam klasifikasi bahan pangan sumber zat gizi. Protein adalah suatu zat yang dalam susunan kimianya terdiri dari unsur oksigen (O), karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N) serta kadang-kadang mengandung sulfur (S) dan posfor (P) yang membentuk unit-unit asam amino. Asam amino inilah yang sangat diperlukan oleh tubuh sehingga protein merupakan salah satu nutrisi yang keberadaannya harus tersedia di dalam asupan makanan. Bahan makanan sumber protein dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan. Contoh bahan makanan sumber protein yang berasal dari hewan yaitu daging, telur, susu dan ikan, sedangkan yang berasal dari tumbuhan (nabati) yaitu kacang-kacangan dan beras. Selain itu, bahan makanan lain sumber protein adalah tempe yang dibuat menggunakan kultur campuran *Rhizopus* spp. (Puspitasari *et al.*, 2019).

Asupan protein harus memenuhi kebutuhan sesuai Angka Kecukupan Gizi (AKG). Kurangnya asupan protein akan menimbulkan masalah bagi tubuh. Beberapa penelitian

menunjukkan bahwa kurangnya asupan protein dapat berpengaruh terhadap terjadinya masalah gizi kurang (Ernawati *et al.*, 2016). Hingga saat ini, kekurangan protein masih menjadi salah satu masalah yang cukup merisaukan di Indonesia. Sebagai contoh, Jawa Barat dengan jumlah balita (penduduk di bawah usia lima tahun) pada tahun 2005 mencapai 3,73 juta jiwa menunjukkan data sebanyak 25.735 jiwa atau 0,7 persen balita yang memiliki status gizi buruk akibat kekurangan protein (Setiawan, 2006). Atas dasar tersebut, perlu dilakukan peningkatan konsumsi protein yang berkualitas dan terencana dengan beberapa tindakan aktual. Makalah ini ditulis untuk mendukung tindakan tersebut sebagai salah satu referensi literatur.

3.7.1 Klasifikasi protein

Klasifikasi protein dibagi menjadi dua jenis, yaitu protein fibrous dan protein globular. Jenis protein fibrous banyak bergantung pada struktur sekunder atau bentuk protein yang dapat diulang, sedangkan protein globular (enzim dan antibodi) banyak bergantung pada interaksi struktur bebas dengan 20 jenis asam amino yang digunakan untuk membentuk rantai polipeptida (protein). Fungsi, bentuk, ukuran dan jenis protein akan ditentukan oleh jenis, bilangan, dan taburan asam amino yang terdapat di dalam struktur tersebut. Penamaan beberapa asam amino didasarkan pada pembentukan ikatan peptida dan pembentukan molekul

air. Hasil dari penamaan ini adalah rantai peptida yang lebih dikenal sebagai polipeptida dengan dua ujung rantai yang berbeda sifatnya. Ujung yang mempunyai kumpulan amino dikenal sebagai terminal N (amino) dan ujung yang mempunyai kumpulan karboksil dikenal sebagai terminal N. Penyambungan rantai asam amino ini memerlukan tenaga yang tinggi dan ketepatan urutan asam amino dan rantai ini pula bergantung pada koordinasi di antara mRNA dan tRNA.

Ada sembilan jenis asam amino esensial yang diperlukan manusia untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh, yaitu: leusin, isoleusin, valin, triptofan, fenilalanin, metionin, treonin, lisin, histidine, sedangkan asam amino non esensial ada sebelas jenis, dan masih dibagi menjadi dua, yaitu asam amino esensial bersyarat dan asam amino yang benar-benar tidak esensial, diantaranya: prolin, serin, arginin, tirosin, sistein, glisin, alanin, asam glutamate, glutamine, asam aspartat, dan asparagin. Protein yang dibentuk dengan hanya menggunakan satu polipeptida dinamakan sebagai protein monomerik dan yang dibentuk oleh beberapa polipeptida contohnya hemoglobin dikenali sebagai protein multimerik. Protein membentuk sebagian besar struktur di dalam sel termasuk sebagai enzim dan pigmen respiratori.

Beberapa macam asam amino dapat menghemat penggunaan beberapa macam asam amino esensial, akan tetapi tidak dapat menggantikannya secara sempurna.

Misalnya, sistin dapat menghemat penggunaan metionin, tirosin dapat menghemat penggunaan fenilalanin karena itu asam-asam amino tersebut disebut semi-esensial. Istilah semi-esensial dapat pula diartikan sebagai asam amino yang dapat menjamin proses kehidupan jaringan orang dewasa, tetapi tidak mencukupi untuk keperluan pertumbuhan anak-anak sehingga harus disuplai dari makanan, misalnya arginin dan histidin. Jika tidak terdapat dalam makanan, asam amino non-esensial dapat disintesis oleh tubuh sepanjang bahan dasarnya tersedia cukup, yaitu asam lemak dan senyawa bernitrogen.

Protein sebagai sumber asam amino esensial dan sumber nitrogen yang diperlukan untuk sintesis asam amino esensial dan senyawa-senyawa lain yang mengandung nitrogen. Sebetulnya yang dibutuhkan oleh tubuh adalah asam amino esensial dan nitrogennya bukan proteinnya. Asam amino esensial harus diperoleh tubuh dari makanan karena tubuh tidak mensintesisnya, sedangkan asam amino non esensial tubuh dapat mensintesis sendiri. Dalam sel baik tumbuh-tumbuhan maupun sel hewan dan manusia, protein merupakan bahan utama dari sel tersebut. Karena itulah protein disebut sebagai *zat pembangun*. Protein tubuh ini mengalami proses pembongkaran dan pembentukan kembali, yang terus berlangsung selama hidup. Protein juga merupakan sumber asam-asam amino yang diperlukan untuk

sintesis berbagai enzim dalam tubuh, untuk sintesis senyawa sebagai antibodi.

Dahulu, protein hewani dianggap berkualitas lebih tinggi daripada menu seimbang protein nabati, karena mengandung asam-asam amino yang lebih komplit. Hasil penelitian akhir-akhir ini membuktikan bahwa kualitas protein nabati dapat setinggi kulaitas protein hewani, asalkan makanan sehari-hari beraneka ragam. Dengan susunan hidangan yang beragam, kekurangan asam amino dari bahan makanan yang satu, dapat ditutupi oleh kelebihan asam-asam amino dari bahan makanan lainnya. Jadi, dengan hidangan: ada nasi atau penggantinya, lauk-pauk, sayur-sayuran, dan buah-buahan, apalagi ditambah susu adalah sehat. Bukan saja jumlah atau kualitas zat-zat gizi yang dibutuhkan tercukupi, tetapi juga kualitas zat-zat gizi yang dikonsumsi bermutu tinggi.

3.7.2 Fungsi protein

Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus. Kebanyakan protein merupakan enzim atau subunit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis. Selain itu, protein juga terlibat dalam sistem kekebalan (imun) sebagai antibodi, sistem kendali dalam bentuk hormon, sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga dalam transportasi hara. Fungsi lain dari protein yaitu sebagai salah

satu sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme yang tidak mampu membentuk asam amino tersebut (*heterotroj*). Fungsi protein sangat khas dan tidak dapat digantikan oleh zat gizi lain, fungsi tersebut antara lain sebagai pembangun struktur utama dalam sel, enzim dalam membran, hormone dan alat pembawa. Dilihat dari sisi nutrisi, protein merupakan sumber energi dan asam amino, yang penting untuk pertumbuhan dan perbaikan sel (Susanto & Fahmi, 2012).

Peran protein dalam kehidupan sehari-hari sangat penting dimana proses kimia dalam tubuh dapat berlangsung dengan baik karena adanya enzim yang berfungsi sebagai biokatalis. Bentuk peran lainnya yaitu, hemoglobin dalam butir-butir darah merah atau eritrosit yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh bagian tubuh adalah salah satu jenis protein. Sama halnya dengan zat-zat yang berperan untuk melawan bakteri penyakit atau disebut antigen, juga suatu protein. Makhluk hidup membutuhkan protein untuk pertumbuhan, perkembangan, pembentukan otot, pembentukan sel-sel darah merah, pertahanan tubuh terhadap penyakit, enzim dan hormon, dan sintesis jaringan-jaringan tubuh lainnya. Hasil pencernaan protein dapat berfungsi sebagai sumber energi apabila karbohidrat yang dikonsumsi tidak mencukupi seperti pada waktu diet ketat atau pada waktu latihan fisik intensif. Sebaiknya, kurang lebih 15% dari total kalori yang dikonsumsi berasal dari

protein. Fungsi protein tersebut antara lain digunakan sebagai pembangun struktur utama dalam sel, enzim dalam membran, hormone dan alat pembawa. Dilihat dari sisi nutrisi, protein merupakan sumber energi dan asam amino, yang penting untuk pertumbuhan dan perbaikan sel. Protein yang mengandung asam amino mempunyai daya cerna yang tinggi dan berkualitas tinggi, peptide dari organ pencernaan ikan bermanfaat bagi kesehatan, demikian juga vitamin dan mineral (Larsen *et al.*, 2011). Secara rinci, protein mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Enzim

Semua enzim yang telah diamati sampai saat ini adalah protein dan aktivitas katalitiknya bergantung pada integritas strukturnya sebagai protein. Enzim mempunyai berat molekul 12.000 lebih dari 1.000.000, karena itu enzim berukuran amat besar dibanding dengan substrat atau gugus fungsional.

- Protein Transpor: Hemoglobin dan Mioglobin

Protein yang terdapat pada hemoglobin dan mioglobin berfungsi dalam pengikatan oksigen, pengangkutan oksigen dan fotosintesis. Hemoglobin juga mengangkut H^+ dan CO_2 . Selain membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan, hemoglobin juga membawa H^+ dan CO_2 dari jaringan ke paru-paru dan ginjal untuk dieksresikan.

- Protein Pengatur: Hormon

Hormon adalah hasil sekresi kelenjar-kelenjar spesifik yang akan bekerja pada sel-sel di dekatnya dalam suatu jaringan tertentu, di samping pada sel di mana dia disintesis. Contohnya: Hormon Pertumbuhan, Insulin, Paratiroid Hormon.

- Protein Kontraktile

Banyak protein yang berperan sebagai filamen, kabel, lembaran penyanggah untuk memberikan struktur biologi atau kekuatan. Massa serat otot yang segar disusun 75% dari air dan lebih dari 20% protein. Dua protein utama otot adalah aktin dan miosin.

- Protein Struktural

Diantaranya yaitu α -Keratin, protein serat utama yang dibuat oleh sel epidermis. Keratin memberikan perlindungan eksternal bagi vertebrata. Protein ini menyusun hampir seluruh berat kering dari rambut, wol, sayap, kuku, cakar, duri, sisik, tanduk, kuku kuda, kulit penyus. Fibrinogen dan Trombin adalah protein yang terlibat dalam proses hemostatis. Hemostatis adalah peristiwa penghentian perdarahan yang terjadi setelah terputusnya keutuhan vaskuler.

- Protein Nutrien dan Penyimpan

Protein nutrien dan penyimpan terdapat pada: Biji tumbuhan menyimpan protein nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan embrio tanaman. Contohnya: protein

biji gandum, jagung, dan beras, albumin, protein nutrient pada putih telur, Kasein, protein utama pada susu.

3.7.3 Metabolisme protein

Protein yang masuk kedalam lambung diubah menjadi albuminose dan pepton oleh enzim protease yang ada dilambung yaitu pepsin. Proses selanjutnya, di dalam usus 12 jari terdapat enzim tripsin yang berasal dari pankreas yang akan mengubah sisa-sisa protein yang belum sempurna diubah oleh pepsin menjadi albuminose dan pepton. Setelah sampai pada usus halus albuminose dan pepton diubah menjadi asam-asam amino sehingga siap untuk diserap oleh usus halus, setelah asam-asam amino yang berasal dari protein makanan diserap oleh dinding usus, maka asam amino dibawa darah ke dalam hati. Asam-asam amino ini dibagi-bagikan oleh hati ke jaringan-jaringan tubuh untuk mengganti sel-sel jaringan yang rusak. Sebagian asam amino juga digunakan untuk membuat protein darah.

Hasil akhir pencernaan protein terutama berupa asam amino dan ini segera diabsorpsi dalam waktu lima belas menit setelah makan. Absorpsi terutama terjadi dalam usus halus berupa empat sistem absorpsi aktif yang membutuhkan energi, yaitu masing-masing untuk asam amino netral, asam amino asam dan basa, serta untuk prolin dan hidroksiprolin. Absorpsi ini menggunakan mekanisme transpor natrium seperti halnya pada absorpsi glukosa. Asam amino yang

diabsorpsi memasuki sirkulasi darah melalui vena porta dan dibawa ke hati. Sebagian asam amino digunakan oleh hati, dan sebagian lagi melalui sirkulasi darah dibawa ke sel-sel jaringan. Kadang-kadang protein yang belum dicerna dapat memasuki mukosa usus halus dan muncul dalam darah. Hal ini sering terjadi pada protein susu dan protein telur yang dapat menimbulkan gejala alergi. Sebagian besar asam amino telah diabsorpsi pada saat asam amino sampai di ujung usus halus. Hanya 1% protein yang dimakan ditemukan dalam feses. Protein endogen yang berasal dari seknsi saluran cerna dan sel-sel yang rusak juga dicerna dan diabsorpsi. Ribuan protein yang terdapat dalam tubuh manusia melakukan berbagai fungsi (Rismayanthi, 2006).

3.7.4 Sumber protein

Ikan adalah sumber protein hewani kelas dua setelah daging, susu dan telur. Kandungan protein ikan cukup tinggi dengan susunan asam amino yang cukup lengkap dan kandungan lemak yang rendah. Kandungan asam lemaknya sebagian besar merupakan asam lemak tak jenuh ganda terutama asam lemak omega-3 yang dapat menurunkan kadar kolesterol, meingkatkan kecerdasan, dan mencegah berbagai penyakit degeneratif. Protein dari ikan merupakan sumber yang bagus dari sisi fungsional dan nutrisi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Sifat fungsional protein didefinisikan sebagai karakteristik fisiko-kimia dan

perhitungan perubahan dalam sistem makanan selama persiapan, proses, penyimpanan, dan konsumsi. Selain sebagai sumber protein, ikan merupakan sumber bioaktif peptida. Senyawa bioaktif peptide banyak ditemukan pada daging ikan dari berbagai macam spesies (Kadam & Prabhasankar, 2010).

Senyawa protein pada organisme lautan terdiri dari rangkaian bioaktif peptida, yang dapat menunjukkan efek fisiologi dalam tubuh. Beberapa diantaranya diidentifikasi bermanfaat bagi kesehatan manusia dan dapat digunakan untuk mengurangi kemungkinan timbulnya penyakit jantung (Ngo *et al.*, 2011). Peptida bioaktif biasanya terdiri dari 3-20 asam amino, dan aktivitas bioaktif peptide tersebut tergantung dari komposisi asam amino dan susunannya. Peptida dari organisme laut terdiri dari enzim terhidrolisa protein laut serta mempunyai beberapa fungsi fisiologis antara lain sebagai antioksidan, anti koagulan, anti-hipertensi dan anti-bakteri. Biopeptida laut yang berfungsi sebagai antioksidan mempunyai potensi yang besar sebagai nutraeutical dan pangan fungsional (Susanto & Fahmi, 2012).

Jenis ikan merupakan bahan pangan sumber protein hewani yang relative murah dibandingkan dengan sumber protein hewani lainnya. Pengolahan daging ikan menurunnya kadar protein ikan sejalan dengan menurunnya kadar lemak ikan sebagai akibat dari degradasi lemak dan denaturasi protein yang mengakibatkan menurunnya fungsi protein dan

lemak. Selain itu, degradasi lemak dan denaturasi protein juga akan menyebabkan bau tengik dan citarasa yang tidak enak pada ikan. Pengukuran kadar protein menggunakan metode Kjeldahl dan pengukuran kadar lemak menggunakan metode Soxhlet. Bandeng (*Chanos chanos*, Forskal) merupakan salah satu komoditas yang strategis untuk memenuhi kebutuhan protein yang relatif murah dan digemari oleh konsumen di Indonesia. Ikan bandeng air tawar lebih banyak mengandung kadar air (75,857%), sedangkan ikan bandeng air payau banyak mengandung protein (24,175%) dan lemak (0,853%). Menurut Hafiludin (2015) mengemukakan bahwa ikan bandeng air tawar mempunyai kandungan protein (15,38%), 0,45%, air (79,42%) dan abu (0,86%), sedangkan ikan bandeng segar mempunyai kandungan proksimat air (75,03%), abu (1.35%), protein (20.30%), lemak (0.61%).

Sumber lain protein yaitu kedelai yang merupakan komoditas pangan dengan kandungan protein nabati tinggi dan telah digunakan sebagai bahan baku produk olahan seperti susu kedelai, tempe, tahu, kecap, dan berbagai makanan ringan lainnya. Kedelai mengandung protein 35-40% basis bobot kering, 90% di antaranya merupakan protein tersimpan yang penyusun utamanya adalah 11S glycinin dan 7S β -conglycinin. Kebanyakan kacang-kacangan lain, kadar proteinnya berkisar antara 20–30%, sedangkan pada kedelai 35–38%. Protein pada produk olahan kedelai bervariasi,

misalnya tepung kedelai 50%, konsentrat protein kedelai 70%, dan isolat protein kedelai 90% (Krisnawati, 2017).

Daun kelor juga merupakan sumber protein dimana pada sebuah penelitian menunjukkan hasil bahwa berdasarkan metode pengeringan, (*blanching*, layu dan jemur) dari tiga jenis kelompok daun kelor, kandungan protein tertinggi ditemukan pada metode pengeringan dengan melakukan pemanasan pendahuluan (*blanching*). Hal ini menggambarkan bahwa protein pada daun kelor sangat terpengaruh dengan berbagai proses yang terjadi pada daun baik yang secara alami maupun sengaja dilakukan, oleh karena itu untuk dapat mempertahankan kandungan protein pada daun kelor, maka perlu dilakukan perlakuan awal yaitu *blanching*. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu *blanching* maka semakin menurun nilai nutrisi mikro seperti kandungan vitamin C, vitamin B2, dan beta karoten tepung daun kelor, namun dari sisi bau perlu diperhitungkan karena bau daun kelor mentah yang tidak di *blanching* sangat tajam sehingga tidak disukai bila dilakukan fortifikasi pada produk pangan (Susana & Muhamad, 2019). Nitrogen berperan penting dalam pembentukan protein, merangsang pertumbuhan vegetatif, dan meningkatkan hasil buah. Tanaman yang tumbuh pada tanah dengan kadar nitrogen cukup akan berwarna lebih hijau (Murcitra *et al.*, 2006).

3.7.5 Produk makanan protein lainnya

Isolat protein dan konsentrat protein merupakan produk teknologi maju dengan cara mengisolasi proteinnya maka akan diperoleh tepung dengan kandungan protein sebesar 90%, sedangkan konsentrat memiliki kandungan protein 70%. Produk akhir dari isolat dan konsentrat protein berupa protein pekar, protein pintal, daging tiruan campuran (*meat extender*) dan daging tiruan murni (*meat analog*). *Meat extender* dibuat dari protein pekar (isolat ataupun konsentrat protein) sebanyak 10-50% dan dicampurkan dengan daging asli. *Meat analog* merupakan isolat protein yang dipintal sehingga terbentuk benang-benang yang kemudian dilekatkan sehingga terbentuk suatu tekstur yang diinginkan dan menyerupai daging. Sifatnya yang murni karena berasal dari protein nabati maka *meat analog* mempunyai kandungan gizi lebih baik, homogen, tahan simpan dan bebas lemak hewani serta harga murah (Utomo & Antarlina, 1998).

3.7.6 Kebutuhan protein

Manusia membutuhkan protein dari jaringan protein sebagai sumber nitrogen. Dalam setiap hari kita membutuhkan asupan 0,8 g/kg berat badan dalam setiap hari, sedangkan, seorang atlet membutuhkan asupan protein 2 g/kg setiap berat badan. Sementara seorang wanita pada umur 19–70 tahun membutuhkan 46 g protein dalam setiap hari. Selama proses pencernaan protein, banyak peptide yang

diproduksi. Peptide berfungsi sebagai pembawa pesan biologi, menstimulasi respon fisiologi. Peptida didapatkan dari protein makanan yang berfungsi untuk menjaga kesehatan dan mencegah terjadinya penyakit jantung, syaraf, sistem kekebalan dan nutrisi disamping sebagai sumber energi dan asam amino.

Nilai gizi protein dapat diartikan sebagai kemampuan suatu protein untuk dapat dimanfaatkan oleh tubuh sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein tubuh. Terdapat dua faktor yang menentukan nilai gizi suatu protein, yaitu (1) daya cerna dan (2) kandungan asam amino esensial. Protein yang mudah dicerna (dihidrolisis) oleh enzim-enzim pencernaan, serta mengandung asam-asam amino esensial yang lengkap serta dalam jumlah yang seimbang merupakan protein yang bernilai gizi tinggi. Umumnya protein hewani (daging, ikan, susu, telur) merupakan protein yang bernilai gizi tinggi, kecuali gelatin. Protein nabati umumnya daya cernanya lebih rendah dan kekurangan salah satu (sering juga kekurangan dua macam) asam amino esensial. Sebagai contoh, protein sereal (beras, terigu) kekurangan asam amino lisin, sedangkan protein kacang-kacangan (kedelai) kekurangan asam amino belerang (metionin). Pada umumnya proses pemasakan di rumah tangga dapat meningkatkan daya cerna suatu protein, akibat terjadinya denaturasi protein dan inaktivasi senyawa-senyawa anti-nutrisi (anti-protease, hemaglutinin, dan sebagainya). Akan

tetapi pengolahan bahan pangan di suatu industri, apabila tidak terkontrol dengan baik, kadang-kadang dapat menurunkan nilai gizi protein akibat terjadinya reaksi-reaksi kimia, misalnya reaksi pencoklatan non-enzimatis. Terdapat bermacam-macam cara atau metode evaluasi nilai gizi protein, tetapi pada garis besarnya dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu metode *in vitro* (secara kimia, enzimatis atau mikrobiologis) dan *in vivo* (secara biologis menggunakan hewan percobaan, termasuk manusia). Beberapa metode *in vitro* mengevaluasi komposisi asam amino esensial suatu protein (metode skor kimia), ketersediaan (bio-availabilitas) asam amino (metode lisin tersedia), daya cerna suatu protein (metode enzimatis), serta nilai PER yang dihitung berdasarkan nilai cerna dan komposisi asam amino suatu protein (PER hitung, C-PER, *calculated protein efficiency ratio*).

Metode biologis untuk evaluasi nilai gizi protein pada umumnya menggunakan tikus putih (*albino rat*) sebagai hewan percobaan, tetapi ada juga yang menggunakan mencit, ayam atau hewan lain (kera ekor panjang) dan bahkan manusia. Parameter yang ditetapkan dalam evaluasi nilai gizi suatu protein secara biologis, antara lain PER (*protein efficiency ratio*), nilai cerna atau daya cerna, nilai biologis, dan *net protein utilization* (NPU). *Protein efficiency ratio* (PER) pada dasarnya menghitung efisiensi suatu protein makanan yang digunakan untuk sintesis protein di dalam

tubuh. Apabila didefinisikan maka PER adalah perbandingan antara pertambahan berat badan dengan jumlah protein yang dikonsumsi. Nilai cerna atau daya cerna suatu protein adalah perbandingan antara jumlah asam-asam amino yang dapat diserap oleh usus halus dengan jumlah protein yang dikonsumsi. Nilai biologis adalah perbandingan antara jumlah asam-asam amino yang dapat ditahan (retensi) oleh tubuh (untuk sintesis protein tubuh) dengan jumlah asam-asam amino yang dapat diserap oleh usus halus. Sedangkan *net protein utilization* (NPU) adalah perbandingan antara jumlah asam-asam amino yang dapat ditahan oleh tubuh dengan jumlah protein yang dikonsumsi. Jumlah protein yang dikonsumsi dapat dihitung berdasarkan pada jumlah makanan yang dikonsumsi dikalikan dengan kadar protein makanan tersebut. Jumlah asam-asam amino yang dapat diserap oleh usus halus dihitung berdasarkan pengurangan antara jumlah protein yang dikonsumsi dengan jumlah senyawa nitrogen yang terdapat dalam feses. Sedangkan jumlah asam-asam amino yang dapat ditahan oleh tubuh dihitung berdasarkan pengurangan antara jumlah asam-asam amino yang dapat diserap oleh usus halus dengan jumlah senyawa nitrogen (urea) yang terdapat dalam urine.

Kebutuhan tubuh akan protein dan asam-asam amino dapat diestimasi menggunakan tiga cara. Untuk bayi, jumlah protein dan pola asam-asam amino esensial yang terdapat dalam air susu ibu (ASI) dianggap sesuai untuk pertumbuhan

bayi yang optimal. Untuk anak-anak, biasanya digunakan metode faktorial, yang menyangkut estimasi jumlah semua nitrogen yang hilang melalui urine, feses, dan kulit, ditambah dengan kebutuhan untuk pertumbuhan. Untuk orang dewasa digunakan metode keseimbangan nitrogen yang diukur pada berbagai tingkat konsumsi protein. Keseimbangan nitrogen dinilai dari perbandingan antara jumlah nitrogen (protein) yang dikonsumsi dengan nitrogen yang hilang melalui urine, feses, kulit (keringat) dan jalur metabolisme lainnya. Jika nitrogen yang dikonsumsi lebih besar dari nitrogen yang diekskresikan, keseimbangan nitrogen disebut positif dan disebut negatif untuk keadaan sebaliknya. Keseimbangan nitrogen akan tercapai bila nitrogen yang dikonsumsi sama besar dengan nitrogen yang diekskresikan. Kecukupan protein minimal bagi orang dewasa ditentukan berdasarkan hasil penelitian dengan keseimbangan nitrogen yang tidak negatif. Nilai gizi protein akan menentukan jumlah yang harus dikonsumsi. Untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan protein, protein dengan nilai gizi rendah harus dikonsumsi dalam jumlah lebih banyak dibandingkan dengan protein yang bernilai gizi tinggi.

Rangkuman

Protein adalah biomolekul penting dalam makanan. Protein bila dihidrolisis akan menjadi peptide, dan peptide dihidrolisis akan menjadi asam amino. Klasifikasi asam amino didasarkan sifat-sifat pada rantai sampingnya.

Tugas Penyelesaian Soal

1. Jelaskan klasifikasi asam amino!
2. Jelaskan peran peptide dalam makanan!
3. Jelaskan fungsi protein dalam makanan!
4. Jelaskan sumber protein penting bagi manusia!

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyatussoffi, N., & N. Abdulgani. 2013. Pengaruh pemberian ekstrak ikan gabus (*Channa striata*) pada struktur histologi pankreas dan kadar glukosa darah mencit (*Mus musculus*) hiperglikemik. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, Vol. 2(1): 2337-3520.
- Al Awwaly, K. U., S. Triatmojo., Y. Erwanto., & W. T. Artama. 2015. Komponen Bioaktif dalam Daging dan Sifat Fungsionalnya: Sebuah Kajian Pustaka. *Jurnal Ilmu Teknologi Hasil Ternak*. 10 (1): 22-34.
- Ardianto, D. 2015. *Buku Pintar Budidaya Ikan Gabus*. Yogyakarta: FlashBooks.
- Atma, Y. 2016. Pemanfaatan Limbah Ikan Sebagai Sumber Alternatif Produksi Gelatin dan Peptida Bioaktif: Review. *Jurnal Nasional Sains dan Teknologi*. 1 (1): 1-6.
- Pratama. B. 2009. *Modul Asam Amino Peptida dan Protein*. Kencana Premada Media Group: Jakarta.
- Bourke, S. L. 2003. Polymer Derived from The Amino Acyd-Tyrosine Poly Carbonate Polyacrylates and Copolymer With Ethylene Glycol. *Advanced Drug Delivery Reviews*, Vol. 55(4): 447-466.
- Devi, N. (2010). *Nutrition and Food*. Penerbit Buku Kompas: Jakarta.
- Ernawati, F., Prihatini, M., & Yuriestia, A. (2017). Gambaran Konsumsi Protein Nabati Dan Hewani Pada Anak Balita Stunting Dan Gizi Kurang Di Indonesia (the Profile of Vegetable-Animal Protein Consumption of

- Stunting and Underweight Children Under Five Years Old in Indonesia). *Nutrition and Food Research*, 39(2), 95-102.
- Fitriyani, E., Nuraenah, N., & Deviarni, I. M. (2020). Perbandingan komposisi kimia, asam lemak, asam amino ikan toman (*Channa micropeltes*) dan ikan gabus (*Channa striata*) dari Perairan Kalimantan Barat. *Manfish Journal*, 1(02), 71-82.
- Hafiludin, H. (2015). Analisis Kandungan Gizi Pada Ikan Bandeng Yang Berasal Dari Habitat Yang Berbeda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 8(1), 37-43.
- Irwan, Z. (2020). Kandungan Zat Gizi Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Berdasarkan Metode Pengeringan. *Jurnal Kesehatan Manarang*, 6(1), 69-77.
- Kadam, S. U., & P. Prabhasankar. 2010. Marine Food as Functional Ingridients in Bakery and Pasta Products. *Food Research International*. 43 (1): 1975-1980.
- Kusumaningtyas, E. 2013. Peran Peptida Susu Sebagai Antimikroba untuk Meningkatkan Kesehatan. *Jurnal WARTAZOA*. 23 (2): 63-75.
- Kusumaningtyas, E. 2018. Aplikasi Peptida untuk Meningkatkan Kesehatan dan Produktivitas Ternak. *Jurnal WARTAZOA*. 28 (2): 89-98.
- Krisnawati, A. (2017). Kedelai sebagai sumber pangan fungsional soybean as source of functional food. *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1), 57-65.

- Larsen, R, Eilersten, K.E., & Elvevoll, E.O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances* 29: pp: 508-518.
- Libby, P., & R. Ross. 1996. *Cytokin and Growth Regulatory Molecules in Atherosclerosis In: Fuster V, Ross R, Topol E J, eds Atherosclerosis and Coronary Artery Disease Philadelphia Lippincot*. Raven Publisher.
- Mine, Y., & F. Shahidi. 2006. *Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease*. CRC Press, Boca Raton.
- Murcitra, B. G., Hasanudin & Indriani, Y. (2006) 'Peran Pupuk N Dan P Terhadap Serapan N, Efisiensi N Dan Hasil Tanaman Jahe Di Bawah Tegakan Tanaman', *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 8(1), pp. 61–68.
- Murray, K. 2002. *Harper Biochemistry, twenty fifth edition*. Mc Graw Hill Company: New York
- Muslim. 2013. Jenis-Jenis Ikan Gabus (*Genus Channa*) di Perairan Rawa Banjiran Sungai Kelekar Indralaya Ogan Ilir Sumatera Selatan. *Seminar Nasional Biologi: Bandung*.
- Ngo, D. H., I. Wijesekara., I. Vo., S. K. Kim. 2011. Marine Food-derived Functional Ingredients as Potential Antioksidan in the Food Industry. *Food Research International*. 1 (1): 1-10.
- Prastari, C., Desmelati, & R. Karnila. 2015. Pengaruh Penggunaan Tepung Getah Papaya Konsentrasi Berbeda Terhadap Karakteristik Mutu Kecap Ikan

- Gabus (*Channa Striata*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 20(2): 01-09.
- Prastari, C., S. Yasni, & M. Nurilmala. 2017. Karakteristik Protein Ikan Gabus Yang Berpotensi Sebagai Antihiperqlikemik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, Vol. 20(2): 413-423.
- Puspitasari, R. L., Elfidasari, D., & Perdana, A. T. (2019). Sosialisasi Tempe Sebagai Sumber Protein Bagi Ibu Hamil Dan Ibu Menyusui. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia*, 1(1), 12-16.
- Rismayanthi, C. (2006). Konsumsi Protein Untukpeningkatan Prestasi. *Medikora*, 11(2).
- Sari, K. D., A. Rosidi, & H. Rahmawati. 2017. Profil Albumin dan Betakaroten Formula Bubur Bayi Instan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. Vol. 20(3): 602-608.
- Setiawan, N. (2006). Perkembangan Konsumsi Protein Hewani di Indonesia: Analisis Hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional 2002-2005 (The Trend of Animal Protein Consumption in Indonesia: Data Analysis of 2002-2005 National Socio Economic Survey). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 6(1).
- Shafri, M., & M. J. Mannan. 2012. Therapeutic potential of the Haruan (*Channa Striata*) from food to medical use. *Malaysian Journal of Nutrition*, Vol. 18(1): 125-36.
- Susana, M. & Muhamad, E. V (2019) ‘Pengaruh Blanching terhadap Perubahan Nilai Nutrisi Mikro Tepung

- Daun Kelor (*Moringa oleifera*)', *Jurnal Partner*, 24(2), pp. 1010–1019.
- Stevens, M. P. 2001. *Polymer Chemistry: An Introduction*. Oxford University Press: Inggris.
- Sudirga, S. K. 2015. *Metabolisme Asam Amino*. Juruusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana: Bali.
- Sugiyono. 2004. *Kimia Pangan*. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
- Susanto, E., & A. S. Fahmi. 2012. Senyawa Fungsional Dari Ikan: Aplikasinya Dalam Pangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1 (4): 95-102.
- Tatang, S. J. 2013. *Biokimia: Biomolekul dalam Perspektif Al-Quran*. Penerbit Deepublish: Yogyakarta.
- Tidona, F., A. Criscione., A. M. Guastella., A. Zuccaro., S. Bordonaro., & D. Marletta. 2009. Bioactive Peptides in Dairy Products. *Ital J anim Sci*. 8 (1): 315-340.
- Utomo, J. S., & Antarlina, S. S. (1998). Teknologi pengolahan dan produk-produk kacang tunggak. *Sumber*, 8(74), 1-24.
- Venugopal, S. 2010. Food and Nutrition Departement. Faculty of Family and Community.
- Wahjuni, S. 2013. *Metabolisme Biokimia*. Udayana University Press: Bali.
- Winarno, F. G. 2007. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

- Wu, H. C., & C. Y. Shiau. 2002. Proximate Composition, Free Amino Acids and Peptide Contents Commercial Chicken and Other Meat Essences. *Journal of Food and Drug Anal.* 10 (3): 170-177.
- Yeum, K. J. & R. M. Russel. 2002. Carotenoid Bioavailability and Bioconversion. *Annual Review Nutrition*, Vol. 22:483 -504.
- Yuniarti, D. W., T. D. Sulistiyati, & E. Suprayitno. 2012. Pengaruh Suhu Pengeringan Vakum Terhadap Kualitas Serbuk Albumin Ikan Gabus. *Teknologi Hasil Perikanan Student Journal*, Vol. 1(1): 1-9.

BAB IV



LIPID MAKANAN

Capaian Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini melalui serangkaian tatap muka dan penugasan diharapkan mahasiswa mampu memahami pentingnya senyawa lipid dalam bahan pangan.

Indikator

- Menjelaskan lipid dan klasifikasinya dalam makanan
- Menjelaskan pentingnya asam lemak dalam makanan
- Menjelaskan metode analisis asam lemak makanan
- Menjelaskan tentang kolesterol pada bahan pangan
- Menjelaskan klasifikasi dan fungsi kolestrol
- Menjelaskan peran kolesterol dalam tubuh
- Pengukuran kolesterol

Deskripsi Singkat

Setelah mengikuti kuliah tatap muka, diskusi dan penugasan, mahasiswa diharapkan dapat memahami pentingnya lipid dalam bahan pangan. Beberapa subbab yang

akan dipelajari antara lain: lipid dan kalisifikasinya, urgensi lemak dalam makanan, metode analisis lemak, kosterol dan klasifikasinya, peran kolesterol bagi tubuh, pengukuran kolesterol.

4.1 Definisi Lipid

Lemak adalah zat organik hidrofobik yang bersifat sukar larut dalam air, tetapi dapat larut dalam pelarut organik seperti kloroform, eter, dan benzen. Unsur penyusun lemak antara lain adalah Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen(O), dan kadang-kadang Fosforus (P) serta Nitrogen (N). Di dalam tubuh kita, lemak mempunyai beberapa fungsi penting, diantaranya adalah: sebagai pelindung tubuh dari suhu rendah, pelarut vitamin A, D, E, dan K, pelindung alat-alat tubuh vital (antara lain jantung dan lambung), yaitu sebagai bantalan lemak, penghasil energi tertinggi, penahan rasa lapar, karena adanya lemak akan memperlambat pencernaan, apabila pencernaan terlalu cepat maka akan cepat pula timbulnya rasa lapar, bahan penyusun membran sel, bahan penyusun hormon dan vitamin (khususnya untuk sterol), bahan penyusun empedu, asam kholat (di dalam hati), dan hormon seks (khususnya untuk kolesterol). pembawa zat-zat makanan esensial.

Lemak, minyak dan lipid terdiri dari sejumlah besar senyawa organik, termasuk asam lemak (FA), monoasilgliserol (MG), diasilgliserol (DG), triasilgliserol

(TG), fosfolipid (PL), eikosanoid, resolvin, dokosanoid, sterol, ester sterol, karotenoid, vitamin A dan E, alkohol lemak, hidrokarbon dan ester lilin. Secara klasik, lipid didefinisikan sebagai zat yang larut dalam pelarut organik. Namun, seiring waktu definisi ini dianggap tidak lagi memadai atau akurat dan definisi baru klasifikasi lipid diusulkan tahun 2005 (Fahy *et al.*, 2005). Definisi baru berbasis kimia mendefinisikan lipid sebagai molekul hidrofobik kecil atau amfipatik (atau amfifilik) yang mungkin berasal sepenuhnya atau sebagian melalui kondensasi unit tioester dan/atau isoprena. Klasifikasi lipid yang diusulkan memungkinkan mengelompokkan lipid dan sifat-sifatnya dalam kelompok yang kompatibel dengan yang lain berdasarkan database makromolekul. Dengan menggunakan pendekatan ini, lipid dari jaringan biologis dibagi menjadi delapan kategori, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 12**. Setiap kategori berisi kelas dan subkelas molekul yang berbeda (Fahy *et al.*, 2005).

Tabel 12. Klasifikasi lipida dan contohnya

Kelompok	Contoh
Fatty acil/asil lemak	Asam oleat
Gliserolipid	Triasilgliserol
Gliserofosfolipid	Fasfatidilcholin
Sfingolipid	Sfingosin
Lipid sterol	Kolesterol
Prenol lipid	Farnesol
Saccharolipid	UDP-3-O-(3hydroxy tetradecanoyl) Nacetylglucosamine
Poliketida	Aflatoxin

(Fahi *et al.*, 2005)

4.2 Klasifikasi lemak

Berdasarkan komposisi kimianya, lemak terbagi menjadi 3 (Hardinsyah, 2014), yaitu :

1) Lemak Sederhana / Netral (Trigliserida).

Lemak sederhana tersusun oleh trigliserida, yang terdiri dari satu gliserol dan tiga asam lemak. Contoh senyawa lemak sederhana adalah lilin (wax), malam, atau plastisin (lemak sederhana yang padat pada suhu kamar), dan minyak (lemak sederhana yang cair pada suhu kamar).

2) Lemak Campuran

Lemak campuran merupakan gabungan antara lemak dengan senyawa bukan lemak. Contoh lemak campuran adalah lipoprotein (gabungan antara lipid dan dengan protein), fosfolipid (gabungan antara lipid dan fosfat), serta fosfatidilkolin (yang merupakan gabungan antara lipid, fosfat, dan kolin).

3) Lemak Asli (Derivat Lemak)

Derivat lemak adalah senyawa yang dihasilkan dari proses hidrolisis lipid, misalnya kolesterol dan asam lemak.

4.3 Lemak dan Asam Lemak pada Makanan

Lemak makanan mencakup semua lipid dalam jaringan tumbuhan dan hewan yang dimakan sebagai

makanan. Lemak (padat) atau minyak (cair) yang paling umum adalah gliserolipid, yang pada dasarnya terdiri dari triasil gliserol (TG). TG disertai dengan sejumlah kecil fosfolipid (PL), monoasil gliserol (MG), diasil gliserol (DG) dan sterol/sterol ester. Asam lemak merupakan komponen utama dari kelompok lipid tersebut dan diperlukan dalam nutrisi manusia sebagai sumber energi, aktivitas metabolisme dan pembangun struktural. Asam lemak pada makanan yang paling umum telah dibagi menjadi tiga kelas sesuai dengan tingkat ketidakjenuhan, yaitu asam lemak jenuh (SFA) memiliki tidak ada ikatan rangkap, asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) memiliki satu ikatan rangkap dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) memiliki dua atau lebih ikatan rangkap. Secara umum, asam lemak tersebut memiliki jumlah atom karbon yang genap dan memiliki struktur yang tidak bercabang. Ikatan rangkap dari asam lemak tak jenuh yang terjadi secara alami sangat sering orientasi cis. Konfigurasi cis berarti bahwa atom hidrogen yang terikat pada ikatan rangkap berada pada sisi yang sama. Jika atom hidrogen berada pada sisi yang berlawanan, konfigurasi disebut trans (Witztum & Dennis, 2005).

4.3.1 Asam lemak jenuh

Asam lemak jenuh (SFA) memiliki rumus umum $R-COOH$. Asam lemak tersebut selanjutnya diklasifikasikan ke dalam empat subkelas menurut panjang rantainya: pendek,

sedang, panjang dan sangat panjang. Ada berbagai definisi yang digunakan dalam literatur untuk sub-kelas SFA (Witztum & Dennis, 2005).

- Asam lemak rantai pendek: Asam lemak dengan tiga sampai tujuh atom karbon.
- Asam lemak rantai menengah: Asam lemak dengan delapan sampai tiga belas atom karbon.
- Asam lemak rantai panjang: Asam lemak dengan empat belas hingga dua puluh atom karbon.
- Asam lemak rantai sangat panjang: Asam lemak dengan dua puluh satu atau lebih atom karbon.

Tabel 13 mencantumkan beberapa SFA yang paling umum, terutama disediakan oleh: lemak hewani dan ruminansia. Kandungan SFA yang cukup tersedia juga di beberapa minyak tropis, terutama minyak sawit dan minyak kelapa.

Tabel 13. Asam lemak jenuh

Nama umum	Nama sistematik	Singkatan	Sumber
Asam butirrat	Asam butanoat	C4:0	Lemak susu
Asam kaproat	Asam heksanoat	C6:0	Lemak susu
Asam kaprilat	Asam oktanoat	C8:0	Lemak susu, minyak kelapa, minyak sawit
Asam kaprat	Asam dekanoat	C10:0	Lemak susu, minyak kelapa, minyak sawit
Asam laurat	Asam dodekanoat	C12:0	Minyak kelapa, minyak sawit
Asam miiristat	Asam tetradekanoat	C14:0	Lemak susu, minyak kelapa, minyak sawit

Asam palmitat	Asam heksadekanoat	C16:0	Kebanyakan minyak dan lemak
Asam stearat	Asam oktadekanoat	C18:0	Kebanyakan minyak dan lemak
Asam arakidat	Asam eicosanoat	C20:0	Minyak kacang
Asam behenat	Asam docosanoat	C22:0	Minyak kacang
Asam lignoserat	Asam tetracosanoat	C24:0	Minyak kacang

Asam lemak jenuh bersifat non-esensial karena dapat disintesis oleh tubuh dan pada umumnya berwujud padat pada suhu kamar. Asam lemak jenuh berasal dari lemak hewani, misalnya mentega, krim, keju, minyak samin, lemak sapi, es krim, dan lemak yang menempel pada daging.

Asam lemak jenuh yang paling banyak terdapat di alam adalah asam palmitat dan asam stearat. Minyak merupakan bahan cair di antaranya disebabkan rendahnya kandungan asam lemak jenuh dan tingginya kandungan asam lemak yang tidak jenuh yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya, sehingga mempunyai titik lebur yang rendah. Lemak banyak digunakan dalam pembuatan roti atau kue dengan tujuan membantu pengempukan produk akhir. Lemak yang bersifat demikian dikenal dengan istilah *shortening*. Dengan adanya lemak yang tidak larut dalam air itu, maka terbentuknya massa serabut-serabut gluten dari gandum yang padat dan keras dapat dihalangi. Dengan demikian serabut-serabut gluten

menjadi lebih pendek (shortening), sehingga produk akhirnya (roti atau kue) menjadi lebih empuk.

4.3.2 Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh juga diklasifikasikan lebih lanjut menjadi tiga sub-kelompok menurut panjang rantai. Berbagai definisi juga telah digunakan dalam literatur untuk sub-kelas asam lemak tak jenuh, tetapi tidak ada definisi yang diterima secara universal.

- Asam lemak tak jenuh rantai pendek: Asam lemak dengan sembilan belas (19) atom karbon atau lebih sedikit.
- Asam lemak tak jenuh rantai panjang: Asam lemak dengan dua puluh (20) hingga dua puluh empat (24) atom karbon.
- Asam lemak tak jenuh rantai sangat panjang: Asam lemak dengan dua puluh lima (25) atau lebih atom karbon.

1) Asam lemak tak jenuh tunggal

Lebih dari seratus asam lemak tak jenuh tunggal (cis-MUFA) terdapat di alam, tetapi sebagian besar merupakan senyawa yang sangat langka. Asam oleat (OA) adalah MUFA yang paling umum dan hadir dalam jumlah yang cukup besar baik di sumber hewani maupun nabati. **Tabel 14** mencantumkan MUFA diet yang paling umum.

Tabel 14. Beberapa asam lemak cis-tak jenuh tunggal

Senyawa	Nama sistematis	Posisi ikatan rangkap	Sumber
Asam palmitoleat	Cis-9-heksadekanoat	9C-16:1	Minyak hewan laut, minyak macadamia, kebanyakan hewan dan minyak tumbuhan
Asam oleat	Cis-9-oktadekanoat	9C-18:1	Semua minyak dan lemak, terutama minyak zaitun, minyak canola, minyak biji matahari
Asam cis-vakanoat	Asam Cis-11-oktadekanoat	11C-18:1	Kebanyakan minyak tumbuhan
Asam gadoleat	Asam Cis-9-eicosanoat	9C-20:1	Minyak hewan laut
	Asam Cis-9-eicosanoat	11C-20:1	Minyak hewan laut
Asam erusiat	Asam cis-13-dokosenoat	13C-22:1	Minyak biji sawi
Asam nervonat	Asam cis-15-tetrakosenoat	15C-24:1	Minyak hewan laut

2) Asam lemak tak jenuh ganda

Asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) alami dengan ikatan rangkap terinterupsi metilen dan semua konfigurasi cis dapat dibagi menjadi 12 famili, mulai dari ikatan rangkap yang terletak pada posisi n-1 hingga posisi n-12 (Gunstone, 1999). Famili yang paling penting yang terkait dengan kesehatan dan gizi manusia, adalah famili n-6 dan n-3. Asam linoleat (LA) adalah asam lemak induk dari keluarga n-6. LA memiliki 18 atom karbon dan dua ikatan rangkap dan ikatan rangkap pertama adalah 6 atom karbon dari ujung metil rantai asam lemak, dan karenanya nama n-6. LA dapat mengalami desaturasi dan memanjang pada manusia untuk membentuk a

seri n-6 PUFA. Asam α -linolenat (ALA) adalah asam lemak induk dari famili n-3. ALA juga memiliki 18 atom karbon, tetapi tiga ikatan rangkap. Berbeda dengan LA, yang pertama ikatan rangkap pada ALA adalah 3 atom karbon dari ujung metil rantai asam lemak, dan karenanya nama n-3. Sama halnya dengan LA, ALA juga bisa mengalami desaturasi dan memanjang untuk membentuk rangkaian n-3 PUFA.

LA dan ALA terjadi di hampir semua lemak makanan dan mencapai proporsi utama di sebagian besar minyak nabati. ALA terutama terdapat pada tumbuhan, terjadi pada suhu tinggi dan terkonsentrasi di beberapa biji dan kacang-kacangan dan juga di beberapa minyak nabati. meskipun demikian kehadirannya dalam diet konvensional jauh lebih rendah daripada LA. Asam arakidonat (AA) adalah n-6 PUFA yang paling penting dari semua n-6 asam lemak karena prekursor utama untuk eikosanoid turunan n-6. AA hadir pada level rendah dalam daging, telur, ikan, ganggang dan tanaman air lainnya (Ackman, 2008). Asam eicosapentaenoic (EPA) dan asam docosahexaenoic (DHA) adalah yang paling banyak asam lemak n-3 penting dalam nutrisi manusia. EPA dan DHA adalah komponen dari lipid laut. Ikan laut seperti makarel, salmon, sarden, herring dan smelt adalah sumber EPA dan DHA yang sangat baik (Ackman, 2008a). Minyak ikan yang mengandung 60% EPA dan DHA dijual sebagai sumber asam lemak n-3 yang penting ini. Minyak alga dan sumber minyak sel tunggal dari

LCPUFA sekarang tersedia (untuk menyediakan EPA+DHA+AA). Selanjutnya, minyak rekayasa genetika, diproduksi oleh manipulasi genetik kedelai dan tanaman lain, saat ini sedang dikembangkan dan akan tersedia secara luas dalam waktu dekat masa depan.

Asam lemak tidak jenuh bersifat esensial karena tidak dapat disintesis oleh tubuh dan umunya berwujud cair pada suhu kamar. Asam lemak tidak jenuh berasal dari lemak nabati, misalnya minyak zaitun, minyak canola, minyak dari biji matahari, minyak wijen, minyak kacang, alpukat, buah zaitun, aneka kacang (kacang mete, kacang tanah, almond). Sedangkan hasil tanaman yang mengandung banyak lemak jenuh diantaranya adalah minyak kelapa, minyak biji kapas, minyak inti sawit, dan mentega coklat. Produk dan makanan yang diproses dari bahan dengan lemak jenuh dipastikan akan mengandung lemak jenuh tinggi. Pembentukan Lemak Secara Alami Lemak dalam jaringan hewan terdapat pada jaringan adiposa. Dalam tanaman, lemak disintesis dari satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak yang terbentuk dari kelanjutan oksidasi karbohidrat dalam proses respirasi. Proses pembentukan lemak dalam tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pembentukan gliserol, pembentukan molekul asam lemak, kemudian kondensasi asam lemak dengan gliserol membentuk lemak. Asam-asam lemak dengan jumlah atom C genap mempunyai nama umum sebagai berikut : C4 = asam butirat (asam butanoat) C6 = asam

kaproat (asam heksanoat) C8 = asam kaprilat (asam oktanoat) C10 = asam kaprat (asam dekanooat) C12 = asam laurat (asam dodekanoat) C14 = asam miristat (asam tetradekanoat) C16 = asam palmitat (asam heksadekanoat) C18 = asam stearat C24 = asam lignoserat C18:1 = asam asam oleat (asam 9-oktadekenoat) C18:2 = asam linoleat (asam 9,2 oktadekadienoat) 29 C18:3 = asam linolenat (asam 9, 12, 15-oktadekatrienoat) C20:4 = asam arakidonat (asam 5, 8, 11, 14-eikosatetraenoat)

4.4 Jenis Lemak dan Minyak

4.4.1 Minyak goreng

Minyak goreng berfungsi sebagai pengantar panas, penambah rasa gurih dan penambah nilai kalori bahan pangan. Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan. Hidrasi gliserol akan membentuk aldehid tidak jenuh atau akrolein. Makin tinggi titik asap makin baik mutu minyak goreng. Titik asap suatu minyak goreng tergantung dari kadar gliserol bebas. Lemak dan minyak yang baik digunakan untuk minyak goreng adalah oleo stearin, oleo oil, lemak babi (*lard*), atau lemak nabati yang dihidrogenasi dengan titik cair 35-40°C. Oleo stearin dan oleo oil diperoleh dari lemak sapi yang diperoleh dari lemak sapi yang diproses

dengan cara rendering pada suhu rendah. Lemak yang dihasilkan dipertahankan pada suhu 32°C, sehingga terbentuk kristal. Setelah penyaringan, dapat dipisahkan oleo stearin yang berkristal besar dan oleo oil yang berkristal halus. Mentega Lemak dari susu dapat dipisahkan dari komponen lain dengan baik melalui proses pengocokan atau churning. Mentega merupakan emulsi air dalam minyak dengan kira-kira 18% air terdispersi di dalam 80% lemak dengan sejumlah kecil 30 protein yang bertindak sebagai zat pengemulsi (emulsifier). Lemak susu terdiri dari trigliserida-trigliserida butiroidolein, butiropalmitolein, oleodipalmitin, dan sejumlah kecil triolein. Asam lemak butirat dan kaproat dalam keadaan bebas akan menimbulkan bau dan rasa tidak enak. Mentega dapat dibuat dari lemak susu yang manis (*sweet cream*) atau yang asam. Mentega dari lemak yang asam mempunyai cita rasa yang kuat. Lemak susu dapat dibiarkan menjadi asam secara spontan atau dapat diasamkan dengan penambahan bakteri asam laktat pada lemak susu yang manis yang telah dipasteurisasikan, sehingga memungkinkan terjadinya fermentasi. Zat warna karoten yang merupakan pro vitamin A sering ditambahkan ke dalam lemak susu sebelum burning.

4.4.2 Margarin

Margarin (*margarine*) pertama dikembangkan 1869 oleh Mege Moories dengan menggunakan lemak sapi.

Margarin merupakan pengganti mentega dengan rupa, bau, konsistensi, rasa, dan nilai gizi yang hampir sama. Margarin merupakan emulsi air dalam minyak, dengan persyaratan mengnadung tidak kurang 80% lemak. Margarin berasal dari lemak nabati. Lemak nabati umumnya berupa zat cair, maka harus dihidrogenasi terlebih dahulu menjadi lemak padat, yang berarti margarin harus bersifat elastis, padat pada suhu ruang, agak keras pada suhu rendah, dan segera mencair dalam mulut. Lemak yang akan digunakan dimurnikan lebih dahulu, kemudian dihidrogenasi sampai mendapat konsistensi yang diinginkan. Lemak diaduk, diemulsikan dengan susu skim yang telah dipasteurisasi, diinokulasi dengan bakteri *streptococcus citrovorus*, *S. Paracitrovorus*, *Lactobacillus Lactis*, dan *Bacillus sacchari*. Sesudah inokulasi, dibiarkan 12-24 jam sehingga terbentuk emulsi sempurna, kadang-kadang ditambahkan emulsifier seperti lesitin, gliserin, atau kuning telur. Bahan lain yang ditambahkan adalah garam, Natrium benzoat sebagai pengawet, dan vitamin A.

- 1) Uji kelarutan lipid dan senyawa derivatnya memiliki karakteristik kelarutan yang berbeda. Lipid tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti aseton, alkohol, kloroform atau benzena.
- 2) Uji kobalt asetat, digunakan untuk membedakan lipid yang terdiri atas asam lemak jenuh dan tak jenuh. Uji ini dilakukan dengan mencampurkan beberapa tetes lipid ke dalam 3 mL dietil eter dan ditambahkan 3 mL kobalt

asetat 1%. Campuran dibiarkan membentuk inversi tanpa dikocok sampai membentuk dua lapisan. Jika lipid yang diuji mengandung asam lemak jenuh maka lapisan atas akan jernih dan akan terbentuk endapan pada lapisan bawah. Sedangkan asam lemak tak jenuh akan membentuk lapisan atas berwarna biru kehijauan dan lapisan bawah tidak berwarna.

4.5 Analisis Kuantitatif Lemak

4.5.1 Penentuan triasilgliserol secara enzimatik-colorimetry

Metode ini berdasarkan hidrolisis enzimatik triasilgliserol dalam serum atau plasma menjadi gliserol dan asam lemak (FFA) oleh lipoprotein lipase (LPL). Gliserol akan mengalami proses fosforilasi oleh ATP dengan bantuan *glycerolkinase* (GK) untuk membentuk *glycerol-3-phosphate* (G-3-P) dan ADP. G-3-P kemudian akan dioksidasi oleh *glycerophosphate oxidase* (GPO) untuk membentuk *dihydroxyacetonephosphate* (DHAP) dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida akan bereaksi dengan *4-aminoantipyrine* (4-AA) dan fenol dengan bantuan *peroxydase* (PO) untuk menghasilkan senyawa berwarna merah. Intensitas warna yang terbentuk memiliki proporsi yang sama dengan trigliserida pada sampel dan dapat dianalisis dengan fotometer.

4.5.2 Penentuan kolesterol total secara enzimatik-colorimetry

Kolesterol ester dapat dianalisis secara kuantitatif dapat menggunakan hidrolisis dengan *cholesterol esterase* (CHE) menjadi kolesterol bebas dan asam lemak (FFA). Adanya oksigen menyebabkan oksidasi oleh *cholesterol oxidase* (CHO) menjadi *cholesten-4-ene-3-one* dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida akan bereaksi dengan 4-cholestophenol dan 4-aminoantipyrine dengan bantuan *peroxydase* (POD) membentuk zat warna *quinoneimine*. Warna yang terbentuk setara dengan konsentrasi kolesterol dan dapat dihitung dengan fotometer pada panjang gelombang antara 480– 520 nm.

4.5.3 Penentuan konsentrasi fosfolipid secara fotoelektroklorimetri

Fosfolipid dapat diendapkan dengan penambahan asam trikloroasetat dengan protein. Endapan yang terbentuk ditambahkan dengan mineral dan garam fosfat anorganik. Fosfolipid dapat dihitung setara dengan asam fosfat dengan menggunakan metode fotoelektroklorimetri. Sampel yang akan dianalisis ditambahkan dengan TCA 10% kemudian endapan diperoleh dengan cara *centrifuge*. Larutan ditambahkan dengan asam klorit, amonium molibdat dan amino-naftol-asam sulfonat. Larutan kemudian dianalisis dengan FEC (*Final Enrichment Culture*) pada panjang gelombang 670 nm dan menggunakan kuvet 10 mm).

4.6 Kolesterol

4.6.1 Pendahuluan

Saat ini masalah kesehatan telah bergeser dari penyakit infeksi ke penyakit degeneratif. Penyebabnya diduga akibat perubahan gaya hidup, pola makan, faktor lingkungan, kurangnya aktivitas fisik dan faktor stres. Gaya hidup kurang aktivitas, terlalu banyak mengonsumsi makanan mengandung lemak dan kolesterol serta kurangnya asupan serat dapat memicu penyakit degeneratif. Penyakit degeneratif yang cukup banyak memengaruhi angka kesakitan dan kematian adalah penyakit kardiovaskula (Yani, 2015). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Restyani (2015) menyatakan bahwa dengan mengonsumsi makanan yang tinggi lemak jenuhnya dapat meningkatkan kadar kolesterol total yang bisa menyebabkan penyakit jantung.

Kolesterol adalah suatu zat lemak yang beredar di dalam darah, berwarna kekuningan dan berupa seperti lilin, yang diproduksi oleh hati dan sangat diperlukan oleh tubuh. Kolesterol termasuk golongan lipid yang tidak terhidrolisis dan merupakan sterol utama dalam jaringan tubuh manusia. Kolesterol mempunyai makna penting karena merupakan unsur utama dalam lipoprotein plasma dan membran plasma serta menjadi prekursor sejumlah besar senyawa steroid (City & Noni, 2013).

Kolesterol adalah lemak berwarna kekuningan berbentuk seperti lilin yang diproduksi oleh tubuh manusia, terutama di dalam lever (hati). Kolesterol terbentuk secara alamiah. Dari segi ilmu kimia, kolesterol merupakan senyawa lemak kompleks yang dihasilkan oleh tubuh dengan bermacam-macam fungsi, antara lain untuk membuat hormon seks, hormon korteks adrenal, vitamin D, dan untuk membuat garam empedu yang membantu usus untuk menyerap lemak. Jadi, bila takarannya pas atau normal, kolesterol adalah lemak yang berperan penting dalam tubuh. Namun, jika terlalu banyak, kolesterol dalam aliran darah justru berbahaya bagi tubuh (Nilawati, 2008). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, kelebihan kolesterol akan menyebabkan zat tersebut bereaksi dengan zat-zat lain dalam tubuh dan akan mengendap dalam pembuluh darah arteri. Hal yang akan terjadi selanjutnya adalah penyempitan dan pengerasan pembuluh darah (lazim dikenal sebagai atherosklerosis) hingga penyumbatan dan pemblokiran aliran darah (atherosklerosis). Akibatnya, jumlah suplai darah ke jantung berkurang, terjadi sakit atau nyeri dada yang disebut angina, bahkan dapat menjurus ke serangan jantung (Nilawati, 2008). Kolesterol berasal dari organ binatang terutama bagian otak, kuning telur, dan jeroan. Demikian juga produksi yang berasal darinya, seperti susu asli, keju, mentega, dan lain-lain. Sementara bahan makanan yang bersumber dari tumbuh-tumbuhan tidak mengandung kolesterol. Dengan demikian,

cara yang efektif untuk mengurangi kadar kolesteol dalam tubuh dapat dilakukan dengan mengkonsumsi sayuran dan buah (Nilawati, 2008).

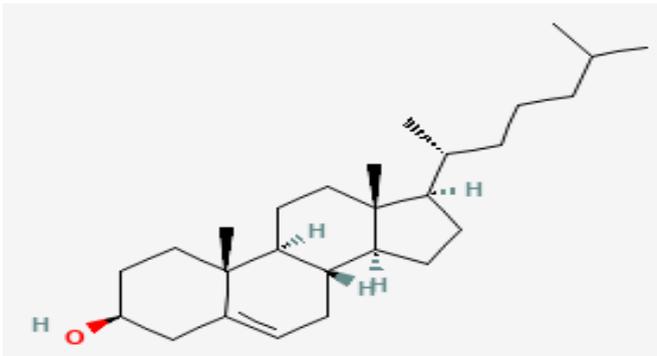
Kolesterol terbentuk secara alamiah, dari segi ilmu kimia, kolesterol merupakan senyawa kompleks yang dihasilkan oleh tubuh dengan bermacam-macam fungsi, antara lain untuk membuat hormon seks, hormon korteks adrenal, vitamin D, dan untuk membuat garam empedu yang membantu usus untuk menyerap lemak. Jadi, bila takarannya pas atau normal, kolesterol adalah lemak yang berperan penting dalam tubuh (Nilawati, 2008). Kolesterol tidak larut dalam darah. Kolesterol diangkut ke berbagai jaringan dalam tubuh dengan bantuan senyawa yang tersusun atas lemak dan protein, yakni lipoprotein (Jonathan Morrel, 2010).

Kolesterol yang diproduksi oleh tubuh terdiri dari 2 jenis, yaitu kolesterol HDL (*High Density Lipoprotein*) yang biasa disebut dengan kolesterol baik dan kolesterol LDL (*Low Density Lipoprotein*) disebut dengan kolesterol jahat. Kolesterol LDL akan menumpuk pada dinding pembuluh darah arteri koroner yang menyebabkan penyumbatan, karena itu LDL disebut sebagai kolesterol jahat (Kowalski, 2010). Kelebihan kadar kolesterol dalam darah disebut dengan hiperkolesterolemia (Mayes, 2003). Salah satu upaya kuratif yang dapat dilakukan oleh perawat komunitas yaitu dengan menganjurkan pasien hiperkolesterol untuk mengkonsumsi

buah yang banyak mengandung lemak tak jenuh tunggal dan serat terutama serat larut air.

4.6.2 Pengertian kolesterol

Kolesterol mempunyai rumus molekul $C_{27}H_{46}O$ dengan berat molekul 386,64 dan perbandingan C : H : O adalah 83,87% : 11,99% : 4,14%. Kolesterol adalah zat alamiah dengan sifat fisik berupa lemak tetapi memiliki rumus steroida. Kolesterol merupakan bahan pembangun esensial bagi tubuh untuk sintesis zat-zat penting seperti membran sel dan bahan isolasi sekitar serat saraf, begitu pula hormon kelamin, dan anak ginjal, vitamin D, serta asam empedu (Listiyana et al., 2013). Adapun struktur kolesterol dapat dilihat pada **Gambar 19**.



Gambar 19. Struktur kolesterol

Kolesterol adalah salah satu komponen dalam membentuk lemak. Di dalam lemak terdapat berbagai macam komponen yaitu seperti zat trigliserida, fosfolipid, asam lemak bebas, dan juga kolesterol. Secara umum, kolesterol

berfungsi untuk membangun dinding di dalam sel (membran sel) dalam tubuh. Bukan hanya itu saja, kolesterol juga berperan penting dalam memproduksi hormon seks, vitamin D, serta berperan penting dalam menjalankan fungsi saraf dan otak (Mumpuni & Wulandari,2011).

Kolesterol adalah zat alamiah dengan sifat fi sik berupa lemak tetapi memiliki rumus steroida. Kolesterol merupakan bahan pembangun esensial bagi tubuh untuk sintesis zat-zat penting seperti membran sel dan bahan isolasi sekitar serat saraf, begitu pula hormon kelamin, dan anak ginjal, vitamin D, serta asam empedu.

Menurut Stoppard (2010) kolesterol adalah suatu zat lemak yang dibuat didalam hati dan lemak jenuh dalam makanan. Jika terlalu tinggi kadar kolesterol dalam darah maka akan semakin meningkatkan faktor resiko terjadinya penyakit arteri koroner. Kolesterol sendiri memiliki beberapa komponen, yang dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu berdasarkan jenis dan kadar kolesterolnya.

4.6.3 Klasifikasi Kolesterol

Klasifikasi Kolesterol dibagi menjadi 2 yaitu jenis kolesterol dan kadar kolesterol.

1) Jenis Kolesterol

Pada dasarnya, kolesterol tidak bisa larut dalam darah. Oleh karena itu, hati memproduksi zat yang bernama lipoprotein untuk menyalurkan kolesterol ke seluruh tubuh.

Ada dua jenis lipoprotein yang utama, yaitu LDL atau Low Density Lipoprotein yang dikenal sebagai kolesterol jahat dan HDL atau High Density Lipoprotein yang dikenal sebagai kolesterol baik.

a) *Low Density Lipoprotein (LDL)*

LDL atau sering juga disebut sebagai kolesterol jahat, LDL lipoprotein deposito kolesterol bersama didalam dinding arteri, yang menyebabkan terjadinya pembentukan zat yang keras, tebal, atau sering disebut juga sebagai plak kolesterol, dan denganseiring berjalannya waktu dapat menempel didalam dinding arteri dan terjadinya penyempitan arteri (Yovina, 2012).

b) *High Density Lipoprotein (HDL)*

HDL adalah kolesterol yang bermanfaat bagi tubuh manusia, fungsi dari HDL yaitu mengangkut LDL didalam jaringan perifer ke hepar akan membersihkan lemak-lemak yang menempel di pembuluh darah yang kemudian akan dikeluarkan melalui saluran empedu dalam bentuk lemak empedu (Sutanto, 2010).

2) **Kadar Kolesterol**

Kadar kolesterol mempunyai standar pengukuran dan dikelompokkan dalam berbagai ukuran seperti pada **Tabel 15**.

Tabel 15. Pengelompokan kadar kolesterol

Kadar Kolesterol	Kategori
< 200 mg/dl	Bagus
200-239 mg/dl	Ambang Batas Atas
>240 mg/dl	Tinggi
Kadar LDL	Kategori
< 100 mg/dl	Optimal
100-129 mg/dl	Hampir optimal
130-159 mg/dl	Ambang batas atas
160-189 mg/dl	Tinggi
190 mg/dl dan lebih	Sangat tinggi
Kadar HDL	Kategori
<40 mg/dl	Rendah
>60 mg/dl	Tinggi

Sumber: National Institutes of Health, Detection, Evaluation, dan Treatment of High Blood Cholesterol in Adults III (Mumpuni & Wulandari, 2011)

4.6.4 Fungsi Kolesterol

Dalam jumlah yang cukup, kolesterol dibutuhkan oleh tubuh untuk memproduksi hormon, vitamin D, dan komponen lain yang digunakan untuk mencerna makanan. Berikut fungsi kolesterol antara lain (Triharyanto, 2020):

1. Pelindung sel, setiap sel di dalam tubuh akan memiliki lapisan terluar sebagai pelindung. Pelindung sel ini terbuat salah satunya dari kolesterol.
2. Pembentuk vitamin D, Selain dari makanan, tubuh kita bisa memproduksi vitamin D secara otomatis ketika terpapar sinar matahari. Caranya adalah dengan

- mengubah kolesterol (7-dehidrokolesterol) yang ada dalam kulit menjadi calcitriol.
3. Pembentuk hormon, salah satu jenis zat lemak kolesterol menjadi bahan dasar pembentuk hormon, khususnya hormon steroid yang mencakup testosteron (hormon seks pria) serta estrogen dan progesteron (hormon seks wanita). Selain itu, kolesterol juga berperan dalam pembentukan hormon kortsitol dan aldosterone.
 4. Pembentuk asam empedu, asam empedu dibentuk oleh hati (liver) dengan bantuan kolesterol dalam darah. Asam empedu berfungsi untuk memecah lemak makanan agar bisa diserap oleh tubuh dan digunakan sebagai energi.
 5. Menjaga fungsi otak, otak merupakan organ yang mengandung kolesterol paling tinggi dibandingkan organ lain (25%). Dalam otak, zat lemak ini berperan untuk memperlancar sambungan antarsaraf, disebut sinaps, yang mengatur berbagai fungsi otak. Fungsi lain dari zat lemak ini adalah memelihara sel-sel otak.

4.6.5 Proses kolesterol dalam tubuh

Lemak yang terkandung didalam darah terdiri atas kolesterol, *trigliserida*, *fosfolipid*, dan asam lemak bebas. Kolesterol yang terkandung di dalam darah hanya seperempat yang berasal dari sari makanan yang diserap oleh saluran pencernaan, kemudian sisanya akan diproduksi oleh tubuh melalui sel-sel hati. Ketika dicerna di dalam usus, lemak yang

terdapat dalam makanan akan diuraikan menjadi kolesterol, *trigliserida*, *fosfolipid*, dan asam lemak bebas. Usus akan menyerap keempat unsur lemak tersebut dan masuk ke dalam darah, sementara untuk kolesterol dan unsure lemak yang lainnya tidak larut dalam darah. Agar dapat diangkut semua ke dalam aliran darah, kolesterol dan lemak-lemak lain (*trigliserida* dan *fosfolipid*) harus berikatan dengan protein sebagai syarat untuk membentuk senyawa yang larut, atau sering disebut juga sebagai lipoprotein.

Lipoprotein yang mengangkut lemak menuju hati atau sering disebut juga dengan *kilomikron*. Di dalam hati, ikatan lemak tersebut akan diuraikan sehingga akan membentuk kembali keempat unsur lemak. Kemudian, asam lemak yang telah terbentuk akan digunakan sebagai sumber energi dan bila jumlahnya berlebih maka akan disimpan dalam jaringan lemak. Bila asupan kolesterol tidak dapat mencukupi, maka sel hati yang akan memproduksinya. Di mulai dari hati, kolesterol akan diangkut oleh *lipoprotein*. Jika terjadi kelebihan kolesterol maka akan diangkut kembali oleh *lipoprotein* yang sering disebut juga sebagai HDL untuk kemudian akan dibawa ke hati, yang akan diuraikan dan dibuang ke dalam kandung empedu. LDL yang mengandung banyak lemak dibandingkan dengan HDL, akan mengambang di dalam darah. Protein utama yang membentuk LDL adalah apolipoprotein B, dan apolipoprotein merupakan protein utama yang membentuk HDL. HDL memiliki kandungan

lemak yang lebih sedikit dibandingkan dengan LDL dan mempunyai kepadatan tinggi atau lebih berat (Sutanto, 2010). Dalam proses kolesterol dalam tubuh, kolesterol memiliki beberapa tanda dan gejala yang harus diperhatikan oleh pasien.

Kolesterol yang berlebih akan mengendap di pembuluh darah akan menyumbat pembuluh darah. Penyumbatan ini menyebabkan kerja otot jantung meningkat. Dampak kelebihan kolesterol yang lain yaitu hipertensi, karena besarnya tekanan pada pembuluh darah akibat sumbatan pada pembuluh darah perifer yang mengurangi suplai darah ke jantung. Kolesterol tinggi juga dapat menjadi pemicu jantung koroner dan stroke (Soleha, 2012).

4.6.6 Faktor yang mempengaruhi kadar kolesterol

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kadar kolesterol dalam darah yaitu sebagai berikut:

1) Makanan

Kolesterol pada umumnya berasal dari lemak hewani seperti daging kambing, meskipun tidak sedikit pula yang berasal dari lemak nabati seperti santan dan minyak kelapa. Telur juga termasuk makanan yang mengandung kolesterol yang tinggi. Makanan yang banyak mengandung lemak jenuh menyebabkan peningkatan kadar kolesterol, seperti minyak kelapa, minyak kelapa sawit dan mentega juga memiliki

lemak jenuh yang dapat meningkatkan kadar kolesterol (Yovina, 2012).

Menurut Yani (2015) kadar kolesterol total dapat dipengaruhi oleh asupan zat gizi, yaitu dari makanan yang merupakan sumber lemak. Peningkatan konsumsi lemak sebanyak 100 mg/hari dapat meningkatkan kolesterol total sebanyak 23mg/dl. Keadaan ini dapat berpengaruh pada proses biosintesis kolesterol. Sintesis kolesterol dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya penurunan aktivitas HMG KoA reduktase yang dapat menurunkan sintesis kolesterol. Untuk menurunkan sintesis kolesterol yaitu dengan mengkonsumsi serat serta vitamin yang tinggi sehingga kadarkolesterol dalam darah menurun.

Peningkatan kadar kolesterol darah total dipengaruhi oleh pola makan yang tinggi kolesterol yang setiap hari dikonsumsi juga bisa menjadi faktor pendukung meningkatnya kadar kolesterol darah total karena jika asupan kolesterol dikonsumsi secara berlebihan secara terus menerus akan mengakibatkan penimbunan lemak tubuh yang bisa mengganggu sensitivitas insulin dalam tubuh jika tidak diimbangi dengan aktivitas fisik (Listiyana *et al.*, 2013). Agar dapat berfungsi dengan baik, tubuh membutuhkan asupan kolesterol <300 mg/hari (Almatsier, 2002). Apabila makanan sumber kolesterol dikonsumsi dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan peningkatan kolesterol dalam darah yang disebut hiperkolesterolemia, bahkan dalam

jangka waktu yang panjang bisa menyebabkan kematian (Iman, 2004).

2) Kurang aktivitas fisik dan pola hidup tidak sehat

Faktor pemicu yang dapat meningkatkan kadar kolesterol dalam darah yaitu kurangnya aktivitas fisik ataupun olahraga, hal tersebut telah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Waloya *et al.* (2013) melaporkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara tingkat aktivitas fisik terhadap kadar kolesterol dalam darah dengan nilai $p < 0.05$. Peningkatan kadar kolesterol darah total dipengaruhi selain dipengaruhi oleh asupa tinggi kolesterol juga dipengaruhi faktor antara lain merokok dan kurangnya aktivitas olah raga (Iman, 2004).

Manfaat olahraga yang teratur dapat meningkatkan kadar HDL kolesterol, memperbaiki fungsi paru dan pemberian O₂ ke miokard, menurunkan berat badan sehingga lemak tubuh yang berlebihan berkurang bersama-sama dengan menurunkan LDL kolesterol, membantu menurunkan tekanan darah, dan meningkatkan kesegaran jasmani.

3) Kurang pengetahuan

Tingkat pengetahuan seseorang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kadar kolesterol, hal tersebut dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Winda *et al.* (2016) bahwa pengetahuan memiliki hubungan yang signifikan terhadap kadar kolesterol seseorang dan mempengaruhi tindakan pencegahan yang dapat dilakukan

dalam mengendalikan kadar kolesterol.

4.6.7 Makanan yang mengandung kolesterol

Kolesterol secara normal diproduksi sendiri oleh tubuh dalam jumlah yang tepat. Tetapi ia bisa meningkat jumlahnya karena asupan makanan yang berasal dari lemak hewani seperti daging ayam, usus ayam, telur ayam, burung dara, telur puyuh, daging bebek, telur bebek, daging kambing, daging sapi, sosis daging, babat, ampela, paru, hati, bakso sapi, gajih sapi, susu sapi, ikan air tawar, kepiting, udang, kerang, belut, cumi-cumi (Listiyana *et al.*, 2013).

Menurut Herliana & Sitanggang (2009) kelebihan asupan lemak tinggi dan karbohidrat dapat meningkatkan kolesterol dalam tubuh, seperti makanan yang berkalori tinggi seperti nasi, kue, snack, mie, dan roti. Daftar bahan makanan yang mengandung lemak tinggi pada **Tabel 16**.

Tabel 16. Daftar makanan yang mengandung lemak tinggi.

Jenis makanan	Kadar kolesterol/100 gram
Otak	2.000 mg
Kuning telur ayam	1.500 mg
Telur ayam	550 mg
Ginjal	375 mg
Hati	300 mg
Caviar	300 mg
Udang	250 mg
Mentega	250 mg
Keju	120 mg
Lemak babi	95 mg
Daging	70 mg
Ayam	60 mg

Sumber : Herliana & Sitanggang (2009)

4.6.8 Pengukuran kadar kolesterol

Cara mengukur kadar kolesterol dapat dilakukan dengan melakukan pemeriksaan di laboratorium ataupun dengan cara mengukur kolesterol secara mandiri menggunakan *cholesterol meter* (alat ukur kolesterol). Jika menggunakan pengukuran *cholesterol meter* hasil yang didapatkan dari pengukuran dapat di klasifikasikan apakah kadar kolesterol total pasien yang dilakukan pemeriksaan dalam rentang bagus, batas ambang atas, ataupun tinggi (Mumpuni & Wulandari, 2011). Ketika akan dilakukan pemeriksaan kolesterol, pasien biasanya diminta untuk melakukan puasa 10 jam sebelum, namun menurut studi yang dimuat dalam *Archives of Internal Medicine* menyatakan bahwa puasa sebenarnya tidak diperlukan karena orang yang melakukan puasa dengan orang yang tidak melakukan hasilnya tidak jauh berbeda (Candra, 2012).

Rangkuman

Lipid adalah komponen penting dalam makanan. Secara umum lipid didefinisikan sebagai zat organik hidrofobik yang bersifat sukar larut dalam air, tetapi dapat larut dalam pelarut organik seperti kloroform, eter, dan benzene. Komponen lipid yang penting pada makanan adalah asam lemak. Asam lemak dikelompokkan dalam beberapa kelas. Ada asam lemak jenuh dan tak jenuh. Asam lemak tak jenuh dibagi dua, yaitu asam lemak tak jenuh tunggal dan

asam lemak tak jenuh ganda. Selain asam lemak bagian lipid yang penting adalah kolesterol. Kolesterol dibutuhkan oleh tubuh untuk memproduksi hormon, vitamin D, dan komponen lain yang digunakan untuk mencerna makanan. Kolesterol tidak bisa larut dalam darah, sehingga darah membentuk lipoprotein. Ada dua jenis lipoprotein yang utama, yaitu LDL atau Low Density Lipoprotein yang dikenal sebagai kolesterol jahat dan HDL atau High Density Lipoprotein yang dikenal sebagai kolesterol baik.

Penyelesaian Tugas Soal

1. Sebutkan klasifikasi asam lemak!
2. Jelaskan dengan membandingkan asam lemak jenuh dan tak jenuh!
3. Apa peran LDL dan HDL dalam tubuh?

DAFTAR PUSTAKA

- Ackman, R.G. 2008a. Fatty acids in fish and shellfish. In Chow, C.K., ed., *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*, pp. 155-185. CRC Press, London, UK.
- Almatsier, S. (2002). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ariyani, E. (2006). Penetapan kandungan kolesterol dalam kuning telur pada ayam petelur. *Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian*. Balai Penelitian Ternak. 12-15.
- City, A., & Noni, O. (2013). *Diaskol Jantroke (Diabetes Millitus, Asam Urat, Kolesterol, Jantung, Dan Stroke)*. Yogyakarta: In Azna Book.
- David, M. Ravnskov, U., Diamond, D. M., Hama, R., Hamazaki, T., Hammarskjöld, B., Hynes, N., & Sundberg, R. (2016). Lack of an association or an inverse association between low-density-lipoprotein cholesterol and mortality in the elderly: a systematic review. *BMJ open*, 6(6), e010401.
- Dewanti, S. (2010). *Buku Pintar Kesehatan Kolesterol, Diabetes Melitus & Asam Urat*. Klaten: Kawan Kita.
- Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, A.H., Glass, C.K., Merrill Jr., A.H., Murphy, R.C., Raetz, C.R.H., Russell, D.W., Seyama, Y., Shaw, W., Shimizu, T., Spener, F., van Meer, G., VanNieuwenhze, M.S., White, S.H., Wood, J.D., Enser, M., Richardson, R.I. & Whittington, F.M. 2008. Fatty acids in meat and meat products. In Chow,

- C.K., ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications* pp. 87-107. CRC Press, London, UK.
- Gunstone, F.D. 1999. Fatty acid structure. In F.D. Gunstone, J.L. Harwood and F.B. Padley, eds. *The Lipid Handbook*, pp. 1-19. Second Edition, Chapman and Hall, London, UK
- Herliana, E. & Sitanggang, M. (2009). *Solusi Sehat Mengatasi Kolesterol Tinggi*. Jakarta: Agromedai Pustaka .
- Iman, S. 2004. *Serangan Jantung dan Stroke Hubungannya dengan Lemak & Kolesterol*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Listiyana, A. D., Mardiana, M., & Prameswari, G. N. (2013). Obesitas sentral dan kadar kolesterol darah total. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(1), 37-43.
- Mumpuni, Y., & Wulandari, A. (2011). *Cara Jitu Mengatasi Kolesterol*. Yogyakarta: Andi.
- Nilawati, S. (2008). *Care Your Self Kolesterol*. Jakarta: Penebar Plus.
- Soleha, M. (2012). Kadar kolesterol tinggi dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar kolesterol darah. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*, 1(2), 85-92.
- Restyani, A. E. (2015). *Hubungan Pola Konsumsi Lemak Jenuh dan Obesitas Sentral terhadap Kadar Kolesterol Total (Studi pada Mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Malang)*, Malang: University of Muhammadiyah Malang.

- Triharyanto, B. (2020). *Cara Mudah Mengontrol Kolestrol*. Sidoarjo: Kreatifa Prima.
- Waloya, T., Rimbawan, R., & Andarwulan, N. (2013). Hubungan antara konsumsi pangan dan aktivitas fisik dengan kadar kolesterol darah pria dan wanita dewasa di Bogor. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 8(1), 9-16.
- Winda L. N. D., Rooije R.H R., & Tinny A. (2016). Hubungan Pengetahuan Dengan Tindakan Pencegahan Pasien Hiperkolesterolemia Di Wilayah Puskesmas Touluaan Kecamatan Touluaan kabupaten minahasa Tenggara. *Buletin Sariputra*, 6(2), 27-32.
- Witztum, J.L. & Dennis, E.A. 2005. A comprehensive classification system for lipids. *J. Lipid Res.*, 46: 839-861.
- Yani, M. (2015). Mengendalikan kadar kolesterol pada hiperkolesterolemia. *Jorpres (Jurnal Olahraga Prestasi)*, 11(2), 1-7.
- Yovina, S. (2012). *Kolesterol*. Yogyakarta: Pinang Merah Publisher.

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Noer Komari, S.Si, M.Kes. Lahir di Surabaya, tanggal 10 Oktober 1967. Staf pengajar atau dosen di Fakultas MIPA ULM sejak 1995 sampai sekarang. Studi S-1 di Jurusan Kimia ITS Surabaya lulus tahun 1993; S-2 di Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas



Airlangga Surabaya lulus tahun 2001. Beberapa penelitian terkait dengan bidang keahliannya antara lain biosorpsi logam berat, kajian senyawa organik, pemanfaatan enzim dan kajian *in silico* yang berhubungan dengan virtual screening, molekular docking dan pemodelan protein. Beberapa kegiatan pengabdian antara lain pembuatan arang sekam padi untuk silika gel, pengolahan produk ikan tengiri, pemanfaatan buah nanas dan limbahnya dan lain lain. Telah mengikuti beberapa kali seminar nasional dan internasional. Mata kuliah yang pernah diampu antara lain: biokimia dasar, metabolisme biomolekul, struktur dan fungsi biomolekul, enzimologi, toksikologi lingkungan, kimia bahan pangan, dan bioinformatika. Beberapa buku yang pernah ditulis antara lain:

1. Biosorpsi: Interaksi Biomassa Tumbuhan Lahan Gambut dan Logam Berat
2. Enzimologi: Macam, Fungsi dan Aplikasi Enzim

Pengalaman lain selain mengajar, meneliti dan mengabdikan antara lain: pernah menjadi ketua program studi kimia FMIPA ULM (2009-2010), pembantu dekan bidang kemahasiswaan FMIPA ULM (2010-2014), anggota tim

Pembina Kemahasiswaan ULM (2010-2018), anggota senat ULM wakil dosen (2011-2015), serta anggota tim evaluasi kinerja akademik (EKA) LLDIKTI XI Kalimantan (2017-2018).



Maria Dewi Astuti, S.Si, M.Si Lahir di Kertak Hanyar, 17 Mei 1978. Menjadi staf pengajar atau dosen di Fakultas MIPA ULM sejak 2001 sampai sekarang. Pendidikan S-1 di Jurusan Kimia Institut Pertanian Bogor, lulus tahun 2001; S-2 di Jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, lulus tahun 2008. Beberapa penelitian terkait dengan bidang keahliannya antara lain isolasi dan identifikasi senyawa dari tumbuh-tumbuhan berkhasiat, penetapan kadar fitokimia, pengujian antioksidan, dan lain-lain. Beberapa kegiatan pengabdian antara lain peningkatan kualitas madu trigona sp, pengembangan produk berbasis bunga telang, dan lain-lain. Pernah mengikuti seminar nasional dan internasional sebagai pemakalah oral. Mata kuliah yang pernah diampu antara lain: Kimia Bahan Alam, Metode Fitokimia, Kimia Organik 1, Spektroskopi Organik, Teknologi Pengolahan Lemak dan Minyak, dan Kimia Bahan Pangan.