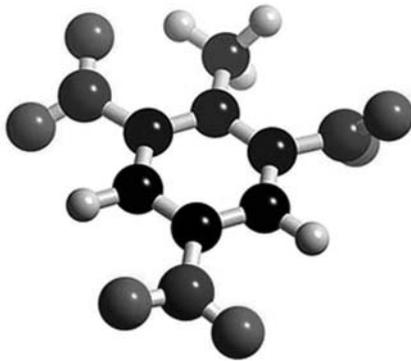


# KIMIA BAHAN MAKANAN



Dewi Handayani  
Nurhamidah



FKIP UNIVERSITAS BENGKULU  
2019

**KIMIA BAHAN MAKANAN**

**Penulis:**

Dewi Handayani, S.Pd., M.Si  
Dr. Nurhamidah, M.Si

**Editor:**

Dr. Gumono, M.Pd

**Penyunting Bahasa:**

Rizki Erdayani, M.A.

**Layout dan Cover:**

Ardi Maulana

Cetakan Pertama, Oktober 2019  
xii + 188 hlm.; 15,5 x 23 cm.

**Penerbit :**

Unit Penerbitan dan Publikasi FKIP Univ. Bengkulu  
Gedung Laboratorium Pembelajaran FKIP  
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu 38371A  
Telp. (0736) 21186, 0811737956 Fax. (0736) 21186  
Laman: fkip.unib.ac.id/unit-penerbitan/ email: uppfkip@unib.ac.id

**ISBN: 978-623-7074-02-1**

---

---

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang  
Ketentuan Pidana Pasal 112 - 119. Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang  
Hak Cipta. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak  
sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

---

---

## PRAKATA

**A**lhamdulillahirobbilalamin, buku *Kimia Bahan Makanan* ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini diharapkan dapat membantu mahasiswa sebagai bahan referensi untuk mata kuliah Kimia Bahan Makanan.

Disadari sepenuhnya bahwa setiap tulisan selalu membawa misi yang ingin disampaikan, demikian juga dengan buku ini. Buku ini diharapkan bisa melancarkan proses kegiatan belajar mengajar, karena selama ini buku referensi mengenai *Kimia Bahan Makanan* masih sangat terbatas. Buku ini menguraikan tentang konsep-konsep kebutuhan dasar manusia terhadap pangan, komposisi tubuh dan unsur gizi yang diperlukan (seperti air, protein, lemak, mineral, dsb.). gizi, mikroorganisme yang berhubungan dengan makanan, pengawetan bahan makan, dan aditif dalam bahan makan.

Buku ini disajikan setelah mendapatkan sejumlah masukan dari para dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu, Khususnya dosen Program Studi Pendidikan Kimia, dengan harapan kualitas akademik dalam sajian isi buku ini dapat terjaga. Walaupun demikian disadari sepenuhnya bahwa selalu ada keterbatasan dalam setiap penulisan. Untuk itu, kritik dan saran selalu diharapkan. Semoga buku ini dari waktu ke waktu dapat disempurnakan dengan kualitas akademik yang lebih baik.

Pada kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan buku *Kimia Bahan Makanan* ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu yang telah membiayai penerbitan buku ini.

Akhirnya, buku *Kimia Bahan Makanan* ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik di kalangan mahasiswa, dosen, dan khususnya para pembaca yang budiman.

Bengkulu, Desember 2019

**Penulis**

# DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB 1 KOMPONEN DAN KEAMANAN PANGAN</b> .....	1
1.1 Komponen Utama Bahan Pangan.....	3
1.2 Kualitas Pangan Selama Proses Penanganan, Pengolahan, dan Penyimpanan.....	6
1.3 Keamanan Pangan Secara Umum.....	23
1.4 Upaya Pengendalian Keamanan Pangan .....	27
RINGKASAN .....	31
SOAL LATIHAN .....	32
<b>BAB 2 AIR</b> .....	39
2.1 Pengertian Air .....	39
2.2 Struktur Air dan Es .....	40
2.3 Sifat Fisik dan Kimia Air .....	43
2.4 Keadaan Air dalam Bahan Pangan .....	44
2.5 Interaksi Air Solut .....	46
2.6 Kandungan Air dalam Bahan Makanan.....	48

2.7	Penentuan Aktivitas Air .....	50
2.8	Fungsi dan Peranan Air dalam Bahan Makanan .....	52
2.9	Penentuan Kadar Air .....	53
	RINGKASAN .....	54
	SOAL LATIHAN .....	56
<b>BAB 3</b>	<b>KARBOHIDRAT</b> .....	59
3.1	Jenis-jenis Karbohidrat .....	60
3.2	Sumber Karbohidrat.....	68
3.3	Fungsi Karbohidrat.....	68
3.4	Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat .....	70
	RINGKASAN .....	73
	SOAL LATIHAN .....	74
<b>BAB 4</b>	<b>LIPID</b> .....	77
4.1	Sumber dan Klasifikasi Lipid dalam Bahan Makanan .....	78
4.2	Reaksi Kimia Lipid .....	89
4.3	Proses Kimia Lipid dalam Bahan Makanan.....	90
4.4	Uji Analisis Lipid.....	91
	RINGKASAN .....	98
	SOAL LATIHAN .....	98
<b>BAB 5</b>	<b>PROTEIN</b> .....	103
5.1	Komposisi Kimia dan Klasifikasi Protein.....	103
5.2	Struktur Protein .....	106
5.3	Pembagian Protein Berdasarkan Daya Kelarutannya .....	108

5.4 Fungsi Protein .....	109
5.5 Pencernaan dan Metabolisme Protein .....	109
5.6 Sifat Fungsional Protein.....	113
5.7 Akibat Kekurangan dan Kelebihan Protein.....	116
5.8 Analisa Protein.....	118
RINGKASAN .....	124
SOAL LATIHAN .....	125
<b>BAB 6 ZAT ADITIF .....</b>	<b>129</b>
6.1 Pengertian Zat Aditif.....	129
6.2 Fungsi Zat Aditif.....	130
6.3 Jenis Zat Aditif.....	131
6.4 Dosis Penggunaan Zat Aditif pada Makanan.....	142
RINGKASAN .....	144
SOAL LATIHAN .....	145
<b>BAB 7 VITAMIN .....</b>	<b>149</b>
7.1 Pengertian Vitamin .....	149
7.2 Pengklasifikasian Vitamin .....	151
RINGKASAN .....	182
SOAL LATIHAN .....	182
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>185</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>187</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Komponen Utama Bahan Pangan .....	3
Tabel 1.2	Sejumlah Reaksi Kimia dan Biokimia yang dapat Menyebabkan Perubahan Mutu dan Keamanan Produk.....	6
Tabel 2.1	Sifat Fisik Air.....	43
Tabel 2.2	Kandungan air dalam beberapa bahan makanan. ...	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Oksidasi Vitamin C.....	10
Gambar 1.2	Ikatan Silang Protein.....	22
Gambar 2.1	Struktur Air .....	40
Gambar 2.2	Interaksi Air – NaCl .....	47
Gambar 3.1	Beberapa struktur monosakarida .....	62
Gambar 3.2	Struktur aldoheksosa dan ketoheksosa .....	63
Gambar 3.3	Struktur Amilosa.....	66
Gambar 3.4	Struktur Selulosa .....	67
Gambar 3.5	Hidrolisis Disakarida .....	71
Gambar 4.1	Suatu Trigliserida .....	80
Gambar 4.2	Asam Lemak Jenuh .....	81
Gambar 4.3	Asam Lemak Tak Jenuh .....	81
Gambar 4.4	Fosfolipid .....	82
Gambar 4.5	Glikolipid.....	83
Gambar 4.6	Struktur Umum Steroid.....	84
Gambar 4.7	Kolesterol.....	85
Gambar 4.8	Estradiol.....	86
Gambar 4.9	Progesteron.....	86
Gambar 4.10	Testosteron .....	86
Gambar 4.11	Androsteron.....	87

Gambar 4.12	Terpena .....	88
Gambar 4.13	Monoterpena .....	88
Gambar 5.1	Protein Serat .....	105
Gambar 5.2	Struktur Protein .....	107
Gambar 6.1	Struktur kimia Erythrosin .....	134
Gambar 6.2	Struktur kimia yellow-FCF .....	134
Gambar 6.3	Struktur kimia sakarin .....	136
Gambar 6.4	Struktur kimia aspartam.....	136
Gambar 6.5	Struktur Kimia Formalin.....	139
Gambar 6.6	Struktur Kimia Monosodium Glutamat .....	142
Gambar 7.1	Struktur Thiamine .....	152
Gambar 7.2	Struktur Riboflavin.....	154
Gambar 7.3	Struktur Niacin.....	156
Gambar 7.4	Struktur Pyridoxine .....	159
Gambar 7.5	Struktur Biotin.....	161
Gambar 7.6	Struktur Asam Folat.....	162
Gambar 7.7	Struktur Cobalamin.....	164
Gambar 7.8	Struktur Vitamin C.....	166
Gambar 7.9	Struktur Vitamin A .....	170
Gambar 7.10	Struktur Vitamin D .....	173
Gambar 7.11	Struktur Vitamin E.....	174
Gambar 7.12	Struktur vitamin K.....	179
Gambar 7.14	Struktur Vitamin K2 .....	179



# KOMPONEN DAN KEAMANAN PANGAN

- 1.1 Komponen Utama Bahan Pangan**
- 1.2 Kualitas Pangan Selama Proses Penanganan, Pengolahan, dan Penyimpanan**
- 1.3 Keamanan Pangan Secara Umum**
- 1.4 Upaya Pengendalian Keamanan Pangan**

**P**angan merupakan kebutuhan dasar manusia yang pemenuhannya menjadi hak asasi setiap rakyat Indonesia dalam mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas untuk melaksanakan pembangunan nasional. Menurut UU Nomor 7 Tahun 1996, dan Peraturan Pemerintah RI Nomor 28 Tahun 2004, pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah, yang diperuntukan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman.

Pangan merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi kecukupannya untuk tumbuh dan berkembangnya manusia. Oleh karena itu, bahan pangan ini sangat perlu diperhatikan jenis dan mutunya agar aman untuk dikonsumsi. Bahan pangan ini umumnya adalah air, karbohidrat, protein, lipid, vitamin, dan mineral.

Dalam UU Pangan yang baru, yaitu UU Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan, pengertian pangan lebih diperluas terutama ruang lingkup jenis pangannya. Berdasarkan UU Pangan tersebut, pangan didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati, produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah, dan diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyimpanan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan dan minuman.

Rencana strategis Badan Ketahanan Pangan 2010-2014 (Kementerian Pertanian, 2010) mengelompokkan komoditas pangan penting ke dalam dua kelompok, yaitu pangan nabati dan pangan hewani.

Pangan nabati terdiri dari 10 komoditi yaitu, 1) beras, 2) jagung, 3) kedelai, 4) kacang tanah, 5) ubi kayu, 6) ubi jalar, 7) sayuran, 8) buah-buahan, 9) minyak goreng, dan 10) gula putih. Sementara itu, pangan hewani terdiri dari 5 komoditi, yaitu 1) daging sapi, 2) daging kerbau, 3) daging ayam, 4) telur, dan 5) ikan.

Badan Pusat Statistik (2011) membagi bahan pangan ke dalam 9 kelompok yang meliputi:

1. Padi-padian (beras, jagung, terigu)
2. Umbi-umbian (singkong, ubi jalar, kentang, sagu, umbi lainnya)
3. Pangan hewani (daging ruminansia, daging unggas, telur, susu, ikan)
4. Minyak dan lemak (minyak kelapa, minyak sawit, minyak lainnya)

5. Buah/biji berminyak (kelapa, kemiri)
6. Kacang-kacangan (kedelai, kacang tanah, kacang hijau, kacang lain)
7. Gula (gula pasir, gula merah)
8. Sayuran dan buah (sayur, buah)
9. Lain-lain (minuman, bumbu-bumbuan)

### 1.1 Komponen Utama Bahan Pangan

Komponen utama bahan pangan terdiri dari air, karbohidrat, protein, lipid, vitamin, dan mineral. Komponen utama bahan pangan ini berfungsi sebagai sumber energi, menentukan komposisi yang dapat menentukan kualitas bahan makanan, zat pembangun, mengganti sel-sel tubuh yang rusak, serta membantu pengaturan atau proses kegiatan tubuh.

Bahan pangan berasal dari bahan nabati dan hewani. Melalui ilmu kimia makanan, kita dapat mengetahui bahan makanan apa yang memiliki kandungan zat gizi tinggi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan, untuk melancarkan metabolisme, dan yang berfungsi sebagai sumber energi.

**Tabel 1.1 Komponen Utama Bahan Pangan**

Air	Karbohidrat	Protein	Lipid	Vitamin	Mineral
Susu	Tepung	Ikan	Ikan	Buah-buahan	Buah-buahan
Buah-buahan	Beras	Telur	Alpukat	Sayuran	Sayuran
Jeli	Umbi-umbian	Daging	Biji-bijian	Produk ikan	Khamir
Sayuran	Madu	Keju	Kacang-kacangan	Produk susu	Daging

Daging tanpa lemak	Gula pasir	Kacang-kacangan	Keju	Sereal	Ikan
Ikan tanpa lemak	Buah-buahan		Daging	Kacang	Susu
			Minyak		
			Kuning telur		
			Cokelat		

Air mempunyai fungsi khusus yaitu sebagai pembentuk sel-sel tubuh, pengatur zat-zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh, pengangkut sisa metabolisme yang tidak digunakan oleh tubuh, serta sebagai pengatur suhu tubuh.

Karbohidrat merupakan sumber energi utama karena 60%-80% dari kebutuhan energi dipenuhi oleh karbohidrat. Lemak dalam tubuh merupakan cadangan energi yang sewaktu-waktu digunakan kembali bila diperlukan oleh tubuh.

Protein mempunyai fungsi utama yaitu sebagai zat pembangun/pembentuk sel-sel jaringan tubuh. Protein digunakan sebagai sumber energi apabila kebutuhan energi tubuh tidak dapat dipenuhi oleh hidrat arang dan lemak.

Lemak merupakan sumber energi bagi tubuh yang mempunyai unsur molekul karbon, hidrogen, dan oksigen, yang berfungsi sebagai pembentuk struktur tubuh serta pengatur proses yang berlangsung dalam tubuh secara langsung dan tidak langsung.

Vitamin berfungsi mengatur faal alat-alat tubuh, mempercepat berbagai reaksi kimia di dalam tubuh (bekerja sebagai katalisator), namun diperlukan tubuh hanya dalam jumlah kecil. Vitamin pada umumnya tidak dapat diproduksi sendiri oleh tubuh, sehingga harus diperoleh dari makanan sehari-hari.

Mineral dalam tubuh mempunyai fungsi sebagai pembangun, seperti misalnya kalsium dan fosfor yang berperan penting dalam proses pembentukan tulang dan gigi, dan sebagai pengatur dari berbagai proses di dalam tubuh.

Komponen lain dalam bahan pangan diantaranya adalah enzim, senyawa flavor, pigment, dll. Sejumlah komponen atau senyawa lainnya yang ditambahkan dengan sengaja selama proses pengolahan, berperan sebagai pengawet, antioksidan, perwarna, flavour, pemanis, dan pengemulsi untuk mendapatkan tujuan teknologis tertentu.

Pada kondisi tertentu, komponen-komponen dalam pangan hasil pertanian yang belum diolah, atau masih dalam keadaan mentah mudah terinfeksi oleh mikroorganisme. Sehingga lebih cepat busuk dan tidak tahan lama. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan masyarakat terkait pangan yang dikonsumsi, diantaranya:

1. Pangan apa yang akan dipilih.
2. Bagaimana cara memperolehnya.
3. Bagaimana cara menyimpan dan memeliharanya.
4. Siapa yang akan memakannya, kapan, dengan siapa, bagaimana, dan dalam jumlah berapa.

Ilmu pangan memiliki peranan penting dalam proses pengaturan pola konsumsi masyarakat. Ilmu pangan mencakup ilmu tentang makanan, zat-zat gizi, substansi yang terkandung didalamnya, serta peran dan keseimbangannya untuk kesehatan dan masalah kesehatan.

Spesialisasi dalam ilmu pangan beragam, diantaranya pemrosesan, pengawetan, pengemasan, penyimpanan dan sebagainya. Ilmu pangan

berperan penting dalam membantu masyarakat untuk memperbaiki status gizi menjadi lebih baik melalui berbagai macam metode dan proses pemilihan bahan, serta pengolahan dan sanitasi pangan itu sendiri. Di bidang industri makanan, penerapan ilmu pangan yang benar dapat menciptakan produk pangan yang aman dikonsumsi dan memiliki kualitas yang baik.

## 1.2 Kualitas Pangan Selama Proses Penanganan, Pengolahan, dan Penyimpanan

Ilmu pangan juga mempelajari sifat fisis, mikrobiologis, dan kimia dari bahan pangan, dan proses mengolah bahan pangan tersebut. Selain itu ilmu pangan juga memberikan gambaran tentang sortasi, pengawetan, pemrosesan, pengemasan, distribusi, hingga penggunaan bahan pangan yang aman dan bernutrisi.

**Tabel 1.2 Sejumlah Reaksi Kimia dan Biokimia yang dapat Menyebabkan Perubahan Mutu dan Keamanan Produk**

Jenis Reaksi	Contoh
Pencokelatan nonenzimatis	Produk roti
Pencokelatan enzimatis	Buah potong
Oksidasi	Lipid Degradasi vitamin Perubahan warna Protein
Hidrolisis	Lipid Vitamin Karbohidrat Protein Pigmen
Interaksi dengan logam	Pembentukan kompleks (antosianin)
Isomerisasi lipid	Perubahan dari cis ke trans Perubahan dari yang tidak konjugasi menjadi konjugasi
Siklisasi lipid	Pembentukan monosiklik asam lemak

Polimerisasi lipid	Pembentukan buih selama penggorengan
Denaturasi protein	Koagulasi putih telur Inaktivitas enzim
Pengikatan silang protein	Penurunan nilai gizi selama pengolahan alkali
Sintesis polisakarida	Dalam pasca panen bahan nabati
Perubahan glikolitik	Fisiologi pasca menyembelihan Fisiologi pasca panen tanaman

Sumber: Fennema, 1996

Klasifikasi didasarkan pada jenis reaksi karena secara umum reaktan atau substrat untuk reaksi tersebut dalam berbagai produk pangan atau pangan dari hasil pertanian itu sama (Estiasih, dkk. 2016).

#### a. Pencokelatan Nonenzimatis

Reaksi pencokelatan nonenzimatis melibatkan reaksi antara gugus karbonil yang berasal dari gugus gula produksi, berbagai reaksi seperti oksidasi, vitamin C, hidrolisis pati, dan oksidasi lipid.

Reaksi pencokelatan nonenzimatis yang sering mengalami pemanasan dan penyimpanan berkaitan dengan reaksi antara gula pereduksi, asam amino, dan batas antara gugus maino bebas dari protein. Reaksi ini disebut dengan reaksi *mailard*. Reaksi *mailard* membentuk warna cokelat sehingga disebut pencokelatan enzimatis. Pencokelatan enzimatis berbeda dengan enzim, katalisis enzim terjadi pada buah-buahan dan sayur-sayuran.

#### b. Pencokelatan Enzimatis

Reaksi pencokelatan enzimatis adalah proses kimia yang terjadi pada buah dan sayur oleh enzim polifenol oksidase, sehingga menghasilkan pigmen warna cokelat (melanin). Proses pencokelatan enzimatis memerlukan enzim polifenol oksidase dan oksigen untuk berhubungan dengan substrat tersebut. Enzim-enzim yang dikenal antara lain fenol oksidase, polifenol oksidase,

dan fenolase/polifenolase. Enzim-enzim ini bekerja secara spesifik untuk substrat tertentu (Sukarti, 2012). Reaksi ini dapat terjadi bila jaringan tanaman terpotong, terkupas, dan juga disebabkan karena kerusakan secara mekanis. Reaksi ini banyak terjadi pada buah-buahan atau sayuran yang banyak mengandung substrat senyawa fenolik seperti catechin dan turunannya yaitu tirosin, asam kafeat, asam klorogenat, serta leukoantosianin. Reaksi pencokelatan enzimatis bertanggung jawab pada warna dan *flavor* yang terbentuk untuk mencegah terjadinya reaksi pencokelatan enzimatis seperti penghilangan oksigen dan fenol, asam askorbat (vitamin C), natrium bisulfit, dan tiol (Fennema, 1996).

### c. Oksidasi

Oksidasi merupakan reaksi antara komponen dengan oksigen. Proses ini terjadi pada lipid, protein, vitamin, atau pigmen. Lebih khusus, oksidasi lipid melibatkan trigliserida atau fosfolipid. Oksidasi lipid merupakan penyebab utama kerusakan makanan. Proses tersebut menyebabkan kerugian yang besar karena berkaitan dengan bau dan tengik pada minyak produksi yang mengandung lemak, sehingga daya terima produk menurun. Reaksi oksidasi menyebabkan penurunan nutrisi dan sejumlah produk oksidasi bersifat toksik. Pada proses pengolahan dilakukan pencegahan reaksi oksidasi. Walaupun pada pengolahan tertentu, oksidasi terbatas diinginkan. Seperti misalnya yang terjadi pada proses pemeraman keju.

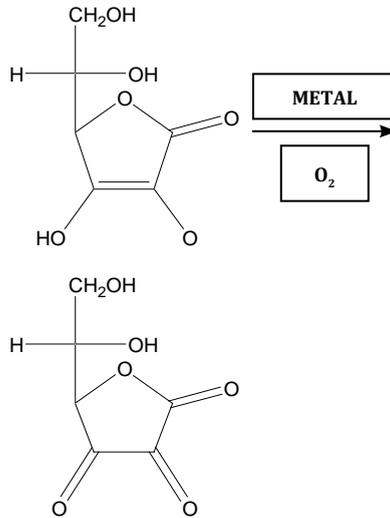
Pada kebanyakan pangan yang mengandung protein, oksidasi residu asam amino diawali dengan radikal bebas dari oksigen reaktif, oksigen singlet,  $O_2$  radikal, anion superoksida  $O_2^-$ , radikal hidroksil, OH yang dihasilkan dalam lingkungan yang mengandung air dan cahaya, radiasi ionisasi, katalis, kation, dan aktivitas enzim.

Produksi lipid dan produksi oksidasi hanya terlibat dalam oksidasi protein. Polifenol yang banyak terdapat dalam produk pangan sangat rentan terhadap oksidasi. Oksidasi ini membentuk oksigen pada PH netral dan alkil.

Dampak perubahan oksidatif protein bergantung pada aktivitas atau kekuatan bahan oksidator, keberadaan sensitizer seperti riboflavin dan klorofil, suhu, dan reaktivitas residu pada asam amino. Selain itu, bahan juga mengandung antioksidan endogen seperti glutathione, superoksida dismutase dan katalisasi.

Reaksi radikal bebas dengan protein menyebabkan pengambilan atom H dari asam amino, membentuk oksidasi asam amino dan kemudian membentuk radikal baru. Asam amino yang labil terhadap reaksi ini adalah *histidin system methionin*, lisin, dll. Pada produk pangan, oksidasi protein biasanya didahului oleh oksidasi lipid, terutama pada pembentukan produk peroksida atau radikal bebas dengan dekomposisinya. Produk oksidasi protein flavor pangan, baik secara langsung atau beraksi dengan komponen lain. Nilai biologis protein juga mempengaruhi perubahan akibat dengan adanya pemotongan rantai polimerisasi dan oksidasi. Asam amino esensial yang teroksidasi menyebabkan penurunan ketersediaannya. Pembentukan ikatan silang protein-protein dan lipid-protein merupakan daya cerna protein.

Asam askrobat dapat mengalami reaksi dengan oksidasi dimana reaksi ini menghasilkan asam dihidroaskrobat dengan aktivitas vitamin C yang menurun. Faktor yang mempengaruhi oksidasi asam askrobat adalah kadar oksigen, PH, suhu, dan logam berat. Logam ion seperti  $Fe^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  yang mengatalisis oksidasi ini menyebabkan penurunan aktivitas vitamin C yang tinggi. (Estiasih, dkk. 2016).



**Gambar 1.1 Oksidasi Vitamin C**

#### **d. Hidrolisis**

Karbohidrat dalam bentuk polimer, oligomer, atau disakarida dapat terhidrolisis menjadi unit penyusunnya (monosakarida atau gula sederhana). Gula sederhana yang terbentuk bersifat lebih reaktif sehingga berperan dalam berbagai reaksi seperti pencokelatan nonenzimatis.

Hidrolisis karbohidrat terjadi pada ikatan glikosidik yang menghubungkan unit monosakarida dalam oligosakarida dan polisakarida. Hidrolisis terjadi karena kondisi asam  $H^+$  atau adanya enzim. Lamanya hidrolisis dapat mempengaruhi tingkat dipolemrisasi. Selain itu, tingkat dipolimerisasi juga bergantung pada konsentrasi asam, suhu, dan struktur polisakarida. Umumnya, depolimerisasi lebih mudah terjadi pada pengolahan termal, karena biasanya makanan memiliki sifat asam. Depolimerisasi karbohidrat dipengaruhi viskositas dan umur simpan. Hidrolisis pati menyebabkan pati lebih mudah dicerna.

Hidrolisis ikatan ester pada lipid (lipolisis) dapat terjadi akibat kerja enzim atau perlakuan panas basah. Hidrolisis ini mengakibatkan lepasnya asam lemak bebas. Asam lemak bebas tidak terdapat pada jaringan hewani, tetapi terbentuk setelah hewan disembelih akibat aksi enzim. Pelepasan asam lemak rantai pendek menyebabkan bau tengik seperti pada susu segar. Akan tetapi pada produksi susu pembentukan flavour disebabkan oleh terbentuknya asam lemak bebas akibat aktivitas lipase dari mikroba atau dari susu itu sendiri. Proses lipolisis terkontrol dan selektif digunakan juga pada pengolahan yoghurt dan roti.

Hidrolisis fosfolipid sebagai komponen lipid kedua terbesar setelah trigliserida terjadi pada penyimpanan beku ikan. Proses ini menyebabkan penurunan mutu. Hidrolisis trigliserida menyebabkan peningkatan oksidasi lipid. Sebaliknya hidrolisis fosfolipid menghambat oksidasi lipid.

Protein dapat terhidrolisis oleh aktivitas enzim protease atau asam dan alkali. Hidrolisis protein menghasilkan asam amino dan peptida. Beberapa peptide hasil dari hidrolisis protein menghasilkan rasa pahit seperti hidrolisis pada protein kasein dan kedelai.

Pemanasan berlebih pada kondisi alkali atau asam menyebabkan hidrolisis parsial protein. Jumlah peptida berberat molekul rendah pada isolate protein memengaruhi sifat fungsionalnya. Demikian pula hidrolisis parsial protein dengan menggunakan enzim spesifik (seperti tripsin dan kimotripsin) atau dengan cara mengontrol waktu hidrolisis dapat meningkatkan sifat fungsional seperti pembuihan dan emosifikasi, tetapi menurunkan kemampuan pembentukan gel. Pada sejumlah protein hidrolisis parsial menyebabkan penurunan kelarutan akibat terbukanya struktur protein, sehingga bagian hidrofobik terekspos.

Enzim klorofilase (*chlorophyll chlorophylido-hidrolase*, EC 3.1.1.14) memiliki jaringan tanaman dan mikroorganisme yang mengandung klorofil. Enzim ini menghidrolisis gugus fitil dari klorofil, sehingga menghasilkan fitol dan klorofilin (*chlorophyllide*). Hidrolisis ini tidak menyebabkan kehilangan warna hijau klorofil karena klorofilin juga berwarna hijau dan bersifat lebih stabil.

Pada sejumlah vitamin, hidrolisis menyebabkan aktivitas vitamin meningkat, seperti hidrolisis vitamin B6. Pigmen seperti antosianin tersedia dalam bentuk glikosida atau berikatan dengan gula. Hidrolisis menyebabkan lepasnya gula tersebut sehingga terbentuk antosianin dalam bentuk aglikon atau antosianidin. Keduanya mempunyai warna yang sama (Estiasih, dkk. 2016).

#### **e. Interaksi dengan Logam**

Logam merupakan komponen yang berperan secara tidak langsung dan memengaruhi mutu produk pangan. Beberapa enzim mempunyai logam sebagai kofaktor yang berperan dalam proses katalisis yang dimediasi enzim. Enzim merupakan protein, tetapi sebagian enzim bukan merupakan protein murni. Umumnya, enzim mengandung ion logam dan molekul organik non protein berberat molekul rendah (koenzim). Komponen non protein ini disebut kofaktor yang berperan penting dalam aktivitas enzim. Ion logam sebagai kofaktor berperan menstabilkan konformasi berbagai jenis enzim.

Ion logam berat mendorong proses autooksidasi asam lemak tidak jenuh dalam lipid dan menghasilkan hidroperoksida. Hidroperoksida terbentuk akibat reaksi oksigen dengan asam lemak. Hidroperoksida menjadi syarat bagi ion logam untuk melakukan aktivasinya dan menyebabkan hidroperoksida terdekomposisi menjadi radikal bebas. Radikal bebas ini dapat mempercepat

peroksidasi asam lemak tidak jenuh secara auto katalitik. Reaksi ini selanjutnya dipercepat oleh ion logam. Pada oksidasi akibat adanya cahaya (foto oksidasi), kandungan oksigen aktif menyebabkan pembentukan hidroperoksida. Ion logam berperan dalam reaksi perubahan hidroperoksida menjadi radikal bebas.

Pada oksidasi asam askorbat menjadi asam dihidroaskorbat, asam dehidroaskorbat berubah menjadi produk lain yang dipengaruhi oleh sejumlah parameter. Parameter tersebut adalah kadar oksigen, pH, suhu, dan keberadaan ion logam. Ion logam berperan penting dalam proses ini karena mendestruksi asam dehidroaskorbat dengan kecepatan yang lebih tinggi. Ion logam seperti  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  mempercepat kerusakan asam askorbat atau vitamin C.

Pada pigmen antosianin sejumlah faktor seperti pH, pembentukan kompleks dengan ion logam, dan kopigmentasi menyebabkan perubahan intensitas warna dan nilai hue. Ion logam yang terbentuk kompleks dengan antosianin umumnya ditemukan didalam tanaman. Pembentukan kompleks ini memberi spektrum warna yang luas. Logam berperan dalam mempertahankan warna pigmen antosianin selama pengolahan karena dapat menyebabkan pigmen antosianin lebih stabil (Estiasih, dkk. 2016).

#### **f. Isomerisasi Lipid**

Asam lemak di dalam lipid dapat mengalami reaksi isomerisasi. isomerisasi terjadi dalam pembentukan asam lemak trans dan diena terkonjugasi. Selama hidrogenasi asam lemak tidak jenuh, ikatan rangkap jenuh di ubah menjadi ikatan rangkap tunggal dengan melakukan reaksi adisi hidrogen. Selama reaksi hidrogen ini berlangsung dapat terjadi relokasi dan atau transformasi dari konfirmasi Cis ke konfirmasi Trans. Isomer yang dihasilkan sering

disebut isomer asam. Hidrogenasi parsial dapat menghasilkan campuran jenis asam lemak yang kompleks, tergantung pada jenis asam lemak yang dihidrogenasi, derajat isomerisasi, dan kecepatan reaksi.

Isomerisasi juga dapat terjadi akibat oksidasi. Oksidasi dapat menyebabkan perubahan posisi dua ikatan rangkap dalam asam lemak tak jenuh. Jika asam lemak tak jenuh ini teroksidasi, posisi ikatan rangkap dapat berubah menjadi posisi terkonjugasi diena.

#### **g. Siklisasi Lipid**

Siklisasi asam lemak terjadi akibat oksidasi. Misalnya, asam linoleat ketika teroksidasi termal atau (teroksidasi dengan adanya panas) membentuk ikatan rangkap terkonjugasi dan bereaksi satu sama lain membentuk dimer siklik.

#### **h. Polimerisasi Lipid**

Penggorengan terendam menghasilkan karakteristik makanan yang digoreng menjadi menarik karena warna berubah menjadi keemasan dan tekstur menjadi renyah. Selain itu, penggorengan pada suhu 190°C menyebabkan minyak terdekomposisi secara termal dan oksidatif. Akibatnya, terbentuk senyawa volatile dan non volatile yang menyebabkan perubahan sifat fungsional, sensoris, dan nilai gizi minyak. Perubahan tersebut disebabkan oleh pembentukan produk hasil dekomposisi selama penggorengan. Jika minyak terdekomposisi lebih lanjut akibat oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi, maka akan terbentuk senyawa yang menimbulkan bau tidak enak yang dapat bersifat toksik pada konsentrasi tinggi.

Polimerisasi dan dimerisasi lipid terjadi akibat asam lemak mengalami oksidasi atau pemanasan. Polimerisasi atau dimerisasi ini mengakibatkan terjadinya penurunan tidak jenuh asam lemak dan peningkatan berat molekul, viskositas, dan indeks

refraksi. Pemanasan asam lemak tidak jenuh dengan adanya udara menyebabkan pembentukan oksidimer atau polimer yang mengandung hidroperoksida, hidroksida, evoksida, dan gugus karbonil, serta jembatan eter dan peroksida.

Polimerisasi minyak goreng merupakan akibat pembentukan senyawa berat molekul tinggi dan sangat polar. Polimer dapat bereaksi dengan radikal bebas trigliserida. Asam lemak siklik dapat terbentuk dari satu molekul asam lemak. Asam lemak dimer terbentuk dari dua molekul asam lemak, baik di dalam satu molekul trigliserida atau antar molekul. Polimer dengan berat molekul tinggi terbentuk akibat molekul-molekul tersebut (asam lemak siklik dimer) berikatan silang. Polimerisasi menyebabkan peningkatan viskositas minyak dan perubahan warna minyak menjadi gelap (Estiasih, dkk. 2016).

#### **i. Denaturasi Protein**

Denaturasi protein adalah perubahan konformasi struktur protein. Umumnya, struktur asli protein distabilisasi dengan energi yang rendah. Energi termodinamika untuk kestabilisasi struktur asli protein dari sebagian besar protein adalah 40-80 KJ/mol. Entalpi yang diperlukan agar struktur protein metnioglobin dan lisozim terbuka adalah 285 KJ/mol dan 368 KJ/mol. Oleh karena itu, perubahan ionisasi menyebabkan perubahan pH, suhu, konsentrasi, ion, atau penambahan deterjen dan pelarut organik dapat menyebabkan disosiasi sub unit penyusun protein oligomer, terbentuknya srtuktur tersier, dan rusaknya struktur sekunder. Fenomena ini disebut denaturasi protein.

Ciri-ciri suatu protein yang mengalami denaturasi bisa dilihat dari berbagai hal. Salah satunya adalah dari perubahan struktur fisiknya. Protein yang terdenaturasi biasanya mengalami

pembukaan lipatan pada bagian-bagian tertentu. Selain itu, protein yang terdenaturasi akan berkurang kelarutannya. Lapisan molekul bagian hidrofobik akan mengalami perubahan posisi dari dalam ke luar, begitupun sebaliknya. Hal ini akan membuat perubahan kelarutan.

Protein memiliki beberapa sifat khusus, antara lain protein memiliki kemampuan untuk mengangkut oksigen dan lipida, memiliki kelarutan tertentu dalam garam encer maupun asam encer, dan berfungsi sebagai enzim atau hormon. Protein yang dipengaruhi oleh pemanasan, sinar ultraviolet, pengocokan yang kuat (perlakuan mekanik), dan bahan-bahan kimia tertentu dapat mengalami denaturasi.

Beberapa faktor yang disebabkan oleh denaturasi diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Perubahan pH: penggumpalan kasein
2. Panas
3. Radiasi: sinar X dan UV
4. Pelarut organik: aseton, alkohol
5. Garam-garam dari logam berat:  $\text{Ag}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$
6. Pereaksi-pereaksi alkaloid: asam tannat, asam pikrat bisa menggumpalkan protein dan menurunkan infeksi.
7. Pereduksi: thioglikolat

Masing-masing cara mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap denaturasi protein. Senyawa kimia seperti urea dan garam dapat memecah ikatan hidrogen yang menyebabkan denaturasi protein karena dapat memecah interaksi hidrofobik dan meningkatkan daya larut gugus hidrofobik dalam air. Deterjen atau sabun dapat menyebabkan denaturasi karena senyawa pada

deterjen dapat membentuk jembatan antara gugus hidrofobik dengan hidrofilik sehingga terjadi denaturasi. Selain deterjen dan sabun, aseton dan alkohol juga dapat menyebabkan denaturasi.

Berikut akan dipaparkan mekanisme dan dampak yang ditimbulkan dari terjadinya denaturasi.

### **1. Panas dan Radiasi Sinar Ultraviolet**

Proses panas dan radiasi sinar ultraviolet menghasilkan gumpalan protein. Protein yang terdenaturasi lebih mudah tercernakan dan dengan alasan inilah makanan yang mengandung protein perlu dimasak dahulu sebelum dihidangkan.

Panas dapat digunakan untuk mengacaukan ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik non polar. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dapat meningkatkan energi kinetik dan menyebabkan molekul penyusun protein bergerak atau bergetar sangat cepat sehingga mengacaukan ikatan molekul tersebut. Protein telur mengalami denaturasi dan terkoagulasi selama pemasakan. Beberapa makanan dimasak untuk mendenaturasi protein yang dikandung supaya memudahkan enzim pencernaan dalam mencerna protein tersebut. Pemanasan akan membuat protein bahan terdenaturasi sehingga kemampuan mengikat air dapat menurun. Hal ini terjadi karena energi panas akan mengakibatkan terputusnya interaksi non-kovalen yang ada pada struktur alami protein tapi tidak memutuskan ikatan kovalennya yang berupa ikatan peptida. Proses ini biasanya berlangsung pada kisaran suhu yang sempit.

### **2. Pelarut-pelarut Organik**

Pelarut etanol membentuk ikatan hidrogen intermolekuler dengan molekul protein dan demikian memutuskan ikatan hidrogen intermolekuler.

### 3. Asam atau Basa

Pereaksi asam atau basa memecah ikatan hidrogen intermolekuler menyebabkan koagulasi protein. Bila protein kontak lama dengan asam atau basa maka kemungkinan besar ikatan peptide terhidrolisis sehingga struktur primer rusak sama sekali. Protein akan mengalami kekeruhan terbesar pada saat mencapai pH isoelektris yaitu pH dimana protein memiliki muatan positif dan negatif yang sama, pada saat inilah protein mengalami denaturasi yang ditandai kekeruhan meningkat dan timbulnya gumpalan (Anna, P., 1994). Asam dan basa dapat mengacaukan jembatan garam dengan adanya muatan ionik. Sebuah tipe reaksi penggantian dobel terjadi sewaktu ion positif dan negatif di dalam garam berganti pasangan dengan ion positif dan negatif yang berasal dari asam atau basa yang ditambahkan. Reaksi ini terjadi di dalam sistem pencernaan, saat asam lambung mengkoagulasi susu yang dikonsumsi.

### 4. Ion Logam Berat

Ikatan ion antar molekul dipecah dan menyebabkan protein mengendapkan sebagian senyawa protein-logam yang tak larut. Sifat inilah yang memberikan kemungkinan beberapa garam logam berat digunakan sebagai antiseptik. Garam logam berat mendenaturasi protein sama halnya dengan halnya asam dan basa. Garam logam berat umumnya mengandung  $Hg^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ,  $Ag^{+1}$   $Tl^{+1}$ ,  $Cd^{+2}$  dan logam lainnya dengan berat atom yang besar. Reaksi yang terjadi antara garam logam berat akan mengakibatkan terbentuknya garam protein-logam yang tidak larut (Ophart, C.E., 2003). Protein akan mengalami presipitasi bila bereaksi dengan ion logam. Pengendapan oleh ion positif (logam) diperlukan pH larutan diatas pi karena protein bermuatan negatif, pengendapan

oleh ion negatif diperlukan pH larutan dibawah pi karena protein bermuatan positif. Ion-ion positif yang dapat mengendapkan protein adalah  $Ag^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Hg^{++}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Cu^{++}$  dan  $Pb^{++}$ , sementara ion-ion negatif yang dapat mengendapkan protein adalah ion salisilat, triklorasetat, piktrat, tanat dan sulfosalisilat.

## 5. Perekasi Alkaloid

Pereaksi asam pikrat dan asam tanat yang bersenyawa muatan positif pada gugus asam amino dan memutuskan ikatan ionik intramolekul disebut juga pereaksi alkaloid, karena kedua reaksi ini banyak digunakan untuk mengidentifikasi alkaloid seperti morfin, kodein, dll.

Selanjutnya, contoh Denaturasi Protein yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari akan dijabarkan sebagai berikut.

### 1. Pemasakan Telur dan Makanan Lain yang Mengandung Protein

Protein telur mengalami denaturasi dan terkoagulasi selama pemasakan. Beberapa makanan dimasak untuk mendenaturasikan kandungan protein supaya memudahkan enzim pencernaan untuk mencerna protein tersebut (Poedjiadi, 1994).

Pemanasan akan membuat protein bahan terdenaturasi sehingga kemampuan mengikat airnya menurun. Hal ini terjadi karena energi panas akan mengakibatkan terputusnya interaksi non kovalen yang ada pada struktur alami protein tetapi tidak memutus ikatan kovalenya yang berupa ikatan peptide. Proses ini biasanya terjadi pada kisaran suhu yang sempit (Poedjiadi, 1994).

### 2. Denaturasi Protein pada *Rebonding* Rambut

Protein rambut terdiri dari asam amino yang mengandung sulfur tinggi sehingga membentuk jembatan disulfide antara asam amino yang menentukan bentuk rambut. Rambut yang *direbonding*

akan menyebabkan protein terdenaturasi akibat panas dari alat *rebonding*. Selain itu, penambahan reduktor (obat *rebonding*) akan memutus jembatan disulfide dan menghasilkan bentuk rambut yang baru.

### **3. Proses Sterilisasi**

Pada saat proses sterilisasi berlangsung, baik dengan oven maupun dengan radiasi sinar ultraviolet, akan menyebabkan denaturasi dari enzim-enzim yang ada pada bakteri dan akan menggumpalkan protein dari enzim tersebut. Rusaknya enzim yang ada di dalam bakteri menyebabkan bakteri tersebut tidak dapat melakukan proses metabolisme, sehingga bakteri akan mati.

### **4. Pemeriksaan Protein Urine dengan Asam Sulfosalisil 20%**

Asam sulfosalisil merupakan asam yang akan memecah ikatan ion intramolekuler yang akan menyebabkan koagulasi protein. Melalui proses koagulasi protein, hasil urine akan dinyatakan melalui kekeruhan hingga terjadi kekeruhan yang berkeping dan menggumpal. Bila protein mengalami kontak yang lama dengan asam atau basa maka kemungkinan besar ikatan peptide terhidrolisis sehingga struktur primer akan rusak sama sekali.

### **5. Pemeriksaan Protein Urine Bang dan Asam Asetat 6%**

Pada pemeriksaan ini urine dengan reagen bang atau asam asetat 6 % akan dipanaskan pada titik iso elektrik sehingga terjadi denaturasi disertai koagulasi. Apabila urine mengandung protein maka urine akan terlihat keruh berbutir hingga berkeping dan bergumpal.

### **6. Penggunaan Antiseptik dan Desinfeksi**

Etanol 70% dipergunakan sebagai desinfektan untuk membersihkan kulit sebelum disuntik. Alkohol ini berfungsi untuk

mendenaturasi protein bakteri yang terdapat pada kulit. Etanol merupakan pelarut organik yang akan membentuk ikatan hydrogen intramolekular protein, sehingga memutus ikatan hydrogen intramolekuler.

#### **7. Penggunaan Perak Nitrat Mencegah Infeksi Gonorrhoe**

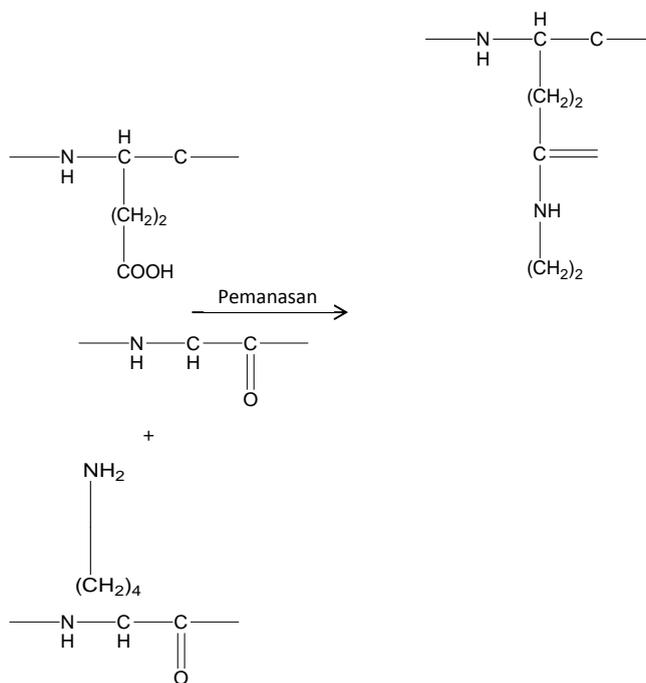
Perak nitrat digunakan untuk mencegah gonorrhoe pada mata anak yang baru lahir sehingga mampu mengendapkan protein bakteri. Perak nitrat merupakan logam berat yang akan memecah ikatan antarmolekul dan menyebabkan protein mengendap.

#### **8. Penggunaan Antibiotik**

Protein terdapat dalam bentuk tiga dimensi dan berlipat-lipat yang ditentukan dengan ikatan disulfide kovalen intramolekul dan sejumlah ikatan nonkovalen seperti ikatan ionik, hidrofobik, dan hydrogen. Bentuk ini disebut struktur tersier protein yang mudah terganggu oleh sejumlah agen kimia atau fisika, sehingga menyebabkan protein menjadi tidak berfungsi. Contoh antibiotik yang akan menyebabkan denaturasi protein yaitu grup tetrasiklin dan grup makrolida.

#### **9. Ikatan Silang Protein**

Protein dapat mengalami pengikatan silang, baik di dalam suatu rantai maupun antar rantai polipeptida. Pengukuran silang protein tersebut menyebabkan perubahan fungsional dari protein dan perubahan karakteristik produk pangan. Pengikatan silang ini menyebabkan produk menjadi lebih keras dan menurunkan daya cerna protein.



**Gambar 1.2 Ikatan Silang Protein**

Beberapa perlakuan yang dapat menyebabkan perubahan protein yaitu perlakuan alkali yang biasa digunakan dalam pelapisan sayuran dan buah-buahan, pembuatan isolasi protein, serta inaktivasi mikotoksin dan protein inhibitor. Pada pH alkali (pH tinggi), terjadi perubahan pada asam amino yang mempunyai gugus samping reaktif, walaupun menggunakan suhu rendah (sekitar 50 °C). Pada kondisi ini, terjadi pengikatan silang antar rantai dan di dalam rantai protein. Pengikatan silang terjadi akibat reaksi eliminasi pada residu asam amino sistin, serin, trionin yang diikuti dengan pengikatan dengan gugus epsilon amino dari lisin,  $\delta$ -amino ornitin, sulhidril (SH) sestein, atau NH<sub>3</sub> dari ikatan rangkap dehidroalanin atau 3-metil dehidroalanin.

### 1.3 Keamanan Pangan Secara Umum

Pangan merupakan kebutuhan alamiah manusia. Seiring dengan kemajuan teknologi, manusia cenderung menyukai hal-hal yang praktis termasuk dalam memilih makanan sehingga banyak ditemukan produk-produk makanan instan, baik yang diproduksi oleh perusahaan atau yang dibuat oleh rumah tangga.

Makanan dikatakan aman bila tidak mengandung bahan-bahan berbahaya. Pertama, bahaya biologis, yaitu makanan yang tercemar oleh mikroba, virus, parasit, bakteri, kapang, binatang pengerat, serangga, lalat, kecoak dan lain-lain. Kedua, bahaya kimiawi, yaitu bahaya yang terjadi karena mengandung cemaran bahan kimia. Diantaranya adalah:

1. Bahan yang tidak disengaja, seperti cairan pembersih, pestisida, cat, komponen kimia dari peralatan/kemasan yang lepas dan masuk ke dalam pangan.
2. Bahan yang disengaja, yaitu bahan tambahan pangan yang berlebihan atau tidak memenuhi aturan yang ditetapkan oleh pemerintah, seperti pewarna, pemanis, pengawet, penyedap, dan bahan berbahaya lainnya (formalin, borax, bahan pewarna/pengawet) yang bukan untuk makanan.

Ketiga, bahaya fisik yang disebabkan karena cemaran benda asing seperti tanah, rambut, bulu, kuku, kerikil, isi staples dll.

Cara produksi pangan industri maupun rumah tangga yang baik merupakan salah satu faktor yang penting untuk memenuhi standart mutu dan persyaratan keamanan pangan. Hal ini sangat berguna bagi kelangsungan hidup industri serta rumah tangga. Cara prouksi pangan yang baik akan menghasilkan pangan yang bermutu dan aman untuk dikonsumsi oleh konsumen.

Keamanan pangan merupakan syarat penting yang harus melekat pada pangan yang akan dikonsumsi oleh masyarakat. Pangan yang bermutu dan aman dapat dihasilkan dari dapur rumah tangga maupun dari industri pangan. Oleh karena itu industri pangan adalah salah satu faktor penentu beredarnya pangan yang memenuhi standar mutu dan keamanan yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Keamanan pangan bukan hanya merupakan isu dunia, akan tetapi juga menyangkut kepedulian individu. Jaminan akan keamanan pangan merupakan hak asasi konsumen. Pangan termasuk kebutuhan dasar terpenting dan sangat esensial dalam kehidupan manusia. Walaupun pangan yang dihasilkan menarik, nikmat, dan memiliki nilai gizi yang tinggi, akan tetapi jika tidak aman dikonsumsi, maka tidak akan ada nilainya sama sekali.

Pangan memegang peranan vital dalam perdagangan dunia. Keamanan pangan selalu menjadi pertimbangan pokok dalam perdagangan, baik perdagangan nasional maupun perdagangan internasional. Di seluruh dunia, kesadaran dalam hal keamanan pangan semakin meningkat.

Keamanan pangan merupakan aspek yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Kurangnya perhatian terhadap hal ini, akan mengakibatkan dampak berupa penurunan kesehatan konsumen, mulai dari keracunan makanan akibat tidak higienisnya proses penyimpanan dan penyajian, hingga risiko munculnya penyakit kanker akibat penggunaan bahan tambahan (*food additive*) yang berbahaya (Syah, 2005).

Lebih dari 90% penyebab penyakit pada manusia yang terkait dengan makanan (*foodborne diseases*) disebabkan oleh kontaminasi mikrobiologi, yaitu meliputi penyakit tipus, disentri bakteri/amuba, botulisme, dan intoksikasi bakteri lainnya, serta

hepatitis A dan *trichinellosis*. *Foodborne disease* lazim didefinisikan namun tidak akurat, serta dikenal dengan istilah keracunan makanan. WHO mendefinisikannya sebagai penyakit yang umumnya bersifat infeksi atau racun yang disebabkan oleh *agent* yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang dicerna.

Penyakit bawaan makanan baik yang disebabkan oleh mikroba maupun penyebab lain di negara berkembang sangat bervariasi. Penyebab tersebut meliputi bakteri, parasit, virus, ganggang air tawar maupun air laut, racun mikrobial, dan toksin fauna, terutama marine fauna. Komplikasi, kadar, gejala, dan waktu lamanya sakit juga sangat bervariasi tergantung penyebabnya. Patogen utama dalam pangan adalah *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, serta toksin yang diproduksi, *Bacillus cereus*, serta *Clostridium perfringens*. Di samping itu muncul jenis patogen yang semakin populer seperti *Campylobacter sp*, *Helicobacter sp*, *Vibrio urinificus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, sedang lainnya secara rutin tidak dimonitor dan dievaluasi. Jenis patogen tertentu seperti kolera thypoid biasanya dianalisa dan diisolasi oleh laboratorium kedokteran.

Keamanan pangan diartikan sebagai terbebasnya makanan dari zat-zat atau bahan yang dapat membahayakan kesehatan tubuh tanpa membedakan apakah zat itu secara alami terdapat dalam bahan makanan yang digunakan atau tercampur secara sengaja atau tidak sengaja kedalam bahan makanan atau makanan jadi (Moehyi, 2000).

Pengertian keamanan pangan adalah segala upaya yang dapat ditempuh untuk mencegah adanya indikasi yang membahayakan pada bahan pangan. Untuk memenuhi kebutuhan akan keadaan bebas dari resiko kesehatan yang disebabkan oleh kerusakan, pemalsuan dan kontaminasi, baik oleh mikroba atau senyawa

kimia, maka keamanan pangan merupakan faktor terpenting baik untuk dikonsumsi pangan dalam negeri maupun untuk tujuan ekspor. Keamanan pangan merupakan masalah kompleks sebagai hasil interaksi antara toksisitas mikrobiologi, toksisitas kimia dan status gizi. Hal ini saling berkaitan, dimana pangan yang tidak aman akan mempengaruhi kesehatan manusia yang pada akhirnya menimbulkan masalah terhadap status gizi (Seto, 2001).

Keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Pangan yang aman setara bermutu dan bergizi tinggi sangat penting peranannya bagi pertumbuhan, pemeliharaan, dan peningkatan derajat kesehatan serta peningkatan kecerdasan masyarakat (Saparinto, 2006).

Keamanan pangan adalah jaminan bahwa pangan tidak akan menyebabkan bahaya kepada konsumen jika disiapkan atau dimakan sesuai dengan maksud dan penggunaannya (FAO/WHO 1997). Sedangkan definisi keamanan pangan menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan, dan Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan, adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Ketentuan mengenai keamanan pangan meliputi sanitasi pangan, bahan tambahan pangan, rekayasa genetika dan iradiasi pangan, kemasan pangan, jaminan mutu dan pemeriksaan laboratorium, dan pangan tercemar.

Selain hal tersebut, di dalam peraturan yang sama juga disebutkan bahwa setiap orang dilarang mengedarkan pangan yang mengandung bahan beracun, berbahaya, yang dapat merugikan,

atau membahayakan kesehatan atau jiwa manusia. Pada dasarnya keamanan pangan (*food safety*) merupakan hal yang kompleks dan berkaitan erat dengan aspek toksisitas mikrobiologik, kimia, status gizi dan ketentraman batin. Masalah keamanan pangan ini kondisinya terus berkembang, bersifat dinamis seiring dengan berkembangnya peradaban manusia yang meliputi aspek sosial budaya, kesehatan, kemajuan iptek dan segala yang terkait dengan kehidupan manusia.

#### **1.4 Upaya Pengendalian Keamanan Pangan**

Untuk mendukung manajemen pengendalian keamanan pangan khususnya pangan tradisional, beberapa upaya preventif dapat dilakukan. Upaya-upaya tersebut antara lain adalah berkaitan dengan prinsip-prinsip cara pengolahan makanan yang baik yang dapat dilakukan dengan cara-cara sederhana secara mikro ataupun melibatkan peran swasta dan pemerintah secara makro.

Pertama, memperhatikan masalah sanitasi dan higienitas. Kebersihan pada setiap tahapan proses pengolahan, yang dimulai dari persiapan dan penyediaan bahan baku, pemakaian air bersih, tahapan pengolahan, dan pasca pengolahan (pengemasan dan penyimpanan) makanan atau pangan tradisional merupakan langkah-langkah penting untuk menghindari terjadinya infeksi dan intoksikasi. Selain itu usaha-usaha untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang antara bahan baku yang belum diolah dengan bahan jadi juga merupakan upaya preventif yang harus dilakukan.

Kedua, memanfaatkan secara maksimal sifat sinergisme antara bahan-bahan penyusun makanan tradisional yang dikombinasikan dengan penambahan asam untuk menurunkan pH (keasaman) produk. Seperti kita ketahui bahwa kunyit, jahe,

lengkuas, dan bahan-bahan lainnya merupakan pangan tradisional yang diketahui mempunyai efek antibakteri atau antimikroba. Sifat sinergisme ini juga merupakan usaha untuk menghindarkan penggunaan pengawet kimia.

Ketiga, upaya pelayanan purna jual yang diberikan kepada konsumen dengan cara penulisan label pada kemasan makanan. Penulisan informasi tentang batas akhir penggunaan makanan (kedaluwarsa), komposisi gizi penyusun makanan tradisional, komposisi zat gizi yang terkandung, bahan pengawet yang digunakan, informasi kehalalan, dan nama perusahaan atau industri rumah tangga yang memproduksi. Langkah ini merupakan jaminan mutu kepada konsumen tentang produk yang akan kita pasarkan.

Keempat, peran aktif industri pangan dalam membentuk atau membina pola dan kebiasaan konsumsi yang baik bagi masyarakat. Peran strategis industri pangan ini dimulai dari penggunaan jenis dan kualitas produk yang digunakan untuk produk olahannya. Industri pangan mempunyai kekuatan yang besar pula untuk mempengaruhi status gizi dan kesehatan masyarakat umum.

Kelima, peran serta pemerintah dalam memberikan regulasi dan pengawasan terhadap masalah-masalah keamanan pangan. Penguatan jejaring keamanan pangan nasional yang sudah ada dalam kerangka sistem keamanan pangan terpadu yang melibatkan semua *stakeholder* pemerintah pusat sampai pemerintah daerah. Perbaikan sistem pelaporan, pengaduan, pencatatan, dan penegakan hukum agar kasus-kasus keracunan pangan tidak terulang lagi.

Ada beberapa komponen penting yang perlu diperhatikan dalam peningkatan keamanan pangan (*food safety*) yang akan dipaparkan sebagai berikut.

### **a. Kebersihan dan Sanitasi Lingkungan**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1096 Tahun 2011, Higiene Sanitasi Jasaboga, higiene sanitasi adalah upaya untuk mengendalikan faktor risiko terjadinya kontaminasi terhadap makanan, baik yang berasal dari bahan makanan, orang, tempat dan peralatan agar aman dikonsumsi.

Higiene dan sanitasi adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara kebersihan individu. Misalnya mencuci tangan untuk melindungi kebersihan tangan, cuci piring untuk melindungi kebersihan piring, membuang bagian makanan yang rusak untuk melindungi keutuhan makanan secara keseluruhan.

Sanitasi makanan adalah salah satu usaha pencegahan yang menitikberatkan kegiatan dan tindakan yang perlu untuk membebaskan makanan dari segala bahaya yang dapat mengganggu atau merusak kesehatan, mulai dari sebelum makanan diproduksi, selama dalam proses pengolahan, penyimpanan, pengangkutan, sampai pada saat dimana makanan tersebut siap untuk dikonsumsi oleh masyarakat atau konsumen. Sanitasi makanan ini bertujuan untuk menjamin keamanan dan kemurnian makanan, mencegah konsumen dari penyakit, mencegah penjualan makanan yang akan merugikan pembeli, dan mengurangi kerusakan makanan.

Tujuan utama dari penerapan aspek higiene sanitasi kantin di perusahaan adalah menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif.

### **b. Higiene Makanan**

Makanan adalah bahan selain obat yang mengandung zat-zat gizi dan higienis serta berguna bila dimasukkan ke dalam tubuh. Makanan jadi adalah makanan yang telah diolah dan atau langsung disajikan/dikonsumsi. Usaha untuk meminimalisasi

dan menghasilkan kualitas makanan yang memenuhi standar kesehatan, dilakukan dengan menerapkan prinsip-prinsip sanitasi. Secara lebih terinci sanitasi meliputi pengawasan mutu bahan makanan mentah, penyimpanan bahan, suplai air yang baik, pencegahan kontaminasi makanan dari lingkungan, peralatan, dan pekerja, pada semua tahap proses.

Menurut WHO (2006), sanitasi makanan dapat diartikan pula sebagai upaya penghilangan semua faktor luar makanan yang menyebabkan kontaminasi dari bahan makanan sampai dengan makanan siap saji. Tujuan dari sanitasi makanan itu sendiri adalah mencegah kontaminasi bahan makanan dan makanan siap saji sehingga aman dikonsumsi oleh manusia.

Lima langkah berikut ini harus dilakukan dalam upaya pemeliharaan sanitasi makanan.

1. Penggunaan alat pengambil makanan. Sentuhan tangan merupakan penyebab yang paling umum terjadinya pencemaran makanan. Mikroorganisme yang melekat pada tangan akan berpindah ke dalam makanan dan akan berkembang biak dalam makanan, terutama dalam makanan jadi.
2. Penjagaan makanan dari kemungkinan pencemaran. Makanan atau bahan makanan harus disimpan di tempat yang tertutup dan terbungkus dengan baik sehingga tidak memungkinkan terkena debu.
3. Penyediaan lemari es. Banyak bahan makanan dan makanan jadi yang harus disimpan dalam lemari es agar tidak menjadi rusak atau busuk.
4. Pemanasan makanan yang harus dimakan dalam keadaan panas. Jika makanan menjadi dingin mikroorganisme akan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat.

5. Hindari menyimpan makanan dengan jarak yang tidak terlalu lama. Jarak waktu penyimpanan makanan selama 3 atau 4 jam sudah cukup bagi bakteri untuk berkembang.

## **RINGKASAN**

1. Komponen utama bahan pangan yaitu air, sakarida, protein, lipid, mineral dan vitamin.
2. Berbagai reaksi kimia dan biokimia dapat mengubah kualitas dan keamanan produk, diantaranya reaksi pencokelatan nonenzimatis, pencokelatan enzimatis, oksidasi, hidrolisis, interaksi dengan logam, isomerisasi lipid, siklisasi lipid, polimerisasi lipid, denaturasi protein, dan pengikatan silang protein
3. Keamanan pangan merupakan syarat penting yang harus melekat pada pangan yang hendak dikonsumsi oleh semua masyarakat. Pangan yang bermutu dan aman dapat dihasilkan dari dapur rumah tangga maupun dari industri pangan.
4. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan dan Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan, keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia.

## SOAL LATIHAN

1. Perhatikan gambar berikut!



Bahan pangan adalah bahan yang memungkinkan manusia untuk tumbuh dan berkembang, serta mampu beraktifitas dan memelihara kondisi tubuhnya. Untuk itu, bahan pangan atau biasa kita sebut dengan “makanan” perlu diperhatikan jenis dan mutunya agar aman dikonsumsi. Setiap makanan yang dikonsumsi itu mengandung komponen-komponen utama yang dibutuhkan oleh tubuh, apa saja komponen utama yang terdapat dalam bahan makanan?

2. Perhatikan gambar berikut!



Mengapa terjadi perubahan warna pada Apel? Jelaskan reaksi apa yang terjadi pada buah apel diatas, dan bagaimana cara mencegah perubahan warna cokelat pada apel!

3. Pada reaksi pencokelatan enzimatis dapat digunakan asam askorbat, tiol, dan natrium bisulfit untuk mencegah buah dan

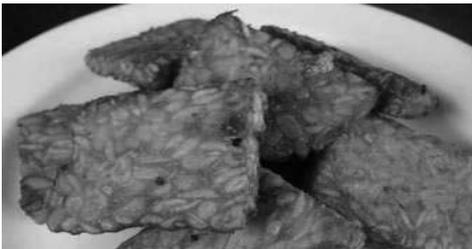
sayuran berwarna coklat. Bagaimana peran senyawa-senyawa tersebut dalam menghambat buah dan sayuran menjadi coklat?

4. Siska adalah seorang penjual roti, biasanya siska memproduksi roti dengan cara memanggang dengan suhu yang tinggi untuk mendapatkan roti yang menarik. Menurut Siska roti itu menarik jika memiliki warna coklat setelah di panggang. Reaksi apa yang terjadi selama proses pemanggangan tersebut? Jelaskan!
5. Tahu merupakan lauk yang diproses dari Kedelai dan merupakan jenis lauk yang mampu dijangkau oleh sebagian besar masyarakat. Dinda membeli tahu di pasar, dimana tahu yang Dinda beli memiliki tekstur yang kenyal, tidak mudah hancur, bisa tahan dan awet dalam tiga hari, bahkan bisa tahan lebih lama jika dimasukkan ke dalam lemari es. Komponen pangan dari tahu yang Dinda beli ternyata sudah ditambahkan suatu senyawa dengan sengaja oleh pedagang tersebut. Berdasarkan ciri-ciri dari komponen pangan yang dibeli oleh Dinda, senyawa/zat apa yang sengaja ditambahkan? Jelaskan bahaya yang ditimbulkan dari zat/senyawa tersebut!
6. Penurunan mutu dan keamanan produk bahan pangan dapat disebabkan oleh beberapa reaksi, salah satunya adalah reaksi pencokelatan (*browning*) pada bahan baku pangan. Reaksi pencokelatan terdiri dari dua jenis yaitu pencokelatan enzimatis dan pencokelatan non-enzimatis. Reaksi pencokelatan non-enzimatis terbagi menjadi dua yaitu karamelisasi dan reaksi Maillard. Reaksi Maillard adalah reaksi antara karbohidrat khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer pada bahan pangan yang menghasilkan produk berwarna coklat yang dikehendaki pada pengolahan bahan pangan, misalnya: pemanggangan daging atau roti maupun proses penggorengan ubi jalar, singkong dan lain sebagainya. Reaksi Maillard berlangsung dalam beberapa tahapan, sebutkan tahapan-tahapan tersebut!

7. Di restoran makanan cepat saji, terdapat menu kentang goreng. Kentang goreng yang terdapat dalam restoran cepat saji tersebut memiliki tampilan yang menarik karena memiliki warna keemasan dan tekstur kentang goreng yang renyah. Kentang goreng yang terdapat dalam restoran cepat saji tersebut digoreng dengan cara penggorengan terendam (*deep fat frying*). Penggorengan pada suhu yang tinggi dapat menyebabkan minyak terdekomposisi secara termal dan oksidatif. Akibatnya, terbentuk senyawa volatile dan nonvolatile yang menyebabkan perubahan sifat fungsional, sensoris, dan nilai gizi minyak serta penurunan kualitas/mutu minyak. Dari peristiwa tersebut terjadi penurunan atau perubahan mutu dan keamanan produk. Reaksi apa yang menyebabkan proses perubahan mutu tersebut? Jelaskan penyebabnya!
8. Sebagian besar bahan pangan mentah dapat terinfeksi berbagai sendiri. Untuk mengatasi masalah tersebut, biasanya bahan pangan ditambahkan bahan BTP. Apa itu BTP? Dan sebutkan jenis-jenis BTP yang diizinkan digunakan pada bahan pangan!
9. Pada umumnya, reaksi pencokelatan atau *browning* ada dua jenis, yaitu reaksi pencokelatan enzimatis dan non-enzimatis. Reaksi pencokelatan biasa terjadi pada buah-buahan dan sayur-sayuran seperti pada pisang, peach, salak, pala, stroberi, dan apel yang memiliki senyawa fenolik. Pembentukan warna coklat disebabkan karena terjadinya oksidasi senyawa-senyawa fenol dan polifenol oleh enzim fenolase dan polifenolase yang membentuk quinon, yang kemudian berpolimerasi membentuk melanin. Apa dampak yang ditimbulkan dari reaksi pencokelatan enzimatis?
10. Banyak pedagang kaki lima yang berjualan di daerah perkantoran. Mereka biasanya menjual cemilan seperti batagor, bakwan, risol, dan ada juga yang menjual makanan berat seperti ayam goreng serta lele goreng. Para penjual sering mengeluh

karna minyak yang di gunakan untuk menggoreng itu cepat sekali berubah warna menjadi gelap. Mengapa minyak yang digunakan tersebut cepat menjadi gelap?

11. Makanan harus memenuhi syarat untuk dikonsumsi, diantaranya menyangkut tingkat keamanan makanan agar aman dan tidak menimbulkan masalah bagi tubuh. Yang dimaksud dengan keamanan pangan adalah ?
12. Gusi berdarah adalah masalah yang timbul karena kurangnya asupan vitamin C, sehingga perlu adanya usaha pemenuhan vitamin C. Andi sering mengonsumsi buah-buahan yang kaya akan vitamin C, namun andi masih mengalami hal-hal yang terkait dengan masalah tersebut. Jika Andi masih mengalami masalah-masalah pada mulut dan gusi apakah hal tersebut mengindikasikan bahwa buah-buahan yang dikonsumsi Andi tidak memenuhi kualitas buah yang baik? Jelaskan!
13. Perhatikan gambar berikut!



Makanan tersebut biasa dikonsumsi oleh masyarakat luas di Indonesia, dimana dalam proses pembuatannya menggunakan jamur. Makanan dikatakan aman bila tidak mengandung mikroba, virus, parasite dan bakteri maupun jamur. Bagaimanakah efeknya terhadap tubuh bila makanan tersebut dikonsumsi? Apakah makanan tersebut merupakan pangan yang tidak aman?

14. Pencucian sangat penting dilakukan agar bahan pangan bersih. Pada kelompok daging-dagingan, selain agar lebih bersih, proses pencucian juga berperan dalam mengurangi bau amis yang terlalu menyengat dari darah-darah yang menempel. Pada kenyataannya kualitas daging yang disimpan dalam kulkas tanpa dicuci terlebih dahulu lebih bagus dari kualitas daging yang dicuci terlebih dahulu. Mengapa terjadi demikian?
15. Untuk meningkatkan daya tarik, biasanya makanan diberi tambahan zat aditif seperti pewarna ataupun pemanis, namun makanan-makanan tersebut biasanya cepat menyebabkan radang tenggorokan. Dalam kasus ini apakah penambahan zat aditif menyebabkan penurunan kualitas pangan yang memicu radang tenggorokan? Jelaskan!
16. Air di daerah rawa cenderung memiliki kualitas yang rendah. Hal tersebut terlihat dari tingkat kejernihan air yang teramat. Salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas air agar lebih jernih yakni dengan menambahkan sejenis obat-obat penjernih. Terkait usaha tersebut, jelaskan bagaimana hubungannya dengan tingkat keamanan konsumsi!
17. Keamanan pangan (*food safety*) dititikberatkan pada kualitas pangan yang memenuhi kebutuhan gizi. Salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan gizi dalam pangan dilakukan melalui sanitasi. Mengapa sanitasi memegang peranan dalam meningkatkan keamanan pangan?
18. Hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan pangan agar tetap aman adalah dengan cara melakukan sortasi dan upaya perlindungan terhadap pencemaran. Sebab ketentuan penyimpanan bahan pangan yang baik adalah.....

19. Suatu produk pangan yang berskala besar biasanya diproduksi pada suatu pabrik. Keamanan atau keadaan lokasi produksi pangan ini haruslah diperhatikan. Bagaimana lokasi produksi pangan yang dapat dikatakan baik?
20. Lima Kunci Keamanan Pangan yang dikembangkan WHO yaitu, jagalah kebersihan, pisahkan pangan mentah dengan pangan matang, masaklah dengan benar, jagalah pangan pada suhu aman, dan gunakan air dan bahan baku yang aman. Mengapa masih ada masalah keamanan pangan walaupun telah disosialisasikan lima kunci keamanan pangan?
21. Memisahkan pangan mentah dengan pangan matang diperlukan untuk mencegah kontaminasi silang. Kontaminasi silang adalah perpindahan mikroba patogen dari pangan mentah ke pangan matang atau dari alat pengolah ke pangan atau dari pekerja ke pangan. Kontaminasi silang harus dicegah, karena.....
22. Faktor keamanan pangan berkaitan dengan tercemar tidaknya pangan oleh cemaran mikrobiologis, logam berat, dan bahan kimia yang membahayakan kesehatan. Untuk dapat memproduksi pangan yang bermutu baik dan aman bagi kesehatan, tidak cukup hanya mengandalkan pengujian akhir laboratorium saja, hal lain yang juga diperlukan yaitu.....
23. Keamanan pangan selalu menjadi pertimbangan pokok dalam perdagangan, baik perdagangan nasional maupun perdagangan internasional. Di seluruh dunia, kesadaran dalam hal keamanan pangan semakin meningkat. Pangan semakin penting dan vital peranannya dalam perdagangan dunia. Menurut anda, siapakah yang bertanggung jawab terhadap keamanan pangan nasional maupun internasional?

24. Pangan merupakan kebutuhan alamiah manusia. Seiring dengan kemajuan teknologi, manusia cenderung menyukai hal-hal yang praktis, termasuk dalam memilih makanan. Sehingga, banyak kita temui produk-produk makanan instan dimana-mana, baik yang diproduksi oleh perusahaan atau yang dibuat oleh rumah tangga. Menurut anda, diantara dua hal tersebut manakah yang memiliki tingkat keamanan pangan paling tinggi?
25. Makanan dikatakan aman apabila tidak mengandung bahan-bahan berbahaya. Pertama bahan berbahaya biologis, yaitu makanan yang tercemar oleh mikroba, virus, parasit, bakteri, kapang, binatang pengerat, serangga, lalat, kecoak, dll. Dari manakah sumber makanan berbahaya yang tercemar biologis ini berasal?



- 2.1 Pengertian Air**
- 2.2 Struktur Air dan Es**
- 2.3 Sifat Fisik dan Kimia Air**
- 2.4 Keadaan Air dalam Bahan Pangan**
- 2.5 Interaksi Air Solut**
- 2.6 Kandungan Air dalam Bahan Makanan**
- 2.7 Penentuan Aktivitas Air**
- 2.8 Fungsi dan Peranan Air dalam Bahan Makanan**
- 2.9 Penentuan Kadar Air**

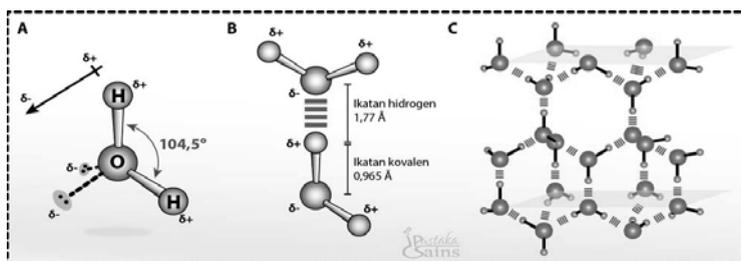
## **2.1 Pengertian Air**

Air merupakan zat yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari setelah udara. Sekitar tiga perempat bagian dari tubuh manusia terdiri dari air. Air digunakan untuk mendukung hampir seluruh kegiatan manusia. Air dibutuhkan oleh organ tubuh, untuk keperluan industri, pertanian, sebagai sarana hiburan, serta dalam hal kesehatan.

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ . Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Kedua atom hidrogen melekat di satu atom oksigen dengan sudut  $104,5^\circ$ . Akibat perbedaan elektronegativitas antara H dan O, sisi hidrogen molekul air

bermuatan positif dan sisi oksigen bermuatan negatif. Karena itu, molekul air dapat ditarik oleh senyawa lain yang bermuatan positif atau negatif. Di antara sifat kimia air yang terutama adalah bahwa air merupakan pelarut yang baik. Hampir semua zat kimia bisa dilarutkan dalam air bahkan yang terdapat dalam tubuh sehingga air sering disebut pelarut universal. Air juga mempercepat (mengkatalisis) hampir semua reaksi kimia yang diketahui. Sifat kimia air yang penting lainnya adalah reaktivitas kimianya ada pada tingkat yang ideal. Air tidak terlalu reaktif sehingga tidak berpotensi merusak (seperti asam sulfat) dan tidak juga terlalu lamban (seperti argon yang tidak bereaksi kimia). Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman yaitu sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, juga merupakan sumber energi, dan memiliki fungsi untuk berbagai keperluan lainnya (Sasongko dkk, 2014).

## 2.2 Struktur Air dan Es



Gambar 2.1 Struktur Air

Air memiliki struktur kimia  $H_2O$ , satu atom oksigen berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen. Ikatan tersebut terjadi melalui penggunaan bersama elektron terluar atom oksigen dengan satu elektron pada tiap atom hidrogen. Ikatan tersebut memiliki panjang

ikatan sebesar 0,965 Å. Secara geometri, molekul air berbentuk tetrahedral seperti pada ikatan  $sp^3$  atom karbon, misalnya seperti pada struktur  $CH_4$ . Pada struktur air, dua atom hidrogen di kedua ujung tetrahedral membentuk huruf 'V' bersudut  $104,5^\circ$  dengan atom oksigen di pusatnya dan dua pasang elektron pada oksigen lainnya berada pada dua ujung yang lainnya (Nelson dan Cox, 2012).

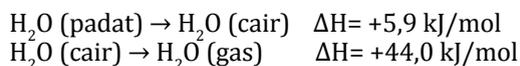
Pada molekul air, inti atom oksigen memiliki kecenderungan untuk menarik elektron lebih kuat dari pada inti atom hidrogen karena jumlah proton (partikel inti bermuatan positif) pada inti oksigen lebih banyak daripada pada inti hidrogen. Oleh karena itu, oksigen lebih bersifat elektronegatif dibandingkan hidrogen. Hal ini menyebabkan elektron bersama pada ikatan kovalen air lebih cenderung tertarik ke arah oksigen dari pada ke arah hidrogen. Akibatnya, molekul air memiliki momen dipol pada masing-masing atom hidrogen memiliki kecenderungan bermuatan positif sedangkan atom oksigen bermuatan negatif.

Karena adanya momen dipol tersebut, molekul air dapat saling tertarik satu sama lain membentuk ikatan hidrogen. Ikatan ini terjadi antara atom hidrogen (memiliki kecenderungan bermuatan positif) pada molekul air yang satu dengan atom oksigen (memiliki kecenderungan bermuatan negatif) pada molekul air yang lainnya. Ikatan ini relatif lemah dibandingkan ikatan kovalen. Energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan hidrogen (energi pemutusan ikatan) pada air dalam wujud cair adalah sebesar 23 kJ/mol, jauh lebih kecil dari energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan kovalen O-H pada molekul air (sebesar 470 kJ/mol). Walaupun demikian, ikatan hidrogen menyebabkan air berbentuk cair pada suhu ruangan.

Karena geometri molekulnya yang seperti tetrahedral, tiap molekul air membentuk maksimal empat ikatan hidrogen dengan

molekul air di sekitarnya. Pada suhu ruangan dan tekanan atmosfer, molekul air dalam bentuk cairan tidak tersusun dengan teratur dan bergerak terus menerus. Hal ini menyebabkan tiap molekul air hanya membentuk 3,4 ikatan hidrogen dengan molekul di sekitarnya. Sedangkan dalam keadaan padat, seperti pada es batu, tiap molekul air berada dalam keadaan diam sehingga dapat membentuk empat ikatan hidrogen secara utuh dengan molekul air di sekitarnya.

Adanya ikatan hidrogen menyebabkan es batu memiliki titik leleh yang relatif tinggi. Hal ini terjadi karena energi besar dibutuhkan untuk memutuskan ikatan-ikatan hidrogen sehingga dapat mendestabilisasi kisi kristal es. Oleh karena itu, ketika terjadi pelelehan es ataupun penguapan air, kalor diambil dari sistem.



Ketika terjadi pelelehan es, entropi sistem meningkat karena molekul air tidak tersusun teratur seperti pada es sehingga air berubah menjadi berbentuk cairan. Begitupun pada proses penguapan, ikatan hidrogen antar molekul air terputus sehingga interaksi antara molekul air satu dengan molekul air lainnya sangat lemah dan susunannya menjadi lebih tidak beraturan.

Molekul air dalam keadaan padat membentuk jaringan tiga-dimensi di mana setiap atom oksigen berikatan secara kovalen dengan dua atom hidrogen dan berikatan hidrogen dengan dua atom hidrogen. Struktur khas ini diperhitungkan untuk fakta bahwa es kurang rapat daripada cairan air. Air juga ideal sesuai dengan peran ekologisnya yang memiliki kalor spesifik tinggi, sifat lainnya berdasarkan kekuatan ikatan hidrogennya. Air dalam jumlah besar dapat menurunkan iklim dengan melepaskan dan menyerap sejumlah kalor di mana suhunya hanya mengalami perubahan kecil.

## 2.3 Sifat Fisik dan Kimia Air

### 2.3.1 Sifat Fisik Air

Tabel 2.1. Sifat Fisik Air

AIR	
Rumus molekul	H <sub>2</sub> O
Massa molar	18.02 g/mol
Volume molar	55,5 mol/L
Kerapatan pada fasa	1000 kg/m <sup>3</sup> , liquid 917 kg/m <sup>3</sup> , solid
Titik leleh	0°C (273.15 K) (32°F)
Titik didih	100°C (373.15 K) (212°F)
Titik beku	0°C pada 1 atm
Titik triple	273,16 K pada 4,6 torr
Kalor jenis	4186 KG.K

1. Tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau.
2. Air di bumi selalu berinteraksi, berubah, dan bergerak.
3. Menyerap sejumlah kalor karena memiliki kalor jenis yang tinggi.
4. Mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi. Tegangan permukaan tersebut berguna untuk gaya kapilaritas air.
5. Air adalah pelarut yang baik karena kepolarannya, konstanta dielektrik yang tinggi dan ukurannya yang kecil, terutama untuk senyawa ionik dan garam yang polar.
6. Air mempunyai massa jenis yang lebih kecil dalam keadaan beku bila dibandingkan dengan keadaan cair. Karena sifat ini, maka ini dibagian dalam lautan meskipun suhunya turun tetap berbentuk cair yang memungkinkan makhluk hidup tetap hidup.

### 2.3.2 Sifat Kimia Air

1. Air adalah zat kimia yang istimewa, terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen.

Panjang ikatan O - H = 95,7 pikometer

Sudut H—O---H = 104,5°

Energi ikatan O - H = 450 kJ/mol

Momen dipol = 1,83 debyes

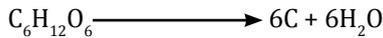
2. Atom-atom hidrogen tertarik pada satu sisi atom oksigen, menghasilkan molekul air yang mempunyai muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen. Karena muatan yang berlawanan tersebut di dalam molekul air saling tarik menarik dan membuatnya menjadi lengket. Sisi positif dari suatu molekul air tertarik pada sisi negatif dari molekul yang lain. Molekul air berbentuk seperti huruf V disebabkan karena:
  - a. Struktur geometrinya yang tetrahedral (109,50).
  - b. Keberadaan pasangan elektron bebas pada atom oksigen.
3. Bersifat polar karena perbedaan muatan.
4. Sebagai pelarut yang baik karena kepolarannya.
5. Bersifat netral (pH=7) dalam keadaan murni.

### 2.4 Keadaan Air dalam Bahan Pangan

Berdasarkan keadaannya, air dalam bahan pangan dibagi menjadi air konstitusi, air hidrasi (*vicinal atau monolayer*), air permukaan (*multilayer*), air bebas, dan air terperangkap. Keadaan air ini bergantung dari interaksi antara air dan komponen lain di dalam bahan atau produk pangan (Estiasih, dkk. 2016).

**a. Air Konstitusional**

Air konstitusional merupakan air yang menjadi bagian integral dari komponen lain. Sebagai contoh, air merupakan bagian dari karbohidrat seperti gula. Karbohidrat adalah hidrat dari karbon (atom C), sehingga jika karbohidrat seperti glukosa diuraikan akan terbentuk air dengan persamaan:



Contoh lainnya adalah protein yang dipanaskan hingga terdenaturasi, artinya protein melepaskan sebagian air konstitusinya.

**b. Air Hidratasi**

Air hidratasi (*vicinal atau monolayer*) adalah air yang terikat kuat secara spesifik pada sisi hidrofilik makromolekul dan membentuk satu lapis yang melapisi makromolekul. Interaksi yang kuat tersebut disebabkan oleh terbentuknya ikatan ion-air atau air-dipol. Air hidratasi berinteraksi secara kuat dan spesifik dengan sisi hidrofilik komponen lain. Kadarnya mencapai 0,5 + -0,4 % dari total kadar air dan membentuk satu lapisan.

**c. Air Permukaan**

Air permukaan atau multilayer merupakan air terikat yang membentuk beberapa lapisan di sekitar gugus hidrofilik. Air ini terikat pada lapisan air monolayer dengan kadar sekitar 3% dari total kadar air. Air ini dapat dimanfaatkan oleh mikroba dan enzim dan dapat bereaksi secara kimiawi, sehingga meningkatkan kecepatan reaksi. Interaksi yang terjadi pada air permukaan adalah interaksi air-air dan air-gugus hidrofilik melalui ikatan hidrogen.

#### **d. Air Bebas**

Air bebas merupakan air yang tidak terikat dengan komponen pangan. Air ini dapat dimanfaatkan untuk reaksi kimia, reaksi enzimatik, dan aktivitas mikroba. Sifat air ini dapat mengalir dan mirip dengan air curah. Interaksi dominan dalam air bebas adalah interaksi air-air.

#### **e. Air Terperangkap**

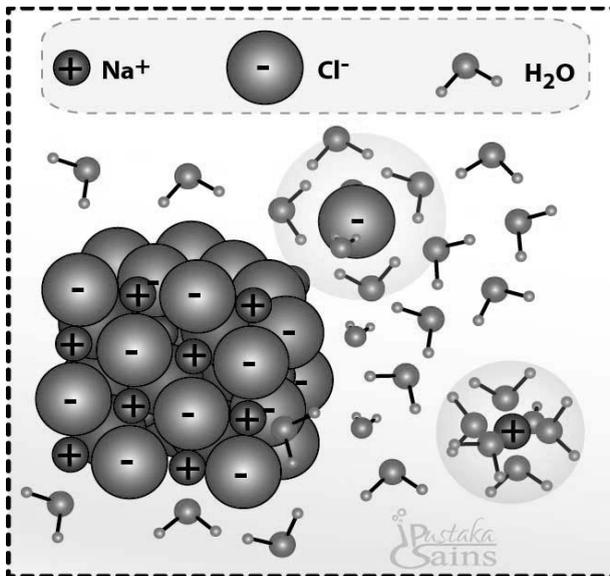
Air terperangkap merupakan air yang terperangkap dalam matriks gel suatu bahan.

### **2.5 Interaksi Air Solut**

#### **2.5.1 Interaksi Air dengan Ion dan Gugus Mengion**

Ion dan gugus ionik dari molekul organik menghambat mobilitas air akibat ikatan yang kuat. Ikatan air-ion yang kuat ini lebih besar daripada ikatan hidrogen air dengan air, tetapi lebih lemah dari ikatan kovalen.

Struktur normal molekul air murni (berdasarkan ikatan hidrogen, struktur tetrahedral) menjadi rusak karena adanya solute yang dapat terdisosiasi. Air dan senyawa ion anorganik mengalami interaksi elektrostatik ion-dipol. Sebagai contoh interaksi antara air dan NaCl. Pada konsentrasi garam yang encer, terbentuk lapisan air yang kedua di sekeliling ion solute. Molekul air yang berjarak jauh dari solute berperan seperti air curah (*bulk phase*) dan berperan seperti air bebas. Pada konsentrasi garam yang tinggi, tidak terdapat air curah karena struktur air didominasi oleh ion.



Gambar 2.2 Interaksi Air – NaCl

Ion mempunyai pengaruh terhadap sifat air karena dapat merusak struktur air. Kemampuan hidrasi (berkompetisi dengan air) menjadikan ion dapat mengubah struktur air, memengaruhi permisivitas, dan membentuk lapisan ganda ion di sekitar molekul koloid. Oleh Karena itu, konformasi protein dan stabilitas koloid dipengaruhi oleh keberadaan dan konsentrasi ion.

### 2.5.2 Interaksi Air – Solut Hidrofilik

Interaksi antara air dan solut nonionik hidrofilik (larut dalam air) lebih lemah dibandingkan interaksi ion-air dan mempunyai besaran energi yang hampir setara dengan interaksi air-air. Berdasarkan kekuatan ikatan hidrogen dalam interaksi air-solut, lapisan pertama air yang menegelilingi solute tidak menyebabkan penurunan mobilitas atau mengubah sifat air dibandingkan sifat

air curah. Solute mempunyai kemampuan membentuk ikatan hidrogen sehingga meningkatkan atau tidak mengubah struktur normal air murni.

Pada sejumlah kasus, distribusi dan orientasi lokasi ikatan hidrogen dengan solute secara geometri tidak sesuai dengan geometri air murni. Oleh karena itu, jenis solute ini sering merusak struktur normal air. Contoh solute seperti ini adalah urea.

Penting untuk dicatat bahwa jumlah ikatan hidrogen per mol larutan tidak berubah nyata dengan penambahan ikatan hidrogen dengan solute. Rusaknya ikatan hidrogen air-air kemungkinan diganti oleh ikatan air-solut. Solute dengan sifat seperti ini mempunyai pengaruh kecil terhadap struktur air.

### **2.5.3 Interaksi Air – Solut Nonpolar**

Jika air dicampur dengan senyawa yang bersifat hidrofobik (tidak larut dalam air) seperti hidrokarbon, asam lemak, asam amino non polar, dan protein hidrofobik, secara termodinamika pencampuran tersebut tidak menyatu. Penurunan entropi akan terjadi jika air membentuk struktur khusus karena tidak dapat bercampur dengan solute non polar. Proses ini disebut hidrasi hidrofobik. Pada hidrasi hidrofobik, air cenderung meminimumkan kontak dengan senyawa nonpolar (Estiasih dkk, 2016).

## **2.6 Kandungan Air dalam Bahan Makanan**

Kandungan air dalam bahan makanan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba yang dinyatakan dengan  $a_w$ , yaitu jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisma untuk pertumbuhannya. Hubungan antara  $A_w$  dengan kandungan air per gram suatu bahan makanan disebut

isoterm sorpsi air. Pada bahan pangan isoterm sorpsi air dapat menggambarkan kandungan air yang dimiliki bahan tersebut sebagai keadaan kelembapan relatif ruang tempat penyimpanan.

Kandungan air suatu bahan yang dikeringkan mempengaruhi beberapa hal yaitu seberapa jauh penguapan dapat berlangsung, lamanya proses pengeringan dan jalannya proses pengeringan. Kandungan air dalam suatu bahan pangan dinyatakan atas dasar basah (% berat) atau atas dasar kering, yaitu perbandingan jumlah air dengan jumlah bahan kering. Kadar air secara basis kering adalah perbandingan antara berat air di dalam bahan tersebut dengan berat bahan keringnya. Berat bahan kering adalah berat bahan asal setelah dikurangi dengan berat airnya. Kadar air secara basis basah adalah perbandingan berat air di dalam bahan tersebut dengan berat mentah.

Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan itu. Selain merupakan bagian dari suatu bahan makanan, air merupakan pencuci yang baik bagi bahan makanan atau alat-alat yang akan digunakan dalam pengolahannya. Sebagian besar dari perubahan-perubahan bahan makanan terjadi dalam media air yang ditambahkan atau yang berasal dari bahan itu sendiri. Berikut akan dipaparkan tabel mengenai kandungan air dalam beberapa bahan makanan.

**Tabel 2.2 Kandungan air dalam beberapa bahan makanan.**

No.	Bahan	Kandungan air (%)
1.	Tomat	94
2.	Ikan teri kering	38
3.	Semangka	93
4.	Daging sapi	66
5.	Kol	92

6.	Roti	36
7.	Nanas	85
8.	Buah kering	28
9.	Kacang hijau	90
10.	Susu bubuk	14
11.	Susu sapi	88
12.	Tepung terigu	12

## 2.7 Penentuan Aktivitas Air

Aktivitas air ( $a_w$ ) didefinisikan sebagai rasio tekanan parsial air di sekitar bahan atau produk pangan dibandingkan dengan tekanan air murni pada suhu yang sama. Sementara itu, kelembapan relatif mempunyai definisi yang sama dengan aktivitas air. Akan tetapi kelembapan relatif dinyatakan dalam bentuk persentase, sedangkan aktivitas air dalam bentuk angka desimal. Misalnya sosis sapi dikemas dalam kemasan rapat dengan kelembapan relatif (RH) = 83%. Artinya aktivitas air sosis tersebut adalah 0,83. Hubungan antara aktivitas air dan kadar air pada kebanyakan produk pangan digambarkan dalam bentuk kurva sigmoid.

Aktivitas air berbeda dengan kadar air. Kadar air menunjukkan air yang terdapat dalam bahan atau produk pangan, apapun keadaannya. Baik terikat dalam bentuk hidratisasi, permukaan, maupun air bebas. Aktivitas air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$a_w = \frac{P}{P^0} = \frac{ERH (\%)}{100}$$

### Keterangan:

$a_w$  : aktivitas air

$P$  : tekanan uap air dalam bahan

$P^0$  : tekanan uap air murni

ERH : kelembapan relatif pada kondisi kesetimbangan

Aktivitas air dapat mempengaruhi reaksi kimiawi dan biologis yang terjadi di dalam pangan yang dapat menyebabkan kerusakan pangan. Reaksi biologis misalnya adalah mikroba berkaitan langsung dengan aktivitas air. Tidak ada mikroba yang dapat tumbuh pada aktivitas air di bawah 0,6.

Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mengawetkan produk pangan dan meminimalkan resiko kerusakan pangan akibat mikroba adalah pengeringan dan penggaraman. Pengeringan merupakan bentuk pengawetan makanan tertua yang ditujukan untuk menghilangkan air, sehingga tidak memungkinkan mikroba untuk tumbuh. Penggaraman atau *kyuring* (*curing*) mempunyai tujuan yang sama, yaitu menghambat pertumbuhan mikroba, terutama mikroba patogen dengan penurunan aktivitas air. Larutan garam yang jenuh mempunyai aktivitas air sekitar 0,75. Oleh karena itu, penambahan garam ke dalam makanan menyebabkan penurunan aktivitas air, sehingga dapat meningkatkan keawetan makanan.

Pangan semi basah (IMF, *Intermediate Moisture Food*) seperti pangan tradisional (dodol, jenang, wingko, geplak, wajik, dan lain-lain) mempunyai aktivitas air sedang (0,75-0,83). Walaupun kadar air dalam produk pangan ini tinggi, tetapi aktivitas air yang rendah menjadikan produk ini cukup awet. Aktivitas air yang rendah disebabkan oleh sebagian besar air terikat dengan komponen yang ada di dalam pangan. Sebagai contoh, pada jenang, sebagian besar air terikat dengan karbohidrat (gula dan pati) sehingga aktivitas air menurun.

Bakteri patogen seperti *Clostridium* dan *Vibrio sp.* dapat tumbuh pada aktivitas air di bawah 0,9. Hanya khamir osmofilik dan sejumlah kapang osmofilik yang dapat tumbuh pada aktivitas air 0,6-0,65. Oleh karena itu, penurunan aktivitas air di bawah 0,6 menyebabkan produk pangan menjadi awet secara mikrobiologis.

## **2.8 Fungsi dan Peranan Air dalam Bahan Makanan**

### **2.8.1 Fungsi Air dalam Bahan Makanan**

Fungsi air dalam bahan makanan adalah sebagai berikut:

1. Air dapat mempengaruhi penampakan tekstur serta cita rasa makanan.
2. Air dalam bahan makanan menentukan kesegaran dan daya tahan pangan. Kerusakan bahan makanan seperti pembusukan oleh mikroba ditentukan oleh kandungan air yang ada dalam bahan makan.
3. Selain itu air dalam bahan makanan menentukan komposisi yang dapat menentukan kualitas bahan makanan.

### **2.8.2 Peran Air dalam Bahan Makanan**

Peran air dalam bahan pangan adalah sebagai berikut:

#### **a. Aktifitas Enzim dalam Bahan Pangan**

Di dalam bahan pangan terdapat beberapa enzim yang hanya dapat bekerja jika ada air. Enzim tersebut tergolong enzim hidrolase seperti enzim protease, lipase, dan amylase.

#### **b. Pelarut Universal**

Air merupakan senyawa polar yang hanya akan melarutkan senyawa yang polar. Senyawa-senyawa polar tersebut seperti garam (NaCl), vitamin (vitamin B dan C), gula (monosakarida, disakida, oligosakarida dan polisakarida), dan pigmen (klorofil).

#### **c. Medium Pindah Panas**

Proses pengolahan pangan sering dilakukan dengan cara pemasakan yang menggunakan kalor (panas). Kalor tersebut akan dihantarkan oleh air ke bagian-bagian dalam bahan pangan secara

merata. Hal ini disebabkan karena air mempunyai konduktivitas panas yang baik. Selain itu adanya air juga akan mempengaruhi kestabilan bahan pangan selama proses penyimpanan. Hal ini karena kestabilan bahan pangan tergantung dari aktivitas mikroba pembusuk seperti kapang, kamir, dan jamur. Sedangkan aktivitas mikroba tersebut membutuhkan aw (*water activity*) tertentu yang bersifat spesifik untuk tiap jenis mikroba.

## **2.9 Penentuan Kadar Air**

### **2.9.1 Penentuan Kadar Air Cara Pemanasan**

Penentuan kadar air menurut AUAC (1970), dan Rangana (1979) adalah sebagai berikut:

- a. Timbang contoh yang telah berupa serbuk atau bahan yang telah dihaluskan sebanyak 1-2 gram dalam botol timbangan yang telah diketahui beratnya.
- b. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C selama 3-5 jam tergantung pada bahannya. Kemudian didinginkan didalam desikator dan ditimbang. Panaskan lagi dengan oven 30 menit. Dinginkan dengan eksikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan (selisih Penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg).
- c. Pengurangan berat merupakan banyaknya air didalam bahan.

### **2.9.2 Penentuan Kadar Air Cara Destilasi Tolune**

Penentuan kadar air menurut AOAC (1970) adalah sebagai berikut:

- a. Timbang bahan padat yang telah dipotong kecil atau berupa bubuk secukupnya yang lebih kurang mengandung 2-5 ml air, dan pindahkan ke dalam labu distilasi. Tambahkan kurang lebih

- 75-100 ml toluene atau xylene dan pasang labu destilasi pada alat distilasi khusus dengan penampungan air yang menguap.
- Atur pemanas distilasi sampai kira-kira 4 tetes toluene jauh dari kondensor setiap detik.
  - Lanjutkan distilasi sampai semua air dalam penampung tidak bertambah lagi (lebih kurang 1 jam).
  - Baca volume air dan hitung % air dari berat contoh.

### **2.9.3 Penentuan Kadar Air dengan Oven Vakum**

Penentuan kadar air menurut AAC (1970), dan Snell et al (1972) adalah sebagai berikut:

- Timbang contoh yang telah dihaluskan sebanyak kurang lebih 2 gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya.
- Kemudian keringkan dalam oven vakum selama 3-5 jam dengan suhu 95- 100°C atau 20-25°C di atas titik didih air pada tekanan yang digunakan kurang lebih 25 mm. Kemudian dinginkan dengan eksikator dan timbang. Panaskan lagi selama 1 jam. Dinginkan dalam eksikator dan timbang. Perlakuan ini diulangi sampai selisi penimbangan berturut-turut tidak lebih dari 0,05%.

## **RINGKASAN**

- Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O. Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terkait secara kovalen pada satu atom oksigen. Kedua atom hidrogen melekat di satu atom oksigen dengan sudut 104,5°. Air merupakan komponen utama semua makhluk hidup. Umumnya, sekitar 60% berat makhluk hidup adalah air.
- Secara geometri, molekul air berbentuk tetrahedral seperti

pada ikatan  $sp^3$  atom karbon. Pada struktur air, dua atom hidrogen di kedua ujung tetrahedral membentuk huruf 'V' bersudut  $104,5^\circ$  dengan atom oksigen di pusatnya dan dua pasang elektron pada oksigen lainnya berada pada dua ujung yang lainnya

3. Sifat fisik air meliputi: tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Air di bumi selalu berinteraksi, berubah, bergerak, dapat menyerap sejumlah kalor, mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi. Air adalah pelarut yang baik dan mempunyai massa jenis yang lebih kecil dalam keadaan beku bila dibandingkan dengan keadaan cair. Sedangkan sifat kimia air meliputi air yang terdiri dari dua atom hydrogen dan satu atom oksigen. Air mempunyai muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen, dan bersifat netral ( $pH=7$ ) dalam keadaan murni.
4. Keadaan air dalam bahan pangan meliputi air konstitusional, air hidrasi, air permukaan, air bebas, dan air terperangkap.
5. Interaksi air-solut meliputi interaksi air dengan ion dan gugus mengion, interaksi air-solut hidrofilik, dan interaksi air-solut nonpolar.
6. Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan. Sebagian besar dari perubahan-perubahan bahan makanan terjadi dalam media air yang ditambahkan atau yang berasal dari bahan itu sendiri.
7. Aktivitas air ( $a_w$ ) didefinisikan sebagai rasio tekanan parsial air di sekitar bahan atau produk pangan dibandingkan dengan tekanan air murni pada suhu yang sama. Aktivitas air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$a_w \frac{P}{P^0} = \frac{ERH (\%)}{100}$$

**Keterangan:**

$a_w$  : aktivitas air

$P$  : tekanan uap air dalam bahan

$P^0$  : tekanan uap air murni

ERH : kelembapan relatif pada kondisi kesetimbangan

8. Fungsi air dalam bahan makanan diantaranya air dapat mempengaruhi penampakan tekstur serta cita rasa makanan, menentukan kesegaran dan daya tahan pangan, menentukan komposisi yang dapat menentukan kualitas bahan makanan tersebut. Sedangkan peran air dalam bahan pangan yaitu aktivitas enzim dalam bahan pangan, pelarut universal, medium pindah panas.
9. Menentukan kadar air dapat dilakukan dengan beberapa cara, yakni dengan menggunakan cara pemanasan, destilasi toluene, dan dengan menggunakan cara oven vakum.

**SOAL LATIHAN**

1. Air didalam keadaan apapun akan memiliki masa jenis yang sama, yaitu satu. Namun, pada keadaan padat, air memiliki masa jenis yang sama juga. Bisakah anda jelaskan mengapa air dalam keadaan padat ketika diletakkan pada air yang berada dalam keadaan cair dapat mengapung padahal massa jenis air adalah sama? Dinamakan apa peristiwa tersebut?
2. Struktur kimia air adalah  $H_2O$ . Bisakah anda jelaskan bentuk apa yang terjadi pada struktur air tersebut dan mengapa struktur air mampu membentuk sudut pada strukturnya tersebut?

3. Jelaskan peristiwa yang terjadi pada air dengan energi yang lebih tinggi dibandingkan dari senyawa lainnya apabila terjadi perubahan wujud dari penguapan/meleleh pada, apa penyebab hal tersebut dapat terjadi?
4. Jelaskan bagaimana interaksi residu nonpolar protein dalam medium akueos yang menyebabkan terlipatnya konformasi dari protein! Mengapa peristiwa tersebut dapat terjadi?
5. Dapat kita ketahui bahwa air merupakan komponen penting di dalam pangan. Air di dalam suatu pangan dapat memengaruhi kualitas pangan itu sendiri. Karena air merupakan suatu media bagi mikroba untuk berkembang biak dan merusak struktur dari makanan. Jelaskan mengapa pada pangan semi basah (dodol, jenang, wingko) yang memiliki kadar air tinggi namun tidak mudah mengalami kerusakan?
6. Diketahui berat molekul NaCl = 58,5 serta berat jenis larutan = 1. Dengan menggunakan hukum Raoult, tentukan  $A_w$  (aktivitas air) larutan NaCl 10% (b/b)?
7. Apabila garam KBr ( $A_w$  dalam keadaan jenuh = 0,8177) digunakan untuk mengontrol aktivitas air dan kelembapan relatif dalam keadaan seimbang maka besarnya kelembapan relatif dalam keadaan seimbang tersebut adalah...
8. Ada beberapa keadaan suatu air di dalam bahan pangan salah satunya adalah air hidrolasi. Apa yang dimaksud dengan air hidrolasi?
9. Pangan yang mengandung air dapat mengalami peristiwa histeresis, bisakah anda jelaskan bagaimana peristiwa histeresis dapat terjadi dan bahan pangan seperti apakah yang dapat mengalami peristiwa histeresis ini? Jelaskan!

10. Diketahui bahwa air memiliki sifat yang tidak umum (sifat kohesif) yaitu tingginya panas spesifik, suhu leleh, suhu didih, tegangan permukaan dan energi transisi. Jelaskan apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi!
11. Hal apa saja yang dapat kita lakukan untuk mengawetkan makanan untuk meminimalkan risiko kerusakan pangan akibat aktivitas mikroba yang disebabkan karena adanya air di dalam pangan? Jelaskan prosesnya!
12. Pada bahan pangan yang dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak dapat mengetahui bahwa bahan tersebut bagus atau tidak. Seperti daging, ayam dll. Bagaimana proses yang terjadi pada daging glondongan yang dipasarkan pedagang? adakah efek yang dapat terjadi jika kita konsumsi?
13. Pada beberapa proses pengawetan makanan, salah satu hal yang dapat dilakukan adalah cara pengawetan dengan menggunakan gula, penambahan rasa manis ada buah-buahan dapat ditambahkan gula yang juga berfungsi sebagai pengawet. Alasan yang mendasari bahwa gula berperan sebagai pengawet adalah.....
14. Air yang terdapat di dalam bahan pangan yang kita konsumsi dapat menunjukkan bahwa air merupakan hal yang penting di dalam bahan pangan. Sebutkan hal-hal apa saja yang menyebabkan air menjadi hal yang penting bagi bahan pangan!
15. Mengapa air sering digunakan sebagai bahan pangan? Jelaskan sifat fisik air yang menyebabkan air dapat digunakan sebagai bahan komponen pangan!



### 3.1 Jenis-jenis Karbohidrat

### 3.2 Sumber Karbohidrat

### 3.3 Fungsi Karbohidrat

### 3.4 Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat

**K**arbohidrat memegang peranan penting dalam alam karena merupakan sumber energi utama bagi manusia dan hewan yang harganya relatif murah. Semua karbohidrat berasal dari tumbuh-tumbuhan. Melalui fotosintesis, klorofil tanaman dengan bantuan sinar matahari mampu membentuk karbohidrat dari karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berasal dari udara dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dari tanah. Karbohidrat yang dihasilkan adalah karbohidrat sederhana glukosa. Di samping itu, proses fotosintesis juga menghasilkan oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang lepas di udara.

Produk yang dihasilkan terutama dalam bentuk gula sederhana yang mudah larut dalam air dan mudah diangkut ke seluruh sel-sel guna penyediaan energi. Sebagian dari gula sederhana ini kemudian mengalami polimerisasi dan membentuk polisakarida. Ada dua jenis polisakarida tumbuh-tumbuhan, yaitu pati dan nonpati. Pati adalah bentuk simpanan karbohidrat berupa polimer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik (ikatan antara gugus hidroksil atom C nomor 1 pada molekul glukosa dengan

gugus hidrosil atom nomor 4 pada molekul glukosa lain dengan melepas 1 mol air). Polisakarida nonpati membentuk struktur dinding sel yang tidak larut dalam air. Struktur polisakarida nonpati mirip pati, tapi tidak mengandung ikatan glikosidik. Sereal, seperti beras, gandum, dan jagung serta umbi-umbian, merupakan sumber pati utama di dunia. Polisakarida nonpati merupakan komponen utama serat makanan.

Di negara-negara sedang berkembang kurang lebih 80% energi makanan berasal dari karbohidrat. Di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Eropa Barat, angka ini lebih rendah, yaitu rata-rata 50%.

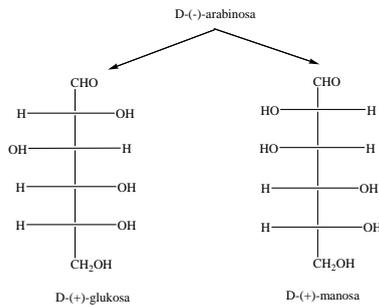
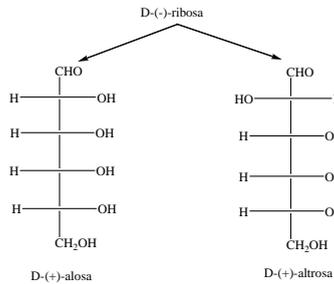
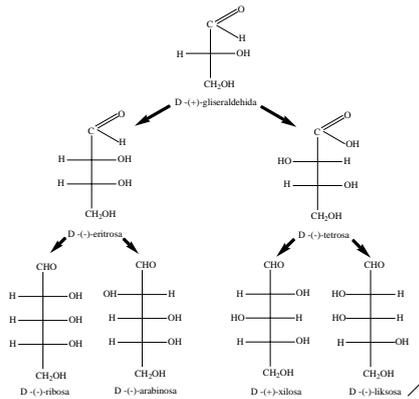
### **3.1 Jenis-jenis Karbohidrat**

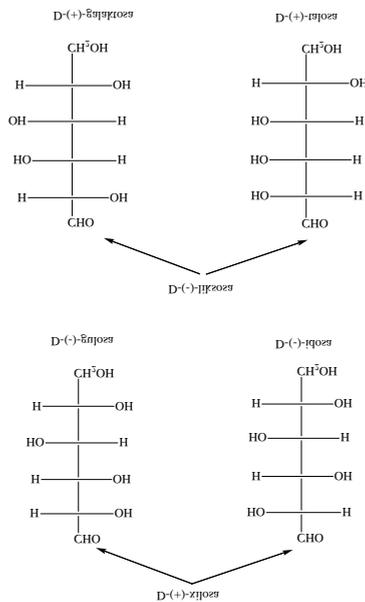
#### **3.1.1 Karbohidrat Sederhana**

##### **a. Monosakarida**

Sebagian besar monosakarida dikenal sebagai heksosa karena terdiri atas 6 rantai atau cincin karbon. Atom-atom hidrogen dan oksigen terikat pada rantai atau cincin ini secara terpisah atau sebagai gugus hidrosil (OH). Ada tiga jenis heksosa yang penting dalam ilmu gizi, yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiga macam monosakarida ini mengandung jenis dan jumlah atom yang sama, yaitu 6 atom karbon, 12 atom hidrogen, dan 6 atom oksigen. Perbedaannya hanya terletak pada cara penyusunan atom-atom hidrogen dan oksigen di sekitar atom-atom karbon. Perbedaan dalam susunan atom inilah yang menyebabkan perbedaan dalam tingkat kemanisan, daya larut, dan sifat lain ketiga monosakarida tersebut. Monosakarida yang terdapat di alam pada umumnya terdapat dalam bentuk isomer dekstro (D). gugus hidrosil ada karbon nomor 2 terletak di sebelah kanan. Struktur kimianya dapat

berupa struktur terbuka atau struktur cincin. Jenis heksosa lain yang kurang penting dalam ilmu gizi adalah manosa. Monosakarida yang mempunyai lima atom karbon disebut pentosa, seperti ribosa dan arabinosa.

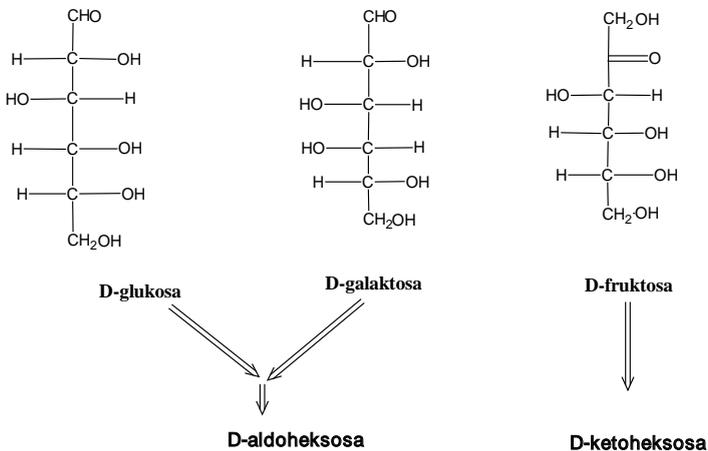




**Gambar 3.1 Beberapa struktur monosakarida**

1. *Glukosa*, dinamakan juga dekstrosa atau gula anggur, terdapat luas di alam dalam jumlah sedikit, yaitu di dalam sayur, buah, sirup jagung, sari pohon, dan bersamaan dengan fruktosa dalam madu. Glukosa memegang peranan sangat penting dalam ilmu gizi. Glukosa merupakan hasil akhir pencernaan pati, sukrosa, maltosa, dan laktosa pada hewan dan manusia. Dalam proses metabolisme, glukosa merupakan bentuk karbohidrat yang beredar di dalam tubuh dan di dalam sel merupakan sumber energi.
2. *Fruktosa*, dinamakan juga levulosa atau gula buah, merupakan gula paling manis. Fruktosa mempunyai rumus kimia yang sama dengan glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ , namun strukturnya berbeda. Susunan atom dalam fruktosda merangsang jonjot kecapan pada lidah sehingga menimbulkan rasa manis.

3. *Galaktosa*, tidak terdapat bebas di alam seperti halnya glukosa dan fruktosa, akan tetapi terdapat dalam tubuh sebagai hasil pencernaan laktosa.
4. *Manosa*, jarang terdapat di dalam makanan. Di gurun pasir, seperti di Israel, terdapat di dalam manna yang mereka olah untuk membuat roti.
5. *Pentosa*, merupakan bagian sel-sel semua bahan makanan alami. Jumlahnya sangat kecil, sehingga tidak penting sebagai sumber energi.



**Gambar 3.2 Struktur aldoheksosa dan ketoheksosa**

## b. Disakarida

Ada empat jenis disakarida, yaitu sukrosa atau sakarosa, maltosa, laktosa, dan trehaltosa. Trehaltosa tidak begitu penting dalam ilmu gizi, oleh karena itu akan dibahas secara terbatas.

Disakarida terdiri atas dua unit monosakarida yang terikat satu sama lain melalui reaksi kondensasi. Kedua monosakarida saling mengikat berupa ikatan glikosidik melalui satu atom oksigen (O). Ikatan glikosidik ini biasanya terjadi antara atom C nomor 1 dengan

atom C nomor 4 dan membentuk ikatan alfa dengan melepaskan satu molekul air. Hanya karbohidrat yang unit monosakaridanya terikat dalam bentuk alfa yang dapat dicerna. Disakarida dapat dipecah kembali mejadi dua molekul monosakarida melalui reaksi hidrolisis. Glukosa terdapat pada empat jenis disakarida, monosakarida lainnya adalah fruktosa dan galaktosa.

1. Sukrosa atau sakarosa dinamakan juga gula tebu atau gula bit. Secara komersial gula pasir yang 99% terdiri atas sukrosa dibuat dari kedua macam bahan makanan tersebut melalui proses penyulingan dan kristalisasi. Gula merah yang banyak digunakan di Indonesia dibuat dari tebu, kelapa atau enau melalui proses penyulingan tidak sempurna. Sukrosa juga terdapat di dalam buah, sayuran, dan madu.
2. Maltosa (gula malt) tidak terdapat bebas di alam. Maltosa terbentuk pada setiap pemecahan pati, seperti yang terjadi pada tumbuh-tumbuhan bila benih atau bijian berkecambah, dan di dalam usus manusia pada pencernaan pati.
3. Laktosa (gula susu) hanya terdapat dalam susu dan terdiri atas satu unit glukosa dan satu unit galaktosa. Kekurangan laktase menyebabkan ketidaktahanan terhadap laktosa. Laktosa yang tidak dicerna tidak dapat diserap dan tetap tinggal dalam saluran pencernaan. Hal ini mempengaruhi jenis mikroorgnaisme yang tumbuh, yang menyebabkan gejala kembung, kejang perut, dan diare. Ketidaktahanan terhadap laktosa lebih banyak terjadi pada orang tua. Maltosa adalah gula yang rasanya paling tidak manis (seperenam manis glukosa) dan lebih sukar larut daripada disakarida lain.
4. Trehalosa seperti juga maltosa, terdiri atas dua mol glukosa dan dikenal sebagai gula jamur. Sebanyak 15% bagian kering jamur terdiri atas trehalosa. Trehalosa juga terdapat dalam serangga.

### **c. Gula Alkohol**

Gula alkohol terdapat di dalam alam dan dapat pula dibuat secara sintesis. Ada empat jenis gula alkohol, yaitu sorbitol, manitol, dulsitol, dan inositol.

1. Sorbitol terdapat di dalam beberapa jenis buah, dan secara komersial dibuat dari glukosa. Enzim aldosa reduktase dapat mengubah gugus aldehida (CHO) dalam glukosa menjadi alkohol (CH<sub>2</sub>OH). Sorbitol banyak digunakan dalam minuman dan makanan khusus pasien diabetes, seperti minuman ringan, selai dan kue-kue. Tingkat kemanisan sorbitol hanya 60% bila dibandingkan dengan sukrosa, diabsorpsi lebih lambat, dan diubah di dalam hati menjadi glukosa. Pengaruhnya terhadap kadar gula darah lebih kecil daripada sukrosa. Konsumsi lebih dari lima puluh gram sehari dapat menyebabkan diare pada pasien diabetes.
2. Manitol dan dulsitol adalah alkohol yang dibuat dari monosakarida manosa dan galaktosa. Manitol terdapat di dalam nanas, asparagus, ubi jalar, dan wortel. Secara komersial, manitol diekstraksi dari sejenis rumput laut. Kedua jenis alkohol ini banyak digunakan dalam industri pangan.
3. Inositol merupakan alkohol siklis yang menyerupai glukosa. Inositol terdapat dalam banyak bahan makanan, terutama dalam sekam sereal.

### **d. Oligosakarida**

Oligosakarida terdiri atas polimer dua hingga sepuluh monosakarida.

1. Rafinosa, stakiosa, dan verbaskosa adalah oligosakarida yang terdiri atas unit-unit glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiga jenis oligosakarida ini terdapat di dalam biji tumbuh-

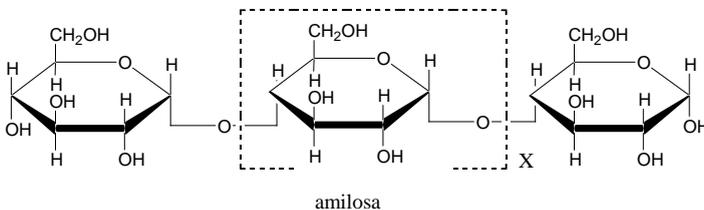
tumbuhan dan kacang-kacangan serta tidak dapat dipecah oleh enzim-enzim pencernaan.

2. Fruktan adalah sekelompok oligo dan polisakarida yang terdiri atas beberapa unit fruktosa yang terikat dengan satu molekul glukosa. Fruktan terdapat di dalam sereal, bawang merah, bawang putih, dan asparagus. Fruktan tidak dicernakan secara berarti. Sebagian besar di dalam usus besar difermentasi.

### 3.1.2 Karbohidrat Kompleks

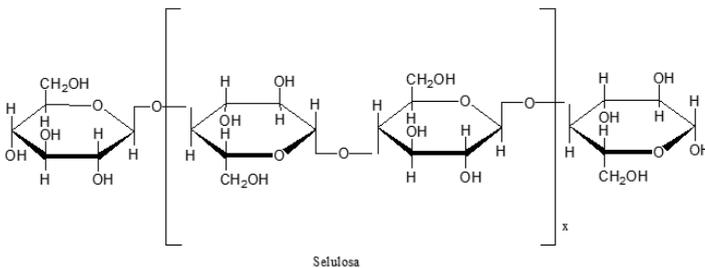
Karbohidrat kompleks ini dapat mengandung sampai tiga ribu unit gula sederhana yang tersusun dalam bentuk rantai panjang lurus atau bercabang. Jenis polisakarida yang penting dalam ilmu gizi adalah pati, dekstrin, glikogen, dan polisakarida nonpati.

- a. Pati merupakan simpanan karbohidrat dalam tumbuhan dan merupakan karbohidrat utama yang dimakan manusia di seluruh dunia. Pati terutama terdapat dalam padi-padian, biji-bijian, dan umbi-umbian. Jumlah unit glukosa dan susunannya dalam satu jenis pati berbeda satu sama lain, tergantung pada jenis tanaman asalnya. Bentuk butiran pati ini berbeda satu sama lain dengan karakteristik tersendiri dalam hal daya larut, daya mengentalkan, dan rasa. Amilosa merupakan rantai panjang unit glukosa yang tidak bercabang, sedangkan amilopektin adalah polimer yang susunannya bercabang-cabang dengan 15-30 unit glukosa pada tiap cabang.



Gambar 3.3 Struktur Amilosa

- b. Dekstrin merupakan produk antara pada perencanaan pati atau dibentuk melalui hidrolisis parsial pati. Dekstrin merupakan sumber utama karbohidrat dalam makanan lewat pipa (*tube feeding*). Cairan glukosa dalam hal ini merupakan campuran dekstrin, maltosa, glukosa, dan air. Karena molekulnya lebih besar dari sukrosa dan glukosa, dekstrin mempunyai pengaruh osmolar lebih kecil sehingga tidak mudah menimbulkan diare.
- c. Glikogen dinamakan juga pati hewan karena merupakan bentuk simpanan karbohidrat di dalam tubuh manusia dan hewan, terutama terdapat di dalam hati dan otot. Dua pertiga bagian dari glikogen disimpan dalam otot dan selebihnya dalam hati. Glikogen dalam otot hanya dapat digunakan untuk keperluan energi di dalam otot tersebut, sedangkan glikogen dalam hati dapat digunakan sebagai sumber energi untuk keperluan semua sel tubuh. Kelebihan glukosa yang melampaui kemampuan menyimpannya dalam bentuk glikogen akan diubah menjadi lemak dan disimpan dalam jaringan lemak.
- d. Serat akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian karena perannya dalam mencegah berbagai penyakit. Ada dua golongan serat yaitu yang tidak dapat larut dan yang dapat larut dalam air. Serat yang tidak larut dalam air adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Serat yang larut dalam air adalah pektin, gum, mukilase, glukan, dan algal.



**Gambar 3.4 Struktur Selulosa**

### **3.2 Sumber Karbohidrat**

Sumber karbohidrat adalah padi-padian atau sereal, umbi-umbian, kacang-kacang kering, dan gula. Hasil olah bahan-bahan ini adalah bihun, mie, roti, tepung-tepungan, selai, sirup, dan sebagainya. Sebagian besar sayur dan buah tidak banyak mengandung karbohidrat. Sayur umbi-umbian, seperti wortel dan bit serta kacang-kacangan relatif lebih banyak mengandung karbohidrat daripada sayur daun-daunan. Bahan makanan hewani seperti daging, ayam, ikan, telur, dan susu sedikit sekali mengandung karbohidrat. Sumber karbohidrat yang banyak dimakan sebagai makanan pokok di Indonesia adalah beras, jagung, ubi, singkong, talas, dan sagu.

### **3.3 Fungsi Karbohidrat**

#### **a. Sumber Energi**

Fungsi utama karbohidrat adalah menyediakan energi bagi tubuh. Karbohidrat merupakan sumber utama energi bagi penduduk di seluruh dunia, karena mudah diperoleh di alam dan harganya relatif murah. Satu gram karbohidrat menghasilkan 4 kkalori. Sebagian karbohidrat di dalam tubuh berada dalam sirkulasi darah sebagai glukosa untuk keperluan energi segera, sebagian disimpan sebagai glikogen dalam hati dan jaringan otot, dan sebagian lainnya diubah menjadi lemak untuk kemudian disimpan sebagai cadangan energi di dalam jaringan lemak. Seseorang yang mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah berlebihan akan menjadi gemuk.

### **b. Pemberi Rasa Manis pada Makanan**

Karbohidrat memberi rasa manis pada makanan, khususnya mono dan disakarida. Gula tidak mempunyai rasa manis yang sama. Fruktosa adalah gula yang paling manis. Bila tingkat kemanisan sakarosa diberi nilai 1, maka tingkat kemanisan fruktosa adalah 1,7, glukosa 0,7, maltosa 0,4, dan laktosa 0,2.

### **c. Penghemat Protein**

Bila karbohidrat makanan tidak mencukupi, maka protein akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dengan mengalahkan fungsi utamanya sebagai zat pembangun. Sebaliknya, bila karbohidrat makanan mencukupi, protein akan digunakan sebagai zat pembangun.

### **d. Pengatur Metabolisme Lemak**

Karbohidrat mencegah terjadinya oksidasi lemak yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan bahan-bahan keton berupa asam asetoasetat, aseton, dan asam beta-hidroksi-butirat. Bahan-bahan ini menyebabkan ketidakseimbangan natrium dan dehidrasi pH cairan menurun. Keadaan ini menimbulkan ketosis atau asidosis yang dapat merugikan tubuh.

### **e. Membantu Pengeluaran Feses**

Karbohidrat membantu pengeluaran feses dengan cara mengatur peristaltik usus dan memberi bentuk pada feses. Selulosa dalam serat makanan mengatur peristaltik usus. Serat makanan mencegah kegemukan, konstipasi, hemoroid, penyakit-penyakit divertikulosis, kanker usus besar, penyakit diabetes mellitus, dan jantung koroner yang berkaitan dengan kadar kolesterol darah tinggi. Laktosa dalam susu membantu absorpsi kalsium. Laktosa

lebih lama tinggal dalam saluran cerna, sehingga menyebabkan pertumbuhan bakteri yang menguntungkan.

### **3.4 Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat**

Tujuan akhir pencernaan dan absorpsi karbohidrat adalah mengubah karbohidrat menjadi ikatan-ikatan lebih kecil, terutama berupa glukosa dan fruktosa, sehingga dapat diserap oleh pembuluh darah melalui dinding usus halus. Pencernaan karbohidrat kompleks dimulai di mulut dan berakhir di usus halus.

#### **a. Pencernaan Karbohidrat**

##### **1. Mulut**

Pencernaan karbohidrat dimulai di mulut. Bola makanan yang diperoleh setelah makanan dikunyah bercampur dengan ludah yang mengandung enzim amilase (sebelumnya dikenal sebagai ptialin). Amilase menghidrolisis pati atau amilum menjadi bentuk karbohidrat lebih sederhana, yaitu dekstrin. Bila berada di mulut cukup lama, sebagian diubah menjadi disakarida maltosa. Enzim amilase ludah bekerja paling baik pada pH ludah yang bersifat netral. Bolus yang ditelan masuk ke dalam lambung.

##### **2. Usus Halus**

Pencernaan karbohidrat dilakukan oleh enzim-enzim disakarida yang dikeluarkan oleh sel-sel mukosa usus halus berupa maltase, sukrase, dan laktase. Hidrolisis disakarida oleh enzim-enzim ini terjadi di dalam mikrovili dan monosakarida sehingga menghasilkan seperti yang terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.5 Hidrolisis Disakarida**

Monosakarida glukosa, fruktosa, dan galaktosa kemudian diabsorpsi melalui sel epitel usus halus dan diangkut oleh sistem sirkulasi darah melalui vena porta. Bila konsentrasi monosakarida di dalam usus halus atau pada mukosa sel cukup tinggi, absorpsi dilakukan secara pasif atau fasilitatif. Tapi, bila konsentrasi turun, absorpsi dilakukan secara aktif melawan gradien konsentrasi dengan menggunakan energi dari ATP dan ion natrium.

### 3. Usus Besar

Dalam waktu 1-4 jam setelah selesai makan, pati nonkarbohidrat atau serat makanan dan sebagian kecil pati yang tidak dicernakan masuk ke dalam usus besar. Sisa-sisa pencernaan ini merupakan substrat potensial untuk difermentasi oleh mikroorganisme di dalam usus besar. Substrat potensial lain yang difermentasi adalah fruktosa, sorbitol, dan monomer lain yang susah dicernakan, laktosa pada mereka yang kekurangan laktase, serta rafinosa, stakiosa, verbaskosa, dan fruktan.

Produk utama fermentasi karbohidrat di dalam usus besar adalah karbondioksida, hidrogen, metan dan asam-asam lemak rantai pendek yang mudah menguap, seperti asam asetat, asam propionat dan asam butirat.

## **b. Sekilas Metabolisme Karbohidrat**

Peranan utama karbohidrat di dalam tubuh adalah menyediakan glukosa bagi sel-sel tubuh yang kemudian diubah menjadi energi. Glukosa memegang peranan sentral dalam metabolisme karbohidrat. Jaringan tertentu hanya memperoleh energi dari karbohidrat seperti sel darah merah serta sebagian besar otak dan sistem saraf.

Glukosa yang diserap dari pencernaan makanan di usus, dibawa darah menuju ke seluruh sel tubuh. Di dalam sitoplasma, glukosa akan mengalami glikolisis, yaitu peristiwa pemecahan gula hingga menjadi energi (ATP). Ada dua jalur glikolisis yaitu jalur biasa untuk aktivitas/kegiatan hidup yang biasa (normal) dengan hasil ATP terbatas, dan glikolisis jalur cepat yang dikenal dengan jalur Embden Meyer-Hoff untuk menyediakan ATP cepat pada aktivitas/kegiatan kerja keras, misalnya lari cepat. Jalur cepat ini memberi hasil asam laktat yang bila terus bertambah dapat menyebabkan terjadinya Asidosis Laktat. Asidosis ini dapat berakibat fatal terutama bagi orang yang tidak terbiasa (terlatih) beraktivitas keras. Hasil oksidasi glukosa melalui glikolisis akan dilanjutkan dalam siklus Krebs yang terjadi di bagian matriks mitokondria. Selanjutnya hasil siklus Krebs akan digunakan dalam *System Couple* (Fosforilasi Oksidatif) dengan menggunakan sitokrom dan berakhir dengan pemanfaatan Oksigen sebagai penangkap ion H. Kejadian tubuh kemasukan racun menyebabkan system sitokrom diblokir oleh senyawa racun sehingga reaksi reduksi-oksidasi dalam sistem *couple*, terutama oleh Oksigen, tidak dapat berjalan. Selanjutnya disarankan membaca materi biokimia enzim, oksidasi biologi, dan glukoneogenesis pada situs ini juga.

## RINGKASAN

1. Karbohidrat atau hidrat karbon secara empiris dapat dirumuskan sebagai  $C_n(H_2O)_n$ , nilai  $n$  berkisar tiga sampai beberapa ratus. Secara Alamiah, Karbohidrat merupakan hasil sintesis  $CO_2$  dan  $H_2O$  dengan bantuan sinar matahari dan zat hijau daun (klorofil) melalui fotosintesis.
2. Klasifikasi karbohidrat :
  - Monosakarida: glukosa, galaktosa, fruktosa
  - Disakarida: sukrosa, maltose, isomaltosa, laktosa
  - Oligosakarida: trisakarida, tetrasakarida , rafinosa, stakiosa, fruktan
  - Polisakarida: pati, dekstrin, selulosa, glikogen, hemiselulosa
3. Fungsi karbohidrat: sumber energi, pemberi rasa manis pada makanan, penghemat protein, pengatur metabolisme lemak, membantu pengeluaran feses makhluk hidup
4. Beberapa tanaman yang mempunyai jenis karbohidrat ini, yaitu: padi, kentang, ubi, jagung, singkong, kacang-kacangan. Buah-buahan menjadi salah satu sumber karbohidrat sederhana. Di dalam buah terkandung banyak glukosa begitupun pada sayuran. Fruktosa dikenal juga sebagai gula buah dan merupakan gula yang paling manis daripada yang lainnya, dan fruktosa ini juga terkandung diberbagai macam buah-buahan. Selain buah dan sayur tanaman perkebunan, tebu merupakan salah satu sumber karbohidrat juga, karena 99% gula pasir dibentuk oleh sukrosa yang terdapat pada tebu.

## SOAL LATIHAN

1. Suatu pabrik makanan memproduksi nata de coco dari air kelapa setiap harinya. Diketahui bahwa air kelapa memiliki rasa yang manis dan mampu meningkatkan kadar gula pada tubuh. Dalam proses produksinya nata de coco melewati sejumlah pengujian. Saat diuji dengan suatu pereaksi, ternyata dihasilkan warna merah bata pada sampel uji. Pereaksi apakah yang digunakan pada pengujian tersebut dan zat apa yang terkandung dalam nata de coco?
2. Manusia membutuhkan makanan untuk bertahan hidup dan menjalankan fungsi tubuhnya. Salah satu sumber makanan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contohnya padi yang menghasilkan beras, pohon aren menghasilkan sagu, dan ubi dari umbi-umbian. Ketiga makanan tersebut memiliki kadar karbohidrat yang cukup tinggi sehingga dimanfaatkan sebagai bahan makanan pokok. Jelaskan bagaimana mekanisme untuk membentuk sumber makanan tersebut?
3. Pada makanan instan, pemanis buatan seringkali digunakan karena mempunyai rasa manis lebih tinggi daripada gula tebu atau gula aren pada umumnya. Pemanis ini memiliki rasa paling manis diantara monosakarida lainnya. Dalam hal ini jenis pemanis apa yang digunakan dan bagaimanakah struktur molekulnya?
4. Oligosakarida merupakan jenis karbohidrat sederhana yang mempunyai beberapa jenis gula. Jenis gula yang merupakan kelompok oligo dan polisakarida yang terdiri dari beberapa unit fruktosa yang terikat dengan satu molekul glukosa disebut?

5. Di dalam tubuh hewan dan manusia, pati disimpan dalam bentuk glikogen di otot dan hati. Glikogen digunakan sebagai sumber energi dan untuk menjalankan semua fungsi sel tubuh. Apabila seseorang mengalami kegemukan, bagaimana proses pembentukan glikogennya?
6. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya hewan herbivora mengonsumsi rumput atau tumbuh-tumbuhan. Diketahui bahwa rumput mengandung selulosa yang merupakan serat tidak larut dalam air, sehingga sulit untuk dicerna dalam tubuh manusia. Bagaimana proses pengolahan selulosa pada tubuh hewan?
7. Pada sebuah wadah terdapat sejumlah bahan makanan, diantaranya jagung, roti, buah, keju, ubi, ikan, dan sagu. Setelah diteliti ternyata terkandung 65% karbohidrat dan vitamin serta lemak pada ubi dan sagu, 58% karbohidrat dan 42% lemak pada roti dan jagung, 70% protein dan 30% vitamin mineral pada keju dan ikan, serta 70% vitamin-mineral dan 30% karbohidrat pada buah. Dari data tersebut, bahan mana yang mempunyai sumber karbohidrat paling besar?
8. Karbohidrat memiliki gugus fungsi karbonil (aldehida dan keton) dan gugus hidroksil. Gugus tersebut mengalami suatu reaksi yang hanya terjadi pada gula pereduksi, yaitu gula yang mempunyai gugus hidroksil pada atom C anomerik (atom C kiral). Saat reaksi ini berlangsung, terjadi perubahan konfigurasi  $\alpha$  ke konfigurasi  $\beta$ . Reaksi apa yang berlangsung pada gugus tersebut?
9. Enzim laktase adalah salah satu enzim yang terdapat di dalam tubuh. Kekurangan enzim ini dapat menyebabkan ketidaktahanan terhadap laktosa. Akibatnya timbul gejala kembung, kejang perut, dan diare pada tubuh. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?

10. Untuk menjalankan fungsi metabolisme, tubuh membutuhkan sejumlah karbohidrat, protein, lemak dan bahan lainnya. Salah satu fungsi karbohidrat yaitu menghemat fungsi protein. Mengapa demikian?
11. Pencernaan karbohidrat dimulai di mulut. Di mana pada mulut terdapat sejumlah enzim yang membantu proses pemecahan pati agar lebih mudah dicerna pada proses selanjutnya. Jelaskan proses pencernaan yang terjadi di dalam mulut!
12. Makanan yang kita konsumsi akan melewati serangkaian proses pencernaan sebelum dikeluarkan dari tubuh. Proses yang berlangsung dimulai dari reaksi yang sederhana hingga kompleks. Untuk menjalankan fungsi tersebut, organ apa saja yang berperan dalam proses pencernaan tubuh?
13. Glukosa yang diperoleh dari bahan pangan yang mengandung karbohidrat akan diolah oleh tubuh melalui proses glikolisis untuk membentuk glikogen sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas dan sejumlah fungsi tubuh. Dalam glikolisis terdapat sejumlah jalur reaksi, jelaskan jalur glikolisis tersebut!
14. Fungsi utama karbohidrat adalah menyediakan energi bagi tubuh. Karbohidrat merupakan sumber utama energi untuk melakukan segala aktivitas. Satu gram karbohidrat menghasilkan 4 kkalori. Dimana sajakah karbohidrat disimpan di dalam tubuh dan apa saja fungsinya?
15. Jelaskan bagaimana proses terbentuknya karbohidrat kompleks (polisakarida)!



#### **4.1 Sumber dan Klasifikasi Lipid dalam Bahan Makanan**

#### **4.2 Reaksi Kimia Lipid**

#### **4.3 Proses Kimia Lipid dalam Bahan Makanan**

#### **4.4 Uji Analisis Lipid**

**S**alah satu kelompok senyawa organik yang terdapat dalam tumbuhan, hewan, maupun manusia, dan sangat berguna untuk manusia dalam kehidupan manusia adalah lipid. Lipid terdiri dari sebagian besar senyawa yang umumnya tidak larut di dalam air, tetapi larut dalam senyawa organik. Suatu lipid didefinisikan sebagai senyawa yang mengandung asam lemak, sehingga asam lemak ini yang memegang peran penting terhadap sifat lipid.

Lipid berbeda dengan lemak atau trigliserida. Trigliserida merupakan bagian dari lipid karena berupa senyawa yang terdiri dari gliserol dan tiga molekul asam lemak yang berikatan ester. Lemak dan minyak merupakan istilah yang merujuk pada senyawa yang sama, yaitu trigliserida. Perbedaan keduanya adalah pada sifat fisiknya, yaitu lemak bersifat padat pada suhu ruang dan minyak bersifat cair. Sedangkan perbedaan umumnya, lemak diperoleh dari hewan dan minyak diperoleh dari tumbuhan, serta

lemak tersusun dari asam lemak jenuh dan minyak tersusun dari asam lemak tak jenuh.

Seringkali lemak dikonsumsi dalam bentuk yang sudah terpisah dari sumber asalnya seperti dalam bentuk margarin, minyak goreng, mentega dan shortening, atau dari bahan pangan yang mengandung lemak seperti susu, keju dan daging. Minyak nabati terbesar yang dikonsumsi berasal dari kacang-kacangan atau biji-bijian seperti kedelai, biji kapas, kacang tanah, atau berasal dari pohon penghasil minyak seperti zaitun, kelapa sawit dan kelapa.

Berdasarkan segi nutrisi, lemak berperan sebagai penyedia energi (37 kJ/g atau 9 kkal/g) dan sumber asam lemak esensial. Sejumlah vitamin larut di dalam lemak. Sifat lemak berperan penting terhadap karakteristik produk pangan, karena menentukan sifat gurih dan berminyak. Lemak juga berperan terhadap bau produk pangan, rasa di mulut, tekstur, dan rasa.

## **4.1 Sumber dan Klasifikasi Lipid dalam Bahan Makanan**

### **4.1.1 Sumber Lipid**

#### **a. Tumbuhan**

Lipid berasal dari tumbuhan minyak nabati, mengandung lemak tak jenuh, dan tidak mengandung kolesterol. Lipid dapat diperoleh dari:

1. Biji-biji palawija  
Contoh: minyak jagung, biji kapas
2. Kulit buah tumbuhan  
Contoh: minyak zaitun, minyak kelapa sawit
3. Biji-biji tumbuhan  
Contoh: kelapa, cokelat, inti sawit

Lipid nabati berfungsi dalam menurunkan kadar kolesterol, mencegah terjangkitnya penyakit jantung coroner, dan pertumbuhan beberapa jenis kanker.

## **b. Hewan**

Lipid hewani berasal dari hewan, mengandung lemak jenuh, dan kolestrol. Lipid hewani dapat diperoleh dari daging, telur, susu, keju, mentega, dll. Lemak hewani mengandung kolesterol yang tinggi. Kolesterol sebagai komponen penting dalam asam empedu, dimana asam empedu membantu melarutkan lemak globular dari makanan sehingga dapat larut dalam air atau enzim lipase, dan bereaksi dengan molekul lemak sehingga dapat melancarkan penyerapan lemak.

### **4.1.2 Klasifikasi Lipid**

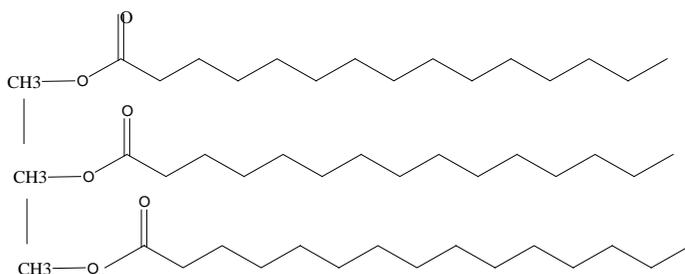
Lipid dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat fisik pada suhu ruang (minyak yang cair dan lemak yang padat), polaritasnya (lipid polar dan lipid netral), sifat esensialnya (asam lemak esensial dan non esensial) dan strukturnya (sederhana atau kompleks).

Namun, Lipid netral adalah lipid yang tidak larut dalam air, terdiri dari asam lemak, alkohol, gliserida, dan sterol. Sedangkan lipid polar terdiri dari fosfolipid dan glikolipid. Pembagian lipid berdasarkan polaritas agak membingungkan, karena asam lemak rantai pendek bersifat larut dalam air. Oleh karena itu, klasifikasi biasanya dilakukan berdasarkan struktur lipid. Berdasarkan strukturnya lipid diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

#### **a. Lipid Sederhana**

Lipid sederhana adalah ester asam lemah dengan berbagai alkohol. Minyak senyawaan trigliserida atau triasgliserol, yang berarti triester dari gliserol. Minyak juga merupakan senyawaan ester.

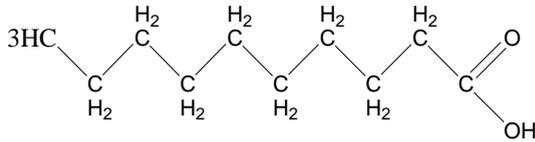
Lipid sederhana juga terdiri dari senyawa yang mengandung asam lemak atau alkohol dengan komponen lain seperti gliserol, sterol, dan lilin. Asam lemak atau alkohol berikatan dengan komponen lain melalui ikatan ester. Dengan kata lain, lipid sederhana dapat dihidrolisis menjadi dua komponen yang berbeda yaitu alkohol atau asam lemak dan komponen lain seperti gliserol atau sterol.



**Gambar 4.1 Suatu Trigliserida**

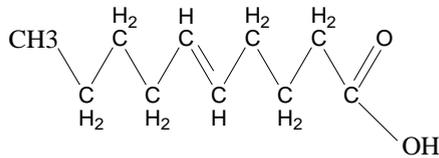
Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara atom-atom karbon penyusunnya. Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya. Asam lemak jenuh mempunyai rantai zig-zag yang dapat cocok satu sama lain. Sehingga memiliki gaya tarik vanderwalls yang tinggi, dan biasanya berwujud padat.

Di alam, semua atom karbon asam lemak berjumlah genap dan jarang ditemukan asam lemak dengan jumlah atom C ganjil, di mana asam lemak jenuh dari  $C_{12}$  sampai  $C_{24}$  bersifat padat, dan mempunyai konsistensi lilin. Contoh asam lemak jenuh yaitu asam laurat, asam palmitat, dan asam stearat.



**Gambar 4.2 Asam Lemak Jenuh**

Sementara itu, asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung satu ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya. Asam lemak dengan lebih dari satu ikatan dua tidak lazim, terutama terdapat pada minyak nabati, minyak ini disebut poliunsaturat. Trigliserida tak jenuh ganda (poliunsaturat) cenderung berbentuk minyak.



**Gambar 4.3 Asam Lemak Tak Jenuh**

Asam Lemak Tidak Jenuh merupakan asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap dalam rantai asli atau hidrokarbon. Adanya ikatan rangkap menyebabkan konfigurasi ruang asam lemak menjadi melekok atau bengkok. Contoh asam lemak tidak jenuh yaitu asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat.

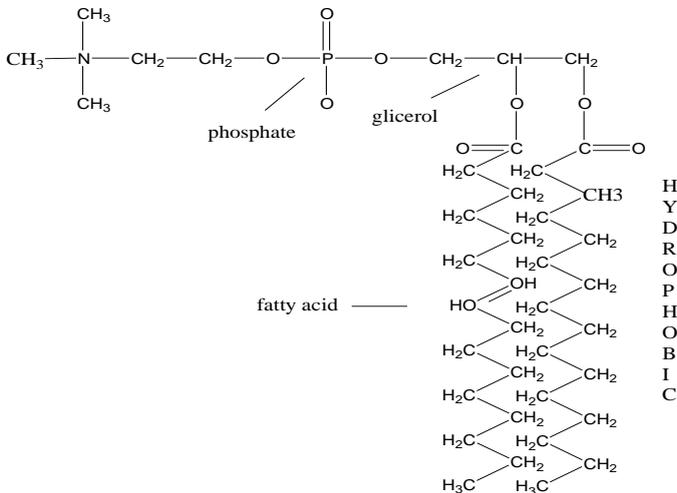
**b. Lipid Kompleks**

Lipid kompleks merupakan lipid yang jika dihidrolisis menghasilkan tiga atau lebih komponen, yaitu asam lemak atau alkohol, dan komponen-komponen lain seperti gugus fosfat dan gliserol untuk fosfolipid. Lipid kompleks terdiri atas gliserofosfolipid (fosfolipid), gliseroglikolipid (glikolipid), dan lipoprotein.

## 1. Fosfolipid

Struktur fosfolipid dibangun dari sebuah kerangka gliserol, dua buah asam lemak (R' dan R'') yang teresterifikasi pada posisi sn-1 dan sn-2, serta gugus fosfat yang mengikat rantai karbon R. Fosfolipid mempunyai kepala hidrofilik dan ekor hidrofobik sehingga bisa larut dalam air. Terdapat 2 tipe fosfolipid, yakni:

- Gliserofosfatid yang memiliki struktur utama gliserol.
- Sphingofosfatid yang memiliki struktur utama sphingosin.



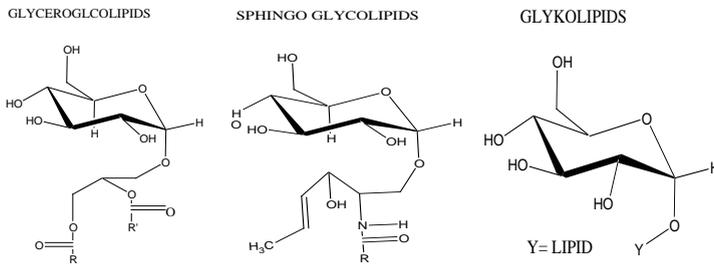
**Gambar 4.4 Fosfolipid**

Semua lemak dan minyak makanan yang mengandung lemak mengandung sejumlah fosfolipid. Jumlah fosfolipid terkecil terdapat dalam lemak hewan murni seperti lemak babi dan lemak sapi. Fosfolipid bersifat aktif permukaan, karena mengandung bagian yang lipofil, dan bagian hidofil. Karena fosfolipid mudah dihidrasi, bahan ini dapat dihilangkan dari lemak dan minyak selama proses pemurnian. Fosfolipid yang dihilangkan dari minyak kedelai misalnya, dapat digunakan

sebagai pengemulsi dalam makanan tertentu, seperti coklat. Susunan asam lemak dalam fosfolipid biasanya berbeda dengan susunan asam lemak dari minyak yang mengandung fosfolipid itu. Penyebaran asam lemak dalam fosfolipid tidak secara acak, dengan asam lemak jenuh cenderung menempati posisi 1, dan asam lemak tak jenuh pada posisi 2.

## 2. Glikolipid

Glikolipid tersusun atas lemak yang berikatan kovalen dengan monosakarida atau polisakarida. Struktur dari glikolipid dikontrol oleh glikotransferase. Glikolipid terbagi menjadi 3 klasifikasi, yakni glikosphingolipid yang memiliki sphingosin, glikofosfatidilinositol yang terikat dengan c terminal dari protein, serta gliserolglikolipid yang memiliki gliserol.



Gambar 4.5 Glikolipid

## 3. Lipoprotein

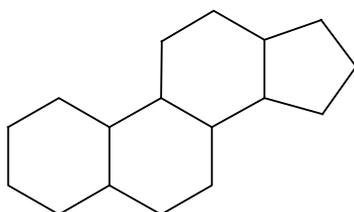
Lipoprotein terbentuk dari sejumlah lipid yang berikatan dengan protein spesifik. Lipoprotein terdiri dari dua lipid yang bersifat polar (fosfolipid dan kolesterol yang tidak teresterifikasi), trigliserida, kolesterol, serta turunan esternya. Tiap jenis lipoprotein berbeda dalam ukuran, densitas, dan mengangkut berbagai jenis lipida dalam jumlah yang berbeda pula. Lipoprotein dikelompokkan berdasarkan densitasnya menjadi VLDL, LDL, HDL, serta khilomikron.

### c. Turunan Lipid

Turunan lipid meliputi asam lemak dan alkohol, yang merupakan penyusun lipid sederhana dan lipid kompleks.

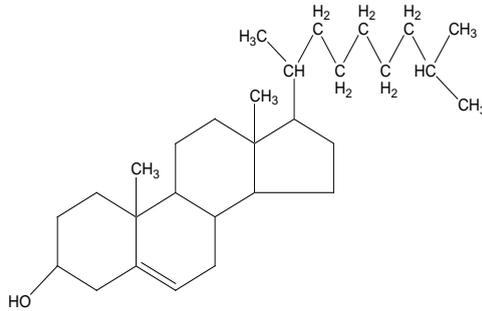
#### 1. Steroid

Steroid adalah golongan lipid yang mempunyai karakteristik dari jenis struktur penyatuan cincin karbon. Ciri struktur yang umum pada steroid adalah sistem 4 cincin yang tergabung dengan cara trans.



**Gambar 4.6 Struktur Umum Steroid**

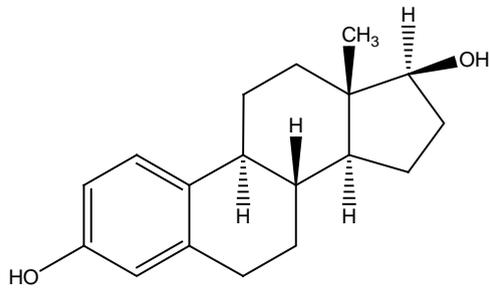
Steroid meliputi 4 golongan, yaitu kolesterol, hormon adrenokortikoid, hormon seksual, dan asam empedu. Kolesterol ialah molekul yang ditemukan dalam sel. Kolesterol merupakan sejenis lipid yang memiliki struktur kimia khusus. Steroid/sterol banyak dimiliki oleh hewan. Steroid memiliki gugus metil, alkil, dan OH. Steroid biasanya digunakan sebagai hormon dan garam bile. Steroid hormon diperoleh dengan mengonversi alkohol pada C-3 menjadi keton serta modifikasi dari rantai samping pada cincin D. Sedangkan garam bile didapatkan dengan oksidasi dari kolesterol -3 OH dan ujung asam.



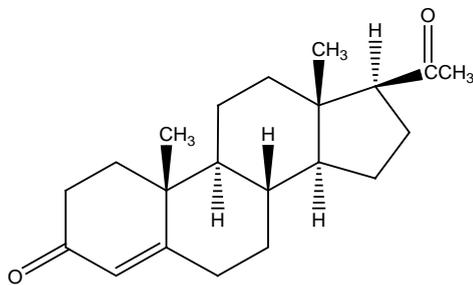
**Gambar 4.7 Kolesterol**

Hormon adrenokortikoid disintesis dalam kelenjar adrenal yang terlibat dalam pengaturan air dan keseimbangan elektrolit, serta dalam metabolisme protein dan karbohidrat. Misalnya kortisol memperlambat penyusunan protein sehingga asam amino normal yang dipakai untuk tujuan ini dapat digunakan oleh hati untuk mensintesis glukosa ekstra.

Hormon seks ialah senyawa yang diekskresikan dalam ovarium dan testis, yang mengatur fisiologi reproduktif dan mencirikan jenis kelamin. Terdapat 2 jenis hormone seks perempuan, yaitu kelompok estrogen yang didominasi oleh estradiol, penting untuk mengawali perubahan sewaktu siklus haid dan dalam perkembangan ciri seks sekunder perempuan. Selain itu, ada progesterone yang menyiapkan uterus untuk pencangkakan telur yang telah dibuahi, juga menjaga kehamilan dan mencegah pembuahan lebih lanjut selama kehamilan. Progesteron diberikan secara klinis untuk mencegah aborsi selama kehamilan yang sulit. Strukturnya berbeda dengan estrogen, seperti estradiol, cincin A-nya bukan aromatik.

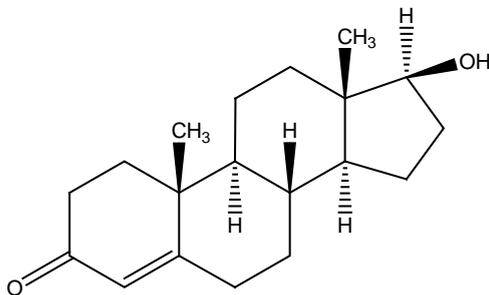


**Gambar 4.8 Estradiol**

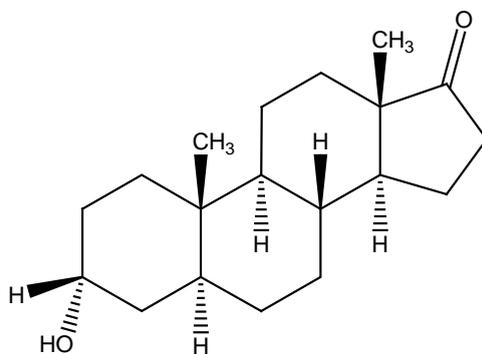


**Gambar 4.9 Progesteron**

Hormon seks yang dominan pada laki-laki disebut androgen. Hormon ini mengatur perkembangan organ reproduktif laki-laki dan ciri seks sekunder, seperti rambut wajah dan tubuh, suara dalam, dan otot laki-laki. Dua androgen yang penting adalah testosteron dan androsteron.



**Gambar 4.10 Testosteron**

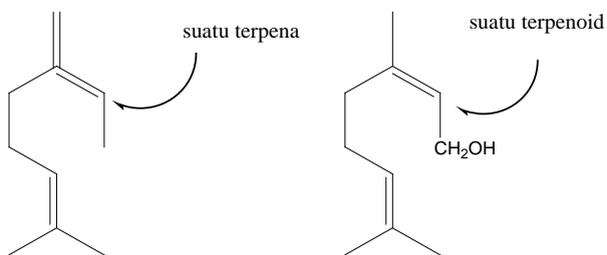


Gambar 4.11 Androsteron

## 2. Terpena

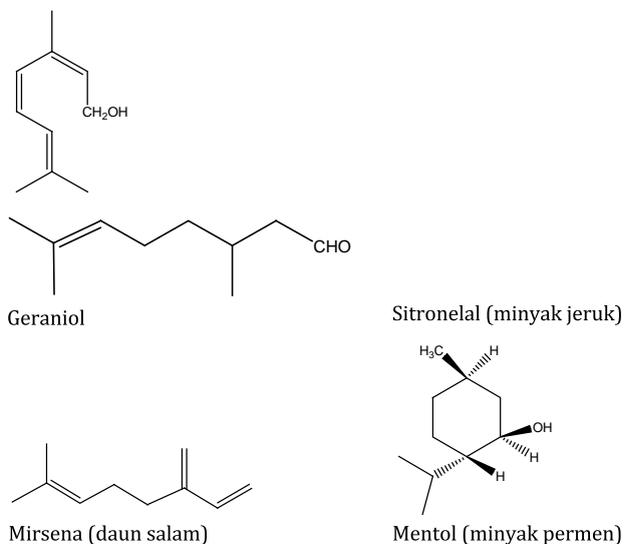
Komponen-komponen tumbuhan yang berbau, yang dapat dipisahkan dari bahan nabati lain dengan penyulingan kukus disebut minyak atsiri (Essential oils). Banyak minyak atsiri seperti yang berasal dari bunga, digunakan dalam parfum. Pada mula pertama dalam sejarah kimia organik, minyak-minyak atsiri ini, terutama terpening, menarik perhatian para ahli kimia. Ditemukan bahwa perbandingan banyaknya atom karbon dan atom hidrogen adalah 5:8. Maka hasil alam lain dengan rasio karbon-hidrogen sebesar 5:8 dikelompokkan sebagai terpena.

Untuk menekankan hubungan terpena dengan isoprena ini, terpena juga disebut isoprenoid. Terpena dapat mengandung dua, tiga, atau lebih satuan isoprena. Molekul-molekulnya dapat berupa rantai terbuka atau siklik. Mereka dapat mengandung ikatan rangkap, gugus hidroksil, gugus karbonil atau gugus fungsi lain. Struktur terpena yang mengandung unsur-unsur lain di samping C dan H disebut terpenoid.



**Gambar 4.12 Terpene**

Senyawa dengan 1 unit isoprene ( $C_5$ ) relatif jarang terdapat di alam, tetapi senyawa dengan 2 unit isoprene ( $C_{10}$ ) yang dinamakan monoterpena, sangat umum dijumpai. Contohnya ialah geraniol, sitronelal, mirsena, dan mentol.



**Gambar 4.13 Monoterpena**

## 4.2 Reaksi Kimia Lipid

### 4.2.1 Lipolisis atau Hidrolisis

Hidrolisis ikatan ester pada lipid (lipolisis) dapat terjadi akibat aktivitas enzim atau suhu dan air yang menghasilkan asam lemak bebas. Pelepasan asam lemak bebas berperan dalam pembentukan ketengikan (ketengikan hidrolitik). Pada minyak makan, penghilangan asam lemak bebas dilakukan dengan netralisasi menggunakan alkali.

Lipolisis merupakan reaksi yang terjadi selama penggorengan terendam akibat air yang berasal dari bahan pangan yang digoreng dan penggunaan suhu tinggi. Pembentukan asam lemak selama penggorengan menyebabkan penurunan sifat minyak yaitu penurunan titik asap. Artinya minyak mengeluarkan asap pada suhu yang lebih rendah. Lipolisis juga menyebabkan penurunan mutu produk yang digoreng. Asam lemak yang dibebaskan lebih mudah teroksidasi dibandingkan asam lemak yang terikat dengan gliserol. Dengan kata lain, hidrolisis lemak menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap oksidasi.

### 4.2.2 Fotooksidasi

Fotooksidasi berbeda dengan autooksidasi, dimana fotooksidasi melibatkan oksigen singlet sedangkan autooksidasi melibatkan oksigen triplet. Perbedaan oksigen triplet dan singlet, yaitu pada orbital energi dari konfigurasi elektronnya. Pada keadaan normal, oksigen ada dalam bentuk triplet ( $^3\text{O}_2$ ) atau keadaan dasar. Oksigen berubah dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi (oksigen singlet,  $^1\text{O}_2$ ) dengan mengambil energi 92 kJ/mol. Oksigen dari keadaan dasar berubah ke keadaan tereksitasi akibat adanya sensitizer. Singlet oksigen yang terbentuk bereaksi dengan asam lemak tidak jenuh menghasilkan hidroperoksida. Hidroperoksida selanjutnya

terdekomposisi menghasilkan senyawa berberat molekul kecil yang berbau sehingga menyebabkan bau tengik.

#### **4.2.3 Autooksidasi**

Oksidasi lipid merupakan salah satu penyebab kerusakan pangan. Reaksi ini menyebabkan dampak ekonomi karena lemak atau produk yang mengandung lemak, yang teroksidasi, dapat menyebabkan daya terima menurun, sehingga produk tidak dapat dijual. Oksidasi menyebabkan ketengikan (ketengikan oksidatif).

Autooksidasi merupakan reaksi dengan oksigen triplet yang bersifat autokatalitik. Reaksi ini merupakan reaksi utama yang menyebabkan kerusakan lipid. Dalam bahan pangan, oksidasi lipid dapat terjadi secara enzimatis atau nonenzimatis.

Asam lemak tidak jenuh dan fosfolipid sangat rentan terhadap oksidasi. Mekanisme autooksidasi pada prinsipnya sama dengan mekanisme oksidasi. Reaksi autooksidasi terdiri dari tiga fase utama yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi.

### **4.3 Proses Kimia Lipid dalam Bahan Makanan**

Pada proses pengolahan makanan, penambahan hidrogen ke dalam minyak (cair) untuk mengubah menjadi bentuk semiloid akan menaikkan stabilitas oksidasinya dan titik cairnya. Proses ini disebut proses hidrogenasi. Proses ini menghasilkan asam lemak tak jenuh trans, karena ikatan rangkap mengalami proses isomerisasi dan konfigurasi cis ke trans. Proses hidrogenasi bisa digunakan secara komersial untuk memproses minyak tumbuhan bentuk cair menjadi lemak yang digunakan untuk memasak seperti margarin yang berbentuk padat pada suhu kamar.

Lemak akan mengalami proses hidrolisis yang menghasilkan asam-asam lemak, gliserol, dan oksidasi, sehingga terjadi ketengikan oksidatif dimana nilai gizi akan berubah, yang mana lebih lanjut akan mengalami ketengikan. Degradasi hidrolisis dari lemak menjadi asam-asam lemak dan gliserol merupakan hasil kerja dari enzim lipase. Namun, jika terjadi ketengikan hidrolisis tidak akan mengubah nilai gizi. Hanya saja kurang disukai oleh konsumen. Sementara itu, jika terjadi proses oksidasi akan menimbulkan terjadinya ketengikan oksidatif, di mana nilai gizi akan berubah, serta kandungan asam-asam lemak akan rusak.

Proses perubahan trigliserida yang berasal dari makanan di dalam darah, yaitu setelah trigliserida di dalam chylomicron dipecah oleh enzim lipase, maka dihasilkan chylomicron remnants yang kemudian dihisap oleh reseptor di dalam liver. Asam amino dan lemak menjadi asam lemak yang dihasilkan karena reaksi dari enzim-enzim yang terkandung dalam berbagai kelenjar di mulut, perut, pankreas, dan usus halus. Oleh sebab itu, sebagian lantas dikirim ke liver untuk diproses lebih jauh sebelum masuk ke saluran darah, dan sebagian ke usus besar dan terus kepengeluaran (anus) sebagai ampas.

#### **4.4 Uji Analisis Lipid**

Terdapat berbagai macam uji yang berkaitan dengan lipid yang meliputi analisis kualitatif maupun kuantitatif. Uji-uji kualitatif lipid diantaranya adalah sebagai berikut:

##### **a. Uji Kelarutan Lipid**

Uji ini terdiri atas analisis kelarutan lipid maupun derivat lipid terhadap berbagai macam pelarut. Dalam uji ini, kelarutan lipid

ditentukan oleh sifat kepolaran pelarut. Apabila lipid dilarutkan ke dalam pelarut polar, maka lipid tersebut tidak akan larut. Hal tersebut karena lipid memiliki sifat nonpolar sehingga hanya akan larut pada pelarut yang sama-sama nonpolar. Prosedur untuk menguji kelarutan lipid sebagai berikut:

1. Sediakan 4 buah tabung reaksi, masing-masing diisi dengan 2 ml.
2. Aquadest
3. Ethanol
4. Kloroform
5. Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2%
6. Teteskan lemak/minyak kedalam masing-masing tabung tersebut, catat pada pelarut mana yang paling sempurna.
7. Teteskan setetes larutan pada kertas saring, perhatikan ada tidaknya noda setelah menguap, kehadiran lemak ditandai dengan adanya noda.

#### **b. Uji Akrolein**

Uji kualitatif lipid lainnya adalah uji akrolein. Pada uji ini terjadi dehidrasi gliserol dalam bentuk bebas atau dalam lemak/minyak yang menghasilkan aldehid akrilat atau akrolein. Menurut Scy Tech Encyclopedia (2008), uji akrolein digunakan untuk menguji keberadaan gliserin atau lemak. Ketika lemak dipanaskan setelah ditambahkan agen pendehidrasi ( $\text{KHSO}_4$ ) yang akan menarik air, maka bagian gliserol akan terdehidrasi ke dalam bentuk aldehid tidak jenuh atau dikenal sebagai akrolein ( $\text{CH}_2=\text{CHCHO}$ ) yang memiliki bau seperti lemak terbakar dan ditandai dengan asap putih. Berikut prosedur untuk uji akroline.

1. Sediakan 3 buah tabung reaksi, isi masing-masing dengan 10 tetes minyak kelapa sawit, 10 tetes margarine, dan 10 tetes gliserol.

2. Tambahkan pada masing-masing tabung reaksi serbuk kalium hidrogen sulfat.
3. Panaskan hati-hati diatas api langsung. Perhatikan asap yang terbentuk (akrolein ditandai dengan asap putih).
4. Tuliskan persamaan dari reaksi pembentukan akrolein ini.

**c. Uji Kejenuhan pada Lipid**

Uji ketidakjenuhan digunakan untuk mengetahui asam lemak yang diuji, apakah termasuk asam lemak jenuh, atau tidak jenuh, dengan menggunakan pereaksi Iod Hubl. Iod Hubl ini digunakan sebagai indikator perubahan. Asam lemak yang diuji ditambah kloroform sama banyaknya. Tabung dikocok sampai bahan larut. Setelah itu, tetes demi tetes pereaksi Iod Hubl dimasukkan ke dalam tabung sambil dikocok dan amati perubahan warna yang terjadi terhadap campuran. Asam lemak jenuh dapat dibedakan dari asam lemak tidak jenuh dengan cara melihat strukturnya. Asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan ganda pada gugus hidrokarbonnya. Reaksi positif ketidakjenuhan asam lemak ditandai dengan timbulnya warna merah asam lemak, lalu warna kembali lagi ke warna awal kuning bening. Warna merah yang kembali pudar menandakan bahwa terdapat banyak ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon asam lemak. Berikut dipaparkan prosedur kerja uji ketidakjenuhan pada lipid.

1. Sediakan 3 buah tabung reaksi, isi masing-masing 1 ml dengan: minyak kelapa sawit, margarin, dan gliserol.
2. Tambahkan 1 ml kloroform.
3. Tambahkan 2/3 tetes larutan Iod Hubl.
4. Perhatikan perubahan warna yang terjadi.

#### **d. Uji Ketengikan**

Uji kualitatif lipid lainnya adalah uji ketengikan. Dalam uji ini, diidentifikasi lipid mana yang sudah tengik dan yang belum tengik, yang disebabkan oleh oksidasi lipid. Minyak yang akan diuji dicampurkan dengan HCl. Selanjutnya, sebuah kertas saring dicelupkan ke larutan floroglusinol. Floroglusinol ini berfungsi sebagai penampak bercak. Setelah itu, kertas digantungkan di dalam erlenmeyer yang berisi minyak yang diuji. Serbuk  $\text{CaCO}_3$  dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan segera ditutup. HCl yang ditambahkan akan menyumbangkan ion-ion hidrogennya yang dapat memecah unsur lemak sehingga terbentuk lemak radikal bebas dan hidrogen radikal bebas. Kedua bentuk radikal ini bersifat sangat reaktif dan pada tahap akhir oksidasi akan dihasilkan peroksida.

#### **e. Uji Salkowski untuk Kolesterol**

Uji Salkowski merupakan uji kualitatif yang dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan kolesterol. Kolesterol dilarutkan dengan kloroform anhidrat. Lalu, dengan volume yang sama ditambahkan asam sulfat. Asam sulfat berfungsi sebagai pemutus ikatan ester lipid. Apabila dalam sampel tersebut terdapat kolesterol, maka lapisan kolesterol di bagian atas menjadi berwarna merah dan asam sulfat terlihat berubah menjadi kuning dengan warna fluoresens hijau.

#### **f. Uji Liberman Buchard**

Uji Lieberman Buchard merupakan uji kuantitatif untuk kolesterol. Prinsip uji ini adalah mengidentifikasi adanya kolesterol dengan penambahan asam sulfat ke dalam campuran. Sebanyak 10 tetes asam asetat dilarutkan ke dalam larutan kolesterol dan kloroform (dari percobaan Salkowski). Setelah itu, asam sulfat pekat ditambahkan. Tabung dikocok perlahan dan dibiarkan beberapa

menit. Mekanisme yang terjadi dalam uji ini adalah ketika asam sulfat ditambahkan ke dalam campuran yang berisi kolesterol, maka molekul air berpindah dari gugus C3 kolesterol. Kolesterol kemudian teroksidasi membentuk 3,5-kolestadiena. Produk ini dikonversi menjadi polimer yang mengandung kromofor yang menghasilkan warna hijau. Warna hijau ini menandakan hasil yang positif. Reaksi positif uji ini ditandai dengan adanya perubahan warna dari terbentuknya warna pink, kemudian menjadi biru-ungu, dan akhirnya menjadi hijau tua.

#### **g. Uji Bilangan IOD**

Lipid mengandung bermacam-macam asam lemak tak jenuh yang bereaksi dengan ion. Jumlah iod yang diabsorpsi menentukan jumlah ketidak jenuhan dalam lipid. Jadi angka iod didefinisikan sebagai berikut:

1. Banyaknya gram iod diabsorpsi oleh 100 gr lipid.
2. Metode yang umumnya dipakai yaitu: metode Hanus yang memakai iodin bromida sebagai carrier dan metode Wijs yang memakai iodin klorida. Namun metode yang digunakan pada percobaan ini adalah metode iodin Hanus. Sebanyak 0,25 gr lipid padat ditambahkan 10 ml kloroform. Lipid padat ini tidak larut dalam kloroform karena lipid yang digunakan adalah lipid padat, bukan lipid yang sudah dicairkan dengan proses pemanasan.
3. Selanjutnya ditambahkan 30 ml larutan iodin Hanus, kemudian didiamkan selama 30 menit dengan sesekali dikocok. Hasil yang diperoleh, larutan menjadi cokelat tua. Setelah 30 menit larutan ini ditambahkan dengan 10 ml larutan KI 15%. Larutan berubah warna menjadi cokelat muda.
4. Selanjutnya ditambahkan 100 ml aquadest kemudian dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N, larutan menjadi kuning.

5. Setelah itu ditambahkan dengan 2 ml indikator kanji sampai larutan berwarna putih dan dititrasi lagi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Pada titrasi kedua ini larutan tidak berubah atau tidak terjadi perubahan warna larutan.

Lemak hewan pada umumnya berupa zat padat pada suhu ruangan. Sedangkan lemak yang berasal dari tumbuhan berupa zat cair. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh. Sedangkan lemak cair atau yang basa disebut minyak mengandung asam lemak tidak jenuh. Lemak hewan dan tumbuhan mempunyai susunan asam lemak yang berbeda-beda. Untuk menentukan derajat ketidakjenuhan asam lemak yang terkandung di dalamnya diukur dengan bilangan iodium. Iodium dapat bereaksi dengan ikatan rangkap dalam asam lemak. Tiap molekul iodium mengadakan reaksi adisi pada suatu ikatan rangkap. Oleh karenanya makin banyak ikatan rangkap, makin banyak pula iodium yang dapat bereaksi.

#### **h. Uji Penyabunan**

Uji penyabunan untuk asam-asam lemak dilakukan dengan menambahkan 10 ml KOH alkoholis 10% atau NaOH 10 % ke dalam minyak yang hendak diuji, kemudian dikocok. Pencampuran ini menghasilkan larutan berwarna kuning muda yang tidak saling campur. Setelah itu minyak dan KOH alkoholis 10% dipanaskan diatas penangas air. Pada proses pemanasan ini, minyak dapat larut dalam KOH alkoholis, dan menghasilkan larutan berwarna kuning muda.

Reaksi diatas dikenal dengan reaksi penyabunan (saponifikasi). Reaksi ini bertujuan untuk mengambil asam lemak dari minyak, sehingga dihasilkan campuran sabun dan gliserol yang mudah larut di dalam air dan alkohol. Pada pengambilan asam lemak

ini, minyak dihidrolisis dengan larutan alkali, yaitu KOH (Kalium hidrosida) atau NaOH (Natrium hidroksida).

Proses hidrolisis yang menggunakan basa disebut proses penyabunan. Jumlah mol basa yang digunakan dalam proses penyabunan ini tergantung pada jumlah mol asam lemak. Untuk lemak dengan berat tertentu, jumlah mol asam lemak tergantung pada panjang rantai karbon yang terdapat pada asam lemak tersebut. Apabila rantai karbon itu pendek, maka jumlah mol asam lemak besar, sebaliknya apabila rantai karbon itu panjang, jumlah mol asam lemak kecil. Jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak disebut bilangan penyabunan. Jadi, besar atau kecilnya bilangan penyabunan ini tergantung pada panjang atau pendeknya rantai karbon asam lemak, atau dapat dikatakan juga bahwa besarnya bilangan penyabunan tergantung pada berat molekul lemak tersebut. Makin kecil berat molekul lemak, makin besar bilangan penyabunannya.

#### **i. Kromatografi**

Untuk menganalisa kandungan lemak dalam makanan dapat dilakukan dengan cara volumetris, gravimetris, dan kromatografi. Kromatografi yang dapat dipakai seperti kromatografi gas (CG), kromatografi lapisan tipis (TLC), kromatografi eksklusi (SEC), kromatografi cairan (LC) dan kromatografi yang memiliki unjuk kerja baik seperti HP-SEC dan HPLC.

Kromatografi gas digunakan untuk melarutkan dan menghitung lipida seperti triasilgliserol dan turunan-turunan FAME. TLC sangat sesuai untuk memisahkan ester kolesterol, mono, di, triacylglycerols, asam lemak bebas, kolesterol, dan fosfolipid. SEC dan HP-SEC digunakan untuk memisahkan produk hidrolitik,

oksidasi dan pemanasan lemak. Sedangkan HPLC digunakan untuk memisahkan lipida non-volatil yang memiliki berat molekul tinggi.

Untuk menentukan kadar lemak total dalam makanan, *The Nutrition and Labeling Education* membutuhkan tahapan sebagai berikut, yaitu (1) hidrolisis dengan asam atau basa; (2) ekstraksi dengan ester; dan (3) konversi asam lemak ke metil ester asam lemak (FAME), kemudian menghitung kadar FAME dengan kromatografi gas.

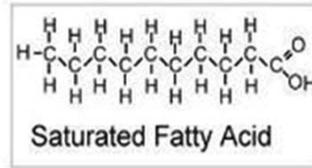
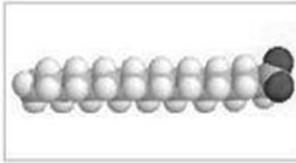
## **RINGKASAN**

Lipid adalah salah satu kelompok senyawa organik yang terdapat dalam tumbuhan, hewan, maupun manusia, dan sangat berguna untuk manusia dalam kehidupan. Lipid terdiri dari sebagian besar senyawa yang umumnya tidak larut dalam air, tetapi larut dalam senyawa organik. Suatu lipid didefinisikan sebagai senyawa yang mengandung asam lemak, sehingga asam lemak ini yang memegang peran penting terhadap sifat lipid. Lipid diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu turunan lipid, lipid sederhana, dan lipid kompleks. Lipid berkaitan dengan asam lemak, asil gliserol dan fosfolipid, serta adanya reaksi kimia pada lipid, dan proses kimia lipid pada bahan makanan.

## **SOAL LATIHAN**

1. Seperti yang kita ketahui bahwasanya lipid berasal dari hewan dan tumbuhan. Lemak dan minyak adalah bagian yang tergolong pada lipid. Lemak dan minyak yang telah dilakukan ekstraksi dari ternak atau bahan nabati dan dimurnikan biasanya dikenal dengan?

2.



*Struktur asam lemak jenuh*

Gambar tersebut ialah struktur asam lemak jenuh. Deskripsikan apa yang kamu ketahui terkait gambar tersebut!

3. Minyak omega merupakan minyak yang memiliki asam lemak omega dengan kadar yang tinggi, di mana asam lemak omega memiliki ikatan tak jenuh yang terdapat pada atom C ketiga dan keempat terakhir yang dihitung dari..... dan disebut dengan..... Jelaskan!
4. Kelebihan asam lemak jenuh dalam tubuh akan mengakibatkan penumpukan lemak di dalam arteri, dan dalam jangka panjang akan menyebabkan suatu penyakit. Deskripsikan penyakit apa yang kamu ketahui dari dampaknya tersebut!
5. Dalam tubuh terdapat berbagai jenis lipid seperti lemak, fosfolipid, dan steroid. Jelaskan lipid mana yang berfungsi sebagai sumber energi!
6. Lemak akan mengalami proses hidrolisis yang menghasilkan asam-asam lemak, gliserol, dan oksidasi, sehingga terjadi ketengikan oksidatif dimana nilai gizi akan berubah, yang mana lebih lanjut akan mengalami ketengikan. Dalam hal ini, hidrogenasi lemak dapat mencegah ketengikan. Jelaskan kenapa hidrogenasi lemak tersebut dapat mencegah ketengikan!
7. Pengemulsi dalam makanan tertentu seperti coklat ialah fosfolipid yang dihilangkan dari minyak kedelai. Dari hal tersebut deskripsikan mengapa fosfolipid dapat dihilangkan!

8. Keberadaan MG dan DG dalam minyak makan dan lemak dalam bahan pangan cukup rendah. MG dan DG biasanya disintesis dari hasil hidrolisis TG atau diproduksi secara komersial dari gliserol dan asam lemak bebas melalui gliserolisis. Lalu, bagaimana penamaan dari MG dan DG?
9. Lipolisis menyebabkan penurunan mutu pada produk yang digoreng. Deskripsikan apa yang anda ketahui tentang lipolisis terhadap reaksi kimia pada lipid!
10. Pada uji kelarutan lipid, apabila lipid dilarutkan ke dalam pelarut polar, maka lipid tersebut tidak akan larut. Mengapa demikian?
11. Di suatu laboratorium sedang dilakukan percobaan uji ketidakhajenuhan lipid yang mana reaksi positif ketidakhajenuhan asam lemak ditandai dengan timbulnya warna merah ketika Iod Hubl diteteskan ke asam lemak, lalu warna kembali lagi ke warna awal yaitu kuning bening. Dari hal tersebut berilah kesimpulan mengenai kenapa warnanya bisa kembali lagi ke warna awal!
12. Lipid berdasarkan polaritasnya terbagi menjadi lipid polar dan lipid netral. Defenisikan secara singkat apa perbedaan antara lipid polar dan lipid netral tersebut!
13. Lemak berperan sebagai penyedia energi (37 kJ/g atau 9 kkal g) dan sumber asam lemak esensial. Selain itu sifat lemak juga berperan penting terhadap karakteristik produk pangan, mengapa demikian?
14. Dalam uji bilangan penyabunan terdapat reaksi saponifikasi. Apa tujuan dari reaksi tersebut? Bagaimana caranya menguji hal tersebut pada percobaan? Jelaskan!

15. Fitria mengonsumsi lemak harian dalam jumlah berlebih sehingga menyebabkan gangguan metabolik (*metabolic syndrome*) yang dideritanya, yaitu dislipidemia. Gambarkan dan jelaskan secara singkat tentang penyakit dislipidemia tersebut!





- 5.1 Komposisi Kimia dan Klasifikasi Protein**
- 5.2 Struktur Protein**
- 5.3 Pembagian Protein Berdasarkan Daya Kelarutannya**
- 5.4 Fungsi Protein**
- 5.5 Pencernaan dan Metabolisme Protein**
- 5.6 Sifat Fungsional Protein**
- 5.7 Akibat Kekurangan dan Kelebihan Protein**
- 5.8 Analisa Protein**

### **5.1 Komposisi Kimia dan Klasifikasi Protein**

Protein adalah molekul makro yang mempunyai berat molekul antara lima ribu hingga beberapa juta, dan menyusun lebih dari separuh bagian dari sel. Protein menentukan ukuran dan struktur sel, komponen utama dari sistem komunikasi antar sel, serta sebagai katalis berbagai reaksi biokimia di dalam sel. Karena itulah sebagian besar aktivitas penelitian biokimia tertuju pada protein, khususnya hormon, antibody, dan enzim. Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino yang terikat satu sama lain dalam ikatan peptida. Asam amino terdiri atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Beberapa asam amino di samping itu mengandung unsur-unsur fosfor, besi, sulfur, iodium, dan kobalt. Unsur nitrogen adalah unsur utama protein,

karena terdapat didalam semua protein, akan tetapi tidak terdapat di dalam karbohidrat dan lemak. Unsur nitrogen merupakan 16% dari berat protein.

Molekul protein lebih kompleks dari pada karbohidrat dan lemak dalam hal berat molekul dan keanekaragaman unit-unit asam amino yang membentuknya. Berat molekul protein bisa mencapai 40 juta. Bandingkan dengan berat glukosa yang besarnya 180. Ada dua puluh jenis asam amino, yang diketahui sampai sekarang, yang terdiri atas sembilan asam amino esensial (asam amino yang tidak dapat dibuat tubuh dan harus didatangkan dari makanan), dan sebelas asam amino non esensial.

Bahan makanan hewani merupakan sumber protein yang baik, dalam jumlah maupun mutu, seperti telur, susu, daging, unggas, ikan, dan kerang. Sumber protein nabati adalah kacang kedelai dan hasilnya, seperti tempe dan tahu, serta kacang-kacangan lain. Kacang kedelai merupakan sumber protein nabati yang mempunyai mutu atau nilai biologi tertinggi. Bahan makanan nabati yang kaya akan protein adalah kacang-kacangan.

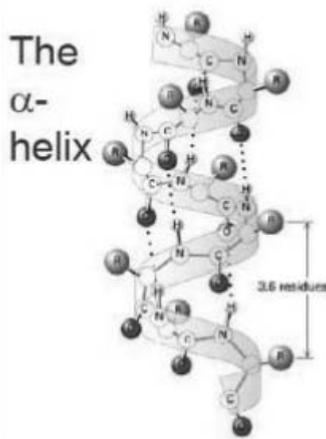
### **5.1.1 Klasifikasi Protein**

Protein secara kasar dapat dikategorikan oleh macamnya tugas yang dilaksanakannya. Adapun kelasnya yaitu:

#### **a. Protein Serat (Fibrous Protein/Protein Struktur)**

Terdiri atas beberapa rantai peptida berbentuk spiral yang terjalin satu sama lain sehingga menyerupai batang yang kaku. Protein fibrous mempunyai bentuk molekul panjang seperti serat atau serabut, tidak larut dalam air. mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi dan tahan terhadap enzim pencernaan. Protein ini terdapat dalam unsur-unsur struktur tubuh yang membentuk

kulit, otot, dinding pembuluh darah, dan rambut, dan terdiri dari molekul panjang mirip benang yang ulet, sangat kuat dan tak larut dalam air.



**Gambar 5.1 Protein Serat**

### **b. Protein Globular**

Protein Globular berbentuk bola terdapat dalam cairan jaringan tubuh. Protein ini larut dalam air, berdifusi cepat dan bersifat dinamis, mudah berubah dibawah pengaruh suhu, konsentrasi garam, serta mudah mengalami denaturasi. Misalnya:

1. Hemoglobin mengangkut oksigen ke sel.
2. Insulin membantu dalam metabolisme karbohidrat.
3. Antibodi (antibodies) membuat protein asing menjadi tidak aktif.
4. Fibrinogen (larut) dapat membentuk serat-serat yang tak larut, yang menggumpalkan darah.
5. Hormon-hormon mengemban pesan-pesan ke seluruh tubuh.

### c. Protein Konjugasi (Conjugated Protein)

Protein konjugasi dihubungkan ke suatu bagian nonprotein seperti misalnya gula, melakukan berbagai fungsi dalam seluruh tubuh. Suatu cara hubungan yang lazim antara protein dan nonprotein ialah dengan rantai samping fungsional dari protein. Misalnya, suatu rantai asam (dari) protein dapat membentuk suatu ester dengan gugus  $-OH$  (dari) molekul gula.

## 5.2 Struktur Protein

Struktur protein terdiri dari 4 jenis, yaitu struktur primer, struktur sekunder, struktur tersier, dan struktur kuartener.

### a. Struktur Primer

Struktur primer adalah rantai polipeptida. Struktur primer protein ditentukan oleh ikatan kovalen antara residu asam amino yang berurutan, yang membentuk ikatan peptida. Struktur primer dapat digambarkan sebagai rumus bangun yang biasa ditulis untuk senyawa organik.

### b. Struktur Sekunder

Struktur sekunder ditentukan oleh bentuk rantai asam amino: lurus, lipatan, atau gulungan yang mempengaruhi sifat dan kemungkinan jumlah protein yang dapat dibentuk. Struktur ini terjadi karena ikatan hidrogen antara atom O dari gugus karbonil ( $C=O$ ) dengan atom H dari gugus amino ( $N-H$ ) dalam satu rantai peptida memungkinkan terbentuknya konfirasi spiral yang disebut struktur *helix*.

### c. Struktur Tersier

Struktur tersier ditentukan oleh ikatan tambahan antara gugus R pada asam-asam amino yang memberi bentuk tiga dimensi sehingga membentuk struktur kompak dan padat suatu protein.

### d. Struktur Kuartener

Struktur kuartener adalah susunan kompleks yang terdiri dari dua rantai polipeptida atau lebih, yang setiap rantainya bersama dengan struktur primer, sekunder, dan tersier membentuk satu molekul protein yang besar dan aktif secara biologis.

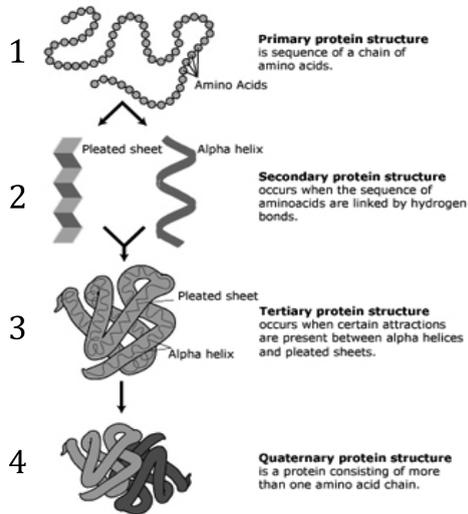


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.

Gambar 5.2 Struktur Protein

#### Keterangan gambar:

1. Struktur primer
2. Struktur skunder
3. Struktur tersier
4. Struktur kuartener

### **5.3 Pembagian Protein Berdasarkan Daya Kelarutannya**

#### **a. Albumin**

Memiliki sifat larut dalam air dan terkoagulasi panas. Contohnya albumin telur, albumin serum, dan laktalbumin dalam susu.

#### **b. Globulin**

Memiliki sifat tidak larut dalam air, terkoagulasi oleh panas, larut dalam larutan garam encer, dan mengendap apabila berada dalam larutan garam dengan konsentrasi tinggi. Contohnya adalah miosinogen dalam otot, ovoglobulin dalam kuning telur, legumin dalam kacang-kacangan.

#### **c. Glutenin**

Glutelin memiliki sifat tidak larut dalam pelarut netral, namun larut dalam asam dan basa encer. Contohnya glutenin dalam gandum, orizenin dalam beras.

#### **d. Prolamin atau Gliadin**

Prolamin atau gliadin larut dalam alkohol 70-80% dan tidak larut dalam air dan alkohol absolut. Contohnya gliadin dalam gandum, zein pada jagung.

#### **e. Histon**

Histon memiliki sifat larut dalam air namun tidak larut dalam amonia encer. Histon dapat mengendap dalam pelarut protein lainnya serta histon yang terkoagulasi karena proses pemanasan, dapat larut lagi dalam larutan asam encer. Contohnya globin dan hemoglobin.

#### **f. Protamin**

Protein ini larut dalam air, namun tidak terkoagulasi oleh panas. Larutan protamin encer dapat mengendapkan protein lain, bersifat basa kuat, dan apabila bertemu dengan asam kuat dapat membentuk garam kuat. Contohnya skombrin pada ikan makarel, dan salmin dalam ikan salmon.

## **5.4 Fungsi Protein**

1. Sebagai biokatalisator (enzim).
2. Sebagai protein transport, contohnya hemoglobin mengangkut oksigen dalam eritrosit, mioglobin mengangkut oksigen dalam otot. Ion besi diangkut dalam plasma darah oleh transferin dan disimpan dalam hati sebagai kompleks dengan feritin.
3. Sebagai pengatur pergerakan. Protein merupakan komponen utama daging. Gerakan otot terjadi karena ada dua molekul (aktin dan miosin) protein yang saling bergeseran. Pergerakan silia dan flagela pada organisme protista akibat dari protein tubulli pada organel tersebut.
4. Sebagai penunjang mekanis, kekuatan dan daya tahan robek kulit dan tulang disebabkan adanya kolagen. Pada persendian ada elastin. Pada kuku, bulu rambut ada protein keratin.
5. Pertahanan tubuh dalam bentuk antibodi. Suatu protein khusus yang mengikat benda asing yang masuk kedalam tubuh seperti virus, bakteri, dan lain-lain.
6. Sebagai media perambatan impuls saraf. Protein ini biasanya berbentuk reseptor, misalnya rodopsin suatu protein yang bertindak sebagai reseptor atau penerima warna atau cahaya pada sel-sel mata.
7. Sebagai pengendali pertumbuhan. Protein bekerja sebagai reseptor yang dapat mempengaruhi fungsi bagian-bagian DNA yang mengatur sifat dan karakter.

## **5.5 Pencernaan dan Metabolisme Protein**

### **5.5.1 Pencernaan Protein**

Sebagian besar protein dicernakan menjadi asam amino, selebihnya menjadi tripeptida dan dipeptida.

### **a. Lambung**

Pencernaan atau hidrolisis protein dimulai di dalam lambung. Asam klorida lambung membuka gulungan protein (proses denaturasi), sehingga enzim pencernaan dapat memecah ikatan peptida. Asam klorida mengubah enzim pepsinogen tidak aktif yang dikeluarkan oleh mukosa lambung menjadi bentuk aktif pepsin. Karena makanan hanya sebentar tinggal di lambung, pencernaan protein hanya terjadi hingga dibentuknya campuran polipeptida, proteose dan pepton.

### **b. Usus Halus**

Pencernaan protein dilanjutkan di dalam usus halus yang berasal campuran enzim protease. Pankreas mengeluarkan cairan yang bersifat sedikit basa dan mengandung berbagai prekursor protease seperti tripsinogen, kemotripsinogen, prokarboksipeptidase, dan proelastase. Enzim-enzim ini menghidrolisis ikatan peptida tertentu. Sentuhan kimus terhadap mukosa usus halus mengangsang dikeluarkannya enzim enterokinase yang mengubah tripsinogen tidak aktif yang berasal dari pankreas menjadi Tripsin aktif.

Perubahan ini juga dilakukan oleh Tripsin sendiri secara oto-katalitik di samping itu, Tripsin dapat mengaktifkan enzim-enzim proteolitik lain berasal dari pankreas. Kimotripsinogen diubah menjadi beberapa jenis kimotripsin aktif, yaitu prokarboksipeptidase dan proelastase diubah menjadi karboksipeptidase dan elastase aktif. Enzim-enzim pankreas ini memecah protein dari polipeptida menjadi peptida lebih pendek, yaitu tripeptida, dipeptida, dan sebagian menjadi asam amino. Mukosa usus halus juga mengeluarkan enzim-enzim proteose

yang menghidrolisis ikatan peptida. Sebagian enzim mukosa usus halus ini bekerja di dalam sel.

Hasil pencernaan terjadi setelah memasuki sel-sel mukosa atau pada saat diangkut pada dinding epitel. Mukosa usus halus mengeluarkan enzim amino peptidase yang memecah polipeptida menjadi asam amino bebas. Enzim ini membutuhkan mineral  $Mn^{++}$  dan  $Mg^{++}$  untuk pekerjaannya. Mukosa usus halus juga mengandung enzim dipeptidase yang memecah dipeptida tertentu dan membutuhkan mineral  $Co^{++}$  dan  $Mn^{++}$  untuk pekerjaannya.

### 5.5.2 Metabolisme Protein

#### a. Absorpsi dan Transportasi

Hasil akhir pencernaan protein akan segera diabsorpsi dalam waktu lima belas menit setelah makan. Absorpsi terutama terjadi dalam usus halus berupa empat sistem absorpsi aktif yang membutuhkan energi. 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 di dalam darah. Hal ini sering terjadi pada protein susu dan protein telur yang dapat menimbulkan gejala alergi (*immunological sensitive protein*).

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 sekresi saluran cerna dan sel-sel yang rusak juga dicerna dan diabsorpsi.

## **b. Katabolisme Protein**

Katabolisme protein (penguraian asam amino untuk energi) berlangsung di hati. Jika sel telah mendapatkan protein yang mencukupi kebutuhannya. Setiap asam amino tambahan akan dipakai sebagai energi atau disimpan sebagai lemak.

## **c. Deaminasi Asam Amino**

Deaminasi asam amino merupakan langkah pertama yang melibatkan pelepasan satu hidrogen dan satu gugus amino sehingga membentuk amonia ( $\text{NH}_3$ ). Amonia yang bersifat racun akan masuk ke peredaran darah dan dibawa ke hati. Hati akan mengubah amonia menjadi ureum yang sifat racunnya lebih rendah, dan mengembalikannya ke peredaran darah. Ureum dikeluarkan dari tubuh melalui ginjal dan urine. Ureum diproduksi dari asam amino bebas di dalam tubuh yang tidak digunakan dan dari pemecahan protein jaringan tubuh.

## **d. Osidasi Asam Amino Terdeaminasi**

Bagian asam amino nonnitrogen yang tersisa disebut produk asam keto yang teroksidasi menjadi energi melalui siklus asam nitrat. Beberapa jenis asam keto dapat diubah menjadi glukosa (glukoneogenesis) atau lemak (lipogenesis) dan disimpan di dalam tubuh.

Karbohidrat dan lemak adalah “cadangan protein” yang dipakai tubuh sebagai pengganti protein untuk energi. Saat kelaparan, tubuh menggunakan karbohidrat dan lemak baru kemudian memulai mengkatabolis protein.

## **e. Anabolisme Protein**

### **1. Sintesis Protein**

Sintesis protein dari asam amino berlangsung di sebagian sel tubuh. Asam amino bergabung dengan ikatan peptida pada rangkaian tertentu yang ditentukan berdasarkan pengaturan gen.

Sintesis protein meliputi pembentukan rantai panjang asam amino yang dinamakan rantai peptida. Ikatan kimia yang mengaitkan dua asam amino satu sama lain dinamakan ikatan peptida. Ikatan ini terjadi karena satu hidrogen (H) dari gugus amino suatu asam amino bersatu dengan hidroksil (OH) dari gugus asam karboksil asam amino lain. Proses ini menghasilkan satu molekul air, sedangkan CO dan NH yang tersisa akan membentuk ikatan peptida. sebaliknya, ikatan peptida ini dapat dipecah menjadi asam amino oleh asam atau enzim pencernaan dengan penambahan satu molekul air, proses ini dinamakan hidrolisis.

### **2. Transminasi**

Transaminasi yang berlangsung di hati, merupakan sintesis asam amino nonesensial melalui perubahan jenis asam amino menjadi jenis lainnya. Proses ini melibatkan pemindahan satu gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) dari sebuah asam amino menjadi satu asam keto, sehingga terbentuk satu asam amino dan satu asam keto baru.

## **5.6 Sifat Fungsional Protein**

### **5.6.1 Water Binding dan Solutability**

Sifat protein whey dalam mengikat air cukup penting, karena semakin banyak jumlah air yang dapat diikat maka rendemen pengolahan akan semakin tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan penurunan biaya produksi. Kapasitas pengikatan air whey protein

tergantung pada sifat internal protein (komposisi dan konformasi asam amino) dan faktor lingkungan (pH, kekuatan ionic, suhu).

Kelarutan merupakan fungsi suhu, pH, keberadaan ion lain, dan cara pelarutan. Kelarutan bahan pangan umumnya mengalami peningkatan dengan meningkatnya suhu. Akan tetapi, tidak demikian halnya dengan protein whey. Semakin tinggi suhu mengakibatkan terjadinya denaturasi yang akan menurunkan kelarutan.

Protein merupakan bahan pangan yang hanya sedikit larut bila berada pada titik isoelektrik, akan tetapi tidak demikian dengan protein whey. Protein whey dapat larut pada rentang pH yang luas, sehingga tepat apabila diaplikasikan pada produk minuman.

### **5.6.2 Gelasi**

Pembentukan gel dapat terjadi karena adanya panas, tekanan, dan kation divalent. Gel protein whey terbentuk melalui dua tahap, yaitu tahap denaturasi protein, dan pembentukan kembali jaringan dari molekul-molekul yang telah mengalami denaturasi. Sifat gel yang terbentuk dipengaruhi konsentrasi, kecepatan pemanasan, tingkat denaturasi, kekuatan ionik dan adanya ion spesifik. Ion-ion spesifik seperti kalsium, natrium, dan magnesium dapat mempengaruhi pembentukan gel pada protein whey. Pada pH lebih dari 8, garam-garam klorida, terutama kalsium, meningkatkan kecepatan pembentukan gel.

Ada dua jenis gel dari protein whey, yaitu gel yang terbentuk dengan adanya panas dan gel yang terbentuk pada suhu ruang. Jenis gel yang kedua disiapkan dengan cara memanaskan protein whey sampai mengalami agregasi, diikuti dengan pendinginan secara cepat pada suhu ruang. Gel akan terbentuk dengan adanya penambahan NaCl atau CaCl<sub>2</sub>. Kebanyakan gel protein terbentuk dengan adanya panas.

Gel protein whey dapat mengikat air dan zat gizi lain dalam jaringan. Kemampuan protein membentuk gel tergantung pada kapasitas pengikatan air, keberadaan lipid, garam dan gula. Pembentukan gel merupakan sifat fungsional yang penting dalam produk-produk roti, olahan susu, daging, surimi, dessert dan sour cream. Pada beberapa produk pangan, protein whey memberikan peran terhadap beberapa sifat fungsional yang sulit untuk didefinisikan mana yang paling penting.

### **5.6.3 Emulsifier**

Emulsi merupakan sistem yang terdiri dari dua fase cairan yang tidak saling melarutkan, di mana salah satu cairan terdispersi dalam bentuk globula-globula di dalam cairan lainnya. Cairan yang terpecah menjadi globula-globula dinamakan fase terdispersi. Sedangkan cairan yang mengelilingi globula-globula disebut medium dispersi atau fase kontinu. Agar diperoleh fase terdispersi dan medium dispersi maka diperlukan emulsifier dan energi. Pada proses pembuatan emulsi dibutuhkan jenis emulsifier yang cocok dengan tujuan untuk memperoleh tipe emulsi yang diinginkan secara cepat dan ekonomis.

Protein whey memiliki peranan penting sebagai emulsifier pada sistem pangan. Peran protein whey sebagai emulsifier ditentukan oleh konsentrasi protein, pH, kekuatan ionik, konsentrasi kalsium dan laktosa, proses pengolahan, dan kondisi penyimpanan. Satu catatan penting adalah pada titik isoelektrik, protein whey akan membentuk emulsi yang tidak stabil. Akan tetapi, apabila susu sudah mengalami pasteurisasi, sifat pengemulsinya tidak terpengaruh.

Peran protein whey sebagai pengemulsi tergolong kurang jika dibandingkan dengan kasein. Akan tetapi, protein whey banyak

digunakan sebagai pengemulsi bahan yang memiliki berat molekul rendah. Contoh produk yang menggunakan protein whey sebagai pengemulsi adalah formula makanan bayi, minuman pengganti makan, sup, dan saus.

#### **5.6.4 *Foaming/Whipping* (Kemampuan Membentuk Buih)**

Kemampuan membentuk buih merupakan sifat protein whey yang dipengaruhi tegangan antarmuka air udara. Pemanasan protein whey pada suhu 55°C sampai 60°C mengakibatkan molekul-molekulnya menyebar secara cepat pada permukaan, yang diikuti penyusunan kembali lapisan untuk merangkap udara. Hal tersebut mengakibatkan terbentuknya buih pada produk. Terjadinya denaturasi sebagian protein whey mengakibatkan penyusunan kembali molekul-molekulnya. sehingga membentuk struktur yang kaku dan meningkatkan viskositas. Pendinginan sampai dibawah 4°C menurunkan buih yang terbentuk, yang diakibatkan pengaruh dari laktoglobulin.

Sifat membentuk buih pada protein whey terutama dipengaruhi tingkat denaturasinya. Protein whey yang tidak terdenaturasi memiliki sifat membentuk buih paling baik. Faktor lain yang mempengaruhi adalah konsentrasi ion kalsium, suhu, pH dan kadar lemak. Sifat membentuk buih protein whey memberikan peran penting pada produk roti dan confectionery creams.

### **5.7 Akibat Kekurangan dan Kelebihan Protein**

#### **5.7.1 Akibat Kekurangan Protein**

Kekurangan protein dapat menyebabkan kerontokan rambut (rambut terdiri dari 97-100% dari protein-keratin). Kasus yang paling buruk ada yang disebut dengan Kwasiorkor, yaitu penyakit

kekurangan protein. Biasanya banyak diderita oleh anak-anak. Seperti misalnya busung lapar, yang disebabkan oleh filtrasi air di dalam pembuluh darah, sehingga menimbulkan odema terutama pada perut, kaki dan tangan. Gejalanya adalah pertumbuhan terhambat, otot-otot berkurang dan melemah, edema, muka bulat seperti bulan dan gangguan psikomotor, anak apatis, tidak ada nafsu makan, tidak gembira dan suka merengek, kulit mengalami depigmentasi, kering, bersisik, pecah-pecah, dan dermatosis. Luka sukar sembuh, rambut mengalami depigmentasi menjadi lurus, kusam, halus, dan mudah rontok. Hati membesar dan berlemak, dan sering disertai anemia.

Kekurangan yang terus menerus menyebabkan meramus dan berakibat kematian. Meramus pada umumnya merupakan penyakit pada bayi (dua belas bulan pertama). Meramus adalah penyakit kelaparan, Gejala yang timbul diantaranya pertumbuhan terhambat, lemak dibawah kulit berkurang, serta otot-otot berkurang dan melemah. Tidak ada edema, tetapi kadang-kadang terjadi perubahan pada kulit, rambut dan pembesaran hati. Sering terjadi gastroenteritis yang diikuti oleh dehidrasi, infeksi saluran pernapasan, tuberkolosis, cacingan berat, dan penyakit kronis lain. Meramus sering mengalami defisiensi vitamin D dan vitamin A.

### **5.7.2 Akibat Kelebihan Protein**

Protein secara berlebihan tidak menguntungkan tubuh. Makanan yang tinggi protein biasanya tinggi lemak, sehingga dapat menyebabkan obesitas. Kelebihan protein dapat menimbulkan masalah lain terutama pada bayi. Kelebihan asam amino akan memberatkan ginjal dan hati yang harus memetabolisme dan mengeluarkan kelebihan nitrogen. Kelebihan protein akan menimbulkan asidosis, dehidrasi, diare, kenaikan amoniak darah, kenaikan ureum darah, dan demam.

## **5.8 Analisa Protein**

### **5.8.1 Analisis Kuantitatif**

Analisis protein dapat digolongkan menjadi dua metode, yaitu metode konvensional, dan metode modern. Metode konvensional dikenal dengan metode Kjeldahl (terdiri dari destruksi, destilasi, titrasi), titrasi formol digunakan untuk protein tidak terlarut. Metode modern, dikenal dengan metode Lowry, metode spektrofotometri visible, metode spektrofotometri UV. Metode ini digunakan untuk protein terlarut.

#### **a. Metode Kjeldahl**

Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung, karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya. Nilai protein dalam bahan makanan diperoleh dengan mengalikan hasil analisis tersebut dengan angka konversi 6,25. Untuk beras, kedelai, dan gandum angka konversi berturut-turut adalah 5,95; 5,71; dan 5,83. Angka 6,25 berasal dari angka konversi serum albumin yang biasanya mengandung 16% nitrogen.

Metode Kjeldahl merupakan metode yang sederhana untuk penetapan nitrogen total pada asam amino, protein, dan senyawa yang mengandung nitrogen. Sampel didestruksi dengan asam sulfat dan dikatalisis dengan katalisator yang sesuai sehingga akan menghasilkan amonium sulfat. Setelah pembebasan alkali dengan kuat, amonia yang terbentuk disuling uap secara kuantitatif ke dalam larutan penyerap dan ditetapkan secara titrasi.

#### **Prodesur Penetapan Kadar**

1. Timbang 1 gram bahan yang telah dihaluskan, masukkan dalam labu Kjeldahl (kalau kandungan protein tinggi, misal kedelai, gunakan bahan kurang dari 1 gram).

2. Kemudian tambahkan 7,5 g kalium sulfat dan 0,35 g raksa (II) oksida dan 15 ml asam sulfat pekat.
3. Panaskan semua bahan dalam labu Kjeldahl di dalam lemari asam sampai berhenti berasap. Teruskan pemanasan sampai mendidih, dan cairan sudah menjadi jernih. Tambahkan pemanasan kurang lebih 30 menit, matikan pemanasan dan biarkan sampai dingin.
4. Selanjutnya, tambahkan 100 ml aquadest dalam labu Kjeldahl yang didinginkan dalam air es dan beberapa lempeng Zn. Tambahkan 15 ml larutan kalium sulfat 4% (dalam air) dan tambahkan perlahan-lahan larutan natrium hidroksida 50% sebanyak 50 ml yang telah didinginkan di dalam lemari es.
5. Pasanglah labu Kjeldahl dengan segera pada alat destilasi. Panaskan labu Kjeldahl perlahan-lahan sampai dua lapis cairan tercampur, kemudian panaskan dengan cepat sampai mendidih.
6. Tampung destilasi di dalam Erlenmeyer yang telah diisi dengan larutan baku asam klorida 0,1N sebanyak 50 ml, dan indikator merah metil 0,1% b/v (dalam etanol 95%) sebanyak 5 tetes. Pastikan ujung pipa kaca destilator masuk ke dalam larutan asam klorida 0,1N.
7. Proses destilasi selesai jika destilat yang ditampung lebih kurang 75 ml. Sisa larutan asam klorida 0,1N yang tidak bereaksi dengan destilat dititrasi dengan larutan baku natrium hidroksida 0,1N. Titik akhir titrasi tercapai jika terjadi perubahan warna larutan dari merah menjadi kuning. Lakukan titrasi blanko.

## Kadar Protein

Kadar protein dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar} = \frac{v_{\text{NaOH blanko}} - v_{\text{NaOH sampel}} \times N_{\text{NaOH}} \times 14,008 \times 100\% \times Fk}{\text{berat sampel (mg)}}$$

### Keterangan:

Fk : faktor koreksi

Fk N : 16

### b. Metode Dumas

Prinsip cara ini adalah bahan makanan contoh dibakar dalam atmosfer CO<sub>2</sub> dan dalam lingkungan yang mengandung kupri oksida. Semua atom karbon dan hidrogen akan diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan uap air. Semua gas dialirkan ke dalam larutan NaOH dan lakukan pengeringan gas. Semua gas terabsorpsi kecuali gas nitrogen, kemudian lakukan analisis dan ukur.

### c. Metode Titration

Formol Larutan protein dinetralkan dengan basa (NaOH), lalu tambahkan formalin, sehingga akan membentuk dimethylol. Dengan terbentuknya dimethylol ini berarti gugus aminonya sudah terikat dan tidak akan mempengaruhi reaksi antara asam dengan basa NaOH, sehingga titrasi dapat diakhiri dengan tepat. Indikator yang digunakan adalah p.p., Jika metode ini tepat, pada akhir titrasi akan terjadi perubahan warna menjadi merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik.

### d. Metode Lowry

Metode Lowry digunakan untuk mengukur protein terlarut. Reaksi antara Cu<sup>2+</sup> dengan ikatan peptide, dan reduksi asam fosfomolibdat dan asam fosfotungstat oleh tirosin dan triptophan yang terdapat dalam protein akan menghasilkan warna biru.

Metode ini menggunakan pereaksi fenol, follin, lowry, folin-ciocalteau, yaitu pereaksi kompleks yang berisi fosfomolibdat dan fosfotungstat. Prosedur yang digunakan dalam metode ini akan dipaparkan sebagai berikut.

1. Pembuatan reagen Lowry A: merupakan larutan asam fosfotungstat-asam fosfomolibdat dengan perbandingan (1 : 1).
2. Pembuatan reagen Lowry B : campurkan 2% natrium karbonat dalam 100 ml natrium hidroksida 0,1N. Tambahkan ke dalam larutan tersebut 1 ml tembaga (II) sulfat 1% dan 1 ml kalium natrium tartrat 2%.

**e. Metode Spektrofotometri**  
***Visible (Biuret) Procedure***

**a. Pembuatan Reagen Biuret**

Larutkan 150 mg tembaga (II), sulfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), dan kalium natrium tartrat ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) pada 50 ml aquades dalam labu takar 100 ml. Kemudian tambahkan 30 ml natrium hidroksida 10% sambil dikocok-kocok, selanjutnya tambahkan aquades sampai garis tanda.

**b. Pembuatan Larutan Induk Bovin Serum Albumin (BSA)**

Timbang 500 mg bovin serum albumin, lalu larutkan dalam aquades sampai 10,0 ml sehingga kadar larutan induk 5,0% (Li).

**f. Metode Pengikat Zat Warna**

Penetapan protein secara tidak langsung dengan menggunakan zat warna berupa Amido Black dan Orange G. Prinsip penetapan proteinnya berdasarkan muatan ion berlawanan mengikat zat warna dan membentuk kompleks tidak larut. Kompleks tidak larut ini dipisahkan dengan sentrifus atau penyaringan. Semakin

rendah intensitas warna pada supernatant, maka semakin banyak zat warna yang terikat pada protein dan semakin tinggi kandungan protein dalam contoh.

### **5.8.2 Analisis Kualitatif**

Analisis kualitatif dapat dilakukan secara biologis maupun secara kimia. Cara-cara tersebut diantaranya: PER (Protein Efficiency Ratio), NPU (Net Protein Utilization), Net Dietary Protein Calories (NDpCal), daya cerna, dan keseimbangan nitrogen, cara Kromatografi, cara HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

#### **a. Reaksi Xantoprotein**

Larutan asam nitrat pekat ditambahkan dengan hati-hati ke dalam larutan protein. Setelah dicampur, terjadi endapan putih yang dapat berubah menjadi kuning apabila dipanaskan. Reaksi yang terjadi ialah nitrasi pada inti benzena yang terdapat pada molekul protein. Reaksi ini positif untuk protein yang mengandung tirosin, fenilalanin dan triptofan.

#### **b. Reaksi Hopkins-Cole**

Larutan protein yang mengandung triptofan dapat direaksikan dengan pereaksi Hopkins-Cole yang mengandung asam glioksilat. Pereaksi ini dibuat dari asam oksalat dengan serbuk magnesium dalam air. Setelah dicampur dengan pereaksi Hopkins-Cole, asam sulfat dituangkan perlahan-lahan sehingga membentuk lapisan di bawah larutan protein. Beberapa saat kemudian akan terjadi cincin ungu pada batas antara kedua lapisan tersebut.

#### **c. Reaksi Millon**

Pereaksi Millon adalah larutan merkuri dan merkuri nitrat dalam asam nitrat. Apabila pereaksi ini ditambahkan pada larutan

protein, akan menghasilkan endapan putih yang dapat berubah menjadi merah oleh pemanasan. Pada dasarnya reaksi ini positif untuk fenol-fenol, karena terbentuknya senyawa merkuri dengan gugus hidroksifenil yang berwarna.

#### **d. Reaksi Natriumnitroprusida**

Natriumnitroprusida dalam larutan amoniak akan menghasilkan warna merah dengan protein yang mempunyai gugus -SH bebas. Jadi protein yang mengandung sistein dapat memberikan hasil positif.

#### **e. Reaksi Sakaguchi**

Pereaksi yang digunakan ialah naftol dan natriumhipobromit. Pada dasarnya reaksi ini memberikan hasil positif apabila ada gugus guanidin. Jadi arginin atau protein yang mengandung arginin dapat menghasilkan warna merah.

#### **f. Metode Biuret**

Larutan protein dibuat alkalis dengan NaOH kemudian ditambahkan larutan CuSO<sub>4</sub> encer. Uji ini untuk menunjukkan adanya senyawa-senyawa yang mengandung gugus amida asam yang berada bersama gugus amida yang lain. Uji ini memberikan reaksi positif, yaitu ditandai dengan timbulnya warna merah violet atau biru violet.

### **5.8.3 Prinsip Analisis Protein**

Analisa protein digunakan untuk mengukur protein terlarut. Reaksi antara Cu<sup>2+</sup> dengan ikatan peptide, dan reduksi asam fosfomolibdat dan asam fosfotungstat oleh tirosin dan triptophan yang terdapat dalam protein akan menghasilkan warna biru. Menggunakan pereaksi fenol, follin, lowry, folin-ciocalteau yaitu pereaksi kompleks yang berisi fosfomolibdat dan fosfotungstat. Dalam

metode ini terlibat 2 reaksi. Awalnya, kompleks Cu(II)-protein akan terbentuk sebagaimana metode biuret yang dalam suasana alkalis Cu(II) akan tereduksi menjadi Cu(I). Ion Cu<sup>+</sup> kemudian akan mereduksi reagen Folin-Ciocalteu, kompleks phosphomolibdat phosphotungstat (phosphomolybdotungstate), menghasilkan heteropoly molybdenum blue akibat reaksi oksidasi gugus aromatik (rantai samping asam amino) terkatalis Cu, yang memberikan warna biru intensif yang dapat dideteksi secara kolorimetri.

## **RINGKASAN**

1. Protein adalah molekul makro yang mempunyai berat molekul antara lima ribu hingga beberapa juta. Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino yang terikat satu sama lain dalam ikatan peptida.
2. Penggolongan protein berdasarkan bentuknya yaitu 1) protein globular, dan 2) protein serabut (fibrous). Struktur protein terdiri dari protein primer, protein sekunder, protein tersier, dan protein kuartener.
3. Fungsi protein diantaranya adalah sebagai biokatalisator (enzim, sebagai protein transport, sebagai pengatur pergerakan, sebagai penunjang mekanis, pertahanan tubuh dalam bentuk antibodi, sebagai media perambatan impuls saraf, sebagai pengendalian pertumbuhan).
4. Sifat fungsional protein diantaranya adalah water binding dan solubility, gelasi, emulsifier, dan foaming/whipping (kemampuan membentuk buih)
5. Kekurangan protein dapat menyebabkan kerontokan rambut (rambut terdiri dari 97-100% dari protein -keratin), kwasiorkor, hipotonus, gangguan pertumbuhan, hati lemak,

marasmus, dan berakibat kematian. Sementara itu, kelebihan protein dapat menyebabkan memberatkan ginjal dan hati yang harus memetabolisme dan mengeluarkan kelebihan nitrogen. Kelebihan protein akan menimbulkan asidosis, obesitas, dehidrasi, diare, kenaikan amoniak darah, kenaikan ureum darah, dan demam.

### SOAL LATIHAN

1. Struktur protein tersusun atas gugus karboksil dan amina. Berdasarkan struktur molekul, protein digolongkan ke dalam empat kategori, sebutkan dan jelaskan empat kategori tersebut!
2. Saat kita memasak daging dengan suhu yang tinggi akan menyebabkan struktur daging berubah. Hal tersebut menandakan bahwa daging tersebut matang. Perubahan struktur daging tersebut disebut.....

Jelaskan apa yang dimaksud dengan denaturasi protein dan apa yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein!

3. Menurut teori asam Bronsted Lowry, spesi asam adalah spesi yang dapat mendonorkan suatu proton dan spesi basa adalah spesi yang dapat menerima proton. Suatu asam amino dapat bersifat protonasi, d-protonasi dan zwitterion. Apa yang dimaksud dengan protonasi, d-protonasi, dan kapan zwitterion asam amino dapat terjadi? Reaksi apa yang terlibat?
4. Ada 20 jenis asam amino yang terdapat di alam. Adapun 20 jenis asam amino tersebut terbagi dalam 3 sifat yang ditentukan oleh gugus R yang menyusun suatu asam amino. Apa persamaan reaksi pembentukkan tripeptida dari asam amino valin, serin, dan glisin? Apa nama hasil reaksi tersebut?

5. Suatu gudang stok makanan menyimpan beberapa jenis bahan pokok yang biasa dikonsumsi oleh warga setempat. Adapun bahan makanan tersebut adalah jagung, beras, gandum, gula, telur, minyak, sarden, dan lain-lain. Dari stok bahan makanan tersebut, makanan yang kaya protein akan dibagikan kepada para ibu hamil dan balita. Bagaimanakah cara mengidentifikasi adanya protein dalam bahan makanan?
6. Di dalam tubuh, makanan yang kita konsumsi akan digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses metabolisme. Kelebihan mengonsumsi suatu makanan akan diubah dalam bentuk molekul yang lebih sederhana sebagai cadangan makanan. Disebut apakah cadangan makanan jika kita berlebihan mengonsumsi makanan yang mengandung protein? Apakah yang dimaksud glikoprotein? Berikan contohnya!
7. Denaturasi protein disebabkan oleh suatu pemanasan, keadaan yang terlalu asam ataupun basa. Mengapa protein yang mengalami denaturasi menjadi kehilangan fungsi biologisnya?
8. Disediakan beberapa sampel yang akan dianalisis pada suatu laboratorium. Adapun sampel-sampel tersebut adalah, urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , amoniak, asam cuka. Uji yang dilakukan adalah untuk mengetahui kandungan protein dalam suatu sampel. Apakah urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  menunjukkan uji yang positif terhadap uji biuret?
9. Suatu sampel ditetesi larutan NaOH, kemudian larutan tembaga(II) sulfat yang encer menghasilkan warna ungu. Bila sampel dipanaskan dengan  $\text{HNO}_3$  pekat kemudian dibuat alkalis dengan NaOH terjadi warna jingga. Apa yang dapat anda simpulkan dari uji di atas?
10. Suatu sampel menunjukkan hasil yang positif terhadap uji ninhidrin dan biuret tetapi negatif terhadap penambahan

larutan NaOH dan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Kesimpulan apa yang dapat diperoleh dari fakta tersebut?

11. Makanan yang baik adalah makanan yang disebut 4 sehat 5 sempurna. Makanan 4 sehat 5 sempurna adalah makanan yang memenuhi kebutuhan gizi dalam tubuh. Adapun makanan 4 sehat 5 sempurna adalah makanan yang mengandung karbohidrat, protein, lemak dan serat. Apa saja fungsi protein dalam tubuh?
12. Berdasarkan fungsi biologisnya, protein dapat dibedakan menjadi protein transport, protein natrium, protein struktur, protein pertahanan, protein pengatur, dan protein kontraktile. Jelaskan dan berikan contoh!
13. Proses pencernaan makanan pada manusia terjadi pertama kali di dalam rongga mulut. Di dalam rongga mulut makanan akan dicerna secara kimiawi yang dibantu oleh gigi dan lidah. Sedangkan pencernaan secara kimiawi akan dibantu oleh suatu enzim. Selanjutnya, proses pencernaan akan berlangsung di lambung. Makanan disinyalir mengandung senyawa X. Senyawa X ini di lambung akan dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana dengan bantuan enzim pepsinogen. Apa nama senyawa X yang dimaksud? Jelaskan proses pencernaan senyawa X di dalam usus halus!
14. Suatu proses pemecahan molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana disebut proses metabolisme. Sedangkan proses pembentukan molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana disebut katabolisme. Anabolisme dan katabolisme merupakan proses yang dilalui oleh setiap molekul yang menyusun tubuh makhluk hidup termasuk molekul protein. Jelaskan proses metabolisme yang dialami molekul protein secara anabolisme dan katabolisme!

15. Pada saat proses pembuatan kue, agar setiap bahan yang digunakan untuk adonan kue dapat menyatu biasanya diberikan suatu emulsifier. Emulsifier merupakan sifat fungsional dari suatu protein. Jelaskan sifat emulsifier dari suatu protein!
16. Ani didiagnosa oleh dokter mengalami obesitas. Obesitas yang diderita oleh Ani disinyalir disebabkan oleh kebiasaan Ani yang suka mengonsumsi ayam goreng tepung. Ayam goreng tepung kaya akan lemak dan protein. Jelaskan akibat dari kelebihan mengonsumsi protein dan hubungannya dengan obesitas yang dialami oleh Ani!



### **6.1 Pengertian Zat Aditif**

### **6.2 Fungsi Zat Aditif**

### **6.3 Jenis Zat Aditif**

### **6.4 Dosis Penggunaan Zat Aditif pada Makanan**

#### **6.1 Pengertian Zat Aditif**

Zat aditif adalah bahan kimia yang dicampurkan ke dalam makanan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas makanan, menambahkan kelezatan, dan mengawetkan makanan. Penggunaan zat aditif sebenarnya sudah dimulai sejak ribuan tahun yang lalu. Garam digunakan untuk mengawetkan daging dan ikan, serta rempah-rempah untuk melezatkan makanan.

Bahan tambahan makanan adalah bahan kimia yang terdapat di dalam makanan, yang ditambahkan secara sengaja atau yang secara alami bukan merupakan bagian dari bahan baku, untuk mempengaruhi dan menambah cita rasa, warna, tekstur, dan penampilan dari makanan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, tambahan No.329/MENKES/PER/1976, yang dimaksud zat aditif atau bahan tambahan makanan adalah bahan yang ditambahkan dan dicampurkan sewaktu pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu. Termasuk di dalamnya

adalah pewarna, penyedap rasa dan aroma, pemantap, antioksidan, pengawet, pengemulsi, anti gumpal, pemucat dan pengental. Bahan tambahan makanan, termasuk bahan pengawet dan aroma, sering digunakan pada beberapa minuman ringan seperti rasa strowberry, jeruk, moka, dan lain-lain. Misalnya penambahan emulfiser untuk mencampur minyak dan air agar tidak terpisah pada pembuatan salad. Kebutuhan ini sebagian besar dapat dipenuhi oleh penambahan bahan kimia yang dikenal sebagai bahan tambahan makanan. Zat makanan tambahan oleh masyarakat yang akan dibahas adalah bahan pengawet, antioksidan, pengemulsi dan pengental, pewarna, penyedap rasa (bumbu-bumbu penyedap), pemanis buatan, zat gizi, dan bahan lain.

## **6.2 Fungsi Zat Aditif**

Zat aditif makanan diberikan untuk meningkatkan kualitas, menambah rasa, dan memantapkan kesegaran produk makanan. Fungsi Zat Aditif diantaranya:

1. Antioksidan
2. Pengasam, penetral
3. Pemanis buatan
4. Pemutih dan pematang
5. Penambah gizi
6. Pengawet
7. Pengemulsi (pencampur)
8. Pemantap dan pengental
9. Pengeras
10. Pewarna alami dan sintetis
11. Penyedap rasa dan aroma, dan lainnya.

Berdasarkan bahan penyusunnya, zat aditif terbagi menjadi 2 macam, yakni:

1. Bahan kimia alami
2. Bahan kimia buatan

Macamnya:

1. Jenis pewarna
2. Jenis Pemanis
3. Jenis Pengawet
4. Jenis Penyedap

### **6.3 Jenis Zat Aditif**

#### **6.3.1 Bahan Pewarna Makanan**

Bahan pewarna secara sederhana dapat didefinisikan sebagai suatu benda berwarna yang memiliki afinitas kimia terhadap benda yang diwarnainya. Bahan pewarna pada umumnya memiliki bentuk cair dan larut di air. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan suatu bahan pangan berwarna, antara lain dengan penambahan zat pewarna. Secara garis besar, berdasarkan sumbernya dikenal dua jenis zat pewarna yang termasuk dalam golongan bahan tambahan pangan, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Pewarna alami merupakan zat warna yang berasal dari ekstrak tumbuhan (seperti bagian daun suji, wortel, kunyit, dll), hewan, dan mineral yang telah digunakan sejak dahulu sehingga sudah diakui bahwa aman jika masuk ke dalam tubuh. Sedangkan pewarna sintetis merupakan zat warna yang berasal dari zat kimia, yang sebagian besar tidak dapat digunakan sebagai pewarna makanan karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan terutama fungsi hati di dalam tubuh kita. Bahan pewarna makanan seperti amaranth,

allure merah, citrus merah, karamel, erythrosin, indigotine, karbon hitam, ponceau SX, fast green FCF, chocineal, dan kurkumin dibatasi penggunaannya. Amaranth dapat menimbulkan tumor, reaksi alergi pada pernapasan, dan dapat menyebabkan hiperaktif pada anak-anak. Allura merah bisa memicu kanker limpa. Karamel dapat menimbulkan efek pada sistem saraf, dan dapat menyebabkan penyakit pada sistem kekebalan. Indigotine dapat meningkatkan sensitivitas pada penyakit yang disebabkan oleh virus, serta mengakibatkan hiperaktif pada anak-anak. Pemakaian erythrosin menimbulkan reaksi alergi pada pernapasan, hiperaktif pada anak-anak, dan efek yang kurang baik pada otak dan perilaku. Ponceau SX dapat berakibat pada kerusakan sistem urin, sedangkan karbon hitam dapat memicu timbulnya tumor. Beberapa alasan utama menambahkan zat pewarna pada makanan, yaitu:

1. Memberi kesan menarik bagi konsumen.
2. Menyeragamkan warna makanan dan membuat identitas produk pangan.
3. Menstabilkan warna atau untuk memperbaiki variasi alami warna. Dalam hal ini, penambahan warna bertujuan untuk menutupi kualitas yang rendah dari suatu produk yang sebenarnya tidak dapat diterima, apalagi bila menggunakan zat pewarna yang berbahaya.
4. Menutupi perubahan warna akibat paparan cahaya, udara, atau temperatur yang ekstrim akibat proses pengolahan dan selama penyimpanan.
5. Menjaga rasa dan vitamin yang mungkin akan terpengaruh sinar matahari selama produk simpan.

Pewarna merupakan bahan tambahan pangan yang berfungsi untuk memberi warna pada bahan pangan. Beberapa pewarna

alami yang diijinkan dalam pangan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 772/Menkes/RI/Per/IX/88 diantaranya adalah:

1. Karamel, yaitu pewarna alami berwarna coklat yang dapat digunakan untuk mewarnai jem/jeli (200 mg/kg), acar ketimun dalam botol (300 mg/kg), dan yoghurt beraroma (150 mg/kg).
2. Beta-karoten, yaitu pewarna alami berwarna merah orange yang dapat digunakan untuk mewarnai es krim (100 mg/kg), dan keju (600 mg/kg).
3. Kurkumin, yaitu pewarna alami yang berwarna kuning-oranye yang dapat digunakan untuk mewarnai es krim dan sejenisnya (50 mg/kg).

Beberapa pewarna terlarang yang tidak boleh digunakan untuk bahan pangan adalah:

1. Metanil Yellow (kuning metanil)
2. Rhodamin B (berwarna merah)

Kedua pewarna ini dilarang digunakan dalam bahan pangan walaupun jumlahnya sedikit, karena dapat menyebabkan kanker.

#### **a. Bahan Pewarna Alami**

Bahan pewarna alami lain yang juga sering digunakan, antara lain:

1. Daun pandan dan daun suji untuk menghasilkan warna hijau.
2. Gula merah dan karamel untuk menghasilkan warna coklat.
3. Cabai, tomat, dan paprika untuk menghasilkan warna merah.

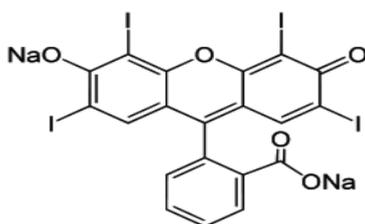
Pewarna alami lebih aman dikonsumsi tetapi macamnya terbatas, dan sulit untuk memperolehnya dalam jumlah besar,

sehingga industri makanan lebih senang menggunakan pewarna sintetis.

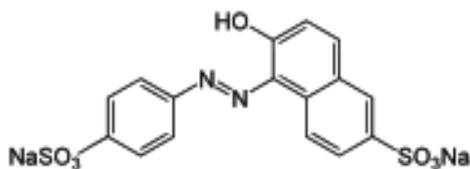
## b. Bahan Pewarna Buatan

Bahan pewarna yang masih diperbolehkan untuk dipakai yaitu :

1. Amaranth (pewarna merah)
2. Tartrazine (pewarna kuning)
3. Erythrosine (pewarna merah)
4. Fast green FCF (pewarna hijau)
5. Sunset yellow (pewarna kuning)
6. Brilliant blue (pewarna biru).



Gambar 6.1 Struktur kimia Erythrosin



Gambar 6.2 Struktur kimia yellow-FCF

Meskipun bahan pewarna tersebut diizinkan, namun harus selalu berhati-hati dalam memilih makanan yang menggunakan bahan pewarna buatan, karena penggunaan yang berlebihan tidak baik bagi kesehatan.

### **6.3.2 Bahan Pemanis Makanan**

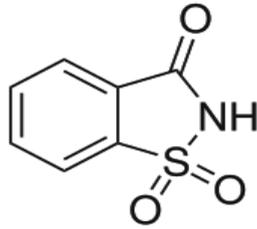
#### **a. Bahan Pemanis Alami**

Gula pasir merupakan salah satu contoh bahan pemanis alami yang sering digunakan dalam rumah tangga. Selain itu, ada juga gula merah yang terbuat dari pohon kelapa atau aren.

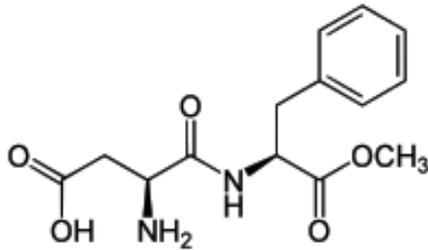
#### **b. Bahan Pemanis Buatan**

Pemanis buatan adalah bahan tambahan makanan buatan yang ditambahkan pada makanan atau minuman untuk menciptakan rasa manis. Bahan pemanis buatan ini sama sekali tidak mempunyai nilai gizi. Contoh pemanis buatan antara lain sakarin, siklamat dan aspartam. Sakarin atau "biang gula" memiliki tingkat kemanisan 350 – 500 kali gula alami.

Pemanis buatan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia, sehingga tidak berfungsi sebagai sumber energi. Oleh karena itu, orang-orang yang memiliki penyakit kencing manis (diabetes melitus) biasanya mengonsumsi pemanis sintetis sebagai pengganti pemanis alami. Contoh pemanis sintetis yaitu sakarin, natrium siklamat, magnesium siklamat, kalsium siklamat, aspartame, dan dulsin. Pemanis buatan memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi dibandingkan pemanis alami. Garam-garam siklamat memiliki kemanisan 30 kali lebih tinggi dibandingkan kemanisan sukrosa. Namun, kemanisan garam natrium dan kalsium dari sakarin memiliki kemanisan 800 kali dibandingkan dengan kemanisan sukrosa 10%. Walaupun pemanis buatan memiliki kelebihan dibandingkan pemanis alami, kita perlu menghindari konsumsi yang berlebihan karena dapat memberikan efek samping bagi kesehatan.



Gambar 6.3 Struktur kimia sakarin



Gambar 6.4 Struktur kimia aspartam

Penggunaan sakarin yang berlebihan selain akan menyebabkan rasa makanan menjadi pahit, juga merangsang terjadinya tumor pada bagian kandung kemih. Contoh lain, garam-garam siklamat pada proses metabolisme dalam tubuh dapat menghasilkan senyawa sikloheksamina yang bersifat karsinogenik (senyawa yang dapat menimbulkan penyakit kanker). Garam siklamat juga dapat memberikan efek samping berupa gangguan pada sistem pencernaan terutama pada pembentukan zat dalam sel.

### 6.3.3 Bahan Pengawet Makanan

Ada sejumlah cara untuk menjaga agar makanan dan minuman tetap layak dimakan atau diminum, walaupun sudah tersimpan lama. Salah satu upaya tersebut adalah dengan cara menambahkan zat aditif kelompok pengawet (zat pengawet) ke dalam makanan

dan minuman. Zat pengawet adalah zat-zat yang sengaja ditambahkan pada bahan makanan dan minuman agar makanan dan minuman tersebut tetap segar, bau dan rasanya tidak berubah, atau melindungi makanan dari kerusakan akibat membusuk atau terkena bakteri/jamur. Karena penambahan zat aditif, berbagai makanan dan minuman masih dapat dikonsumsi sampai jangka waktu tertentu, mungkin seminggu, sebulan, setahun, atau bahkan beberapa tahun. Dalam makanan atau minuman yang dikemas dan dijual di toko-toko atau supermarket, biasanya tercantum tanggal kedaluwarsanya, tanggal yang menunjukkan sampai kapan makanan atau minuman tersebut masih dapat dikonsumsi tanpa membahayakan kesehatan. Seperti halnya zat pewarna dan pemanis, zat pengawet dapat dikelompokkan menjadi zat pengawet alami dan zat pengawet buatan.

Zat pengawet ialah bahan kimia yang berfungsi untuk membantu, mempertahankan bahan makanan dari serangan mikroba pembusuk, baik bakteri, ragi, maupun jamur, dengan cara menghambat, mencegah, menghentikan proses pembusukan, fermentasi, pengasaman atau kerusakan komponen lain dari bahan makanan. Aktivitas-aktivitas zat pengawet tidak sama, misalnya ada yang efektif terhadap bakteri, ragi, atau kapang.

#### **a. Bahan Pengawet Alami**

Bahan pengawet alami yang sering digunakan adalah garam, cuka, dan gula. Bahan pengawet alami ini digunakan untuk mengawetkan makanan agar selalu berada dalam kondisi baik. Metode pengawetan menggunakan garam dapur (NaCl) telah dilakukan masyarakat luas selama bertahun-tahun. Larutan garam yang masuk ke dalam jaringan diyakini mampu menghambat pertumbuhan aktivitas bakteri penyebab busuk, sehingga makanan tersebut menjadi lebih

awet. Pengawetan dengan garam ini memungkinkan daya simpan yang lebih lama dibanding dengan produk segarnya yang hanya bisa bertahan beberapa hari atau jam saja.

#### **b. Bahan Pengawet Buatan**

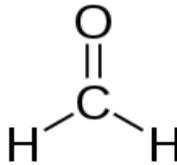
Beberapa bahan pengawet diperbolehkan untuk dipakai, namun kurang aman jika digunakan secara berlebihan. Bahan-bahan pengawet tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Kalsium Benzoat. Bahan pengawet ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri penghasil toksin (racun), bakteri spora, dan bakteri bukan pembusuk.
2. Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ). Bahan pengawet ini juga banyak ditambahkan pada sari buah, buah kering, kacang kering, sirop, dan acar.
3. Kalium Nitrit. Kalium nitrit berwarna putih atau kuning dan kelarutannya tinggi dalam air. Bahan ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada daging dan ikan dalam waktu yang singkat.
4. Kalsium Propionat/Natrium Propionat dan Natrium Metasulfat. Ketiganya termasuk dalam golongan asam propionat. Sering digunakan untuk mencegah tumbuhnya jamur atau kapang. Bahan pengawet ini biasanya digunakan untuk produk roti dan tepung.
5. Asam Sorbat. Beberapa produk beraroma jeruk, berbahan keju, salad, buah, dan produk minuman kerap ditambahkan asam sorbat.

Zat pengawet yang tidak boleh digunakan karena memang tidak layak dikonsumsi atau berbahaya misalnya boraks, formalin, dan rhodamin-B. Formalin tidak boleh digunakan

karena dapat menyebabkan kanker paru-paru dan gangguan pada alat pencernaan dan jantung. biasanya formalin digunakan untuk mengawetkan mayat. Adapun penggunaan boraks sebagai pengawet makanan dapat menyebabkan gangguan pada otak, hati, dan kulit. selain itu ketiga zat ini termasuk zat yang bersifat karsinogen (penyebab timbulnya kanker).

Pemakaian pengawet formalin untuk mengawetkan makanan, seperti bakso, ikan asin, tahu, dan makanan jenis lainnya dapat menimbulkan risiko kesehatan. Selain formalin, ada juga pengawet yang tidak boleh dipergunakan untuk mengawetkan makanan. Pengawet yang dimaksud adalah pengawet boraks. Pengawet ini bersifat desinfektan atau efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroba penyebab membusuknya makanan serta dapat memperbaiki tekstur makanan sehingga lebih kenyal.



**Gambar 6.5 Struktur Kimia Formalin**

Boraks hanya boleh dipergunakan untuk industri nonpangan, seperti dalam pembuatan gelas, industri kertas, pengawet kayu, dan keramik. Jika boraks termakan dalam kadar tertentu, dapat menimbulkan sejumlah efek samping bagi kesehatan, di antaranya:

1. Gangguan pada sistem saraf, ginjal, hati, dan kulit.
2. Gejala pendarahan di lambung dan gangguan stimulasi saraf pusat.
3. Terjadinya komplikasi pada otak dan hati.
4. Menyebabkan kematian jika ginjal mengandung boraks sebanyak 3–6 gram.

Walaupun tersedia zat pengawet sintetik yang digunakan sebagai zat aditif makanan, di negara maju, banyak orang enggan mengonsumsi makanan yang memakai pengawet sintetik. Hal ini telah mendorong perkembangan ilmu dan teknologi pengawetan makanan dan minuman tanpa penambahan zat-zat kimia, misalnya dengan menggunakan sinar *Ultra Violet* (UV), ozon, atau pemanasan pada suhu yang sangat tinggi dalam waktu singkat sehingga makanan dapat disterilkan tanpa merusak kualitas makanan.

Zat ini ditambahkan dengan tujuan mengawetkan makanan/minuman sehingga tahan lama dan tidak mudah rusak/busuk. Penggunaan zat ini harus tidak mempengaruhi kesehatan tubuh dalam jumlah yang tidak berlebih. Ada salah satu jenis zat pengawet yang berbahaya bagi tubuh meskipun sedikit penggunaannya. Zat itu adalah “boraks”, yang biasa dijual dengan nama “anti buluk”, yang ditambahkan pada berbagai makanan terutama makanan berterigu, juga formalin yang aslinya merupakan pengawet yang digunakan untuk mengawetkan mayat. Boraks dan formalin sudah dinyatakan terlarang untuk dimakan sekalipun dalam jumlah yang sedikit. Akan tetapi, di Indonesia, zat ini masih sering digunakan.

Pengawet lainnya yang biasa dipakai antara lain, asam benzoat, asam sorbat, natrium dan kaliumnya, belerang dioksida, metil atau propil p-hidroksi benzoate, natrium bisulfit (biasanya ditambahkan pada sirup, saus tomat, terasi, minuman ringan, ikan yang diawetkan, sosis, margarine, manisan, kecap), asam propionat, natrium dan kaliumnya, kalium nitrat dan nitrit, natrium nitrat dan nitrit yang biasa digunakan pada daging, keju, roti dan ikan asap.

### **6.3.4 Bahan Penyedap Makanan**

#### **a. Bahan Penyedap Alami**

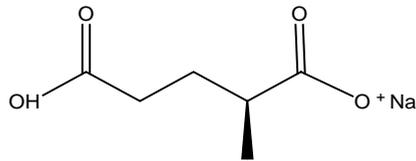
Bahan penyedap alami yang sering digunakan untuk menimbulkan rasa gurih pada makanan, antara lain santan kelapa, susu sapi, dan kacang-kacangan. Selain itu, bahan penyedap lainnya yang biasa digunakan sebagai bumbu masakan adalah lengkuas, ketumbar, cabai, kayu manis, dan pala. Tujuan ditambahkan penyedap adalah meningkatkan cita rasa makanan, mengembalikan cita rasa makanan yang mungkin hilang saat pemrosesan, dan memberi cita rasa tertentu pada makanan.

#### **b. Bahan Penyedap Buatan**

Zat penyedap buatan dibedakan menjadi dua macam, yaitu zat penyedap aroma dan zat penyedap rasa. Zat penyedap aroma buatan terdiri dari senyawa golongan ester. Berikut ini beberapa contoh zat penyedap cita rasa hasil sintesis:

1. Oktil asetat. Makanan akan terasa dan beraroma seperti buah jeruk jika dicampur dengan zat penyedap ini.
2. Etil butirat. Zat ini akan memberikan rasa dan aroma seperti buah nanas pada makanan.
3. Amil asetat. Penambahan asam asetat pada makanan akan memberikan rasa dan aroma seperti buah pisang.
4. Amil valerat. Jika makanan diberi zat penyedap ini maka akan terasa dan beraroma seperti buah apel.

Zat penyedap rasa yang banyak digunakan adalah monosodium glutamate (MSG) atau lebih populer dengan nama vetsin dengan berbagai merek yang beredar di pasar.



Gambar 6.6 Struktur Kimia Monosodium Glutamat

#### 6.4 Dosis Penggunaan Zat Aditif pada Makanan

Pewarna, pemanis, dan bahan-bahan lainnya termasuk dalam bahan tambahan pangan (BTP) atau campuran bahan kimia yang ditambahkan untuk memperbaiki karakter pangan agar kualitasnya meningkat. Fungsi BTP antara lain untuk mengawetkan makanan, mencegah pertumbuhan mikroba perusak pangan, mencegah terjadinya reaksi kimia yang dapat menurunkan mutu pangan, dan membentuk makanan menjadi lebih baik, renyah, serta lebih enak di mulut. BTP juga digunakan untuk memberi warna dan aroma agar menarik, dan meningkatkan kualitas pangan. Makanan yang baik dan tak mudah busuk tentu lebih menghemat biaya produksi. Pada dasarnya, tidak ada larangan untuk menggunakan BTP asalkan yang dipakai memang khusus untuk makanan (food grade).

Oleh karena itu, kita perlu lebih mengenal BTP ini untuk bisa membedakan mana yang berbahaya dan mana yang termasuk dalam kategori aman dikonsumsi. Berikut ini adalah daftar bahan tambahan pangan yang aman menurut Surat Keputusan Menteri Kesehatan no.1168/Menkes/Per/X/1999:

##### a. Pengawet Makanan

1. Asam benzoate sebanyak 1 g per 1 kg adonan.
2. Sodium benzoate sebanyak 1 g per 1 kg adonan.
3. Asam propionate sebanyak 3 g per 1 kg adonan (untuk roti).

4. Belerang dioksida sebanyak 500 mg per 1 kg adonan.
5. Asam Askorbat sebanyak 200 mg per 1 kg tepung.
6. Aseton Peroksida penggunaan secukupnya.
7. Azodikarbonamida sebanyak 45 mg 1 kg tepung.
8. Kalsium Stearoil-2 -laktilat lactylate - Adonan kue 5 g/kg bahan kering adonan - Roti dan sejenisnya 3,75 g/kg tepung.
9. Sodium stearil fumarat 5 g/kg tepung.
10. Sodium Stearoyl-2-laktilat - Roti dan sejenisnya 3,75 g/kg tepung - Wafel dan tepung campuran wafel 3 g/kg bahan kering - Adonan kue 5 g/kg bahan kering - Serabi dan tepung campuran serabi 3 g/kg bahan kering.
11. L - Sisteina L-Cysteine (Hidroklorida) - Tepung 90 mg/kg - Roti dan sejenisnya secukupnya.

**b. Pewarna Makanan**

1. Ponceau 4R untuk pewarna saus sambal dengan dosis 300 mg per 1 kg makanan, atau 70 mg per 1 kg minuman.
2. Merah allura/allura red dengan dosis 70 mg per 1 kg makanan, atau 300 mg per 1 kg adonan.
3. Erytrosine dengan dosis 300 mg per 1 kg berat badan per hari.
4. Kuning FCF - Sunset Yellow.

**c. Pemanis Makanan**

1. Sakarin dengan dosis 2,5 mg per 1 kg berat badan per hari.
2. Sodium siklamat dengan dosis 11 mg per 1 kg berat badan per hari.
3. Aspartam dengan dosis 40 mg per 1 kg berat badan per hari.
4. Sorbitol (digunakan untuk penderita diabetes dan orang yang membutuhkan kalori rendah).

**d. Penyedap Rasa dan Aroma**

MSG (mono sodium glutamate) micin/vetsin dengan dosis secukupnya.

**e. Pemutih dan Pematang Tepung**

1. Asam askorbat/ascorbic acid/vitamin C dosis 200 mg per kg berat badan per hari.
2. Aseton perioksida secukupnya.

**f. Pengental**

1. Pectin dosis 10 g per kg (ada 2 macam pectin apple dan pectin citrus).
2. Gelatin dosis 5 mg per kg. - CMC/Carboxy Methyl Cellulose.

**g. Antioksidan**

1. Asam ascorbat/Ascorbic acid/vitamin C dosis 500 mg per kg untuk produk daging.
2. BHT dosis 200 mg per kg sebagai anti tengik untuk minyak goreng.
3. TBHQ dosis anti tengik untuk minyak goreng.

**RINGKASAN**

1. Zat aditif adalah zat yang biasa ditambahkan ke dalam suatu jenis makanan atau minuman, sehingga makanan atau minuman tersebut lebih menarik. Umumnya, zat aditif tidak memiliki nilai gizi. Zat ini berfungsi untuk tambahan, seperti mengawetkan makanan, menambah rasa dan aroma, dan mempermudah proses pembuatan makanan ataupun minuman, dan sebagainya.

2. Tujuan penggunaan nilai gizi pada makanan adalah untuk meningkatkan nilai gizi pada makanan, dan memperbaiki daya tarik makanan. Penambahan zat aditif ke dalam makanan akan memperbaiki daya tarik dan cita rasa makanan. Makanan yang bergizi merupakan makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, dan air.
3. Macam-macam zat aditif pada makanan yaitu zat pewarna, zat pemanis, zat pengawet, zat penyedap.

### **SOAL LATIHAN**

1. Kepedulian terhadap bahan kimia dalam makanan sering dilupakan. Jajanan anak-anak yang sering dijumpai setiap kali istirahat sekolah, misalnya kue dengan warna yang mencolok, dan ada juga yang warnanya lebih kalem. Identifikasilah zat aditif yang terdapat pada kue tersebut jika dilihat dari perbedaan warnanya!
2. Pada zaman dulu, teknik pengolahan makanan hanya menggunakan bahan-bahan alami seperti kunyit, cabe, gula, pandan, dsb. Karena manusia tidak hanya puas dengan bahan alami dalam memenuhi kebutuhan dan peningkatan kualitas hidupnya, maka dibuatlah bahan sintesis. Tetapi di zaman sekarang, banyak timbul berbagai jenis penyakit dari pada zaman dahulu. Salah faktor terbesar penyebab timbulnya penyakit adalah karena makanan yang dikonsumsi. Mengapa demikian?
3. Pemberian warna pada makanan umumnya bertujuan agar makanan terlihat lebih segar dan menarik sehingga menimbulkan selera bagi para konsumen. Pemberian zat warna sintetik akan membuat makanan terlihat lebih cerah dibandingkan zat warna alami. Jika kamu ingin membeli makanan, makanan dengan warna seperti apa yang akan kamu pilih?

4. Jika ada orang yang menderita penyakit diabetes, maka ia harus mengurangi konsumsi makanan yang manis-manis. Apakah penderita diabetes masih boleh mengonsumsi makanan yang mengandung zat pemanis? Zat pemanis seperti apa yang masih boleh dikonsumsi oleh penderita diabetes?
5. Ada sejumlah cara untuk menjaga agar makanan dan minuman tetap layak dikonsumsi walaupun sudah tersimpan lama. Salah satu upaya tersebut adalah dengan cara menambahkan zat pengawet ke dalam makanan dan minuman. Mengapa pengawet tersebut dapat membuat makanan lebih bertahan lama?
6. Jika kamu membeli suatu makanan dengan jenis yang sama, ada makanan yang bisa bertahan hingga berbulan-bulan, dan ada juga yang hanya bisa bertahan beberapa hari saja. Mengapa terdapat perbedaan ketahanan terhadap makanan tersebut?
7. Seseorang yang sering mengonsumsi makanan instan, biasanya rentan terkena penyakit seperti ginjal. Di dalam makanan instan biasanya terdapat pengawet. Pengawet berbahaya jenis apa dan mengapa pengawet tersebut dapat menyebabkan timbulnya penyakit?
8. Budi memiliki gula darah yang tinggi, sehingga ia harus mengurangi konsumsi terhadap makanan yang manis-manis. Mengapa zat pemanis dapat meningkatkan gula darah jika dikonsumsi berlebihan?
9. Saat membuat makanan manis seperti es krim atau es lilin, sering kali penjual menambahkan pemanis yang tingkat kemanisannya lebih tinggi dari gula. Tingkat kemanisan ini bisa mencapai 300 kali lebih manis dari gula biasa. Jelaskan yang anda ketahui tentang pemanis yang digunakan oleh penjual es tersebut!

10. Pada beberapa kemasan makanan, tertulis komposisinya terdiri dari siklamat, natrium benzoate, isoamil, aspartam, natrium nitrit, tartrazin, dan oktil asetat. Dari komposisi tersebut, klasifikasikan penggolongan zat aditif yang digunakan pada makanan tersebut!
11. Saat ini, penggunaan formalin sudah sangat banyak digunakan dalam industri pangan seperti pada pembuatan bakso. Namun, tahukah anda jika formalin itu tidak baik untuk dikonsumsi tubuh? Jelaskan mengapa demikian!
12. Setiap makanan sering ditambahkan pengawet agar makanan tersebut dapat dikonsumsi dalam jangka panjang. Namun, sering kali penggunaan pengawet tersebut tidak sesuai dengan aturan yang ada. Tuliskan takaran atau dosis yang benar tentang penggunaan pengawet!
13. Saat ini, sering dijumpai makanan instan dalam bentuk kemasan. Kemasan tersebut tentu saja terbuat dari bahan kimia yang berbahaya jika terkena bahan tertentu. Bagaimana cara kita untuk mengonsumsi makanan dalam kemasan yang baik?
14. Di Indonesia terdapat begitu banyak ragam rempah-rempah yang dipakai untuk meningkatkan cita rasa makanan, seperti cengkeh, pala, merica, ketumbar, cabai, laos, kunyit, bawang, dan masih banyak lagi. Selain zat penyedap cita rasa yang berasal dari alam, ada pula penyedap yang berasal dari bahan sintetik. Sebutkan!
15. Ada sejumlah cara untuk menjaga agar makanan dan minuman tetap layak dimakan atau diminum walaupun sudah tersimpan lama. Salah satu upaya tersebut adalah dengan cara menambahkan zat aditif kelompok pengawet (zat pengawet) ke dalam makanan dan minuman. Dari uraian tersebut, apakah zat pengawet itu?





### **7.1 Pengertian Vitamin**

### **7.2 Pengklasifikasian Vitamin**

#### **7.1 Pengertian Vitamin**

Vitamin adalah suatu zat senyawa kompleks yang sangat dibutuhkan oleh tubuh kita, yang berfungsi untuk membantu pengaturan atau proses kegiatan tubuh. Tanpa vitamin, manusia, hewan, dan makhluk hidup lainnya tidak dapat melakukan aktivitas hidup, dan kekurangan vitamin dapat memperbesar peluang terkena penyakit.

Vitamin memiliki peranan spesifik di dalam tubuh dan dapat pula memberikan manfaat kesehatan. Bila kadar senyawa ini tidak mencukupi, tubuh dapat mengalami suatu penyakit. Tubuh hanya memerlukan vitamin dalam jumlah sedikit. Tetapi, jika kebutuhan ini diabaikan, maka metabolisme di dalam tubuh kita akan terganggu, karena fungsinya tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Gangguan kesehatan ini dikenal dengan istilah avitaminosis. Di samping itu, asupan vitamin juga tidak boleh berlebihan karena dapat menyebabkan gangguan metabolisme pada tubuh.

Vitamin adalah suatu zat senyawa kompleks yang sangat dibutuhkan oleh tubuh kita. Vitamin berfungsi untuk mengatur

metabolisme tubuh. Setiap vitamin memiliki peranan dan fungsinya masing-masing. Tanpa vitamin, manusia tidak akan dapat melakukan aktivitasnya. Namun, perlu diperhatikan agar tidak mengonsumsi vitamin lebih atau kurang dari yang dibutuhkan tubuh. Jika kelebihan, maka akan mengakibatkan perubahan pada bagian-bagian tubuh, tergantung dari vitamin yang dikonsumsi tersebut. Terdapat 13 jenis vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Mengonsumsi terlalu sedikit vitamin dapat menyebabkan gangguan gizi. Oleh karena itu, orang yang makan berbagai macam makanan tidak mungkin kekurangan banyak vitamin. Kekurangan vitamin D merupakan pengecualian. Hal ini sering terjadi pada kelompok orang tertentu (seperti orang tua) meskipun mereka memakan berbagai macam makanan. Untuk vitamin yang lainnya, kekurangan vitamin dapat terjadi jika seseorang mengikuti diet ketat yang tidak memiliki cukup vitamin tertentu (Pujiadji, 1994).

Gangguan yang mengganggu kerja pencernaan untuk mencerna makanan (disebut gangguan malabsorpsi) dapat menyebabkan kekurangan vitamin. Beberapa gangguan mengganggu penyerapan lemak.

Pada tahap pemrosesan dan pemasakan, banyak vitamin yang hilang bila menggunakan suhu tinggi, air perebus dibuang, permukaan makanan bersentuhan dengan udara, dan menggunakan alkali. Vitamin yang terpengaruh dalam hal ini adalah yang rusak oleh panas, oksidasi, atau yang larut dalam air

Pada umumnya vitamin tidak dapat dibuat sendiri oleh hewan (atau manusia), karena mereka tidak memiliki enzim untuk membentuknya, sehingga harus dipasok dari makanan. Akan tetapi, ada beberapa vitamin yang dapat dibuat dari zat-zat tertentu (disebut provitamin) di dalam tubuh. Contoh vitamin yang

mempunyai provitamin adalah vitamin D. Provitamin D banyak terdapat di jaringan bawah kulit. Vitamin lain yang disintesis di dalam tubuh adalah vitamin K dan vitamin B12. Kedua macam vitamin tersebut disintesis di dalam usus oleh bakteri (Yazid, 2006).

Vitamin merupakan nutrien organik yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk berbagai fungsi biokimia, dan yang umumnya tidak disintesis oleh tubuh sehingga harus dipasok dari makanan. Vitamin yang larut dalam air seluruhnya diberi simbol anggota B kompleks (kecuali vitamin C), dan vitamin larut dalam lemak yang baru ditemukan diberi simbol menurut abjad (A, D, E, K). Vitamin yang larut dalam air tidak pernah dalam keadaan toksitas di dalam tubuh, karena kelebihan vitamin ini akan dikeluarkan melalui urine.

Vitamin merupakan komponen penting dalam suatu bahan, khususnya bahan pangan, karena kandungannya menentukan nilai nutrisi dari bahan tersebut. Vitamin dapat berperan sebagai koenzim dalam proses metabolisme, dan lainnya. Dalam proses pengolahan pada umumnya, vitamin ini akan mengalami perubahan, sehingga kadarnya menjadi berkurang. Sebaliknya dengan proses fermentasi akan dapat meningkatkan kandungan vitaminnya yang dihasilkan oleh mikroorganisme.

## **7.2 Pengklasifikasian Vitamin**

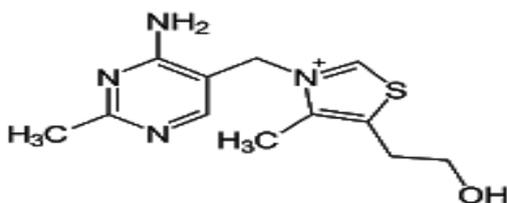
Secara garis besar, vitamin dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar, yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak. Hanya terdapat 2 vitamin yang larut dalam air, yaitu B dan C, sedangkan vitamin lainnya, yaitu vitamin A, D, E, dan K bersifat larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam lemak akan disimpan di dalam jaringan adiposa (lemak) dan di dalam hati. Vitamin ini kemudian akan dikeluarkan dan diedarkan

ke seluruh tubuh saat dibutuhkan. Beberapa jenis vitamin hanya dapat disimpan beberapa hari saja di dalam tubuh, sedangkan jenis vitamin lain dapat bertahan hingga 6 bulan lamanya di dalam tubuh (Lehninger, 1998).

Berbeda dengan vitamin yang larut dalam lemak, jenis vitamin larut dalam air hanya dapat disimpan dalam jumlah sedikit, dan biasanya akan segera hilang bersama aliran makanan. Saat suatu bahan pangan dicerna oleh tubuh, vitamin yang terlepas akan masuk ke dalam aliran darah dan beredar ke seluruh bagian tubuh. Apabila tidak dibutuhkan, vitamin ini akan segera dibuang tubuh bersama urin. Oleh karena hal inilah, tubuh membutuhkan asupan vitamin larut air secara terus-menerus.

### 7.2.1 Vitamin yang Larut dalam Air

#### a. Vitamin B1 (Thiamine)



Gambar 7.1 Struktur Thiamine

Vitamin B1 berfungsi sebagai koenzim (membantu kerja enzim) penting dalam sistem metabolisme tubuh untuk menghasilkan energi dari karbohidrat, lemak, dan protein. Thiamine terlibat di dalam produksi RNA dan DNA, serta fungsi saraf. Bentuk aktifnya berupa koenzim yang disebut Thiamine pyrophosphate (TPP), yang terlibat dalam peranan konversi piruvat menjadi asetil koenzim A (CoA) pada metabolisme.

## **Manfaat**

Untuk memelihara fungsi saraf, mengoptimalkan aktivitas kognitif dan fungsi otak, membantu proses metabolisme karbohidrat, lemak, protein, dan mengatur sirkulasi serta fungsi darah.

## **Dampak Kekurangan**

Kekurangan vitamin B1 dapat menyebabkan kulit mengalami berbagai gangguan, seperti kulit kering dan bersisik. Tubuh juga dapat mengalami beri-beri, gangguan saluran pencernaan, jantung, dan sistem saraf. Gagal jantung dan kematian dapat terjadi dalam kasus-kasus lanjutan. Kekurangan vitamin B1 kronis juga dapat menyebabkan sindrom Korsakoff, yakni suatu demensia ireversibel yang ditandai dengan amnesia dan konfabulasi (gangguan memori).

## **Sumber**

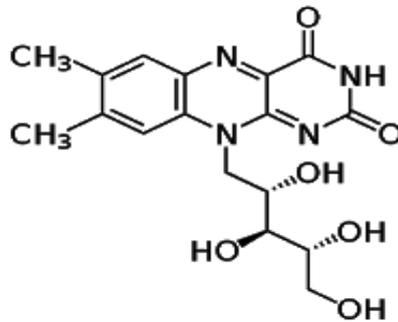
Paling banyak ditemukan pada beras dan gandum utuh (terutama beras merah), kuning telur, ikan, kacang-kacangan, dan polong-polongan.

## **Rekomendasi Asupan**

Badan Pangan dan Nutrisi Amerika Serikat menganjurkan 1,1 mg tiamin perhari untuk wanita dan 1,2 mg untuk laki-laki.

### **b. Vitamin B2 (Riboflavin)**

Vitamin B2 disebut riboflavin, atau sering pula disebut laktoflavin atau hepatoflavin, ovoflavin, dan renoflavin sesuai dengan sumber vitamin tersebut yaitu berasal dari susu, hati, telur maupun ginjal.



Gambar 7.2 Struktur Riboflavin

### Peran

Vitamin B2 mengalami fosforilasi yang berperan sangat penting dalam reaksi redoks dan bersifat koenzim pada tubuh flavin mononukleotida (flavin mononucleotide, FMN), dan flavin adenine dinukleotida (adenine dinucleotide, FAD). Koenzim ini berperan di dalam tubuh sebagai metabolisme yang memecah senyawa seperti karbohidrat dan protein menjadi lebih sederhana, sehingga metabolisme ini nantinya akan menjadi energi melalui proses respirasi.

Vitamin B2 berperan dalam pembentukan molekul steroid, sel darah merah, dan glikogen. Pada peran selanjutnya, vitamin B2 ini berperan dalam respirasi, pertumbuhan, dan produksi pada sel-sel pada tubuh.

### Manfaat

1. Menjaga keutuhan jaringan saraf dan mempercepat pemindahan rangsang sinar ke saraf mata.
2. Membantu pertumbuhan dan reproduksi, menjaga kesehatan mata, serta menjaga kesehatan kulit, kuku, rambut, mulut, bibir, dan tenggorokan.

3. Manfaat vitamin B2 antara lain menjaga imunitas tubuh. Imunitas ini penting agar tubuh terhindar dari radikal bebas, infeksi dari bakteri dan virus.
4. Bermanfaat untuk pertumbuhan tulang pada bayi dan balita.

### **Dampak Kekurangan**

Kekurangan vitamin B2 sering terjadi pada usia lanjut, mengakibatkan terjadinya gejala penurunan daya penglihatan, katarak, depresi, gangguan kulit, pening, rambut rontok, radang mata, lesi mulut, gelisah, dan gejala neurologis (mati rasa, hilang sensasi, seperti kena syok listrik). Gejala lainnya adalah kejang, sensitif terhadap cahaya, mengantuk, lemah, dan Penurunan daya tahan tubuh.

### **Sumber**

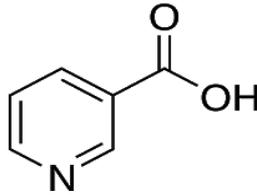
Sumber alami vitamin B2 banyak terdapat di buah seperti nanas, jeruk, anggur, semangka, serta dalam sayuran seperti asparagus, bayam, terong, paprika, brokoli, wortel, dan kacang hijau. Sedangkan pada makanan lain terdapat pada daging, seperti daging ayam, sapi, dan kambing. Lalu ada ikan, seperti salmon dan ikan kembung. Ada biji-bijian seperti kacang polong dan kacang kedelai. Kemudian ada gandum, telur, susu, keju, tomat, kacang almond, jamur, dan bayam. Gandum juga merupakan makan alami yang memiliki kandungan gizi vitamin B2 yang banyak.

### **Rekomendasi Asupan**

Badan Pangan dan Nutrisi Amerika Serikat menganjurkan 1,1 mg tiamin perhari untuk wanita dan 1,3 mg untuk laki-laki. Kebutuhan akan riboflavin akan meningkat jika dalam kondisi hamil (1,4mg/hari) dan menyusui (1,6mg/hari).

### c. Vitamin B3 (Niacin)

Vitamin B3 atau sering disebut dengan niacin merupakan salah satu vitamin yang larut di dalam air. Istilah niacin meliputi nicotinic acid dan nicotinamide yang merupakan bagian reaktif dari co-enzim NAD dan NADP. Niacin sebenarnya bukan vitamin murni karena dapat dibentuk di dalam tubuh dari asam aminotryptophan.



Gambar 7.3 Struktur Niacin

#### Peran

1. Niasin terdiri dari dua struktur, yakni asam nikotinat dan nikotinamida. Ada dua bentuk koenzim dari niasin, yaitu nikotinamida adenin dinukleotida (NAD) dan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADP). Keduanya memainkan peran penting dalam reaksi transfer energi dalam metabolisme glukosa, lemak dan alkohol.
2. NAD akan membawa hidrogen dan elektron mereka selama reaksi metabolik, termasuk jalur dari siklus asam sitrat menuju rantai transport elektron. NADP adalah koenzim di dalam lipid dan sintesis asam nukleat.
3. Di dalam tubuh, vitamin B3 memiliki peranan besar dalam menjaga kadar gula darah, tekanan darah tinggi, penyembuhan migrain, dan vertigo. Berbagai jenis senyawa racun dapat dinetralisir dengan bantuan vitamin ini.

## **Manfaat**

Vitamin penurun lemak membantu mencegah penyakit jantung dengan menurunkan kadar kolesterol dan memperbaiki aliran darah pada kasus terjadinya penyumbatan pembuluh darah perifer. Niasin tergolong vitamin non esensial dan dapat dibuat oleh tubuh dengan mengubah triptofan sebagai bahan bakunya. Selain itu, niacin juga bermanfaat untuk membantu melepaskan energi dari makanan, mempertahankan kesehatan sistem susunan saraf dan rambut.

## **Dampak Kekurangan**

1. Mengakibatkan insomnia, badan mudah lemas, otot mudah kejang dan kram, terganggunya sistem pencernaan serta mudah muntah-muntah juga mual.
2. Defisiensi niacin yang bersamaan dengan kekurangan triptofan menyebabkan pellagra. Gejala-gejala yang terjadi adalah agresi, dermatitis, insomnia, kelemahan, kebingungan mental, dan diare. Dalam kasus lanjut, pellagra dapat menyebabkan demensia dan kematian

## **Sumber**

Paling banyak terdapat pada hati, daging (ayam/sapi), telur, ikan, kacang-kacangan, susu, dan avokad. Dapat juga dari makanan seperti hati, jamur.

## **Rekomendasi Asupan**

Asupan niacin 14mg/hari untuk wanita dan 16 mg/hari untuk laki-laki. Anak-anak dan remaja memerlukan niacin lebih sedikit. Dalam kondisi hamil dan menyusui dianjurkan untuk mengkonsumsi lebih 4 dan 3 mg/hari.

#### **d. Vitamin B5 (Panthothenic Acid)**

Vitamin B5 dikenal juga sebagai asam pantotenat. Ditemukan pada semua makhluk hidup dan memiliki peran esensial dalam metabolisme energi semua jaringan tubuh. Pantothenic acid juga berperan penting dalam penyembuhan luka dan diperlukan untuk menjaga kesehatan rambut dan kulit.

#### **Peran**

1. Asam pantotenat terlibat di dalam oksidasi asam lemak dan karbohidrat. Koenzim A, yang dapat disintesis dari asam pantotenat, terlibat dalam sintesis asam amino, asam lemak, keton, kolesterol, fosfolipid, hormon steroid, neurotransmitter (seperti asetilkolin), dan antibodi. Hal ini menyebabkan vitamin B5 berperan besar dalam berbagai jenis metabolisme, seperti dalam reaksi pemecahan nutrisi makanan, terutama lemak.
2. Peranan lain vitamin ini adalah menjaga komunikasi yang baik antara sistem saraf pusat dan otak dan memproduksi senyawa asam lemak, sterol, neurotransmitter, dan hormon tubuh.

#### **Manfaat**

1. Berfungsi untuk memperlancar proses metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak dalam tubuh.
2. Membantu melepaskan energi dari makanan, mempertahankan kesehatan jaringan dan rambut.
3. Membantu memperkuat sistem imun dengan meningkatkan produksi antibodi.

#### **Dampak Kekurangan**

Kekurangan vitamin B5 dapat mengakibatkan otot mudah mengalami kram, insomnia atau sulit tidur, gangguan emosi, kelelahan, kerontokan rambut, tekanan darah rendah, dan koordinasi buruk, muntah, gangguan saluran pencernaan.

## Sumber

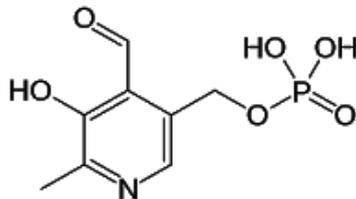
Sumber hewani adalah ikan, telur, susu, hati, ginjal (ayam/sapi). Semua buah yang dibuat selai (kurma, kismis, pisang selai), dan khamir (*yeast*). Sedangkan sumber nabatinya adalah ubi jalar, brokoli, kembang kol, jeruk, stroberi, kacang-kacangan, dan gandum.

## Rekomendasi Asupan

Di Amerika Serikat 5mg/hari untuk orang dewasa, 2-4mg/hari untuk anak-anak usia 1-13 tahun dan 1,7 - 1,8 mg/hari untuk bayi. Dianjurkan juga bagi wanita hamil untuk meningkatkan asupan menjadi 6 mg/hari, dan untuk yang menyusui 7 mg/hari.

### e. Vitamin B<sub>6</sub> (Pyridoxine)

Vitamin B<sub>6</sub> adalah vitamin larut air yang terdiri dari sebuah group dengan enam komponen terkait: pyridoxal, pyridoxine, pyridoxamine, dan 5'-phosphates (PLP, PNP, PMP: komponen-komponen ini saling berubah dari satu menjadi lainnya melalui reaksi metabolik). Vitamin B<sub>6</sub> juga penting dalam menurunkan level homosistein karena sehingga membantu mencegah penyakit jantung dan penyakit Alzheimer.



Gambar 7.4. Struktur Pyridoxine

## Peran

1. Pyridoxine terlibat di dalam metabolisme asam amino dan lipid.
2. Pyridoxine juga memainkan peran dalam glukoneogenesis.

3. Berperan dalam pembentukan protein tubuh, sel-sel darah merah, prostaglandin, dan senyawa struktural yang berfungsi sebagai transmitter kimia pada sistem saraf.
4. Vitamin ini berperan sebagai salah satu senyawa koenzim A yang digunakan tubuh untuk menghasilkan energi melalui jalur sintesis asam lemak, seperti spingolipid dan fosfolipid.
5. Selain itu, vitamin ini juga berperan dalam metabolisme nutrisi dan memproduksi antibodi sebagai mekanisme pertahanan tubuh terhadap antigen atau senyawa asing yang berbahaya bagi tubuh.

### **Manfaat**

Metabolisme karbohidrat, protein dan lemak, menguatkan kekebalan tubuh, membantu transmisi impuls saraf, menjaga keseimbangan elektrolit tubuh (natrium dan kalium), merangsang pertumbuhan sel darah merah, dan membantu sintesa DNA dan RNA. Berfungsi untuk membantu proses pencernaan protein dan respirasi selular.

### **Dampak Kekurangan**

Kekurangan vitamin B6 ini ditandai dengan gejala depresi, kejang-kejang (terutama pada anak-anak), tak tahan gula (glucose intolerance), melemahnya saraf yang berhubungan dengan daya ingat, anemia, dan gangguan kulit (dermatitis), pelagra (kulit pecah-pecah), kram pada otot dan insomnia (sulit tidur).

### **Sumber**

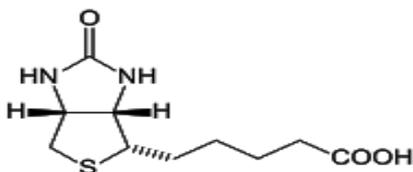
Vitamin ini banyak terdapat di dalam beras, jagung, kacang-kacangan, daging, ikan, telur, kentang dan kubis.

### **Rekomendasi Asupan**

Rekomendasi asupan untuk vitamin B6 dapat bervariasi tergantung dari usia, jenis kelamin dan kelompok beresiko. Di Amerika Serikat direkomendasikan bayi 0,1 - 0,3 mg/hari, anak-anak 1 - 8 tahun 0,5 - 0,

mg/hari, 9 - 13 tahun 1,0 mg/hari, umur 14 - 50 tahun 1,3 mg/hari dan lebih dari 50 tahun 1,5 mg/hari. Wanita hamil dianjurkan 1,9 mg/hari sedangkan ibu menyusui dianjurkan untuk meningkat hingga 2,0 mg/hari.

#### f. Vitamin B7 (Biotin)



Gambar 7.5 Struktur Biotin

#### Peran

Biotin memainkan peran kunci di dalam metabolisme lipid, protein, dan karbohidrat. Biotin adalah koenzim penting dari empat karboksilase, yakni asetil KoA karboksilase (terlibat dalam sintesis asam lemak dari asetat), propionil KoA karboksilase (terlibat dalam glukoneogenesis),  $\beta$ -methylcrotonyl KoA karboksilase (terlibat dalam metabolisme leucin/leusin), dan piruvat KoA karboksilase (terlibat dalam metabolisme energi, asam amino dan kolesterol). Dalam sistem pencernaan, biotin berperan sebagai koenzim (bagian enzim) dari berbagai enzim metabolisme yang mengatur penggunaan lemak dan asam amino. Tanpa biotin, metabolisme lemak dan asam amino dapat menjadi terganggu. Biotin termasuk vitamin nonesensial yang disintesis oleh tubuh di saluran pencernaan.

#### Manfaat

Berfungsi untuk memperlancar proses metabolisme energi, pertumbuhan rambut dan kuku, menurunkan berat badan dan menjaga kadar gula dalam darah, serta untuk mempertahankan kesehatan kulit dan rambut.

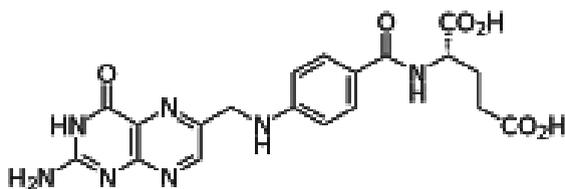
## Dampak Kekurangan

1. Defisiensi biotin dapat menimbulkan gangguan jantung, kurang nafsu makan, anoreksia, mual, depresi, sakit otot, lemah, kulit kering bersisik, dermatitis, dan rambut rontok.
2. Pada wanita hamil dengan usia kehamilan di bawah 6 bulan dapat muncul gejala bisul, ketombe (*seborrheic dermatitis*), dan rambut rontok.

## Sumber

Banyak terdapat pada keju, hati, kedelai, kembang kol, daging, susu, kacang tanah, sayuran, pisang, tomat, jeroan, telur (terutama bagian kuningnya), jamur, kacang-kacangan, roti gandum, wortel, keju, dan ikan salmon. Perlu diperhatikan bahwa putih telur mentah mengandung avidin, yaitu suatu protein yang mengikat biotin, sehingga akan mencegah penyerapan biotin oleh tubuh.

## g. Vitamin B9 (Folic Acid)



Gambar 7.6 Struktur Asam Folat

## Peran

1. Asam folat berperan sebagai bahan pembentuk senyawa THF (tetrahidro-folat), koenzim yang diperlukan dalam sintesa DNA, dan pematangan sel darah merah.
2. Asam folat berperan dalam pencegahan penyakit jantung dan stroke dengan memecah homo-sistein, substansi dalam darah yang meningkatkan risiko penyakit tersebut. Dengan

mempertahankan kadar kolin (choline) yang berperan meningkatkan daya ingat, asam folat membantu mencegah penyakit Alzheimer (gangguan pada daya ingat).

3. Berperan membantu sintesa DNA, asam folat mencegah kanker dengan memperbaiki kerusakan pada DNA yang menjadi awal dari perkembangan penyakit ini.

### **Manfaat**

Berfungsi untuk pembentukan sel darah merah, perbaikan DNA, Perkembangan bayi, pembentukan jaringan tubuh, mengoptimalkan fungsi otak, pertumbuhan rambut, dan mempertahankan kesehatan sistem pencernaan.

### **Dampak Kekurangan**

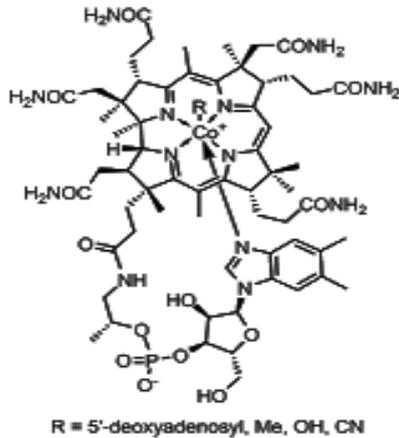
Kekurangan vitamin B9 dapat berakibat anemia makrositik, diare, mudah terkena infeksi, lidah merah dan licin, depresi, gangguan mental, lelah, pingsan, gangguan fungsi otak, pertumbuhan tulang belakang, dan sariawan.

### **Sumber**

Banyak terdapat pada hati, daging, ginjal, sayuran hijau, gandum, kuning telur, ikan, kacang hijau, khamir. Sumber lain adalah jeruk, stroberi, wheat *germ*, dan kacang-kacangan, selada, bayam, asparagus, semangka, belewah, biji bunga matahari.

### **h. Vitamin B12 (Cobalamin)**

Vitamin B12 (cobalamin) adalah vitamin larut air yang esensial untuk kesehatan darah dan fungsi syaraf. Vitamin B6, vitamin B12 juga dapat membantu menurunkan resiko penyakit jantung dan penyakit Alzheimer. Beberapa kelompok yang beresiko terkena defisiensi vitamin B12 antara lain vegetarian dan lanjut usia.



**Gambar 7.7 Struktur Cobalamin**

### Peran

1. Vitamin B<sub>12</sub> terlibat di dalam metabolisme sel karbohidrat, protein dan lipid. Hal ini penting untuk produksi sel darah di sumsum tulang belakang, selubung saraf, dan protein.
2. Vitamin B12 berperan dalam menjaga agar sel-sel berfungsi normal, terutama sel-sel saluran pencernaan, sistem saraf, serta memecah homo-sistein (substansi dalam darah yang meningkatkan risiko stroke dan penyakit Alzheimer).
3. Vitamin B12 juga termasuk dalam salah satu jenis vitamin yang berperan dalam pemeliharaan kesehatan sel saraf, serta pembentukan molekul DNA dan RNA.

### Manfaat

1. Mengatur pembentukan sel darah merah
2. Mencegah kerusakan dinding saraf
3. Sintesa DNA
4. Mengubah karbohidrat, lemak, dan protein menjadi energi
5. Pembelahan sel

### **Dampak Kekurangan**

1. Melemahkan fungsi saraf dengan gejala berupa kaki bergetar, dan perasaan terbakar. Pada orang lanjut usia kekurangan vitamin B12 dapat menyebabkan kepikunan, depresi atau gangguan mental, anemia, diare, dan mudah lelah.
2. Meningkatkan kadar homocysteine.
3. Dalam kasus ekstrim yang jarang terjadi, dapat mengakibatkan kelumpuhan.
4. Kekurangan vitamin ini akan menyebabkan anemia (kekurangan darah), mudah lelah, lesu, dan iritasi kulit.

### **Sumber**

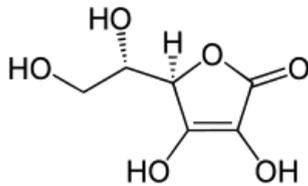
Hati (ayam/sapi), daging, susu dan produk olahannya, telur, ikan, sayur, kedelai dan produk olahannya (tahu, tempe, tauco, kecap), bekatul, dan rumput laut.

### **Rekomendasi Asupan**

1. Rekomendasi asupan untuk vitamin B<sub>12</sub> adalah 2,4 jag/hari untuk setiap orang yang berumur lebih dari 14 tahun.
2. Bayi dan anak-anak memerlukan kurang dari jumlah tersebut. Wanita hamil disarankan hingga 2,6 jag/hari.

#### **i. Vitamin C**

Vitamin C merupakan salah satu vitamin yang dapat larut dalam air dan tidak dapat larut dalam minyak dan zat pelarut lemak. Vitamin C mulai dikenal setelah dapat dipisahkan atau disolasi dari air jeruk pada tahun 1928 oleh Albert Szent-Gyorgyi. Vitamin ini dikenal juga dengan nama kimianya sebagai Asam Askorbat.



**Gambar 7.8 Struktur Vitamin C**

Vitamin C merupakan suatu asam organik yang berbentuk kristal putih dan terasa asam dan tidak berbau. Di dalam larutan, Vitamin C mudah rusak akibat teroksidasi oleh oksigen dari udara. Dosis RDA untuk pria 60 mg/hari, dan wanita 60 mg/hari. Untuk terapi sebagai antioksidan digunakan dalam dosis tinggi 500-2.000 mg/hari. Vitamin C adalah vitamin esensial, karena manusia tidak dapat menghasilkan vitamin C sendiri, sehingga diperlukan asupan dari makanan. Pada saat kita mengalami infeksi, dibutuhkan vitamin C dalam jumlah sangat besar untuk membantu darah putih menghancurkan kuman penyerang. Karena Vitamin C mudah rusak oleh udara, untuk mendapatkannya secara maksimal sebaiknya mengonsumsi buah atau sayur dalam keadaan segar dan sesegera mungkin (belum terlalu lama dalam kondisi terbuka atau terkupas di udara bebas).

### **Manfaat**

1. Memperkuat pembuluh darah sehingga membuat kulit kencang dan lebih tahan terhadap radikal bebas yang merusak
2. Fungsi lain dari vitamin C adalah melawan kanker. Beberapa wanita yang mengonsumsi makanan yang banyak mengandung vitamin C seperti buah-buahan atau sayur (bukan dalam bentuk suplemen), dapat memiliki risiko lebih rendah terkena kanker payudara. Bahkan ada beberapa riset mengindikasikan bahwa fungsi vitamin C dapat dijadikan sebagai racun bagi sel-sel kanker tertentu.

3. Memperbaiki kulit. Vitamin C mengandung antioksidan yang banyak yang juga dibutuhkan oleh kulit, di mana antioksidan berfungsi untuk menetralkan radikal bebas yang menumpuk akibat terkena paparan sinar matahari. "Pemberian asupan vitamin C yang digabungkan dengan bahan lainnya dapat memperbaiki beberapa tanda-tanda penuaan termasuk berupa garis-garis halus, pigmentasi yang tidak merata, warna kulit dan juga tekstur," kata Dr Mariusz Sapijaszko, direktur medis dari Youthful Image Cosmetic Surgery Clinic dan juga seorang profesor dermatologi di University of Alberta.
4. Meningkatkan mood. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan perubahan psikologis. Peneliti dari McGill University menyatakan bahwa pemberian suplemen vitamin C (500 mg dua kali sehari) bagi pasien rawat inap yang mengalami kekurangan vitamin C, secara signifikan dapat membantu meningkatkan suasana keadaan hati mereka. Ini adalah salah satu fungsi vitamin C yang sangat dianjurkan bagi yang sering merasa gelisah, dan sebagainya.
5. Menurunkan resiko serangan jantung. Vitamin C dapat menghilangkan aterosklerosis yang berada di dalam jantung. Aterosklerosis adalah suatu keadaan dimana arteri jantung menebal dan dapat meningkatkan terjadinya serangan jantung sebab darah menjadi tidak lancar.
6. Mengontrol tekanan darah. Tekanan darah tinggi merupakan penyakit yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan kematian mendadak pada orang yang menderitanya. Mengonsumsi vitamin C dengan dosis yang dianjurkan secara rutin dapat mengontrol tekanan darah.
7. Mencegah stroke. Diet tinggi antioksidan yang kaya akan buah dan sayuran dapat membantu menangkal penyakit

kardiovaskular. Namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa mereka dengan tingkat tertinggi vitamin C dalam tubuh berada pada risiko terendah untuk menderita stroke (terutama pada wanita).

8. Mencegah diabetes. Vitamin C mampu untuk menurunkan kadar gula yang terdapat dalam tubuh dan dapat mencegah efek buruk dari diabetes pada penderitanya. Ganti camilan manis dengan buah jeruk atau sumber lainnya yang mengandung vitamin C.
9. Mencegah katarak. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan lensa mata menjadi buram sehingga dapat menyebabkan pandangan anda menjadi kabur.
10. Menyuburkan rambut
11. Mencegah wajah menjadi pucat
12. Menjaga kesehatan kuku
13. Memperlambat tanda-tanda penuaan
14. Membantu regenerasi sel dalam tubuh

### **Dampak Kelebihan**

1. Meskipun sisa vitamin c yang tidak dibutuhkan oleh tubuh akan dibuang melalui air seni, proses pembuangan tersebut akan melalui usus dan dapat menyebabkan masalah pada perut seperti diare dan muntah-muntah.
2. Pusing dan mual yang disertai kram perut.
3. Penimbunan dan pembentukan batu ginjal.
4. Tubuh dan otot-otot lemah, namun mengalami kesulitan tidur.
5. Kulit menjadi kemerahan.
6. Alergi dan ruam pada kulit jika terkena langsung pada kulit.
7. Mengganggu pengobatan kanker pada penderita kanker.

## **Dampak Kekurangan**

1. Imunitas tubuh menurun
2. Dapat menyebabkan lesu dan perubahan suasana hati
3. Kulit menjadi lebih sensitive
4. Gusi sering mengalami pendarahan dan sariawan

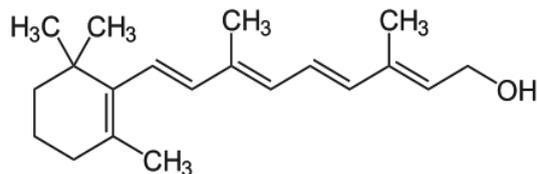
## **Sumber**

1. Jeruk. Setiap 100 gram buah jeruk menyediakan sekitar 30 sampai 50 miligram vitamin C.
2. Stroberi. Setiap 100 gram buah stroberi memberikan 56.7 miligram kandungan vitamin C.
3. Jambu Biji. Kandungan vitamin C pada jambu biji adalah dua kali lipat dibandingkan dengan jeruk manis. Pada jambu biji sekitar 108 miligram setiap 100 gram buah jambu biji. Jambu biji adalah buah dengan kandungan vitamin C tertinggi.
4. Kiwi. Kandungan vitamin C pada kiwi adalah 100 miligram per 100 gram buah kiwi.
5. Kelengkeng. Kandungan vitamin C pada kelengkeng sekitar 84 miligram per 100 gram kelengkeng.
6. Pepaya. Buah pepaya ukuran kecil sekitar 157 gram memiliki 95,6 miligram vitamin C.
7. Paprika Merah. Kandungan vitamin C pada paprika merah ini mengandung sekitar 190 miligram dari 100 gram paprika merah.
8. Brokoli. Kandungan vitamin C pada brokoli adalah 118 miligram setiap 100 gram brokoli.
9. Kubis. Kandungan vitamin C pada kubis adalah 160,8 miligram setiap 2 cangkir kubis. Berarti setiap satu cangkir mengandung setidaknya 80,4 miligram vitamin C.

10. Kembang Kol. Pada kembang kol kandungan vitamin C-nya mencapai 50 miligram per 100 gram kembang kol. Mirip dengan kandungan vitamin C pada sayuran kubis.
11. Tomat. Kandungan vitamin C pada tomat adalah 34 miligram per 100 gram buah tomat.
12. Cabe. Kandungan vitamin C pada cabai sekitar 84 miligram per 100 gram cabe.
13. Apel. Kandungan vitamin C pada buah apel adalah 5 miligram pada 100 gram buah apel. Khasiatnya dapat mengeluarkan racun dalam tubuh.
14. Sayuran hijau. Sayuran hijau, seperti bayam, kangkung, atau brokoli juga mengandung vitamin A dan C, meskipun tidak dalam jumlah yang tinggi seperti jeruk.
15. Ubi jalar. Ubi jalar tidak memiliki vitamin C sebanyak Jeruk. Tapi, bahan makanan ini bisa dipertimbangkan karena satu ubi jalar besar mengandung 35,3 miligram vitamin C.
16. Blewah. Sama seperti ubi jalar, blewah juga tidak memiliki vitamin C sebanyak jeruk. Satu porsi blewah memiliki 49,2 miligram vitamin C.

## 7.2.2 Vitamin yang Larut dalam Lemak

### a. Vitamin A (Retinol)



Gambar 7.9 Struktur Vitamin A

## **Sumber**

Vitamin A dapat diperoleh dari minyak hati ikan, minyak ikan, minyak sawit, hati sapi, kambing, ayam, sayuran hijau atau pun yang berwarna kuning terdapat dalam jumlah yang cukup.

## **Sifat Kimiawi**

1. Vitamin A larut dalam lemak dan pelarut lemak, tetapi tidak larut dalam air.
2. Vitamin A cukup stabil dalam pemanasan yang dilakukan dalam pemasakan makanan.
3. Vitamin A dapat mengalami kerusakan karena oksigen ataupun sinar.
4. Molekul vitamin A berisi atom karbon dan hidrogen yang berikatan dengan gugus hidroksil (OH) menjadi struktur yang kompleks. Struktur yang demikian ini menyebabkan vitamin disebut sebagai retinol. Aktivitas vitamin A menggunakan satuan internasional (SI) ataupun unit aktivitas.  
unit aktivitas vitamin A = 1 retinol ekivalen  
= 1 ug retinol  
1 retinol ekivalen = 3 SI d.
5. Beta karoten komposisi retinol hanya terdapat dalam bahan pangan hewani, sedangkan dalam pangan nabati terdapat zat warna karotenoid. Senyawa karoten akan diubah menjadi vitamin A dalam usus halus.

## **Fungsi**

1. Menjaga kesehatan mata
2. Diperlukan untuk pertumbuhan tulang dan gigi
3. Mencegah infeksi Vitamin A melindungi kesehatan sel epitel sehingga dapat dipakai untuk mencegah infeksi.

### **Dampak Kekurangan**

1. Terjadi gangguan kemampuan penglihatan pada senja hari (buta senja). Ini terjadi karena ketika simpanan vitamin A dalam hati hampir habis.
2. Rabun senja
3. Keratomalacia. Penyakit ini merupakan salah satu penyakit mata yang terdapat di Asia dan Afrika. Penyakit ini banyak diderita oleh anak-anak yang tinggal di daerah kumuh, anak-anak yang kurang mengonsumsi susu ataupun yang mengonsumsi susu kental manis. Keratomalacia menyebabkan infeksi pada bagian luar kornea.
4. Keratosis. Penyakit ini merupakan stadium awal dari keratomalacia. Kulit menjadi kasar dan bersisik. Keringat dan air mata tidak lancar keluar.

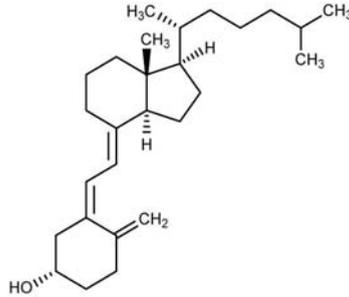
### **Dampak Kelebihan**

Kelebihan vitamin A kurang baik karena akan mengakibatkan terjadinya penimbunan vitamin A dalam organ tubuh yang akan mengakibatkan nafsu makan menurun, rambut rontok, kulit menjadi gatal, tulang pada tangan dan kaki berasa sakit. Pemakaian beta karoten yang berlebihan dapat mengakibatkan kulit menjadi kuning, telapak tangan banyak mengeluarkan keringat.

### **Rekomendasi Asupan**

1. Di Amerika Serikat, asupan harian yang dianjurkan untuk vitamin A adalah 0,9 mg untuk laki-laki dan 0,7 mg untuk wanita.
2. Selama menyusui dianjurkan tambahan 0,4-0,5 mg.

## b. Vitamin D



Gambar 7.10 Struktur Vitamin D

### Sumber

Minyak hati ikan mengandung kholekalsiferol (D3) sebanyak 200-750 ug/100g. Kuning telur mengandung 3-10 ug/100g dan susu mengandung 0,02-0,10 ug/100 g.

### Fungsi

1. Mengatur penyerapan kalsium dalam usus halus.
2. Mengatur perbandingan kalsium dan fosfor dalam serum-darah agar tetap normal.
3. Mengatur metabolisme kalsium dan fosfor.

### Dampak Kekurangan

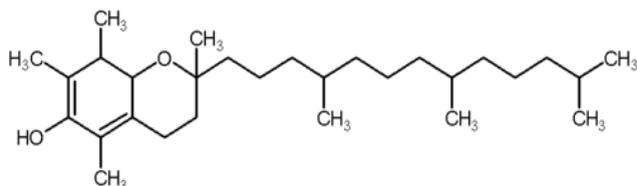
1. Rakhitis dengan gejala yang paling ringan, yaitu tungkai berbentuk X atau O.
2. Kelainan pada tulang seperti tulang belakang membengkok, tulang dada seperti dada ayam, tulang pinggul sempit.

### Dampak Kelebihan

Bayi seringkali diberi tambahan vitamin D sebanyak satu tetes setiap hari. Pemberian vitamin D yang terlalu banyak, misalnya satu sendok teh setiap hari, akan mengakibatkan timbulnya keracunan. Gejala keracunan vitamin D yaitu nafsu makan hilang, muntah-

muntah, berasa sangat haus, mengalami sembelit, diare, kehilangan berat, dan mudah marah. Apabila overdosis berlangsung terus menerus, anak dapat mengalami koma dan akhirnya meninggal.

### c. Vitamin E



Gambar 7.11 Struktur Vitamin E

### Sumber

Sumber makanan yang mengandung vitamin E cukup banyak dan bervariasi. Bukan hanya dari jenis kacang-kacangan, tetapi juga dari sayuran dan buah-buahan. Bahkan umbi-umbian seperti talas juga memiliki kandungan vitamin E yang cukup tinggi. Berikut merupakan makanan terbaik yang mengandung vitamin E.

#### 1. Bayam

Banyak orang mengonsumsi bayam karena kandungan zat besi yang tinggi. Di balik warnanya yang hijau, bayam juga menjadi sumber vitamin E dan antioksidan yang baik. Sayur bayam yang telah dimasak mampu memberikan vitamin E sebanyak 3,5 miligram dalam setiap 100 gram sajiannya.

#### 2. Kacang Almond

Kacang almond merupakan sumber kandungan vitamin E tertinggi diantara jenis kacang. Sebuah penelitian menyebutkan bahwa mengonsumsi satu genggam almond sama dengan melindungi kesehatan jantung. Kacang almond bisa dinikmati mentah maupun dalam bentuk mentega dan

susu. Setiap 100 gram almond mengandung setidaknya 26,3 miligram vitamin E.

3. Kacang tanah

Kacang tanah merupakan sumber pangan yang kaya tokoferol, antioksidan vitamin E yang kuat dan mudah larut. Artinya, kacang juga dapat dijadikan pilihan untuk memerangi radikal bebas penyebab kanker.

4. Kacang pinus

Meski agak susah ditemukan, ternyata kacang pinus mengandung kadar vitamin E yang cukup tinggi. Ada 9,3 miligram vitamin E yang bisa ditemukan dalam sajian 100 gram kacang pinus.

5. Sawi

Sawi merupakan sayuran hijau berdaun lebar yang juga memiliki kandungan vitamin E yang dibutuhkan tubuh. Baik mentah ataupun dimasak, sawi tetap memiliki nutrisi baik untuk tubuh.

6. Brokoli Brokoli merupakan sayuran hijau yang kaya vitamin E, sayuran ini juga mengandung kalsium tinggi. Brokoli tak hanya baik untuk mencegah kanker, kandungan vitamin A, C, D, dan K membuat sayuran ini menjadi superfood di dunia medis.

7. Paprika Merah

Memiliki aroma pedas seperti cabai, selain mengandung vitamin C, paprika juga memiliki kandungan vitamin E dan antioksidan yang kuat. Ada sekitar 30 miligram vitamin E yang bisa Anda dapatkan dari paprika merah sebanyak 100 gram.

8. Bubuk Cabai Merah

Tak hanya sekedar penambah rasa. Bubuk cabai merah juga dapat dijadikan solusi untuk asupan vitamin E. Seperti paprika, kandungan vitamin E dalam 100 gram bubuk cabai adalah 30 miligram.

9. Biji Bunga Matahari

Pada 100 gram sajiannya, biji bunga matahari mengandung 36,6 miligram vitamin E. Hanya seperempat cangkir biji bunga matahari dapat memberikan 90,5 % dari kebutuhan vitamin E harian kita.

10. Daun Kemangi dan Oregano

Mengandung 7,38 miligram dalam setiap penyajian 100 gram daun kemangi atau oregano.

11. Acar Buah Zaitun

Sebanyak 100 gram buah zaitun dalam bentuk acar mengandung 3,81 mg vitamin E. Tidak heran jika minyak buah zaitun digunakan oleh para selebritis dunia untuk perawatan kecantikan kulit mereka.

12. Talas

Umbi talas yang telah dimasak bisa memberikan 2,9 miligram vitamin E pada setiap 100 gram penyajiannya.

13. Slada swiss – Swiss chard :

Sayuran berdaun hijau banyak mengandung beberapa Vitamin penting, termasuk vitamin E. Swiss chard menawarkan hampir 17% dari kebutuhan harian yang direkomendasikan.

14. Mustard Greens

Sama seperti Swiss chard, Mustard greens adalah sayuran yang sangat bergizi. Sayuran yang mirip sawi ini kaya akan vitamin E, folat, vitamin A, C, dan K.

15. Turnip hijau

Sama seperti sayuran berdaun lainnya diatas, hanya 1 cangkir Turnip hijau akan memberikan Anda dengan banyak Vitamin E, A, C, dan asam folat.

16. Kale

Kale adalah salah satu sayuran yang banyak mengandung vitamin E. Mengonsumsi satu cangkir kale rebus setiap hari akan memberikan anda 6% dari kebutuhan harian vitamin E.

17. Minyak nabati

Vitamin E juga banyak terdapat dalam minyak biji-bijian. Wheat germ oil adalah minyak nabati yang memiliki vitamin E tertinggi. Minyak bunga matahari adalah alternatif lain yang banyak menyediakan vitamin ini. Hemp Seed, minyak Kelapa, minyak zaitun juga kaya vitamin E.

18. Hazelnut

Hazelnut (sejenis kemiri) banyak mengandung vitamin E, serta nutrisi bermanfaat lainnya seperti vitamin B. Anda juga bisa memakan kacang ini dalam bentuk produk tertentu.

19. Alpukat

Ini adalah sumber tinggi vitamin E yang paling banyak disukai karena rasanya yang lezat, dan harganya juga terjangkau. Hanya setengah buah alpukat secara alami menyediakan lebih dari 2 miligram vitamin E.

## 20. Peterseli

Peterseli juga cukup mengandung vitamin E untuk melengkapi kebutuhan harian Anda. Meskipun peterseli yang segar lebih baik, anda juga bisa mengonsumsi peterseli dalam bentuk kering yang banyak tersedia di pasar.

## 21. Pepaya

Pepaya merupakan salah satu sumber vitamin E dan juga kaya akan vitamin C. Satu buah pepaya segar bisa memenuhi kebutuhan Vitamin E harian Anda sebesar 17 %.

## 22. Gandum

Gandum juga merupakan bahan makanan yang kaya akan Vitamin E.

### **Fungsi**

1. Antioksidan
2. Membantu memperlama umur sel-sel darah merah.
3. Melindungi membran biologis seperti yang berada di jaringan syaraf, otot dan sistem kardiovaskuler.
4. Meningkatkan sistem kekebalan.
5. Vitamin E mencegah kerusakan lemak dan komponen seluler lainnya (misal protein, DMA) dari kerusakan akibat oksigen dan turunannya (disebut kerusakan oksidatif).
6. Memperbaiki viskositas darah.

### **Dampak Kekurangan**

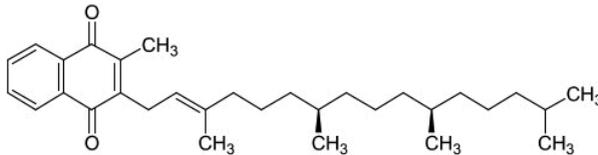
1. Kekurangan vitamin E dapat menyebabkan risiko bayi lahir prematur. Oleh karena itu, makanan formula bayi saat ini mengandung konsentrasi vitamin E yang cukup.
2. Kekurangan vitamin E akan menimbulkan pengaruh terhadap ketidakmampuan menyerap (ketidakmampuan memanfaatkan

vitamin E secara cukup) dan mengakibatkan penyakit neuromuscular pada orang dewasa maupun anak-anak.

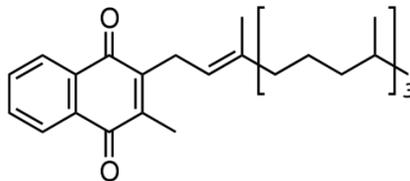
### Rekomendasi Asupan

Asupan vitamin E per harinya adalah 15 mg untuk orang dewasa.

#### d. Vitamin K (Phylloquinone)

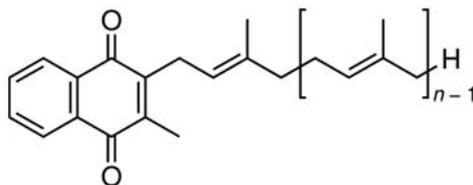


Gambar 7.12 Struktur vitamin K



Gambar 7.13 Struktur Vitamin K1

Kedua jenis vitamin K mengandung cincin naphthoquinone dan rantai samping alifatik. Phylloquinone mempunyai rantai samping phytyl.



Gambar 7.14 Struktur Vitamin K2

Vitamin K<sub>2</sub> (Menaquinone). Pada vitamin K<sub>2</sub>, rantai samping terdiri dari sejumlah residu isoprenoid tidak jenuh dengan jumlah residu yang berbeda-beda.

## Sumber

Vitamin K dapat diperoleh dari sayur-sayuran berdaun hijau seperti bayam, kangkung, brokoli, kubis, dan selada. Sumber baik lainnya adalah sayuran dan minyak kacang (kedele, canola, walnuts, zaitun), telur, keju, hati, kentang, tomat, teh hijau, dan kopi.

## Struktur Kimia

1. Semua kelompok vitamin K mempunyai cincin naftokuinon (naphthoquinone) yang mengandung gugus metil, serta berbagai variasi rantai samping alifatik yang terikat pada posisi 3.
2. Phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) mempunyai beberapa rantai samping isoprenoid, dan satu bersifat tidak jenuh.
3. Menaquinones mempunyai sejumlah rantai samping isoprenoid yang bersifat tidak jenuh.
4. Naftokuinon merupakan gugus fungsional sehingga peran vitamin K semuanya sama.

## Stabilitas

1. Hanya sedikit diketahui.
2. Vitamin K rusak karena cahaya, terutama ultraviolet, kondisi alkali, asam kuat, dan oksidator.
3. Relatif stabil terhadap suhu dan oksigen.
4. Pada proses hidrogenasi, ikatan rangkap pada rantai samping dapat diserang oleh oksigen sehingga terjadi penurunan aktivitas.
5. Vitamin K alami stabil terhadap panas dan tidak larut dalam air, sehingga risiko kehilangan selama pengolahan relatif kecil.

## Sifat Kimiawi

1. K<sub>1</sub> berupa cairan yang berwarna kuning, sedangkan K<sub>2</sub> adalah kristal berwarna kuning.

2. Semua vitamin K larut dalam sebagian besar pelarut lemak atau pelarut organik, seperti eter, benzena, heksana, dan aseton. Akan tetapi, vitamin K tidak larut dalam air, dan hanya sedikit larut dalam etanol dan metanol.
3. Vitamin K mempunyai spektrum absorpsi ultraviolet dengan panjang gelombang maksimum pada 243, 248, 261, 270, dan 328 nm.

### **Fungsi**

1. Mengatasi penggumpalan darah
2. Mencegah pendarahan berlebih
3. Melindungi jantung
4. Membangun tulang
5. Meningkatkan sensitivitas insulin
6. Mencegah penyakit Alzheimer
7. Mencegah diabetes
8. Sumber antioksidan
9. Memperkuat imun

### **Dampak Kekurangan**

1. Dampak kekurangan vitamin K
2. Janin Tidak berkembang
3. Darah Sulit Membeku
4. Pendarahan
5. Menyebabkan Kanker

### **Rekomendasi Asupan**

Kebutuhan akan vitamin K pada orang dewasa relatif rendah sehingga kecil kemungkinan bagi seseorang untuk mengalami defisiensi. Amerika Serikat menganjurkan asupan untuk vitamin K tiap harinya adalah 120 jag untuk laki-laki dan 90 jag untuk wanita.

## RINGKASAN

1. Vitamin adalah nutrisi yang penting dalam tubuh untuk proses metabolisme dan pertumbuhan yang normal.
2. Vitamin dikelompokkan menjadi 2 golongan utama yaitu vitamin yang larut dalam lemak, seperti vitamin A, D, E, dan K, serta vitamin yang larut dalam air yaitu vitamin C dan B.
3. Vitamin yang larut dalam air hanya dapat disimpan dalam jumlah sedikit, dan biasanya akan segera hilang bersama aliran makanan.
4. Kebanyakan vitamin berfungsi sebagai koenzim pada berbagai reaksi dalam tubuh.
5. Kekurangan vitamin dapat mengganggu kelancaran reaksi-reaksi biokimia dan masing-masing vitamin dapat mendefenisikannya.

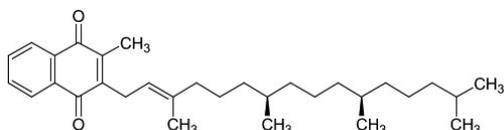
## SOAL LATIHAN

1. Vitamin sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan bekerjanya sel-sel dalam tubuh dengan baik. Tapi, tubuh tidak dapat memproduksi vitamin itu sendiri (kecuali vitamin D). Oleh karena itu, diperlukan asupan dari luar dalam bentuk makanan maupun suplemen yang banyak dijual bebas. Apa yang dimaksud dengan vitamin?
2. Vitamin B<sub>12</sub> (cobalamin) adalah vitamin larut air yang esensial untuk kesehatan darah dan fungsi syaraf. Vitamin B<sub>12</sub> juga dapat membantu menurunkan resiko penyakit jantung dan penyakit Alzheimer. Gambarkan struktur vitamin B<sub>12</sub>!
3. Vitamin B<sub>12</sub> dapat ditemukan dalam produk hewani seperti daging, unggas, ikan, dan produk susu. Hewan memiliki vitamin B<sub>12</sub> dari mikroorganisme yang terdapat dalam tubuhnya atau dari

pakannya. Sebutkan penyakit yang dapat timbul jika kekurangan Vitamin B<sub>12</sub>! (Minimal 2)

4. Mexi mengonsumsi jus jambu setiap pagi. Jus jambu mengandung banyak vitamin c, yang mana vitamin c sangat dibutuhkan oleh tubuh. Vitamin C merupakan salah satu vitamin yang dapat larut didalam air. Gambarkan struktur vitamin C ?
5. Wortel merupakan salah satu contoh dari bahan makanan yang mengandung vitamin A. Biasanya wortel banyak dikonsumsi penderita rabun jauh untuk menyembuhkan penyakit rabun jauh. Gambarkan struktur vitamin A ?
6. Vitamin merupakan komponen penting dalam suatu bahan, khususnya bahan pangan, karena kandungannya menentukan nilai nutrisi dari bahan tersebut. Hal ini dikarenakan dalam proses metabolisme, vitamin dapat berperan sebagai.....
7. Secara garis besar, vitamin dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar, yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak. Hanya terdapat 2 vitamin yang larut dalam air, yaitu B dan C. Sedangkan vitamin lainnya, yaitu vitamin A, D, E, dan K bersifat larut dalam lemak. Mengapa vitamin yang larut dalam air hanya dapat disimpan dalam jumlah sedikit dan biasanya akan segera hilang bersama aliran makanan?
8. Bentuk aktif dari tiamin adalah tiamin difosfat, di mana reaksi konversi tiamin menjadi tiamin difosfat tergantung oleh enzim tiamin difosfotransferase dan ATP yang terdapat di dalam otak dan hati. Pada reaksi apa tiamin difosfat berfungsi sebagai koenzim dalam sejumlah reaksi enzimatik dengan mengalihkan unit aldehid yang telah diaktifkan?

9. Sistem kekebalan tubuh Ani sangat buruk sehingga Ani harus mengonsumsi makanan yang banyak mengandung vitamin. Mengapa Ani membutuhkan vitamin?
10. Wendi memiliki nafsu makan yang buruk sehingga ibunya memberi obat yang banyak mengandung vitamin. Sebutkan fungsi vitamin secara umum! (minimal 3)
11. Vitamin sangat dibutuhkan di dalam tubuh. Namun, vitamin tidak diproduksi di dalam tubuh (kecuali vitamin D). Bagaimana mekanisme kerja vitamin di dalam tubuh?
12. Diketahui struktur vitamin sebagai berikut:



Sebutkan fungsi vitamin dari struktur tersebut!

13. Bayi seringkali diberi tambahan vitamin D sebanyak satu tetes setiap hari. Pemberian vitamin D yang terlalu banyak, misalnya satu sendok teh setiap hari akan mengakibatkan timbulnya keracunan. Buatlah struktur dari vitamin D!
14. Vitamin E umumnya terdapat pada pangan nabati yang kaya akan lemak, misalnya minyak sayur, kacang-kacangan (kacang tanah, hazelnuts, almonds), biji-bijian (biji bunga matahari, pistachio, pine), dan gandum. Vitamin E juga banyak terdapat pada salad dressing, peanut butter, margarine, dan produk-produk susu dengan lemak penuh (susu, butter dan cream). Buatlah struktur dari vitamin D!
15. Jelaskan gangguan yang terjadi jika kekurangan vitamin C!

## DAFTAR PUSTAKA

- Anna, P. 1994. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat, 2011. *Pedoman Pendataan Survei Sosial Ekonomi Nasional Tahun 2011*. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- Estiasih, Teti dkk. 2016. *Kimia Dan Fisik Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fennema, O.R., 1996. *Food Chemistry*. Edisi Ketiga. New York Marcel Dekker, Inc.
- Fessenden. 1982. *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Keputusan Menteri Kesehatan no.1168/Menkes/Per/X/1999.
- Lehninger, Albert L. dan Maggy Thenawidjaja. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lehninger, A. L. 1998. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Moehyie, 2000. *Zat-Zat Atau Bahan Yang Dapat Membahayakan Kesehatan Tubuh* <http://dinkes.banyuwangi.go.id/15/88> (diakses 20 Februari 2019)
- Nelson, D.L, Cox, M.M. 2012. *Lehninger, Principle of Biochemistry (6th ed.)*. Freeman, W.H. & Company
- Ophart, C.E., 2003. *Virtual Chembook*. Elmhurst College.

- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, tambahan No.329/MENKES/PER/1976.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No 772/Menkes/RI/Per/IX/88.
- Peraturan Pemerintah RI nomor 28 tahun 2004.
- Peraturan Menteri Kesehatan No.1096 Tahun 2011.
- Poedjiadi, A, 1993, *Biokimia*. Bandung: Cendrawasih.
- Poedjiadi, 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit UI-Press.
- Saparinto, 2006. *Upaya Yang Diperlukan Untuk Mencegah Pangan Dari Kemungkinan Cemaran* <http://cemaran-bahan-pangan.go.id> (diakses 20 Februari 2019).
- Seto, 2001. *Upaya Yang Dapat Ditempuh Untuk Mencegah Adanya Indikasi Yang Membahayakan Pada Bahan Pangan* <http://www.artikelindikasi-bahan-pangan/234/768> (diakses 20 Februari 2019).
- Syah, 2005. *Keamanan Bahan Pangan Dalam Kehidupan Sehari-Hari* <http://keamanan-pangan.html/2005/55> (diakses 20 Februari 2019).
- Sukarti, Tati dkk. 2012. *Diktat Praktikum Biokimia Pangan*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian: Universitas Padjadjaran.
- Undang – Undang Republik Indonesia nomor 7 tahun 1996.
- UU No. 18 Tahun 2012.
- Yazid,E. 2006. *Penuntun Praktikum Biokimia Untuk Mahasiswa Analisis*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

## TENTANG PENULIS



**Dewi Handayani, S.Pd., M.Si.** Lahir di Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu pada tanggal 26 Desember 1982. Lulus S1 di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Bengkulu tahun 2004. Lulus S2 di Program Studi Kimia Universitas Andalas, Padang pada tahun 2011. Saat ini adalah dosen tetap di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Bengkulu. Mengampu mata kuliah Kimia Bahan Makanan, Kimia Organik, Media Pembelajaran dan Pembelajaran Elektronik. Aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Menjadi nara sumber di beberapa kegiatan ilmiah dan aktif mengikuti kegiatan seminar nasional maupun internasional. Saat ini sedang studi lanjut S3 di Program Studi Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu.



**Dr. Nurhamidah, M.Si.** Lahir di Padang Ganting pada tanggal 08 Maret 1964. Telah menyelesaikan Sarjana dan pasca sarjana di Program Studi Kimia Universitas Andalas, Padang, S1 tahun 1989, S2 tahun 2002 dan S3 tahun 2016. Saat ini adalah dosen tetap di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Bengkulu. Mengampu mata kuliah Kimia Bahan Makanan,

Kimia Dasar, Kimia Organik Bahan Alam. Aktif menulis artikel ilmiah nasional maupun internasional. Serta melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.