

Pengadaan Buku Ajar  
No. 043/PUNP/1999

## BIOKIMIA I (BIOMOLEKUL)



Oleh :

**Drs. Johni Azmi, MS**

Editor :

**Drs. Usman Bakar, M.Ed.ST.**

ASAS PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS NEGERI PADANG	
TANGGAL	4-1-2000
NO. DAFTAR	Ha
KATEGORI	KI
NO. SURAT	1099/K/2000 - G <sub>2</sub> (36)
NO. STAMP	574.192 Azmi 2

FAK. MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

**DIP Universitas Negeri Padang**

Nomor : 071/XXIII/008/4/--/1999

Tanggal : 1 April 1999

MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG

## KATA PENGANTAR

Syukur Alahamdullilah kami haturkan ke haribaan Allah Subhana-wataala, berkat karuniaNya jua, maka buku ajar Biokimia I ini telah selesai disusun. Buku ini berisi tentang prinsip-prinsip dasar biokimia, sel dan biomolekul. Biomolekul yang dibahas dalam buku ini meliputi asam amino dan protein, asam nukleat, enzim, karbohidrat, lemak, vitamin dan hormon, serta air dan mineral. Pembahasan materi dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari dan perkembangan Biokimia dalam bidang pangan gizi, kesehatan dan industri. Buku ini belum membahas tentang metabolisme dari biomolekul tersebut tetapi akan dibahas dalam Buku Biokimia II.

Di Pasaran telah banyak beredar buku biokimia, baik dikarang oleh penulis dalam negeri maupun terjemahan namun buku tersebut belum sesuai dengan silabus dan buku terjemahan bahasanya sulit dimengerti. Maka timbul suatu keinginan penulis untuk membuat buku ajar agar mahasiswa mudah memahami biokimia dan juga tidak terbebani untuk membeli buku yang harganya cukup mahal.

Buku ini dapat digunakan oleh mahasiswa jurusan kimia, dan biologi FMIPA, jurusan Kesrek Fakultas Ilmu Keolahra-  
gaan, serta jurusan Tata Boga Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, sebagai buku rujukan untuk perkuliahan Biokimia dan Kimia Bahan Makanan. Disamping itu juga dapat digunakan oleh mahasiswa Universitas lain dalam mendalami ilmu biokimia.

Penulis sangat berterima kasih kepada (1) Bapak Drs Usman Bakar, M.EdSt yang telah bersedia mengedit sehingga buku ini layak digunakan sebagai bahan buku ajar; (2) Ketua Jurusan Kimia dan Dekan FMPIA Universitas Negeri Padang yang

telah mendorong selesainya buku ini; (3) Proyek OPF Universitas Negeri Padang yang telah memberikan dana untuk penulisan buku ajar ini.

Buku ini masih jauh dari kesempurnaan, penulis mengharapkan kritikan dan saran sehingga buku ini dapat disempurnakan dalam terbitan mendatang.

Padang, Desember 1979

Penulis

## DAFTAR ISI

	hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
I. PRINSIP BIOMIKIA	1
1.1. Pengantar	1
1.2. Tujuan Instruksional khusus	1
1.3. Penyajian materi	1
- Materi hidup	1
- Metabolisme	2
- Prospek Biokimia dan Hubungan dengan ilmu lainnya.	3
1.4. Rangkuman	4
1.5. Latihan	4
II. BIOMOLEKUL DAN SEL	5
2.1. Pengantar	5
2.2. Tujuan Instruksional khusus	5
2.3. Penyajian materi	5
- Biomolekul dan fungsi	5
- Sel	7
- Virus	9
2.4. Rangkuman	10
2.5. Latihan	10
III. ASAM AMINO DAN PROTEIN	11
3.1. Pengantar	11
3.2. Tujuan Instruksional khusus	11
3.3. Penyajian materi	11
- Asam amino	12
Klasifikasi asam amino berdasarkan muatan	12
- Klasifikasi asam amino berdasarkan kebutuhan	17
- Sifat asam dan basa asam amino	18
- Stereo kimia asam amino	20
- Protein	21
- Struktur Peptida	22
- Fungsi Biologis Protein	26
3.4. Rangkuman	27
3.5. Latihan	27
IV. ENZIM	28
4.1. Pengantar	28
4.2. Tujuan Instruksional khusus	28
4.3. Penyajian materi	29
- Dasar reaksi enzim	29

- Penamaan dan klasifikasi enzim	35
- Aktivitas dan karakteristik enzim	36
- Inhibisi reaksi enzim	38
3.4. Rangkuman	43
3.5. Latihan	44
<b>V. ASAM NUKLEAT</b>	
5.1. Pengantar	45
5.2. Tujuan Instruksional khusus	45
5.3. Penyajian materi	45
- Asam nukleat	45
- Nukliosida	50
5.4. Rangkuman	54
5.5. Latihan	54
<b>VI. KARBOHIDRAT</b>	55
6.1. Pengantar	55
6.2. Tujuan Instruksional khusus	55
6.3. Penyajian materi	55
- Monosakarida	56
- Oligosakarida	57
- Polisakarida	59
- Homopolisakarida	60
- Heteropolisakarida	64
6.4. Rangkuman	66
6.5. Latihan	66
<b>VII. LIPID</b>	
7.1. Pengantar	67
7.2. Tujuan Instruksional khusus	67
7.3. Penyajian materi	67
- Gliserida	67
- Klasifikasi lipid	70
- Lipid sederhana	70
- Lemak dan minyak	70
- Mentega	71
- Margarin	72
- Lemak dan gajih	72
- Lipid kompleks	75
7.4. Rangkuman	80
7.5. Latihan	80
<b>VIII. VITAMIN</b>	
8.1. Pengantar	81
8.2. Tujuan Instruksional khusus	81
8.3. Penyajian materi	81
- Klasifikasi vitamin	81
- Vitamin larut dan lemak	81
- Vitamin A	82
- Vitamin D	83

- Vitamin E	85
- Vitamin K	86
- Vitamin yang larut dalam air	87
- Tiamin	87
- Riboflavin	89
- Niasin	90
- Piridoksin	90
- Asam pantotenat	92
- Biotin	92
- Kobalamin	93
- Asam folat	94
- Asan askrobat	95
3.4. Rangkuman	97
3.5. Latihan	97
IX. AIR DAN MINERAL	
9.1. Pengantar	98
9.2. Tujuan Instruksional khusus	98
9.3. Penyajian materi	99
- Air	99
- Mineral	100
- Mineral Makro	100
- Mineral Mikro	103
9.4. Rangkuman	108
9.5. Latihan	109
X. HORMON	
10.1. Pengantar	110
10.2. Tujuan Instruksional khusus	100
10.3. Penyajian materi	110
- Hormon teroid	111
- Hormon adrenal dan kelamin	115
- Hormon pankreas dan traktus	119
10.4. Rangkuman	121
10.5. Latihan	121
DAFTAR PUSTAKA	122

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. PENGANTAR

Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari reaksi kimia yang terjadi pada makhluk hidup. Bila dilihat dari asal katanya yaitu bio dan kimia. Bio berasal dari ilmu biologi yang berarti ilmu yang mempelajari makhluk hidup, baik yang multisel seperti manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan maupun unisel seperti mikroba. Sedangkan kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan materi dan energi serta hukum yang berlaku dalam perubahan tersebut.

### 1.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa dapat memahami tentang prinsip-prinsip biokimia, ciri-ciri materi hidup, metabolisme, dan prospek biokimia dalam kehidupan.

### 1.3. PENYAJIAN MATERI

#### *Materi Hidup*

Bila diperhatikan bahwa makhluk hidup yang sederhana saja disusun oleh zat-zat kimia misalnya dinding sel terdiri dari glikoprotein, membran terdiri fosfolipid, dan sitoplasma berisi air, mineral dan vitamin serta inti sel disusun oleh asam nukleat dan protein. Zat tersebut saling berinteraksi satu sama lain membentuk materi hidup atau biomolekul.

Bila dilihat ciri-ciri materi hidup sebagai berikut:

a. Terorganisasi dengan rapih.

Setiap bagian dari sel mempunyai fungsi masing-masing. Misalnya pada sel yang sederhana, dinding sel berfungsi melindungi isi sel dari pengaruh luar, membran berfungsi sebagai alat transportasi, inti sel berfungsi untuk reproduksi. Fungsi setiap bagian tersebut di atas tidak dapat

digantikan oleh yang lainnya.

b. Kemampuan untuk mengambil energi dari sekitarnya.

Makhluk hidup dari yang sederhana sampai yang multisel memerlukan energi untuk kehidupannya baik untuk bergerak, berkembang biak maupun aktifitas lainnya. Energi berasal dari makanan yang dikonsumsi berupa karbohidrat, lemak, protein.

c. Kemampuan untuk memperbanyak diri.

Makhluk hidup berkemampuan untuk memperbanyak diri untuk melanjutkan keturunannya. Inti sel yang tersusun dari asam nukleat dan protein berfungsi sebagai alat reproduksi.

*Metabolisme.*

Metabolisme adalah segala proses kimia yang terjadi dalam sel baik yang multi sel maupun unisel. Metabolisme dapat dibagi dua yaitu:

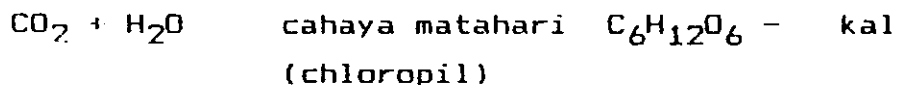
a. Anabolisme.

Anabolisme merupakan reaksi pembentukan molekul besar dari molekul kecil, membutuhkan energi, dan reaksinya reduksi.

b. Katabolisme

Katabolisme merupakan reaksi penguraian molekul besar menjadi molekul kecil, yang menghasilkan energi, dan reaksinya adalah oksidasi.

Pada peristiwa fotosintesa dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi diatas merupakan reaksi anabolisme dimana terjadi pembentukan molekul besar berupa karbohidrat dari molekul



Kecil berupa karbon dioksida dan molekul yang membutuhkan energi dan reaksi tersebut merupakan reaksi oksidasi.

Pada proses pencernaan bahan makanan, dimana terjadi penguraian dari karbohidrat dalam bentuk polisakarida dirubah oleh enzim amilase di lambung menjadi monosakarida, selanjutnya monosakarida dirubah lagi menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$  menghasilkan energi. Proses ini merupakan katabolisme.

### *Prospek biokimia dan kaitannya dengan ilmu lain*

#### *a. Hubungan dengan ilmu lainnya*

Ilmu biokimia berkaitan dengan ilmu lain misalnya ilmu biologi, ilmu fisika, ilmu kesehatan dan ilmu pertanian serta peternakan dan sebagainya.

Pada bidang biologi semua proses yang terjadi pada tumbuh-tumbuhan berkaitan dengan biokimia, seperti pembentukan karbohidrat dalam proses fotosintesa sehingga biokimia sangat erat hubungan fisiologi tumbuhan. Demikian pula pembentukan dan penguraian dari biomolekul pada hewan dan manusia berkaitan pula dengan fisiologi hewan dan manusia. Teori tentang pembentukan sel berhubungan dengan biosintesa protein maka biokimia berkaitan dengan genetika dan biologi sel. Selanjutnya pada proses pembentukan dan penguraian dari makromolekul pada mikroba seperti fermentasi glukosa menjadi alkohol, proses ini berkaitan dengan mikrobiologi. Semua proses di atas menjadi dasar dalam pengembangan ilmu pertanian, peternakan, kedokteran dan ilmu kesehatan.

#### *b. Hubungan dengan industri*

Pada saat sekarang ini banyak penerapan ilmu biokimia dalam industri. Bila dilihat dari kaitan di atas maka biokimia dapat diterapkan dalam industri pertanian baik pra dan pasca panen. Misalnya proses pencarian bibit unggul dan pemuliaan tanaman maupun pemberian zat tumbuh. Demikian

pula pencarian bibit unggul untuk ternak dengan teknik kloning gen merupakan penerapan dari jasa biokimia. Dalam bidang kesehatan pembuatan obat-obatan juga telah banyak menggunakan jasa bidang biokimia. Misalnya pembuatan hormon insulin, antibiotik ampisilin merupakan penerapan dari ilmu biokimia.

Apalagi saat sekarang ini telah banyak dikembangkan bioteknologi dalam peningkatan nilai tambah dari produk pertanian, peternakan dan kesehatan. Bioteknologi adalah pemafaatan ilmu biokimia dan biologi untuk meningkatkan nilai tambah dari suatu produk, baik berupa produksi pertanian, peternakan, obat-obatan maupun industri kimia lainnya.

#### 1.4. RANGKUMAN

Biokimia merupakan suatu ilmu yang mempelajari proses kimia yang terjadi dalam suatu sel baik yang unisel maupun multi sel. Sel disebut juga biomolekul (materi hidup) karena setiap bagian sel disusun oleh molekul. Ciri-ciri materi hidup adalah: (1) terorganisasi dengan rapih; (2) dapat mengambil energi dari sekitarnya; (3) dapat memperbanyak diri.

Proses kimia yang terjadi dalam sel hidup disebut dengan metabolisme. Metabolisme dapat dibagi atas: (1) anabolisme dan katabolisme. Biokimia berkaitan erat dengan ilmu lain seperti biologi dan fisika. Penerapan biokimia sangat banyak dalam bidang industri seperti industri farmasi, kesehatan, pertanian dan peternakan, serta industri kimia lainnya.

#### 1.5. LATIHAN

1. Jelaskan pengertian biokimia.
2. Terangkan ciri-ciri materi hidup, berikan contoh.
3. Apa yang dimaksud dengan metabolisme. Terangkan pula perbedaan antara anabolisme dan katabolisme.

## II. BIOMOLEKUL DAN SEL

### 2.1. PENGANTAR

Biomolekul merupakan molekul yang erat hubungan dan melibatkan diri dalam reaksi kimia pada sistem hidup. Biomolekul berperan menyusun bagian dari sel seperti dinding sel, membran sel, sitoplasma, dan inti sel.

Unsur kimia yang menyusun biomolekul tersebut dapat dikelompokkan atas unsur utama (makromolekul) dan unsur runutan (mikromolekul). Unsur utama terdiri dari C, H, O, N, Ca, P, K, S, Na, Mg dan Cl. Unsur utama ini terdapat dalam jumlah yang lebih besar dalam sel. Diantara unsur utama C, H, O, N, S dan P terdapat hampir 96 % dalam sel sebagai contohnya karbohidrat, lemak, protein dan asam nukleat. Sedangkan unsur runutan terdapat dalam jumlah yang kecil pada sel. yaitu Mn, Fe, Co, Cu, Zn, B, Al, V, Mo, I, Sr, Cr, Se dan Ni yang berupa mineral, vitamin, dan kofaktor, serta koenzim yang berikatan dengan unsur lain.

### 2.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa dapat memahami tentang biomolekul dan fungsi masing-masing dalam suatu sel, klasifikasi makhluk hidup dan ciri masing-masingnya, virus dan ciri-cirinya.

### 2.3. PENYAJIAN MATERI

#### *Biomolekul dan fungsinya*

Setiap biomolekul dalam sel berfungsi sesuai dengan komposisinya masing-masing.

#### a. Protein.

Protein dapat berfungsi sebagai enzim (amilase), alat transpor (haemoglobin), hormon (insulin) dan pembentuk mem-

bran.

b. Asam nukleat

Asam nukleat (DNA dan RNA) berfungsi sebagai informasi genetik dan senyawa penyimpan energi (ATP).

c. Polisakarida: senyawa polisakarida berfungsi sebagai sumber energi. dimana 1 gr karbohidrat menghasilkan 4 kkal. Energi cadangan berupa glikogen dapat disimpan dalam jaringan hati dan jaringan otot.

d. Lipid.

Lipid dapat berfungsi sebagai senyawa pembentuk membran (fosfolipid) dan sebagai sumber energi 1 gr lemak menghasilkan 9 kkal.

e. Air.

Air dapat berfungsi sebagai pelarut ion, garam dan mineral.

f. Mineral

Mineral berfungsi sebagai kofaktor, dan koenzim yang berikatan dengan senyawa lain.

g. Vitamin

Vitamin merupakan koenzim dan alat untuk pertahanan tubuh.

Seperti telah diterangkan pada bab sebelumnya bahwa semua sel disusun oleh biomolekul dan setiap saat mengalami kerusakan, maka biomolekul tersebut digunakan secara langsung dan disintesa lagi menjadi bagian yang dapat menyusun sel tersebut ataupun disimpan dalam tubuh makhluk hidup tersebut untuk digunakan pada saat diperlukan.

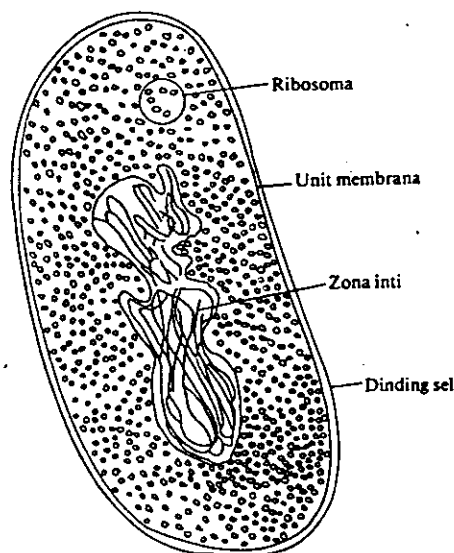
## Sel

Seperti telah dibicarakan pada bagian di atas bahwa sel adalah biomolekul. Organisme terdiri dari beribu-ribu jenis sel mulai dari uniseluler yang sederhana sampai multisel hewan tingkat tinggi. Apabila ditinjau segi tingkatan sel maka sel tersebut dapat dikelompokkan atas:

### a. Prokariot

Sel prokariot merupakan sel paling sederhana dari makhluk hidup.

Ciri dari sel prokariot : (1) sel relatif sederhana; (2) hidup tidak berkelompok; (3) sel berbentuk bulat, batang, spiral berdimensi dari 0,5 mikron - 3 mikron; (4) pertumbuhan cepat dengan membelah; (5) tidak ada membran internal. Sebagai contoh adalah *Escheria coli*. Bakteri ini didapat dalam usus manusia, yang telah diteliti secara luas dan mendalam. Banyak pengetahuan genetika yang berawal dari penelitian bakteri ini.



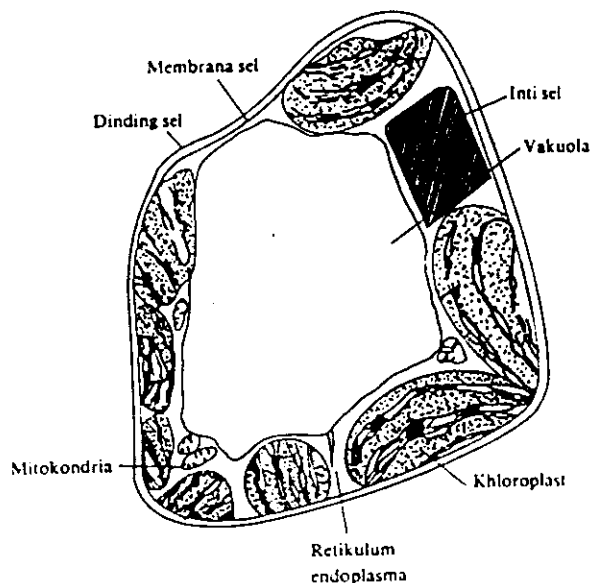
Gambar 2.1: *Escheria coli*

Dari gambar di atas jelas terlihat bahwa sel terdiri dari bagian yang sederhana saja yaitu dinding sel, unit membran, ribosom, dan zona inti.

*b. Sel eukariot*

Sel eukariot merupakan sel yang lebih kompleks pada makhluk hidup.

Ciri dari sel eukariot ini yaitu :(1) sel ini bentuknya lebih kompleks; (2) ukuran 1000- 10.000 kali lebih besar dari sel prokariot; (3) bentuknya bermacam-macam. Pada sel eukariot telah ada pembagian kerja yang cukup luas dan terpisah-pisah serta fungsi masing-masing.



Gambar 2.2: Sel tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi

Pada tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi khloroplas adalah suatu organel khusus yang melangsungkan proses fotosintesa. Sifat utama yang menonjol adalah dinding sel yang tebal dan vakuola besar. Inti sel dikelilingi oleh unit membran. Daerah membran dikenal sebagai organel-organel yang dapat mengkatalis reaksi dan penghasil energi utama dari sel yang disebut mitokondria. Pada sel eukariot terlihat bagian-bagian yang

lebih kompleks dibandingkan prokariot dan fungsinya juga lebih khusus.

### *Virus*

Virus bukan termasuk makhluk hidup, tetapi virus dapat hidup dan berkembang biak bila ada sel inang. Virus terdiri dari supramolekul protein dan asam nukleat.

Bakteriofage merupakan virus yang menginfeksi bakteri, yang ditemukan oleh Frederick W Twort di Inggris pada tahun 1915 dan Felix d' Harelle di Institut Pasteur 1917. Felix d' Harelle menamakan dengan bakteriofage (pemakan bakteri). Unsur yang lolos ke dalam bakteri (terinfeksi) tersebut bersifat parasit bagi bakteri. Karena bakteri merupakan sel inang yang sederhana dibandingkan hewan dan tumbuh-tumbuhan bagi fage maka bakteriofage lebih banyak diteliti dalam riset mikrobiologi, genetika. Sehingga bakteriofage menjadi model untuk mempelajari patogenis oleh virus.

### *Ciri-ciri umum*

Bakteriofage terdiri dari sebuah inti asam nukleat yang dikelilingi supramolekul protein. Bentuknya umumnya berekor yang berfungsi untuk menginfeksi asam nukleat pada sel inang. Ada dua jenis tipe bakteriofage yaitu tipe virulen dan tipe tenang (lisogenik).

### *Morfologi*

Dengan ditemukannya mikroskop elektron dimungkinkan dapat dilihat struktur dari virus bakterial. Semua virus bakterial mempunyai inti asam nukleat yang diselubungi oleh protein yang disebut dengan kapsid. Kapsid terdiri dari subunit protein yang dinamakan kapsomer yang tersusun dari protomer. Dari gambar terlihat bahwa bakteriofage terdiri dari satu kepala dan satu ekor.



Gambar 2.3 : Virus

#### 2.4. RANGKUMAN

Biomolekul terdiri dari berbagai macam senyawa seperti protein, enzim, asam nukleat, karbohidrat, lemak, asam nukleat, vitamin, mineral, dan hormon yang mempunyai fungsi masing-masing. Fungsi biomolekul tersebut tidak dapat diantikan oleh biomolekul lainnya.

Sel adalah bagian kecil dari makhluk hidup, yang dapat diklasifikasikan atas: prokariot dan eukariot. Kedua jenis sel ini mempunyai susunan sel yang khas. Virus merupakan suatu supramolekul yang terdiri asam nukleat yang dikelilingi oleh protein. Virus dapat hidup dan berkembang biak bila ada sel inang.

#### 2.5. LATIHAN

1. Jelaskan dengan ringkas biomolekul dan fungsi masing-masingnya.
2. Terangkan klasifikasi sel dan sebutkan ciri-cirinya.
3. Apa yang anda ketahui mengenai virus.



### III. ASAM AMINO DAN PROTEIN

#### 3.1. PENGANTAR

Protein berasal dari bahasa Yunani kuno yang berarti tingkat pertama, yang berarti bahwa protein merupakan zat utama dalam sel hidup. Istilah protein diperkenalkan pertama kali oleh Mulder pada tahun 1830, dan menerangkan peranan utama protein dalam sel hidup.

Protein merupakan bagian yang sangat penting karena fungsinya yang utama dalam sel seperti pembangun, sumber energi, pembawa informasi genetik (asam nukleat), katalis (enzim) dan lain-lain. Selanjutnya protein juga unsur utama selular meliputi 50 % dari berat kering sel.

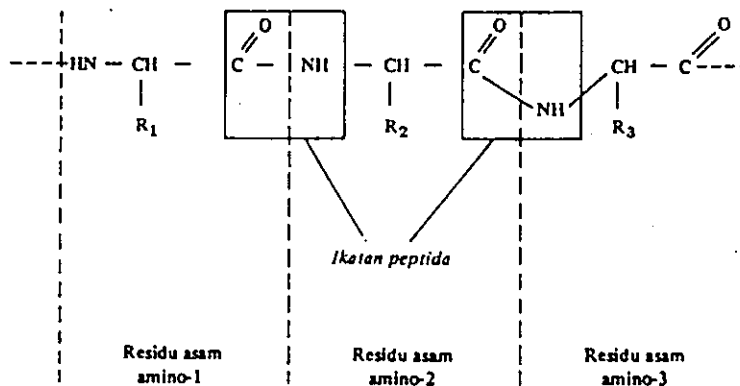
#### 3.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa dapat memahami tentang asam amino, struktur, klasifikasi dan sifat. Para mahasiswa dapat pula memahami tentang protein, organisasi dan struktur serta fungsi biologisnya

#### 3.1. PENYAJIAN MATERI

Ciri-ciri molekul protein adalah sebagai berikut:

1. Disusun oleh asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida.



Gambar 3.1 : Struktur peptida dan ikatan peptida

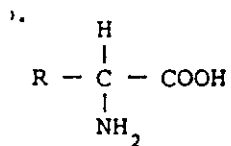
2. Disamping adanya ikatan peptida, pada protein terdapat ikatan kimia yang lain seperti ikatan sulfida, ikatan hidrogen antar peptida, ikatan hidrofobik, ikatan Van der Waal.

3. Protein mudah rusak oleh pengaruh pH, temperatur, pelarut organik. Ikatan di atas mudah putus, sehingga fungsi biologisnya akan rusak. Bila suatu protein enzim dipanaskan maka fungsinya sebagai enzim tidak berperan lagi.

4. Protein merupakan senyawa yang reaktif karena adanya gugus karboksil, amino, dan R yang dapat bereaksi dengan senyawa yang lain.

#### *Asam amino*

Asam amino merupakan monomer penyusunan protein yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Rumus umum asam amino adalah sebagai berikut:



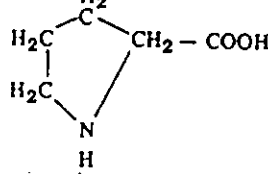
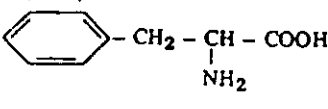
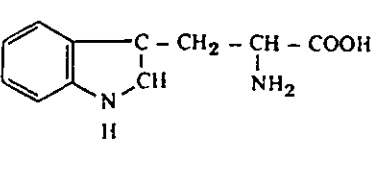
Gambar 3.2 : Struktur umum asam amino.

Asam amino penyusun protein yang terdapat di alam hanya 20 macam. Kedua puluh macam asam amino tersebut dikelompokkan berdasarkan atas : (a) muatan ; (b) kebutuhan.

#### *a. Klasifikasi asam amino berdasarkan muatan*

##### *1. Asam amino dengan R tidak mengutub*

Pada umumnya golongan ini lebih bersifat kurang polar, maka lebih sulit larut dalam air dibandingkan asam amino yang mengutub.

Nama asam amino	Rumus bangun
Alanina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Valina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Leucina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Isoleucina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Prolina	
Fenilalanina	
Triptofana	
Metionina	$\text{CH}_3 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2$

Gambar 3.3. Asam amino dengan R tidak menqutub

## 2. Asam amino dengan R menqutub bermuatan

Golongan ini mudah larut dalam air. karena R yang menqutub dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air.

Asam amino	Rumus bangun
Glisina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Serina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Treonina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Sisteina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Tirosina	$\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Asparagin	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Glutamina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$

Gambar 3.2: Asam amino dengan R menqutub bermuatan

### 5. Asam amino bermuatan negatif

Asam amino yang bermuatan negatif ini disebut juga asam amino asam, karena mempunyai 2 gugus karboksil dan mempunyai pK<sub>a</sub> 6.0 - 7.0.

Asam amino	Rumus bangun
Asam aspartat	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Asam glutamat	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$

Gambar 3.3: Asam amino bermuatan negatif

#### 4. Asam amino bermuatan positif

Asam amino bermuatan positif ini disebut juga asam amino basa, karena mempunyai gugus  $\text{NH}_2$ , dan pada umumnya pH 7 atau lebih besar dari 7.

Asam amino	Rumus bangun
Lisina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
Arginina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
Histidina	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad   \qquad \qquad   \\ \text{N} \quad \text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array}$

Gambar 3.4: Asam amino bermuatan positif

Disamping kedua puluh asam amino tersebut di alam terdapat beberapa asam amino lain: (1) asam amino yang membentuk protein; (2) tidak menyusun protein dan terdapat dalam keadaan bebas.

1. Asam amino yang jarang sebagai pembentuk protein

Asam amino	Rumus bangun
4-Hidroksiprolina	$  \begin{array}{c}  \text{OH} \\    \\  \text{HC} - \text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{COOH}  \end{array}  $
5-Hidroksilisina	$  \text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \overset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH}  $
Desmosina	$  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{H}_2\text{N} - \text{CH} \\    \\  (\text{CH}_2)_3 \\    \\  \text{HOOC} - \overset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - (\text{CH}_2)_2 - \text{C}_6\text{H}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \overset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH} \\    \\  (\text{CH}_2)_4 \\    \\  \text{H}_2\text{N} - \text{CH} \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $
Isodesmosina	$  \begin{array}{c}  \text{NH}_2 \\    \\  \text{HOOC} - \text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{C}_6\text{H}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \overset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH} \\    \\  (\text{CH}_2)_3 - \overset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2 \\    \\  (\text{CH}_2)_4 \\    \\  \text{H}_2\text{N} - \text{CH} \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $

Gambar 3.5: Asam amino yang jarang sebagai pembentuk protein

2. Asam amino tidak penyusun protein dan terdapat dalam keadaan bebas.

Senyawa ini mempunyai fungsi yang penting sebagai sumber atau sebagai senyawa antara dalam metabolisme. Asam amino ini terdapat dalam keadaan bebas dan juga dapat berupa derivat dari asam amino misalnya sitrulin, ornitin, dan beta alanin, kanavanin, dan asam jengkolat.

Asam amino	Rumus bangun
$\beta$ -alanina	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Sitrulina	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}} - \text{NH} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
Ornitina	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
Kanavanina	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{NH}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{NH} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
Asam jengkolat	$\text{HOOC} - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
$\beta$ -sianoalanina	$\text{N} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$

Gambar 3.6. Asam amino yang terdapat dalam keadaan bebas dan tidak penyusun protein.

#### b. Klasifikasi asam amino berdasarkan kebutuhan

Berdasarkan kebutuhan asam amino dibagi atas 2 kelompok yaitu: (1) asam amino esensial: (2) asam amino non esensial.

##### (1) Asam amino esensial

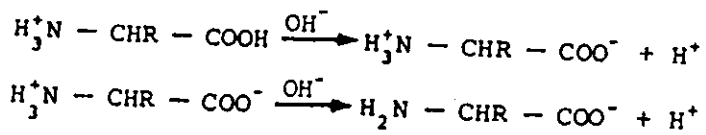
Asam amino esensial adalah asam amino yang diperlukan tubuh, tapi tubuh tidak dapat mensintesisnya. Yang termasuk asam amino kedalam kelompok ini adalah : arginin, histidin, isoleusin, lisin, valin, meteonin, fenilalanin, treonin, dan triptopan. Asam amino ini sangat besar manfaatnya bagi bayi

kekurangan dari asam amino ini akan mengganggu perkembangan. Pada bayi kebutuhan asam amino ini biasanya diambil dari susu ibu atau dari susu kaleng.

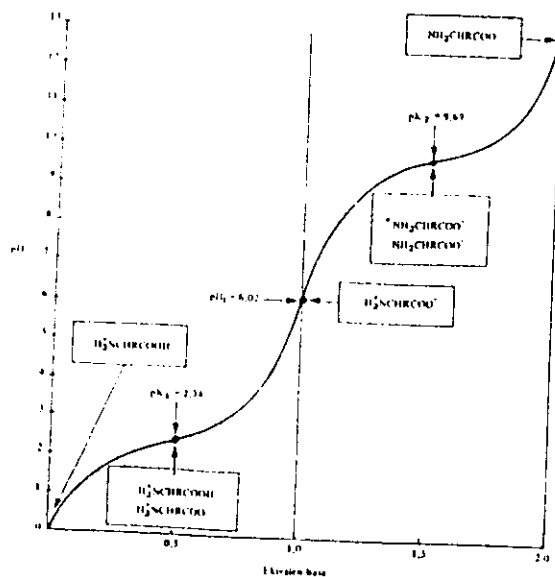
(2) Asam amino non esensial adalah asam amino yang diperlukan tubuh, tapi tubuh dapat mensintesa. Yang termasuk kelompok ini adalah alanin, prolin, asparagin, sistein, glutamin, serin, glisin, tirosin, asam aspartat, dan asam glutamat.

### Sifat asam dan basa asam amino

Sifat asam dan basa asam amino terjadi karena adanya gugus fungsional COOH dan NH<sub>2</sub> yang terdapat dalam asam amino. Suatu asam amino akan terprotonisasi sempurna dalam air menghasilkan H<sup>+</sup> dan dapat dititrasi dengan basa. Misalnya alanin merupakan asam berbasa dua, dalam air akan terprotonisasi hila dititrasi sempurna dengan basa. Titrasi dengan basa dapat digambarkan dengan reaksi:



Kurva titrasi dari alanin dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.7 : Kurva titrasi asam amino dengan basa



Setiap kali asam amino ini terprotonisasi akan menghasilkan  $H^+$  dan menghasilkan harga  $pK$  tertentu, maka didapat harga  $pk_1$  dan harga  $pk_2$ . Pada suatu keadaan tertentu bila asam amino ini diletakkan pada medan listrik tidak terjadi pergerakan ion, karena muatan positif dan muatan negatif sama. Titik ini disebut dengan titik isoelektrik.  $pH$  pada harga tersebut dikenal dengan  $pH$  isoelektrik ( $pHi$ ). Harga  $pH$  isoelektrik dari tiap-tiap asam amino adalah:

$$pH_i = 1/2 (pk_1 + pk_2).$$

Untuk alanin  $pk'$  kedua tingkat disosiasi terletak cukup berjauhan. Pada  $pk'_1$  adalah 2,34 dan nilai  $pk'_2$  9,69. Dari rumus di atas didapat harga  $pHi = 6,02$ . Pada saat itu tidak terjadi pergerakan ion bila asam amino diletakkan pada medan listrik, maka harga  $pH_i$  alanin adalah 6,02. Harga  $pH_i$  ini khas untuk setiap asam amino.

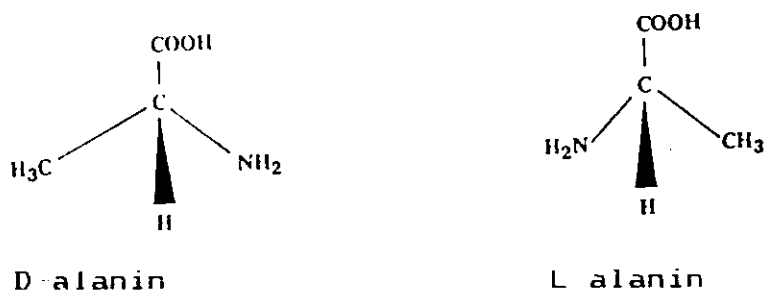
Harga  $pk_1$  dan  $pk_2$  dari asam amino dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1: Beberapa harga  $pk_1$  dan  $pk_2$  dari asam amino

Asam amino	$pk_1$ gugus COOH	$pk_2$ gugus $NH_3$
Glisin	2,34	9,6
alanin	2,34	9,69
lisin	2,36	9,6
serin	2,21	9,15
treonin	2,63	10,43
glutamin	2,17	9,12

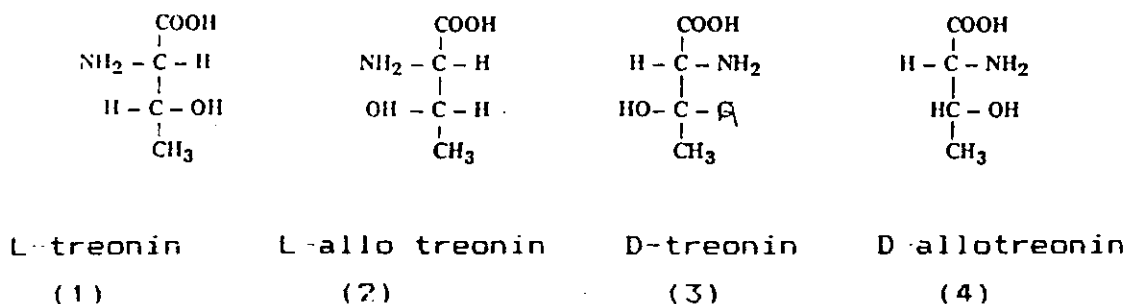
### Stereokimia asam amino

Umumnya asam amino bersifat optik aktif, kecuali glisin karena asam amino mempunyai atom C asimetris (C\*) yaitu atom dimana keempat tangannya diikat oleh atom yang berbeda. Akibatnya asam amino mempunyai bermacam bentuk isomer. Banyak isomer dari asam amino tergantung pada banyak jumlah atom C\* dengan rumus  $2^n$ . Misalnya alanin dengan 1 atom C\* mempunyai 2 bentuk isomer yaitu D alanin dan L alanin. Pemberian nama D dan L tergantung dari letak gugus  $\text{NH}_2$ . bila gugus  $\text{NH}_2$  berada pada posisi kanan diberi nama D-alanin, sedangkan bila  $\text{NH}_2$  berada pada posisi sebelah kiri diberi nama L-alanin seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.8 : Stereokimia dari alanin

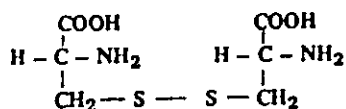
Sedangkan treonin dengan 2 atom C\* mempunyai 4 bentuk isomer dengan stereoisomer seperti dibawah ini:



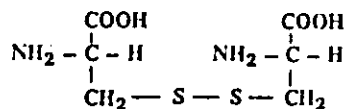
Gambar 3.9 : Stereokimia dari treonin

Pemberian nama isomer tetap mengikuti pola di atas. tetapi pada bentuk 2 dan 4 kedua senyawa ini merupakan bayangan cermin, maka namanya ditambah dengan allo.

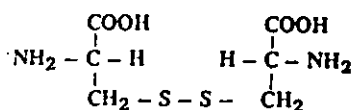
Khusus untuk sistein senyawa ini mempunyai 2 atom C\*. seharusnya mempunyai 4 isomer. tetapi karena 2 struktur kimianya mempunyai bentuk yang sama, maka isomer menjadi 3 seperti gambar dibawah ini.



L-sistein



D-sistein



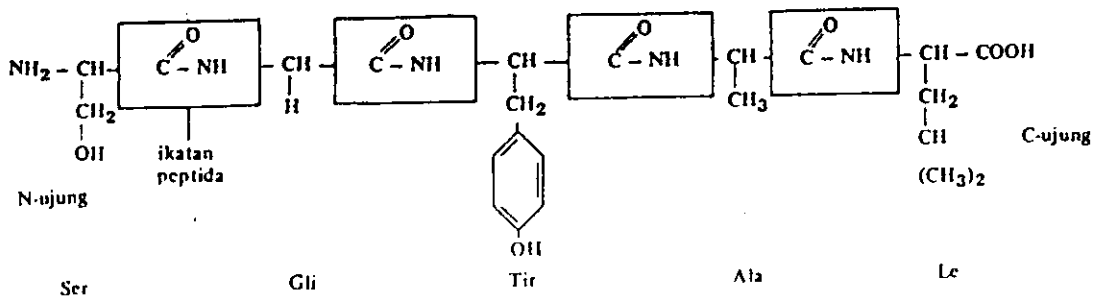
meso sistein

Gambar 3.9 : Stereokimia dari sistein

Bentuk ketiga dimana sebelah kiri dan sebelah kanan merupakan bayangan cermin, maka diberi nama dengan meso sistein.

### Protein

Protein merupakan gabungan dari peptida. Peptida adalah polimer dari asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Peptida dapat berupa oligopeptida (2 - 10) asam amino, polipeptida yaitu 11 sampai ratus bahkan ribuan asam amino. Penamaan peptida didasarkan pada komponen asam amino yang menyusunnya. kemudian asam amino berikutnya akhirnya dianti dengan akhiran il dan asam amino akhir namanya tetap seperti semula sebagaimana terlihat pada contoh dibawah ini.



Gambar 3.10 : Peptida sederhana

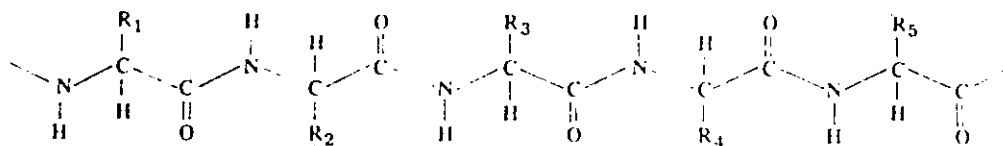
Peptida di atas diberi nama seril-glisil-tirosil-alanil-leusin.

#### Struktur dari peptida

Struktur peptida dapat dibagi atas 4 macam yaitu struktur primer, struktur skunder, struktur tertier, dan struktur kuartener.

#### 1. Struktur primer.

Struktur primer peptida ini jarang didapatkan di alam, tetapi struktur ini terjadi karena adanya ikatan peptida antara asam amino pertama dengan asam amino yang berikutnya.



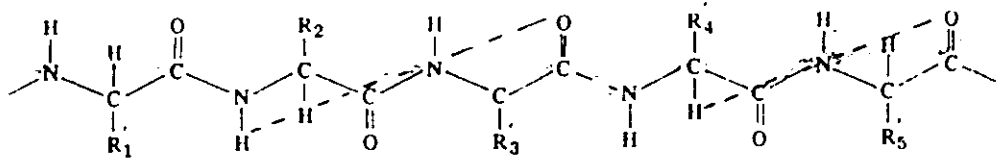
Gambar 3.11 : Struktur primer peptida

Struktur ini merupakan struktur yang cukup kuat sehingga untuk sulit diputuskan karena ikatannya berupa ikatan kova-

len. kecuali dengan hidrolisa asam yang kuat seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

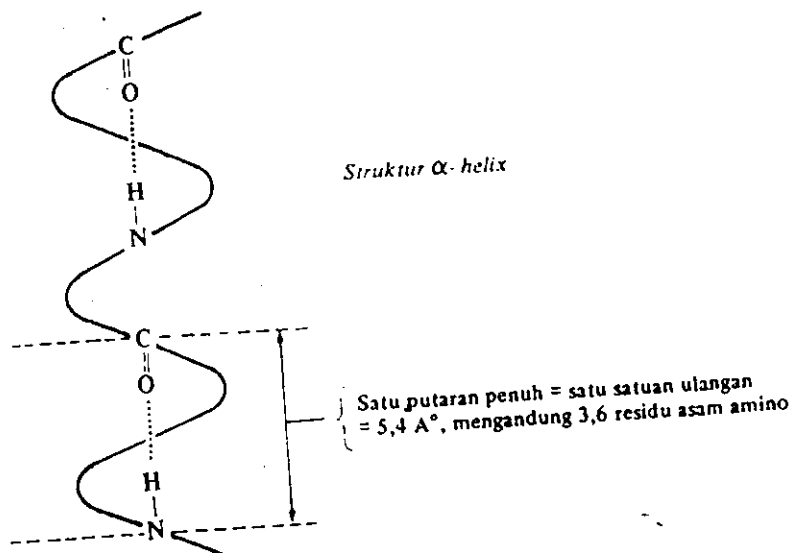
## 2. Struktur skunder

Struktur skunder peptida terjadi karena adanya ikatan hidrogen antara asam amino yang pertama dengan asam amino yang ketiga atau paling kurang melewati 1 asam amino lainnya. bisa 1 dengan 3, 1 dengan 4, 1 dengan 5 dst.



Gambar 3.12 : Struktur skunder protein

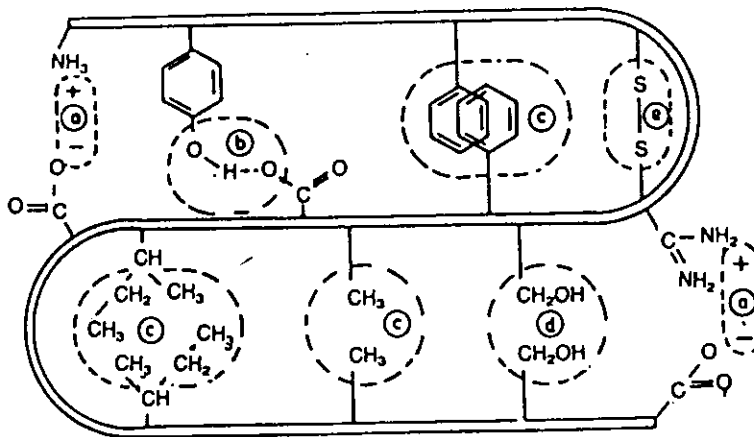
Akibat adanya ikatan hidrogen antara asam amino 1 dengan 3 dan berikutnya maka struktur skunder berbentuk helik atau zig zag.



Gambar 3.12 : Struktur skunder dalam bentuk helik

### Struktur tersier

Struktur tersier peptida merupakan struktur yang lebih kompleks, merupakan gabungan dari struktur sekunder. Di alam, struktur ini paling banyak ditemukan. Struktur ini sangat kompak, karena selain adanya ikatan peptida, ikatan hidrogen, juga didapatkan ikatan yang lain dengan struktur seperti gambar dibawah ini:



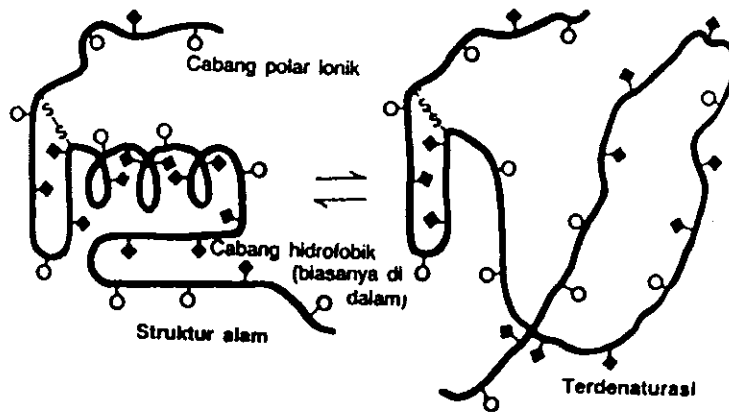
Gambar 3.13 : Struktur tertier protein

#### Keterangan:

- Ikatan elektrostatis
- Ikatan hidrogen rantai samping
- Ikatan hidrofobik
- Ikatan hidrofilik
- Ikatan disulfida

Walaupun strukturnya sangat kompak tetapi mudah rusak oleh pengaruh perubahan pH, perubahan temperatur dan pelarut organik. Maka kerusakan protein sewaktu denaturasi dan koagulasi dihubungkan dengan kerusakan struktur ini. Kerusakan oleh panas tidak menyebabkan perubahan kadar gizi protein, tetapi menyebabkan kerusakan fungsi biologisnya. Misalnya suatu enzim yang bekerja maksimum pada temperatur optimum 37

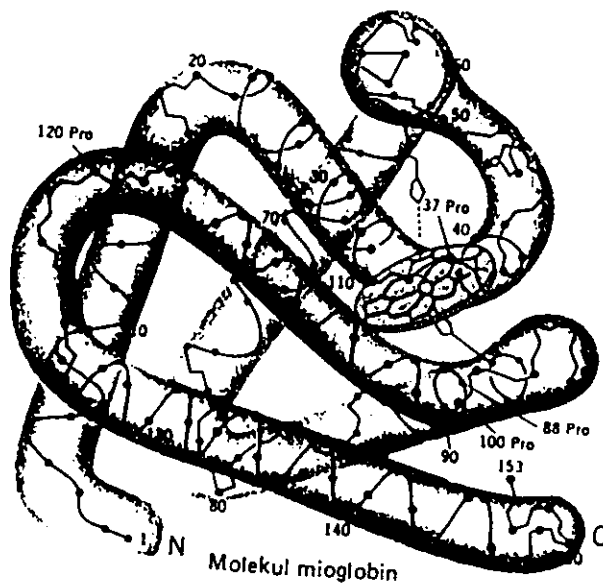
o C. bila dilakukan pemanasan di atas suhu tersebut maka akan terjadi penurunan aktivitasnya, sehingga fungsinya sebagai katalis tidak optimum lagi.



Gambar 3.14 : Proses denaturasi protein

### Struktur Kuartener

Struktur kuartener peptida merupakan suatu gabungan yang lebih kompleks dari struktur tertier.



Gambar 3.15 : Struktur mioglobin

## *Fungsi biologis protein*

### 1. Enzim

Semua reaksi kimia dalam sel hidup dikatalis oleh enzim, misalnya enzim lipase, amilase, dan protease.

### 2. Protein penggerak.

Aktin merupakan unsur filamen bergerak pada miofibril dan miosin merupakan unsur filamen tak bergerak pada miofibril.

### 3. Protein pengangkut.

Haemoglobin merupakan suatu protein yang membawa oksigen dalam darah manusia untuk proses pembakaran.

### 4. Protein sebagai alat pertahanan tubuh

Antibodi berfungsi mencegah antigen yang akan masuk ke dalam tubuh. Antigen akan dikomplekkan oleh antibodi akan dikeluarkan dari tubuh.

### 5. Protein hormon

Insulin berfungsi sebagai pengatur metabolisme glukosa, dan hormon pertumbuhan mengatur pertumbuhan tulang.

### 6. Protein bersifat racun

Racun yang dihasilkan oleh *Clostridium botulinum* menyebabkan keracunan pada bahan makanan. Racun ular iuna berupa protein yang mematikan pada manusia.

### 7. Protein cadangan

Ovalbumin merupakan protein yang terdapat pada putih telur, feritin merupakan protein cadangan pada limpa, dan zein merupakan protein cadangan pada jagung.



### 3.4. RANGKUMAN

Asam amino monomer merupakan unit pembentuk protein. Antara monomer dihubungkan oleh ikatan peptida. Di alam banyak sekali jenis asam amino, tetapi asam amino yang menyusun protein hanya 20 macam. Asam amino terdiri dari gugus karboksil, amina dan gugus alkil (R). Berdasarkan gugus alkilnya asam amino diklasifikasi atas: asam amino dengan R tidak menutup, asam amino menutup tak bermuatan, asam bermuatan negatif (asam amino asam) dan asam amino bermuatan positif (asam amino basa). Sedangkan asam amino berdasarkan kebutuhan tubuh dapat dikelompokkan atas asam amino esensial dan non esensial. Setiap protein dan asam amino mempunyai pH isoelektrik masing-masing yang merupakan ciri khasnya.

Struktur protein dapat dikelompokkan menjadi : (1) Struktur primer; (2) Struktur sekunder; (3) struktur tertier; (4) struktur kuartener. Di alam struktur protein yang paling banyak ditemukan adalah struktur tertier dan kuartener.

Protein sangat banyak fungsi biologisnya yaitu sebagai: (1) enzim; (2) pengangkut; (3) penggerak; (4) protein antibodi; (5) protein pelindung; (6) protein racun; (7) cadangan.

### 3.5. LATIHAN

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan protein.
2. Jelaskan pengelompokan asam amino berdasarkan muatan dan kebutuhan.
3. Apa yang dimaksud dengan struktur tertier protein. gambarkan strukturnya.
4. Jelaskan beberapa fungsi biologis protein yang anda ketahui.

## IV. ENZIM

### 4.1. PENGANTAR

Enzim adalah protein yang merupakan yang dapat mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam sel hidup, baik yang unisel maupun multisel. Enzim didalam biokimia dikenal juga dengan biokatalis.

Dari perkembangannya enzim telah lama dikenal yaitu lebih kurang 200 tahun yang lalu. Dalam proses pembuatan anggur teknologi enzim telah lama dikenal, namun belum diketahui fungsinya secara lengkap. Pada tahun 1860 Pasteur memperkirakan bahwa pembuatan anggur dikatalis oleh enzim yang terdapat pada sel ragi. Kemudian Buchner pada tahun 1897 berhasil mengisolasi enzim dari sel ragi tersebut. Pada tahun 1926 Sumner berhasil mengisolasi enzim urease dari kacang. Pada tahun 1926 - 1930 Northrop berhasil pula mengisolasi enzim pepsin, tripsin dan kimotripsin. Sampai saat sekarang telah beribu-ribu enzim yang ditemukan dari berbagai sumber, baik dari mikroba, tumbuh-tumbuhan, hewan maupun dari tubuh manusia. Bahkan sejak tahun 1978 telah berkembang teknologi enzim, dimana enzim dapat digunakan diluar sel untuk industri pangan, obat-obatan pertanian, dan peternakan. Teknologi yang cukup baru adalah amobilisasi enzim. Amobilisasi enzim adalah pengalokasian enzim pada suatu tempat tertentu sehingga dapat digunakan berulang kali, tanpa kehilangan aktivitas yang berarti selama pemakaiannya.

### 4.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa memahami tentang pengertian enzim, kelebihan enzim dibandingkan katalis biasa, dasar-dasar reaksi kimia enzim yaitu termodinamika dan kinetika, dan klasifikasi dari enzim berdasarkan CEIUB, serta aktivitas dan karakteristik suatu enzim.

### 4.3. PENYAJIAN MATERI

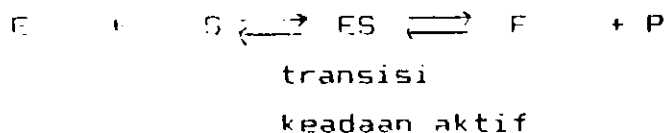
Kelebihan enzim dibandingkan katalis biasa.

Dibandingkan katalis biasa seperti Ni dan Pt, enzim mempunyai kelebihan yaitu: (a) Dapat meningkatkan laju reaksi enzim dengan sangat tinggi beribu kali dari katalis biasa; (b) Enzim bekerja sangat spesifik dan selektif. Suatu enzim hanya akan mengkatalis substrat tertentu. Pada suatu tablet pencernaan yang berisi enzim amilase, lipase, dan protease bila diberikan substrat lemak maka hanya enzim lipase akan bekerja menghidrolisa lemak, sedang amilase dan protease tidak bekerja; (c) Enzim bereaksi pada suhu yang relatif rendah dan pH yang relatif netral. Pada umumnya enzim bekerja pada suhu diantara 20 - 60 °C, dan pH dari 5 - 7.5.

*Dasar reaksi enzim*

#### a. Termodinamika

Hubungan termodinamika dengan reaksi enzim ini adalah seberapa banyak energi yang diperlukan untuk berlangsungnya reaksi enzim ini.



Untuk mencapai keadaan aktif diperlukan energi pengaktifan, sehingga terhentuk ES (komplek enzim-substrat), dan ES akan berubah menjadi C tambah produk (P). Sebagai mana kita ketahui energi pengaktifan adalah jumlah energi yang diperlukan molekul tertentu untuk membawa molekul tersebut dalam keadaan aktif. Sesuai dengan Hukum Termodinamika III adalah:

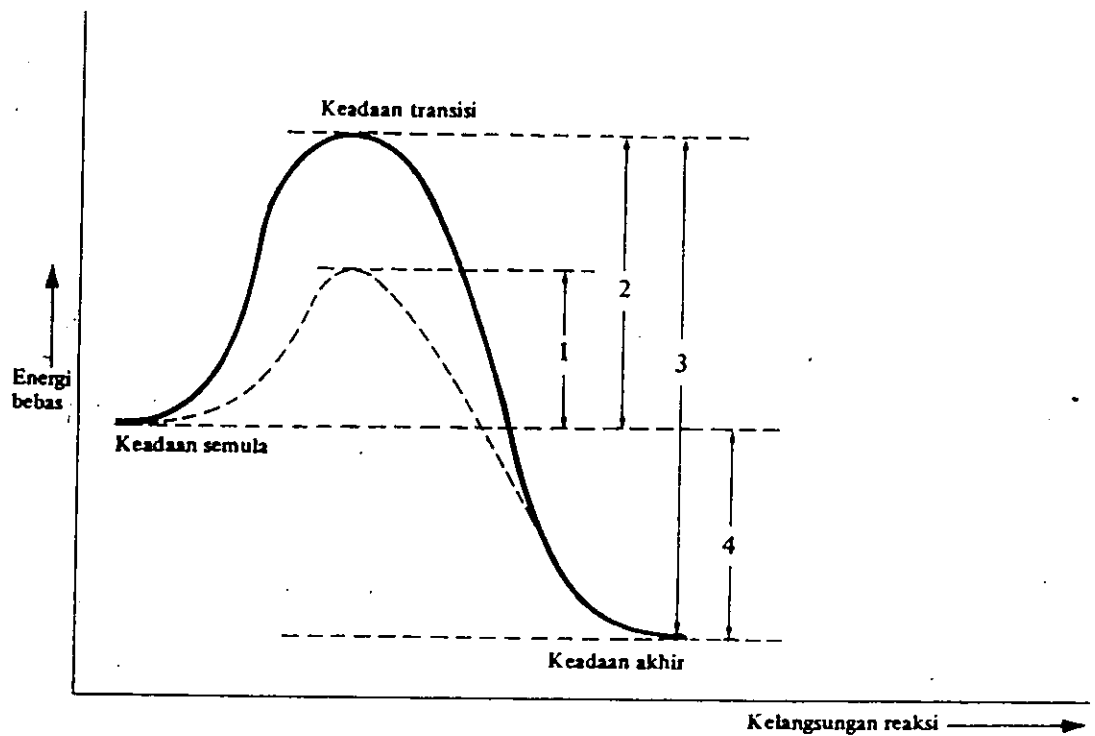
$$\Delta G = \Delta H + T\Delta S$$

$\Delta G$  = energi pengaktifan

$\Delta H$  = enthalpi

T = temperatur (°K)

$\Delta S$  = entropi.



Gambar 4.1 : Grafik energi reaksi kimia menggunakan katalis

Keterangan:

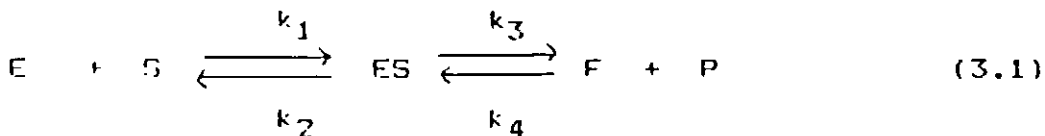
1. Energi bebas pengaktifan suatu reaksi menggunakan katalis.
2. Energi bebas pengaktifan reaksi kimia tanpa katalis enzim
3. Energi bebas pengaktifan reaksi kebalikan.
4. Perubahan energi bebas reaksi keseluruhan.

Dari grafik di atas terlihat bahwa enzim dapat memperkecil energi bebas pengaktifan dibandingkan tanpa katalis. Suatu reaksi enzim akan berlangsung pada temperatur tertentu yang dikenal dengan temperatur optimum. Enzim dari sumber yang berbeda bekerja pada suhu yang berbeda pula. Misalnya enzim amilase dari mikroba yang berbeda akan bekerja pada temperatur yang berbeda pula.

Fungsi enzim akan mempercepat reaksi kimia berlangsung untuk mencapai keadaan transisi, tetapi dapat menurunkan energi pengaktifan.

### Kinetika reaksi enzim

Bila dilihat reaksi enzim sama dengan reaksi kimia biasa. Reaksi enzim



E = enzim, S = substrat, ES = keadaan transisi dari ES, P = produk.

Analisa kuantitatif kinetika reaksi enzim dapat dilakukan dengan dua azas pendekatan: (1) azas keseimbangan menurut Michaelis-Menten; (2) Azas teori tunak (steady state theory) menurut Briggs-Haldane.

Pendekatan keseimbangan menurut Michaelis-Menten:

Konstanta disosiasi  $\frac{(E)(S)}{(ES)}$  = ..... lihat persamaan (3.2)

Konsentrasi dalam keadaan seimbang adalah (E), (S), (ES). Jika konsentrasi enzim mula-mula adalah (E<sub>0</sub>), maka konsentrasi enzim bebas yaitu:

$$[C] = [E_0] - [CS] = [E_0] - (P) \quad (3.3)$$

Jika persamaan (3.3) dimasukkan ke dalam persamaan (3.2),  
didapat:

$$K_m = \frac{[F_0] - (P)(S)}{(P)} \quad \text{atau} \quad K_m = \frac{[E_0] - (ES)(S)}{(ES)} \quad (3.4)$$

$$K_m (FS) = [F_0] (S) - (ES)(S)$$

$$(FS) = \frac{[E_0] (S)}{K_m + (S)} \quad (3.5)$$

Laju reaksi  $v = k_3 (FS)$ , sehingga bila persamaan (3.5)  
dimasukkan kedalamnya diperoleh:

$$v = \frac{k_3 [F_0] (S)}{K_m + (S)} \quad \text{atau}$$

$$v = \frac{k_3 [E_0]}{K_m + 1} (S) \quad (3.6)$$

Bila konsentrasi substrat cukup besar sehingga semua enzim  
terikat dalam bentuk (ES), maka didapat laju reaksi  $v_{maks}$

$$v_{maks} = k_3 (C_0) \quad (3.7)$$

Bila persamaan (3.6) dibagi dengan persamaan (3.7) maka didapat:

$$v = \frac{v_{maks} (S)}{K_m + (S)} \quad (3.8)$$

Keterangan:

- v = kecepatan reaksi
- v<sub>maks</sub> = kecepatan reaksi maksimum
- (S) = konsentrasi substrat
- K<sub>m</sub> = Konstanta Michaelis-Menten

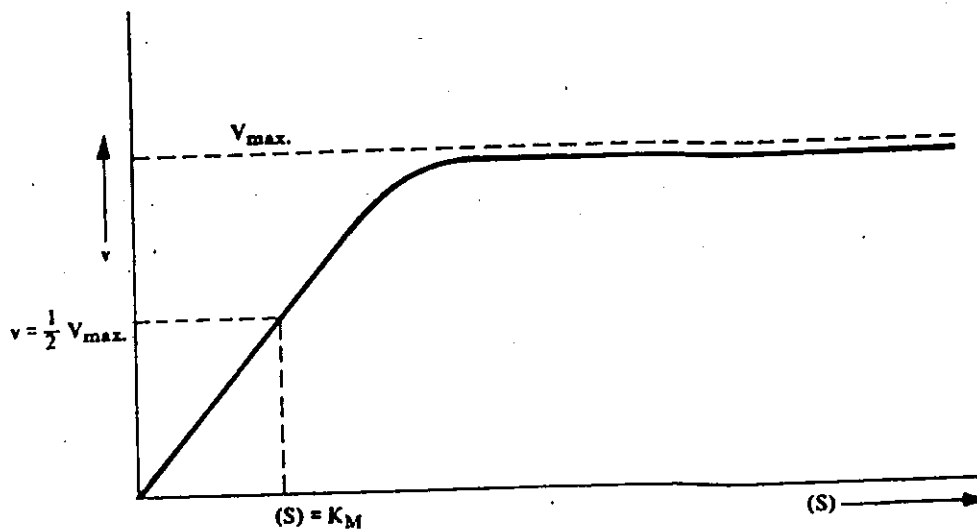
Persamaan (3.8) adalah Persamaan Michael-Menten yang berhubungan laju reaksi enzim dan konsentrasi bila V<sub>maks</sub> atau K<sub>m</sub> diketahui.

Pada keadaan luar biasa . apabila  $v = 1/2 v_{maks}$ . sehingga

$$1/2 v_{maks} = \frac{v_{maks} \cdot (S)}{K_m + (S)} \quad (3.7)$$

Bila persamaan di atas diteruskan maka didapat  $K_m = 1/2 V_{maks}$   
 Harga K<sub>m</sub> akan sama dengan konsentrasi substrat pada waktu laju reaksi sama dengan setengah dari laju reaksi maksimum. Satuan K<sub>m</sub> adalah mol/liter. Persamaan di atas dapat dilihat pada grafik berikut:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_{maks}} + \frac{K_m}{v_{maks} \cdot S}$$



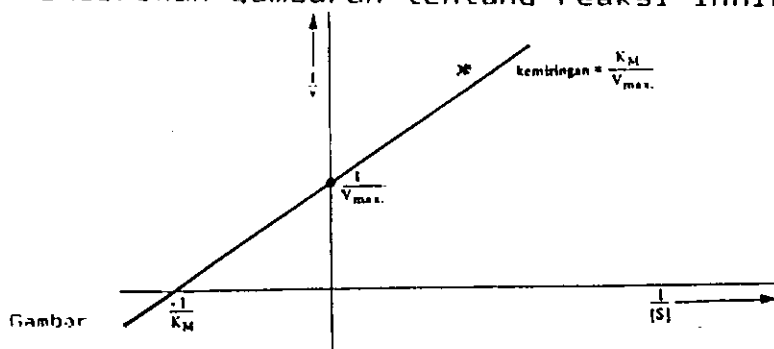
Gambar 4.2. : Hubungan antara laju reaksi dengan kosentrasi substrat menurut persamaan Michaelis Menten.

#### Transformasi Persamaan Michaelis Menten

Dila kedua bagian persamaan tersebut dibalik maka dihasilkan persamaan Lineweaver-Burk yang dapat pada grafik berikut:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_{maks}} + \frac{K_m}{v_{maks}} \cdot \frac{1}{S}$$

Persamaan di atas merupakan persamaan Lineweaver-Burk yang memberikan gambaran tentang reaksi inhibisi enzim.



Gambar : Grafik Lineweaver- Burk



Pendekatan teori tunak menurut Brigg Haldane

Pada dasarnya pendekatan teori tunak ini berhunungan dengan laju reaksi pembentukan kompleks ES sama dengan laju reaksi penguraian ES menjadi P dan E (3,1).

Dalam keadaan tunak bertambahnya ES per-satuan waktu adalah nol.

Jadi hasilnya adalah:

$$v = \frac{v_{maks} (S)}{K_{BH} + (S)}$$

Bila dilihat analisa dengan cara pendekatan di atas menghasilkan persamaan yang mirip dengan Michaelis- Menten.

#### *Penamaan dan klasifikasi enzim*

Suatu enzim dapat diberi nama berdasarkan nama trivial dan nama sistematis. Nama trivial adalah nama dagang misalnya enzim tripsin, glukoamilase, lipase dan bromelein. Nama tersebut umum digunakan dalam perdagangan, namun belum dapat menentukan apa jenis reaksi yang dikatalisnya. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dilihat dari nama sistematisnya.

Penamaan suatu enzim sistematis dibuat oleh suatu Per-satuan Biokimia Internasional (Commision on Enzymes of the International Union of Biochemistry = CEIUB). Penamaan ini didasarkan pada macam reaksi yang dikatalis, maka dalam hal ini enzim dapat dikelompokkan atas:

- a. Oksidoreduktase adalah enzim yang berfungsi mengkatalis reaksi oksidasi dan reduksi.
- b. Hidrolase yaitu enzim yang mengkatalis reaksi hidrolisa.
- c. Transferase berperan dalam reaksi pemindahan gugus.
- d. Liase berperan dalam reaksi addisi
- e. Isomerase berperan dalam reaksi isomer

f. Lioase berperan dalam reaksi pembentukan ikatan dengan melibatkan energi.

#### *Aktivitas dan karakteristik enzim*

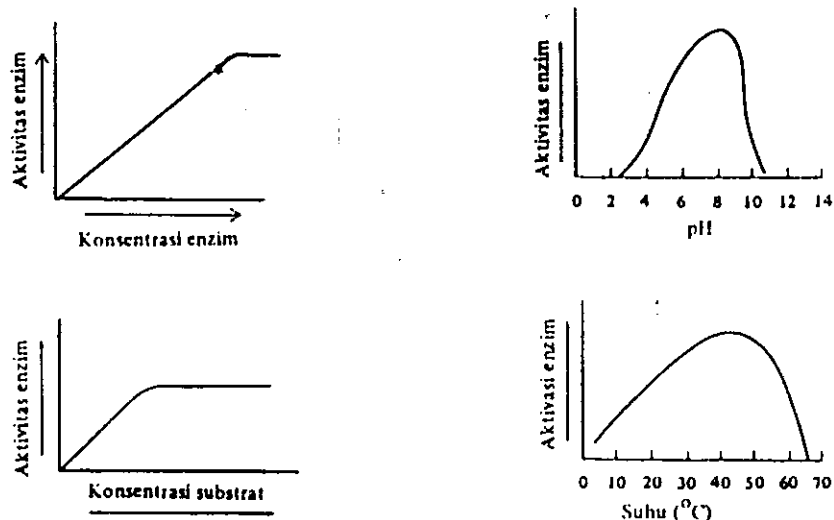
Satu unit enzim atau aktivitas enzim adalah sejumlah enzim yang dapat mengkatalis 1 mikromol substrat per satuan waktu (detik atau menit) pada kondisi reaksi yang tertentu (pH dan temperatur).

Disamping itu aktivitas enzim dapat juga didefinisikan sebagai kemampuan enzim untuk dapat mengkatalis substrat tertentu yang sebanding dengan produk yang dihasilkan per satuan waktu pada kondisi reaksi tertentu.

Sebagai contoh adalah enzim lipase dapat dilakukan dengan 2 macam cara pengukuran aktivitas yaitu : (1) Kemampuan enzim yang dapat mengkatalis 1 mikromol triqliserida pada kondisi reaksi tertentu; (2) Kemampuan enzim yang dapat mengkatalis substrat qliserida yang sebanding dengan KOH atau NaOH 0.5 N yang digunakan untuk mentitrasi asam lemak yang dihasilkan pada kondisi reaksi tertentu.

Pada penelitian isolasi enzim, aktivitas spesifik sering digunakan untuk melihat kemurnian suatu enzim dibandingkan dengan enzim murni. Aktivitas spesifik adalah aktifitas dibagi dengan kadar protein enzim.

Setiap enzim mempunyai karakteristik yang berbeda. Enzim yang sama dari sumber yang berbeda mempunyai karakteristik berbeda pula. Karakteristik enzim ada sebagai berikut: (1) konsentrasi enzim; (2) konsentrasi substrat; (3) pH dan temperatur ; (4) aktivator dan inhibitor. Karakteristik tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.3 : Karakteristik enzim.

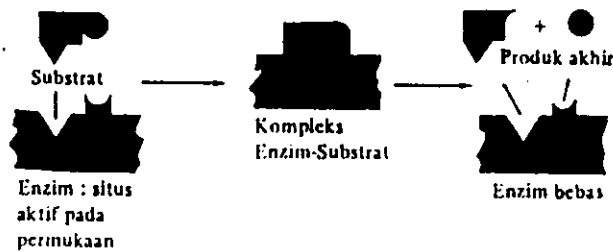
Dalam penggunaan enzim terutama enzim yang murni terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi enzim dengan aktivitas. Namun pada suatu konsentrasi tertentu, semua substrat telah habis berubah menjadi produk maka aktivitas akan cenderung menurun.

Pengaruh konsentrasi substrat terdapat secara linier juga. Kemudian semua substrat telah berubah menjadi produk maka aktivitas akan tetap dan selanjutnya aktivitas akan cenderung menurun.

Penelitian di bidang enzim baik isolasi maupun amobilisasi, karakteristik sangat penting untuk ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena untuk mendapatkan aktivitas enzim yang optimum maka kondisi optimum harus ditentukan lebih dahulu.

#### *Mekanisme reaksi enzim*

Mekanisme reaksi enzim sulit diramalkan, karena begitu kompleksnya molekul yang berperan, tetapi dapat dilakukan pendekatan dengan teori: "lock and key" (gembok dan kunci) dan "induction fit" (penekanan gugus aktif pada enzim).



Gambar 4.4 : Reaksi reaksi enzim menurut pendekatan Lock and Key.

Mekanisme enzim dengan pendekatan Lock and Key yaitu dengan menganggap substrat sebagai anak kunci mempunyai quous fungsi yang sesuai dengan sisi aktif (actived side) dari enzim, sehingga reaksi langsung terjadi. Sedangkan mekanisme induced feed yaitu substrat mempunyai quous fungsi yang berbeda dengan sisi aktif adari enzim, tetapi quous fungsi dari substrat ini akan menekan quous aktif enzim sehingga terjadi kesesuaian antara kedua quous tersebut sehingga reaksi berlangsung.

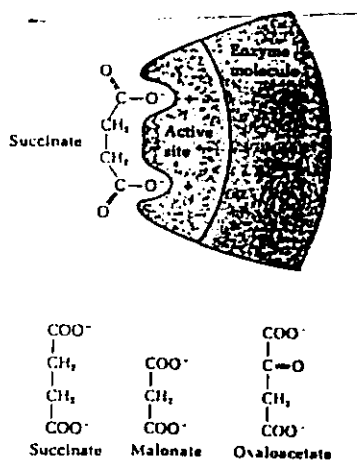
#### *Inhibisi reaksi enzim*

Inhibisi reaksi enzim merupakan kontrol dari reaksi enzim dalam sel. Jenis reaksi inhibisi dapat dibagi atas reaksi kompetitif (hersaino) dan non kompetitif (tidak bersaino). Prosesnya dapat berlangsung secara revesibel dan irriversibel. Inhibisi reaksi enzim dapat diukur secara kualitatif dengan menggunakan persamaan Michael Menten.

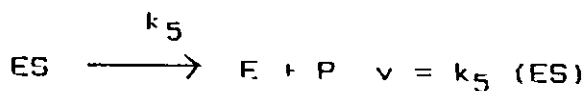
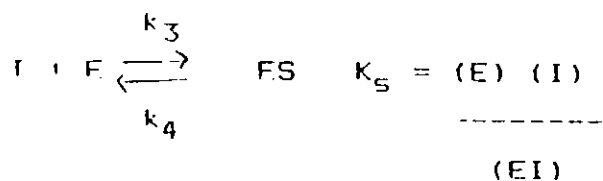
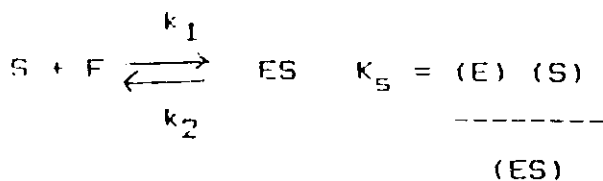
#### Reaksi inhibisi kompetitif

Reaksi inhibisi kompetitif adalah reaksi enzim dengan substrat yang dihambat oleh inhibitor, dimana inhibitor mempunyai quous yang sama bentuknya dengan quous substrat, sehingga terjadi kompetisi. Bila inhibitor lebih reaktif dari substrat maka reaksi enzim dengan substrat tidak dapat berlangsung. Sebagai contoh adalah reaksi perubahan suksinat

menjadi fumarat yang dikatalis oleh enzim suksinat dehidrogenase dapat diinhibisi oleh malonat dan oksaloasetat. Dalam proses inhibisi ini, malonat sebagai inhibitor bersaing dengan suksinat yang merupakan substrat terhadap tempat aktif (active side) dari enzim suksinat dehidrogenase, untuk memasuki molekul enzim. Derajat inhibisi yang dicapai merupakan fungsi nilai banding konsentrasi substrat dan inhibitor.



Gambar 4.5 : Reaksi inhibisi kompetitif dari enzim suksinat dehidrogenase.



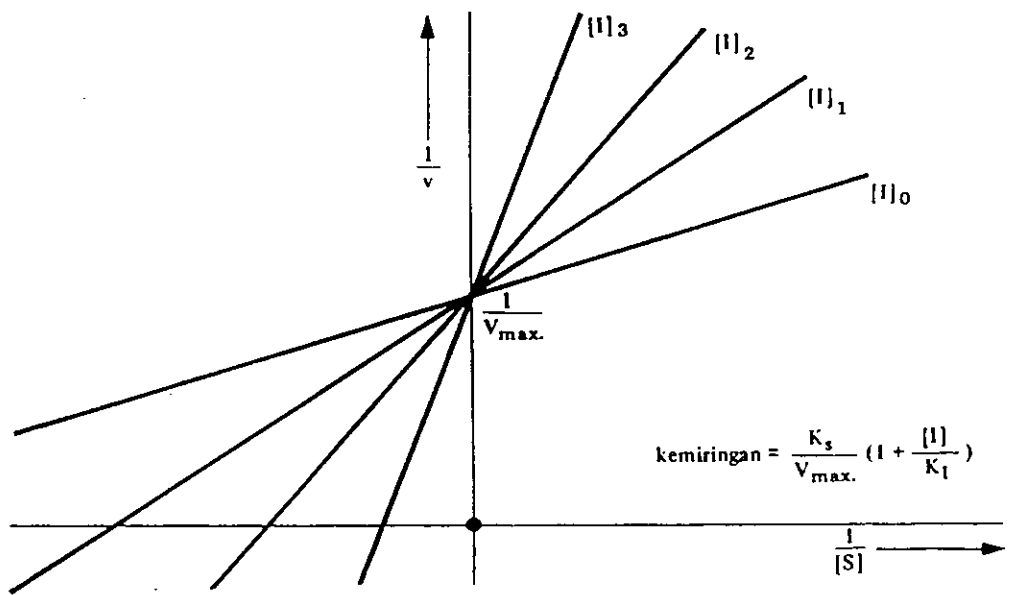
Dila diturunkan secara matematis didapatkan:

$$v = \frac{V_{max}}{1 + K_S \left(1 + \frac{[I]}{K_I}\right) \frac{1}{[S]}}$$

Rila persamaan tersebut dibalik didapatkan persamaan Line-weaver-Burk yang menggambarkan hubungan kuantitatif antara laju reaksi dengan kosentrasi substrat dan inhibitor.

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{V_{maks}} \left(1 + \frac{K_S}{K_I} \frac{[I]}{[S]}\right) \frac{1}{[S]}$$

Persamaan ini dibuatkan grafiknya sebaqai berikut:



Gambar 4.6 : Grafik  $\frac{1}{v}$  vs  $\frac{1}{[S]}$  untuk reaksi inhibisi kompetitif.

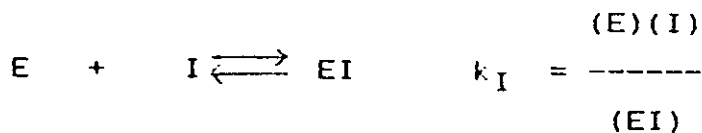
Dari grafik di atas terlihat semakin besar  $[I]$ , maka

kemiringan bertambah besar. Reaksi enzim inhibisi kompetitif dapat diatasi dengan menambahkan substrat dengan jumlah yang berlebihan.

#### Reaksi inhibisi non kompetitif

Reaksi inhibisi non kompetitif adalah suatu reaksi enzim dengan substrat yang dihalangi oleh inhibitor, dimana inhibitor tidak masuk pada gugus aktif enzim, tetapi masuk pada gugus lain sehingga gugus aktifnya berubah bentuk dan substrat terhalang masuk.

Reaksi yang terjadi adalah:



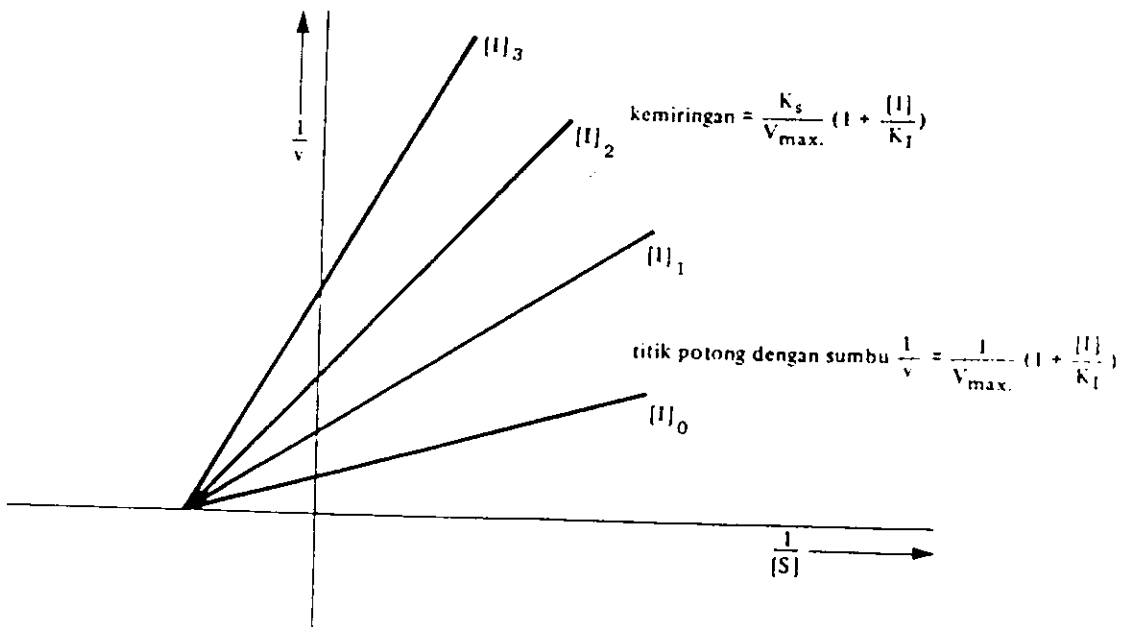
Dengan menggunakan prinsip perhitungan yang sama dengan

reaksi inhibisi kompetitif. persamaan Michaelis-Menten untuk reaksi inhibisi nonkompetitif dapat diturunkan sebagai berikut:

$$v = \frac{v_{\text{maks}}}{\left(1 + \frac{k_S}{[S]}\right) \left(1 + \frac{[I]}{K_I}\right)}$$

Bila persamaan tersebut dibalik didapatkan:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_{\text{maks}}} \left( \frac{k_S}{[S]} \left(1 + \frac{[I]}{K_I}\right) \right) + \frac{1}{v_{\text{maks}}} \left(1 + \frac{[I]}{K_I}\right)$$



Gambar 4.7 : Grafik  $\frac{1}{v}$  vs  $\frac{1}{[S]}$  untuk reaksi inhibisi nonkompetitif

Kecepatan maksimum akan bertambah bila (I) bertambah besar



Prospek masa depan dan aplikasi enzim cukup cerah dalam bidang industri pangan dan kesehatan. Enzim pada saat sekarang merupakan suatu bahan yang sangat penting dalam industri baik pangan dan farmasi.

Enzim dapat diisolasi dari hewan, tumbuhan, maupun mikroba. Dalam melakukan isolasi enzim dari bahan tersebut haruslah diperhatikan sifat-sifat (karakteristik)nya misalnya pH optimum, temperatur optimum, konsentrasi enzim dan substrat, serta aktifator yang sesuai dengan penggunaannya. Enzim dari sumber yang berbeda akan mempunyai karakteristik yang berbeda pula. Enzim lipase yang diisolasi dari *Pseudomonas cocovenenans* mempunyai temperatur optimum 37 °C, pH optimum 7, sedangkan enzim lipase dari bakteri yang berbeda mempunyai pH dan temperatur optimum yang berbeda pula.

Dalam penggunaan enzim harus diperhatikan karakteristiknya misal obat gastritis seperti (combizim, nutrizim) berisi enzim amilase, lipase dan protease yang bekerja pada temperatur 37° C, pH optimum 7.

Dalam bidang pangan amilase dan glukosa-isomerase telah banyak digunakan untuk biokonversi karbohidrat menjadi fruktosa. Demikian juga papain dan bromelien telah digunakan pula untuk pemoempuk daging.

Dalam industri kimia lainnya enzim juga telah banyak digunakan sebagai bahan additif pada deterjen.

#### 4.4. RANGKUMAN

Enzim adalah protein yang berfungsi mengkatalis reaksi zat kimia dalam sel hidup, yang secara kolektif merupakan metabolisme antara. Enzim mempunyai sifat katalis yang lebih baik dibandingkan katalis anorganik: (1) dapat mempercepat reaksi kimia jauh lebih besar; (2) bekerja sangat spesifik dan selektif pada substrat yang tertentu; (3) bekerja pada pH yang relatif netral dan suhu yang relatif rendah.

Penamaan dan pengelompokan enzim adalah berdasarkan dua cara yaitu : (1) secara trivial (nama dagang misalnya tripsin, pepsin); (2) secara sistematis yaitu berdasarkan reaksi yang dikatalisnya. Penamaan secara sistematis ini berdasarkan CIUED (Commision on Enzyme International Union of Biochemistry) yaitu: (1) Oksidoreduktase berperan dalam reaksi oksidasi reduksi; (2) Transferase berperan dalam reaksi pemindahan gugus tertentu; (3) Hidrolase berperan dalam reaksi hidrolisa ; (4) Liase berperan dalam reaksi addisi; (5) Isomerase berperan dalam reaksi isomerase; (6) Liqase berperan dalam reaksi pembentukan ikatan dengan melibatkan energi.

Inhibisi reaksi enzim merupakan kontrol pada suatu reaksi secara enzimatik dalam sel. Inhibisi dapat dibagi dua yaitu: inhibisi kompetitif dan non kompetitif. Suatu enzim harus diketahui karakteristiknya misalnya pH dan temperatur optimum.

#### 4.5. LATIHAN

1. Jelaskan kelebihan enzim dibandingkan katalis anorganik.
2. Terangkan dengan ringkas klasifikasi enzim disertai contoh.
3. Jelaskan mekanisme reaksi enzim.
4. Jelaskan karekterisasi enzim dan lengkapi dengan grafik.

## V. ASAM NUKLEAT

### 5.1. PENGANTAR

Asam nukleat merupakan suatu senyawa yang termasuk kelompok protein. Asam nukleat merupakan polimer (makromolekul) yang disusun monomer nukleotida yang berfungsi sebagai pembawa informasi genetik bagi makhluk hidup. Pada bab ini akan dipelajari tentang monomer DNA dan RNA dan polimer asam nukleat. Disamping itu juga akan dipelajari turunan dari asam nukleat yang berupa nukleosida triposfat (NTP) yang merupakan senyawa pembawa energi dalam sel hidup. Mengenai fungsi asam nukleat sebagai pembawa informasi genetik dan metabolismenya akan dipelajari pada buku II.

### 5.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

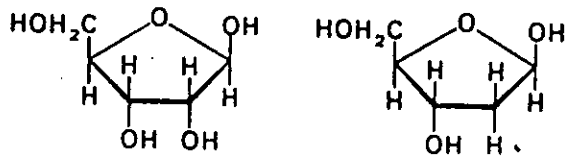
Para mahasiswa dapat memahami struktur kimia dari asam nukleat dalam bentuk DNA dan RNA hasil penemuan Watson dan Crick. disamping itu derivat asam nukleat berupa nukleosida triposfat (NTP) juga penting diketahui strukturnya dan fungsinya sebagai senyawa pembawa energi.

### 5.3. PENYAJIAN MATERI

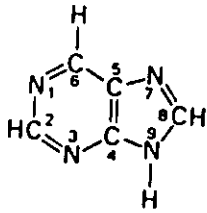
#### *Asam nukleat*

#### *Mononukleotida*

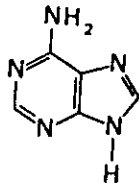
Mononukleotida merupakan monomer dari asam nukleat. Mononukleotida ini disusun oleh basa nitrogen, D ribosa, dan fosfat. Basa nitrogen terdiri dari purin dan pirimidin. Purin dibagi lagi menjadi adenin dan guanin, sedangkan pirimidin dibagi lagi atas sitosin timin dan urasil.



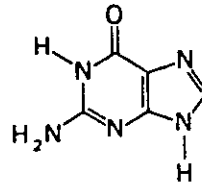
Gambar 5.1. D-ribosa dan deokseribosa



Purin

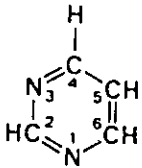


Adenin(A)

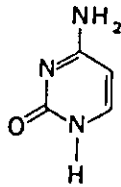


Guanin(G)

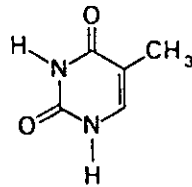
Gambar 5.2: Basa-basa: purin adenin dan guanin



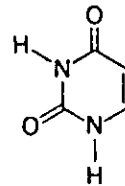
Pirimidin



Sitosin(C)



Timin(T)

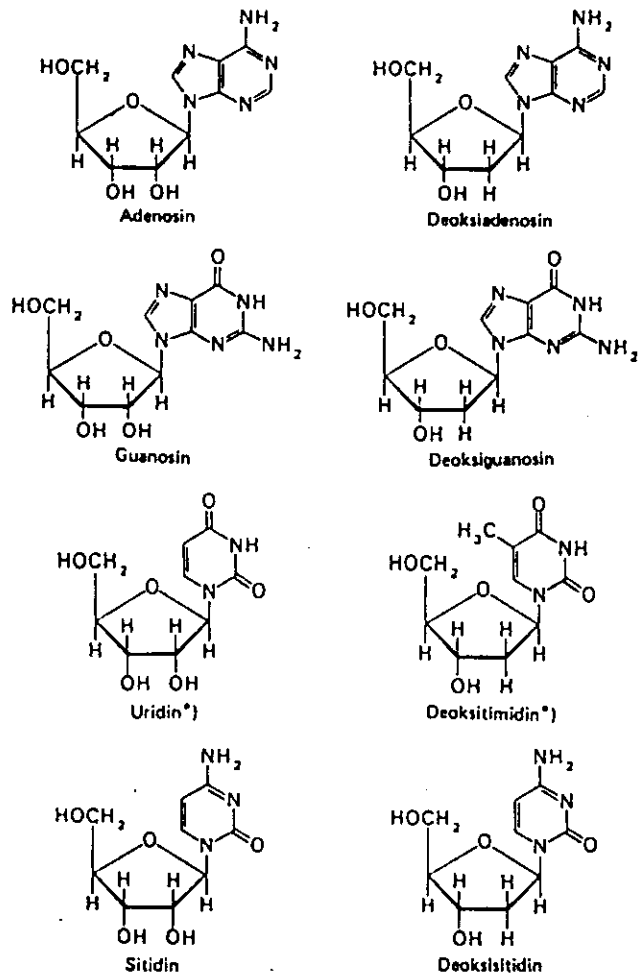
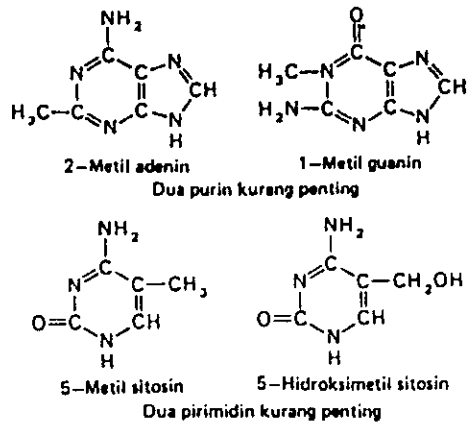


Urasil(U)

Gambar 5.3: Basa basa: pirimidin sitosin, timin dan urasil.

Basa nitrogen adalah guanin, sitosin, adenin dan timin, sedangkan pada RNA basa timin tidak ditemukan tetapi digantikan oleh urasil.

Disamping basa di atas juga didapatkan basa nitrogen yang tidak begitu penting yaitu 2 metil adenin, 1 metil guanin, 5 metil sitosin dan 5 hidroksimetil sitosin.

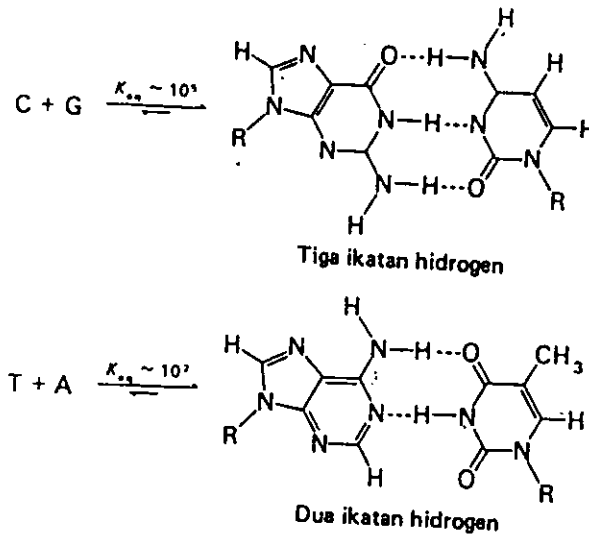


Gambar 5.4. Derivat basa nitrogen

Sifat basa nitrogen.

### 1. Ikatan hidrogen

Basa-basa nitrogen ini mempunyai gugus fungsional yang memungkinkan teriadinya ikatan hidrogen dengan sesamanya. Pada DNA basa guanin akan berikatan dengan sitosin dan adenin akan berikatan dengan timin. Tetapi pada RNA akan tidak didapatkan timin maka adenin akan berikatan dengan urasil.



Cambar 5.5 : Ikatan hidrogen antara Guanin dengan sitosin, adenin dengan timin.

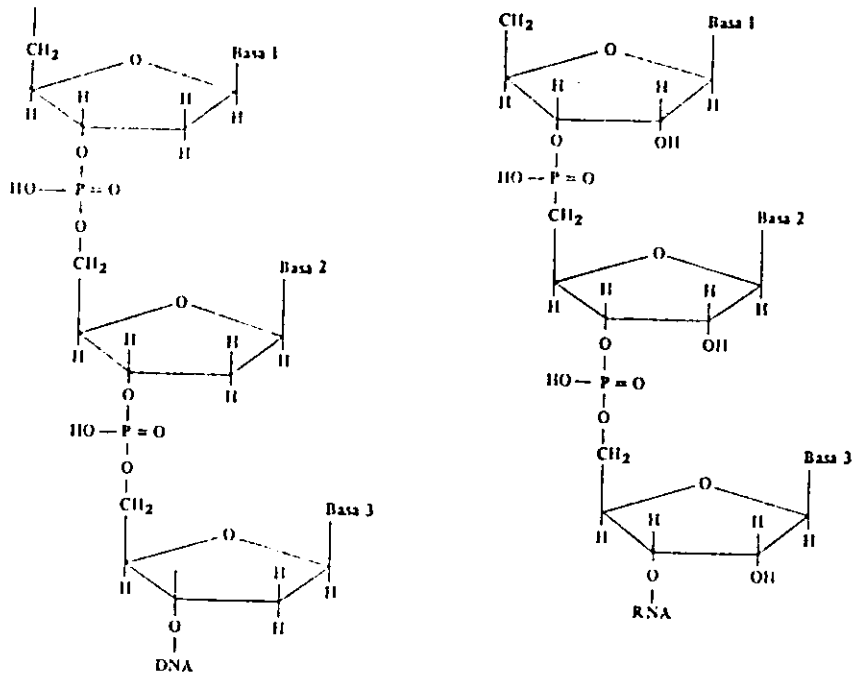
### 2. Ikatan rangkap.

Basa-basa nitrogen mempunyai ikatan rangkap pada cincin baik basa purin maupun pirimidin sehingga menyerap sinar ultra violet pada daerah panjang gelombang 250 - 280 nm. Hal ini berguna untuk menentukan berapa banyak basa nitrogen pada suatu untai nukleotida dengan cara spektrofotometrik.

### Nukleotida

Nukleotida merupakan tulang punggung dari polinukleotida. Nukleotida terdiri dari basa nitrogen, ribosa, dan senyawa piropfosfat. Pada DNA ribosa berbentuk 2' deoksi ribosa dan RNA berbentuk ribosa yang merupakan tulang punggung poli-

nukleotida tersebut. Basa nitrogen diatas selalu terdapat pada bagian dalam sedangkan penghubung antara satu nukleotida dengan nukleotida lain adalah senyawa piroposfat.



Gambar 5.6: Struktur kimia DNA dan RNA

*DNA (Deoksiribo-Nucleic Acid)*

Pada tahun 1953, Watson dan Crick secara serentak menemukan bagaimana struktur DNA dan RNA dengan menggunakan mikroskop elektron. Dengan ditemukan struktur asam nukleat ini membuka tabir ilmu biokimia bahwa ada suatu senyawa kimia yang berfungsi memberikan informasi genetik pada suatu makhluk hidup.

Penemuan DNA oleh Watson dan Crick tersebut adalah:

1. DNA terdiri dari dua untai polinukleotida berbentuk double heliks yang memutar kekanan dari arah 3' ke 5'.
2. Polinukleotida tersebut disusun oleh mononukleotida dengan tulang punggung berupa deoksi ribosa terletak sebelah

luar heliks dan basa nitrogen sebelah dalam. Antara satu mononukleotida dan mononukleotida lainnya dihubungkan oleh ikatan posfodiester.

3. Kedua rantai dihubungkan oleh ikatan hidrogen dimana adenin berikatan dengan timin dan guanin berikatan dengan sitosin.

#### *RNA (Ribo-Nucleic-Acid)*

RNA tulang punggungnya berupa ribosa, dan basa adenin diganti dengan urasil. Pada semua organisme baik yang prokariot dan eukariot terdapat 3 jenis RNA yaitu mRNA (messenger RNA), tRNA (transfer RNA), rRNA (ribosom RNA). Ketiga RNA ini mempunyai ukuran, fungsi dan kestabilan masing-masing.

m-RNA terdapat dalam inti sel yang berfungsi sebagai pembawa informasi genetik dalam proses translasi (biosintesa protein). mRNA merupakan cetakan yang berisi kodon untuk mengkode asam amino yang terlibat dalam proses tersebut.

t-RNA terdiri dari 75 nukleotida yang berperan sebagai adaptor (antikodon) dari kodon yang terdapat pada mRNA yang terikat pada asam amino. Setiap tRNA terikat pada asam amino yang spesifik. Walaupun tRNA sangat stabil pada prokariot, tetapi kurang stabil pada eukariot.

rRNA atau ribosom adalah struktur nukleoprotein sitoplasma yang berperan sebagai alat sintesa protein dari cetakan mRNA. Pada ribosom mRNA dan tRNA saling berinteraksi untuk menerjemahkan transkripsi dari gen.

Senyawa DNA dan RNA berperan sangat penting sebagai pembawa informasi genetik dalam biosintesa protein, yang merupakan dasar untuk bioteknologi yang berkembang sangat pesat saat ini.

#### *Nukleosida*

Disamping nukleotida turunannya berupa nukleosida pen-



ting juga artinya dalam sel hidup. Asam posfat terikat pada gugus hidroksil dari salah satu atom karbon dalam cincin pentosa. Hidrolisa bertahap nukleotida yang melepaskan gugus posfat menghasilkan nukleosida.

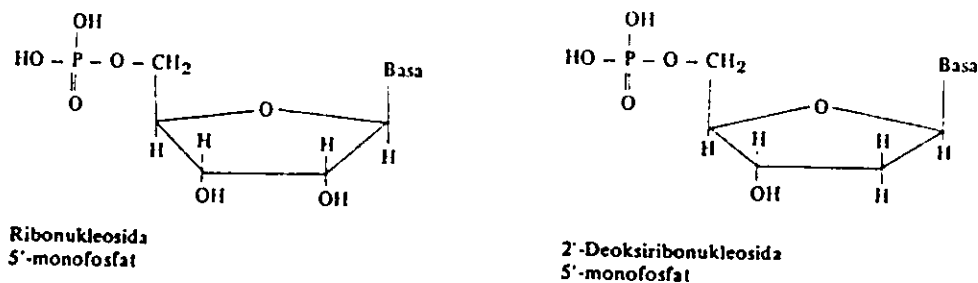
### Nukleotida

Nukleotida (nukleosida posfat) merupakan ester dari asam posfat dari nukleosida. Pada asam fosfat terikat pada gugus hidroksil dari salah satu atom karbon dalam cincin pentosa. Nukleotida terdapat bebas di dalam sel, dapat dibentuk dari hidrolisa bertahap asam nukleat dengan enzim nukleasea.

### Nukleosida monofosfat

Dalam ribonukleotida terdapat 3 gugus hidroksil bebas yang dapat mengikat asam posfat pada posisi 2', 3' dan 5' dari cincin pentosa. Dalam deoksiribonukleotida terdapat hanya 2 posisi yaitu 3' dan 5'. Namun bentuk umum yang terdapat dalam sel adalah dengan bentuk posfat pada posisi 5'.

Struktur dasar dari berbagai senyawa utama ribonukleotida 5'-monofosfat (5'-ribonukleotida) dan deoksiribonukleosida 5' monofosfat (5'-deoksiribonukleotida)



Gambar 5.7: Struktur umum ribonukleotida dan deoksiribonukleotida.

Tabel 5.1 : Ribonukleotida dan deoksiribonukleotida

Basa	Ribonukleotida atau deoksiribonukleotida		
	Nama sistematis	Nama trivial	Singkatan
Adenina	Adenosina 5'-monofosfat	Asam adenilat	AMP
	Deoksiadenosina 5'-monofosfat	Deoksi-asam adenilat	d AMP
Guanina	Guanosina 5'-monofosfat	Asam guanilat	GMP
	Deoksiguanosina 5'-monofosfat	Asamdeoksiguanilat	d GMP
Sitosina	Sitidina 5'-monofosfat	Asam sitidilat	CMP
	Deoksisitidina 5'-monofosfat	Asam deoksisitidilat	d CMP
Urasil	Uridina 5'-monofosfat	Asam uridilat	UMP
	Deoksiuridina 5'-monofosfat	Asam deoksiuridilat	d UMP

Nukleotida diphosfat (NDP) dan nukleotida triphosfat (NTP) Nukleotida di dan triphosfat terdapat bebas dalam sel. Gugus fosfat dinyatakan dengan alfa, beta, dan gamma. Asam mono nukleotida di, trifosfat mengalami deprotonisasi dengan tiga dan empat tingkat dengan  $pK'_1 = 0.9$ ,  $pK'_2 = 6.1$ ,  $pK'_3 = 6.3$ ,  $pK'_4 = 6.7$ . Didalam sel NDP, NTP membentuk kompleks dengan ion  $Mg^{+2}$ . Gugus fosfat dari NDP dan NTP dapat dihidrolisa dengan enzim tanpa mempengaruhi gugus fosfat. Perubahan ini dapat ditentukan dengan elektroforesis kertas, kromatografi lapisan tipis, kromatografi penukar ion.

Fungsi utama dari nukleosida ini adalah:

1. Pemindahan energi kimia: ATP merupakan senyawa energi kimia didalam sel. ATP dihasilkan dari proses fosforilasi ADP menjadi ATP dari metabolisme, respirasi dan fotosintesis. Selain ATP, nukleosida yang lain seperti UTP, GTP, CTP, dan

TTP juga berfungsi sebagai senyawa pembawa energi.

## 2. Pembawa gugus reaktif dalam biosintesa.

Dalam biosintesa glikogen UDP glukosa berfungsi sebagai molekul reaktif untuk reaksi selanjutnya

## 3. Unsur penting dari beberapa enzim

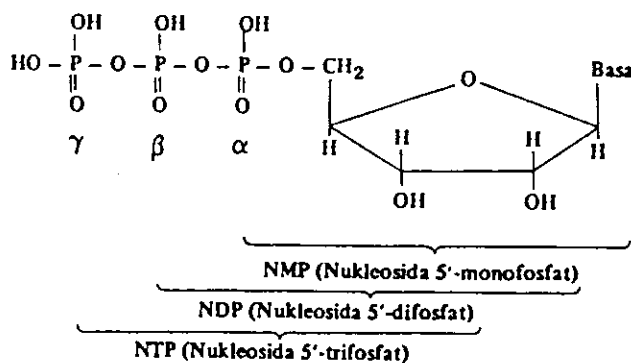
Nukleotida triposfat merupakan satuan monomer untuk pembentukan DNA.

## 4. Pengatur metabolik

ATP dan ADP bekerja sebagai penerus informasi dalam transportasi lewat membran sel.

## 5. Unsur penting pada beberapa reaksi enzim.

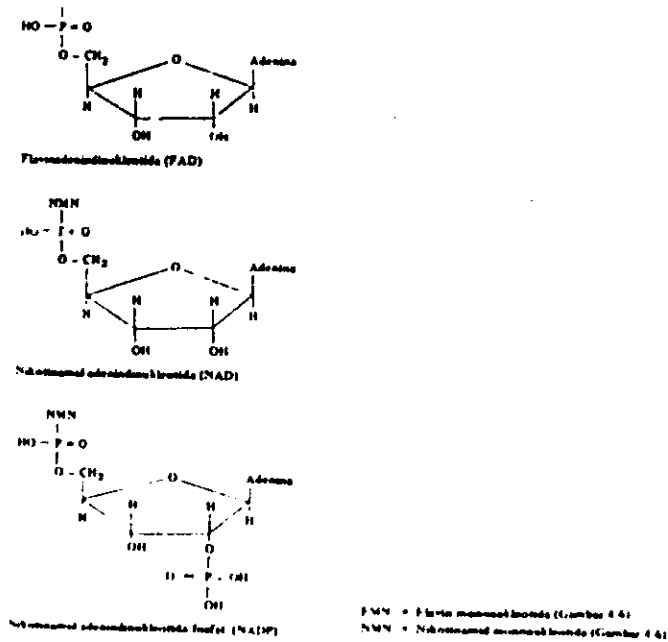
Adenin nukleotida merupakan koenzim pada beberapa reaksi enzim berupa  $NAD^+$ ,  $NADP^+$ , FAD.



Gambar 5.8 : Struktur umum NDP, NTP .

## Mononukleotida dan Dinukleotida lainnya

Beberapa mononukleotida dan dinukleotida yang tidak merupakan satuan pembentuk asam nukleat adalah nikotinimida mononukleotida merupakan sumber nikotinimidadenindinukleotida (NAD). Flavinmononukleotida (FMN) atau vitamin B<sub>2</sub> berfungsi sebagai koenzim dalam proses respirasi dan juga merupakan sumber untuk sintesa Flavinadenindinukleotida (FAD).



Gambar 5.9. Beberapa nukleotida yang lain

#### 5.4. RANGKUMAN MATERI

Asam nukleat merupakan suatu kelompok protein yang penting artinya dalam proses informasi genetik pada sel hidup. Senyawa ini disusun oleh komponen ribosa, fosfat dan basa nitrogen. Asam nukleat dapat pula dibagi atas DNA, RNA. Penemuan DNA yang sangat spektakuler dikemukakan oleh Watson dan Crick pada tahun 1953, tentang komposisi utama, struktur ruang, dan peranannya sebagai pembawa informasi genetik pada suatu makhluk hidup.

Turunan dari asam nukleat berupa senyawa nukleosida adalah senyawa pembawa energi yaitu ATP (adenosin triposfat), GTP, CTP, TTP.

#### 5.5. LATIHAN

1. Terangkan bagaimana struktur DNA dan RNA menurut Watson dan Crick, lengkapi dengan gambar. Apa perbedaan antara DNA dengan RNA.
2. Gambarkan struktur ATP dan CTP, bagaimana terjadi proses pelepasan piroposfat, sehingga menghasilkan energi.

## VI. KARBOHIDRAT

### 6.1. PENGANTAR

Karbohidrat merupakan senyawa yang sangat berlimpah di alam, kira-kira setengah bahan organik di alam. Diantaranya selulosa dari kayu, yang diperkirakan 10<sup>11</sup> ton selulosa dihasilkan setiap tahun untuk pembuatan kertas. Padi-padian, jagung, gandum, sagu yang dikonsumsi manusia juga merupakan sumber karbohidrat yang utama digunakan untuk keperluan energi yang primer bagi manusia. Gula yang berasal dari tebu, aren, kelapa, bit merupakan pemanis yang sangat disukai manusia. Umbi-umbian berupa ubi kayu, ubi jalar, kentang, talas, suweg juga merupakan sumber bahan pangan yang cukup melimpah di Indonesia.

Dalam bidang pangan karbohidrat merupakan sumber kalori, dimana 1 gr karbohidrat menghasilkan sekitar 4 kkal. Karbohidrat pada tumbuh-tumbuhan berupa kayu merupakan bahan yang penting pada pembuatan kertas. Disamping itu karbohidrat yang terdapat, kayu, batang kelapa, batang aren, dan batang sawit juga dapat diolah menjadi bahan dasar perabot.

Pada makhluk tingkat rendah karbohidrat merupakan bahan pelindung misalnya kitin berupa cangkang pada moluska, peptidoglikan berupa dinding sel pada bakteri.

### 6.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa dapat memahami tentang struktur umum kimia karbohidrat, klasifikasi dari karbohidrat, struktur, fungsi biologis, sumber dari masing-masing kelompok di atas.

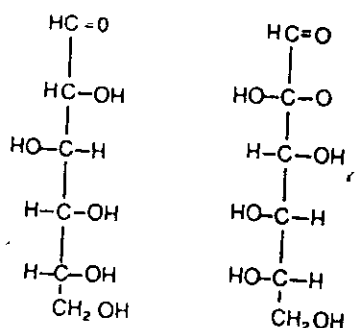
### 6.3. PENYAJIAN MATERI

Berdasarkan monomer yang menyusunnya karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi monosakarida, oligosakarida, polisakar-

ida.

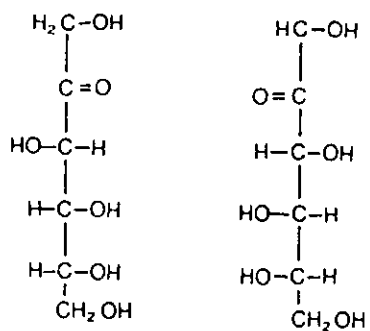
### Monosakarida

Monosakarida disusun oleh 1 unit monomer sakarida, yang berupa triosa (3 atom C), tetrososa (4 atom C), pentosa (5 atom C), heksosa (6 atom C). Berdasarkan gugus fungsinya monosakarida dapat diklasifikasikan atas ketosa (gugus keton) dan aldosa (gugus aldehyd).



glukosa (heksosa)

( pentosa)

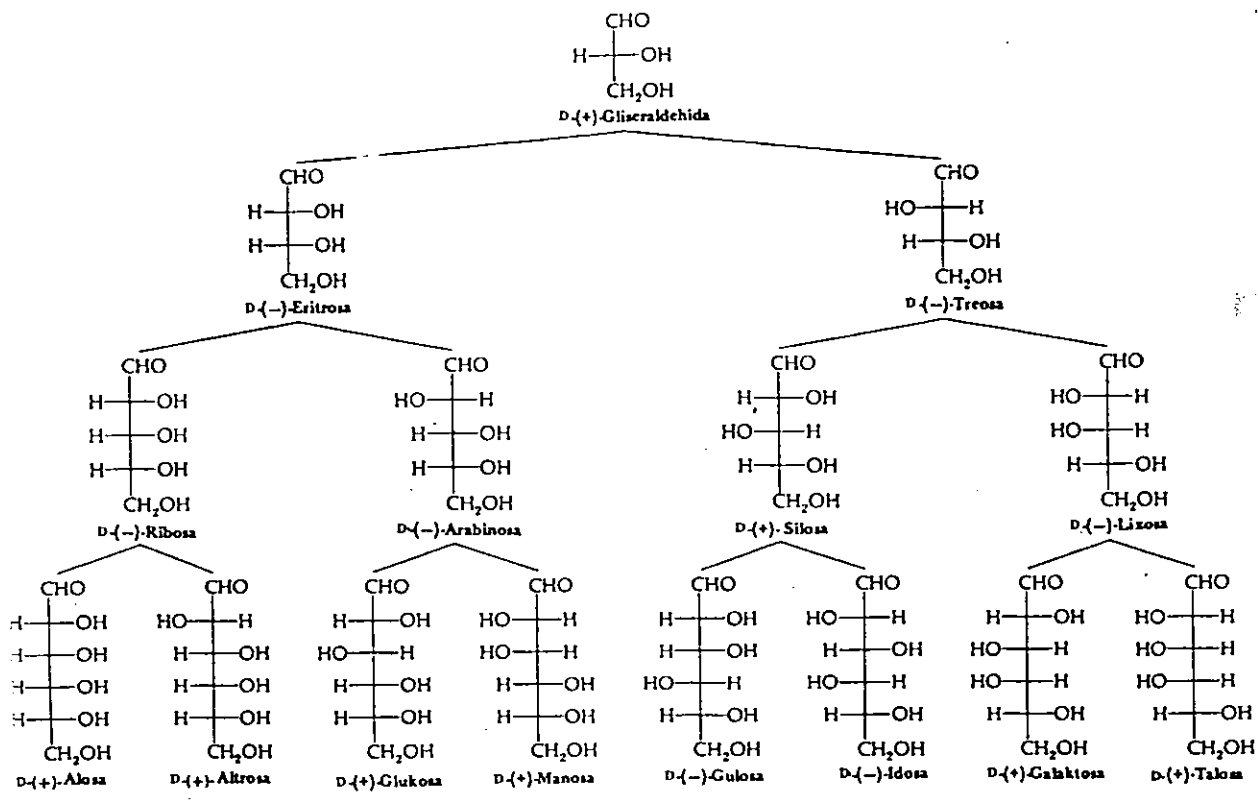


fruktosa (ketosa)

glukosa (aldosa)

Gambar 6.1: Struktur kimia dari glukosa dan fruktosa

Beberapa jenis monosakarida yang biasa dikenal adalah:



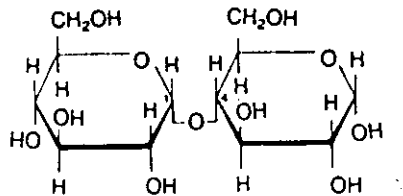
Gambar 6.2. Beberapa macam monosakarida dan struktur kimianya

### Oligosakarida

Oligosakarida disusun oleh 2 sampai 10 monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosida. Oligosakarida pada yang umum berupa disakarida seperti maltosa, sukrosa dan laktosa. Ikatan oligosida yang terbentuk antara dua satuan monosakarida secara kimia identik dengan suatu asetal dalam aldosa dan suatu ketal dalam ketosa. Asetal terbentuk dari reaksi hemiasetal dan alkohol.

Disakarida merupakan oligosida yang terbentuk bila monosakarida bereaksi sebagai alkohol dan satu lagi sebagai

hemiasetal. Disakarida yang paling sederhana adalah maltosa yang terbentuk dari D glukosa dan D glukosa:

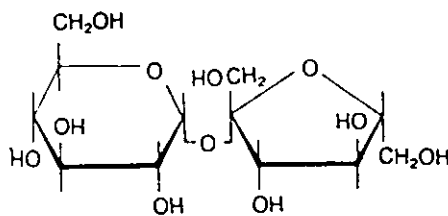


Gambar 4.3: Maltosa

Ikatan yang terbentuk disebut dengan ikatan oligosida dengan sambungan alfa 1 - 4, karena terbentuk dari OH anomerik dari atom C nomor satu dari satu glukosa dengan OH nomor 4 dari satuan D glukosa lainnya.

### Sukrosa

Sukrosa merupakan disakarida yang paling banyak digunakan sebagai pemanis. Sukrosa disusun oleh glukosa dan fruktosa dengan ikatan beta 1-4. Sukrosa mudah dihidrolisa secara enzimatis oleh enzim amilase. Sukrosa bersumber dari tebu, kelapa, aren, bit, madu. Tingkat kemanisan dari tiap pemanis di atas tergantung pada prosentase fruktosa yang dikandungnya.



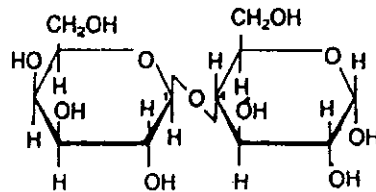
Gambar 4.4: Sukrosa

### Laktosa

Laktosa adalah disakarida yang terdapat pada susu. Bila



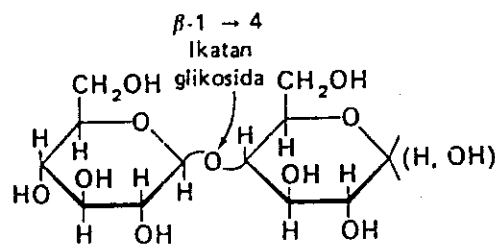
dihidrolisa akan menghasilkan D- galaktosa dan D glukosa.



Gambar 6.5: Laktosa

### Selebiosia

Selebiosia merupakan disakarida yang disusun oleh glukosa. Bila dilihat strukturnya selebiosia terbentuk dari satu OH anmerik dari satu unit glukosa dengan konformasi beta dari OH nomor 4 pada glukosa lainnya. Selebiosia merupakan unit penyusun selulosa.



Gambar 6.6: Selebiosia.

### Polisakarida

Senyawa ini merupakan suatu bagian yang paling dominan dari sakarida lainnya. karena bentuk polisakarida sangat melimpah sumbernya di alam. Polisakarida disusun oleh lebih 10 unit monosakarida. Polisakarida dapat dikelompokkan menjadi homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida disusun oleh monomer monosakarida yang sama, sedang heteropolisakarida disusun oleh monomer monosakarida yang berbeda.

Tabel 6. 1: Beberapa Jenis Polisakarida

Nama	Sumber/asal	Satuan monosakarida	Hubungan pengulang	Bentuk
<b>Homopolisakarida</b>				
Laminaran	Rumput laut ( <i>Laminaria</i> )	D-glukosa	$\alpha-1 \rightarrow 3$	Linier
Inulin	Jerusalem artichoke	D-fruktosa	$\alpha-1 \rightarrow 4$	Linier
Selulosa	Tumbuhan	D-glukosa	$\beta-1 \rightarrow 4$	Linier
Amilosa	Tumbuhan (pati)	D-glukosa	$\alpha-1 \rightarrow 4$	Linier
Amilopektin	Tumbuhan (pati)	D-glukosa	$\alpha-1 \rightarrow 4; \alpha-1 \rightarrow 6$	Bercabang
Glikogen	Hewan	D-glukosa	$\alpha-1 \rightarrow 4; \alpha-1 \rightarrow 6$	Bercabang
Kitin	Arthropod, jamur	N-asetil-D-glukosamin	$\beta-1 \rightarrow 4$	Linier
<b>Heteropolisakarida</b>				
Gom arab	Pohon akasia	D-galaktosa L-arabinosa L-ranosa asam D-glukuronat	Tak diketahui dengan jelas	Bercabang
Zat golongan darah	Manusia	D-galaktosa D-glukosamin L-fukosa	Tidak diketahui	Bercabang
Asam hialuronat	Binatang tingkat tinggi	asam D-glukuronat N-asetil-D-glukosamin	$\beta-1 \rightarrow 3$ $\beta-1 \rightarrow 4$	Linier

1

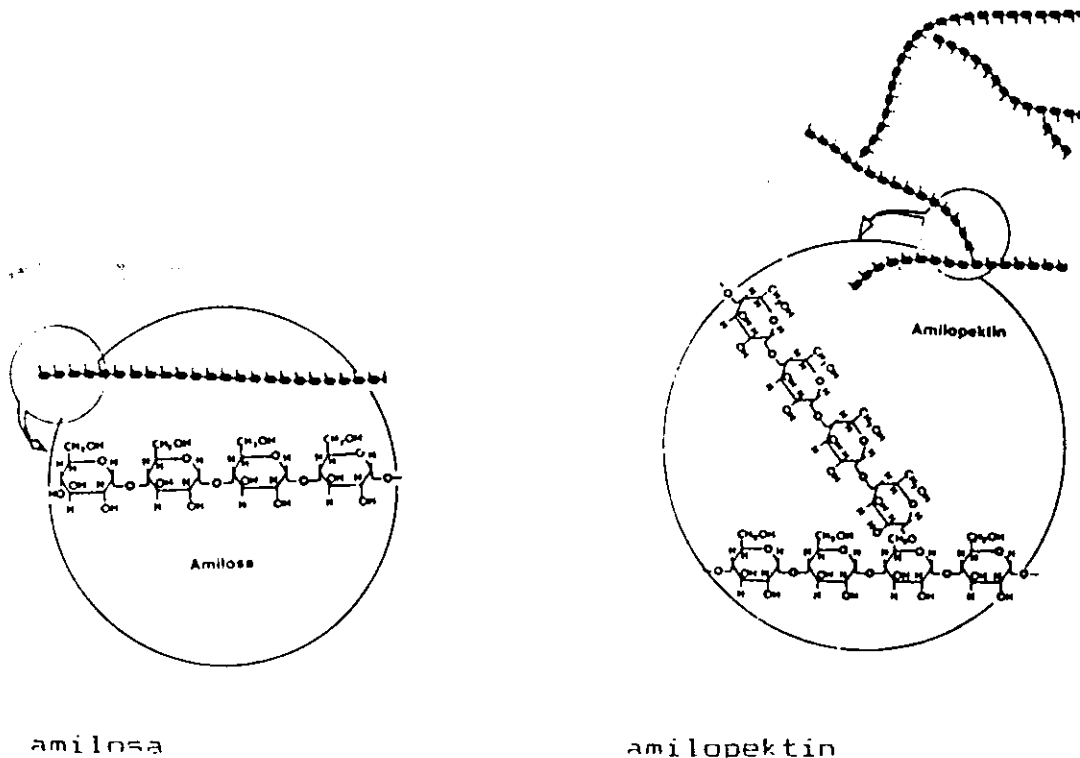
Indonesia merupakan negara yang melimpah dengan sumber polisakarida. Bila semua sumber ini dibudidayakan dan diolah menjadi sumber pangan dan energi maka tidak akan terjadi kekurangan kalori dari karbohidrat. Sumber yang mengandung polisakarida adalah: beras, jagung, sorgum, kacang-kacangan, sedangkan yang berbentuk umbi-umbian adalah ubi kayu, ubi jalar, kentang, talas, suwed. Selanjutnya sumber lain yang cukup banyak kandungan polisakaridanya adalah pohon sagu, rumput laut.

*Homopolisakarida*

Homopolisakarida banyak digunakan sebagai energi cadangan bagi organisme itu sendiri, maupun sebagai sumber energi bagi organisme lain. Laminaran merupakan cadangan karbohidrat dari rumput laut *Laminaria*. Pati merupakan cadangan bahan makanan terdapat pada biji-bijian dan umbi-umbian

## Pati

Pati terdapat pada gandum, beras, jagung. Sedangkan pada umbi-umbian didapatkan ubi kayu, ubi jalar, suweg, dan lain-lain. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan alfa glikosidik. Pati tidak sama sifatnya tergantung pada panjang rantainya serta atom C nya apakah lurus atau bercabang. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan yang tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur yang lurus dengan ikatan alfa (1-4) D glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan alfa (1-4) D glukosa.



amilosa

amilopektin

Gambar 6.7. Amilosa dan amilopektin

Perbandingan amilosa dan amilopektin menentukan lekatnya pati tersebut. Beras dengan kandungan amilosa besar dari 2% disebut beras biasa. Berdasarkan kandungan amilosa beras dapat dibagi atas: (1) beras dengan kadar amilosa tinggi 25 - 33%; (2) beras dengan kadar amilosa menengah 20 - 35%; (3) beras dengan kadar amilosa rendah 7 - 20%; (4) beras dengan kadar amilosa sangat rendah < 9%. Keempat jenis beras ini mana yang lebih disukai tergantung pada selera masing-masing. Namun secara umum kadar amilosa menengah lebih disukai.

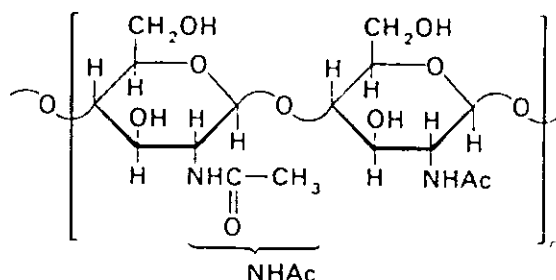
### Selulosa dan kitin

#### Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang melimpah. Bila dihidrolisa sempurna maka selulosa menghasilkan D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan beta (1-4) namun selulosa tidak dapat dikonsumsi manusia karena tidak adanya enzim selulase dan selulase dalam alat pencernaan manusia. Sumber selulosa adalah kayu, serabut kelapa yang digunakan sebagai bahan dasar pembuat kertas.

#### Kitin

Kitin hampir mirip dengan selulosa tetapi satuannya adalah N-asetilglukosamin yang berikatan beta (1-4).

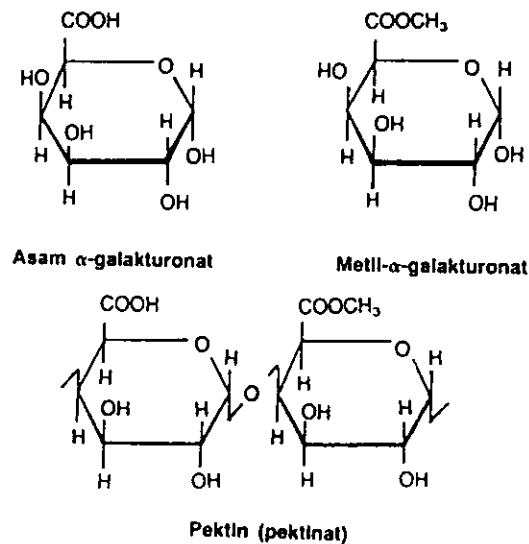


Gambar 6.0 : Kitin

Kitin sulit dihidrolisa kecuali oleh enzim kitinase. Kitin banyak terdapat pada kulit moluska seperti kerang, udang, serangga.

### Pektin

Pektin disusun oleh monomer asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan beta  $-(1-4)$  glikosida. Pada umumnya senyawa pektin dapat diklasifikasikan atas tiga kelompok yaitu asam pektat, asam pektinat (pektin), dan protoprotein. Asam pektat dapat membentuk garam dengan kalsium dan magnesium untuk membentuk jaringan pengisi pada tanaman.



Gambar 6.8 : Asam alfa galakturonat, metil alfa galakturonat, dan pektinat

Protopektin adalah istilah untuk senyawa pektin yang tidak larut dalam air yang terdapat pada jaringan tanaman yang masih muda. Bila jaringan tersebut dilarutkan dalam larutan asam, kemudian dipanaskan maka akan terurai menjadi pektin yang terdispersi dalam air.

### *Glikogen*

Glikogen merupakan pati yang terdapat pada manusia dan hewan juga merupakan homopolisakarida yang penting. Glikogen adalah karbohidrat yang disimpan dalam hati dan jaringan otot, sebagai hasil kelebihan metabolisme karbohidrat. Strukturnya mirip dengan amilopektin yang mempunyai cabang 20-30 dan berat molekulnya sekitar 5 juta serta larut dalam air. Bila tubuh kekurangan kalori maka glikogen akan dihidrolisis menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis.

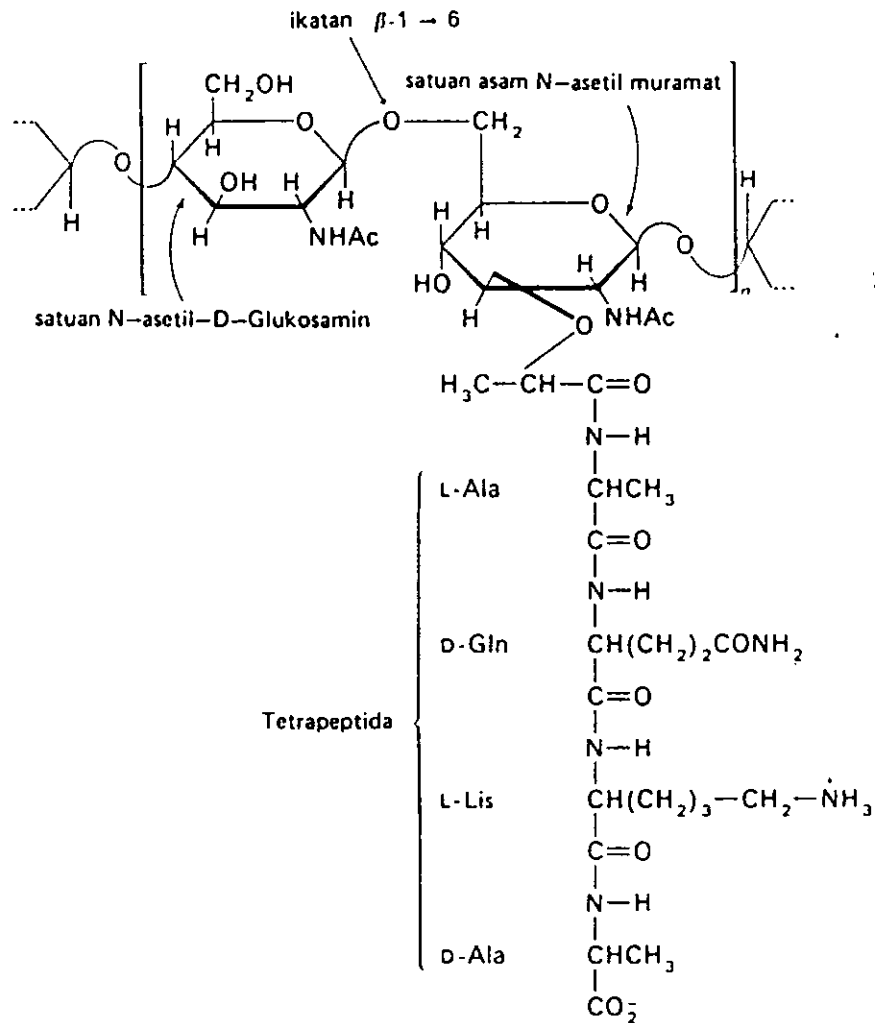
### *Heteropolisakarida*

Heteropolisakarida disusun oleh dua atau lebih satuan monosakarida yang berbeda. Beberapa getah, gel, dari tanaman merupakan bahan pengisi dalam tanaman tersebut misalnya agar, karagenan, gum arab. Asam hialuronat merupakan unsur penting pada jaringan hewan.

### *Bindung sel bakteri*

Bindung sel bakteri merupakan peptidoglikan yang terdiri dari satuan N-asetil-D-glukosamin dengan satuan asam N-asetil muramat dan tetrapeptida.

Berdasarkan penyusun dinding sel dapat dibagi: (1) bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Dinding sel bakteri gram positif terdiri dari karbohidrat dan protein murein dengan sifat kaku dan keras, sedangkan bakteri gram negatif dinding sel disusun oleh karbohidrat protein, lipid, lipoprotein, dan lipopolisakarida dengan sifat fleksibel, lunak. Bila diberi pewarnaan akan terjadi warna yang berbeda.



Gambar 6. 9 : Satuan berulang dinding sel bakteri

*Glikoprotein*

Glikoprotein adalah senyawa teradi karena ikatan konyuqasi antara karbohidrat dengan rantai polipeptida. Karena protein terdapat pada permukaan sel hewan tingkat tinggi, maka senyawa ini berfungsi sebagai informasi bagi sel untuk

mennolak atau menerima senyawa lain untuk masuk ke dalam sel. Beberapa contoh protein adalah protein antibeku pada ikan Antartika untuk mencegah pembekuan darah, fibrinogen pada manusia untuk pembekuan darah dan kalogen sebagai jaringan pembangun pada mamalia.

#### 6.4. RANGKUMAN

Karbohidrat merupakan senyawa organik polihidroksi aldehid dan polihidroksiketon. Karbohidrat dapat diklasifikasikan atas monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Monosakarida merupakan senyawa golongan karbohidrat yang terdiri dari 1 unit sakarida, disakarida terdiri dari 2 - 10 unit monosakarida dan polisakarida terdiri dari lebih dari 10 unit sakarida. Dalam bidang pangan karbohidrat merupakan sumber kalori, dimana 1 gr karbohidrat menghasilkan sekitar 4 kkal. Karbohidrat pada tumbuh-tumbuhan berupa kayu juga merupakan bahan yang penting pada pembuatan kertas. Disamping itu karbohidrat yang terdapat, kayu, batang kelapa, batang aren, dan batang sawit juga dapat itu diolah menjadi bahan dasar perabot.

Pada makhluk tingkat rendah karbohidrat merupakan bahan pelindung misalnya kitin berupa cangkang pada moluska, peptidoglikan berupa dinding sel pada bakteri.

#### 6.5. LATIHAN

1. Terangkan dengan lengkap pembagian dari karbohidrat berdasarkan quous penyusunnya.
2. Gambarkan struktur dari glukosa dan fruktosa, sebutkan sifat-sifatnya.
3. Jelaskan apa yang anda ketahui mengenai sukrosa, dan maltosa, gambarkan strukturnya, sumbernya.
4. Terangkan apa yang diketahui mengenai selulosa dan kitin, gambarkan strukturnya apa sumber dan kegunaannya.



## VII. LIPID

### 7.1. PENGANTAR

Salah satu senyawa organik yang penting dalam makhluk hidup adalah lipid. Lipid terdapat hampir seluruh jaringan tubuh manusia dan misalnya pada jaringan otot dan otak. Pada tumbuh-tumbuhan lipid berupa lemak dan minyak terdapat pada daging buah, kulit dan biji seperti kelapa, sawit, jagung, kacang, kedele, kapas. Pada mikroba terdapat pada sitoplasma, membran. Secara umum lipid berfungsi sebagai komponen utama pembentuk membran sel dan mengatur jalannya metabolisme antara sel.

Peranan biologi dari lipid adalah : (1) lapisan pelindung jasad hidup dalam bentuk membran; (2) energi cadangan, lipid dapat disimpan dalam jaringan otot dan kulit dan bila diperlukan dapat dirubah menjadi energi kembali ;(3) alat transpor karena terdapat dalam membran sel.

Lipid dapat dibagi atas lipid sederhana yaitu berupa lemak dan minyak dan lipid kompleks berupa fosfolipid, kolesterol.

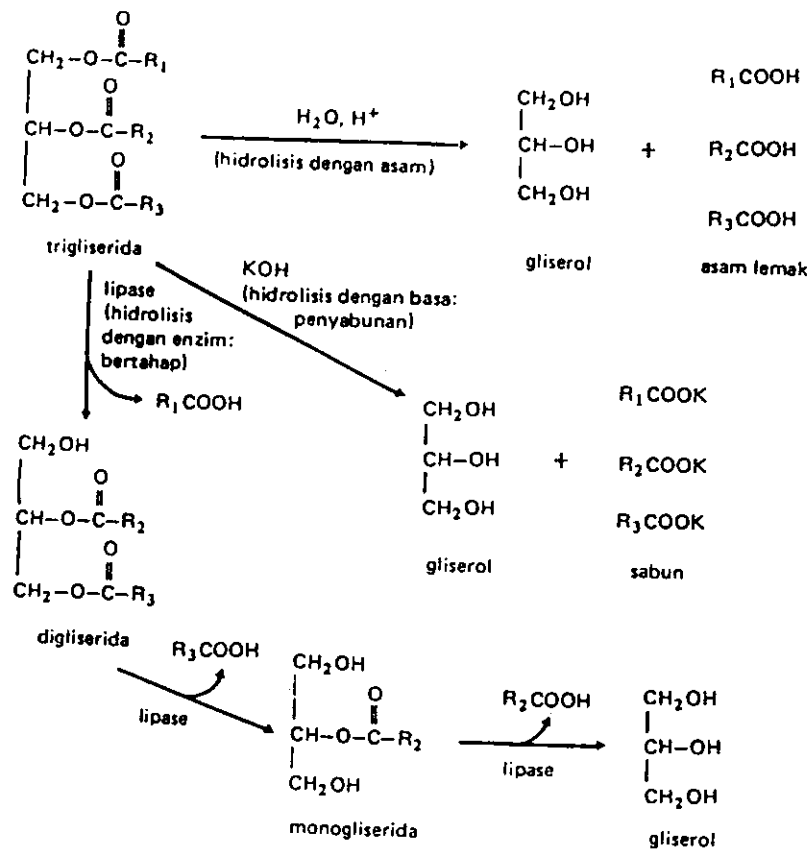
### 7.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa memahami tentang struktur, penamaan, klasifikasi dari lipid, dan beberapa contoh lipid sederhana dan kompleks, serta sifat fisik dan kimianya

### 7.3. PENYAJIAN MATERI

#### *Gliserida*

Gliserida merupakan ester antara asam lemak dengan gliserol, hal ini dapat dilihat bila terhadap lipid dilakukan hidrolisa.



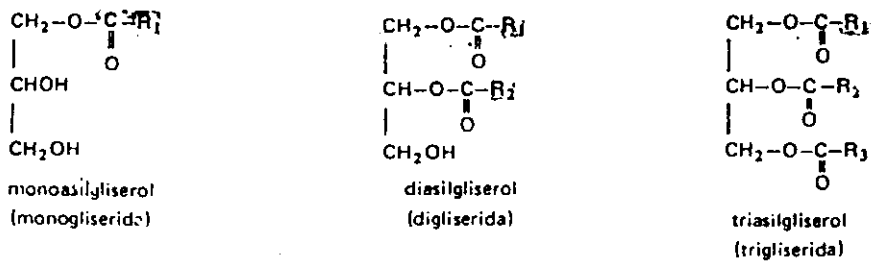
Gambar 7.1. Hidrolisa lipid dengan asam, basa dan enzim lipase

Pada umumnya asam lemak yang terdapat di alam adalah :  
 (1) asam mono karboksilat yang berantai lurus; (2) jumlah atom C genap; (3) tidak mempunyai ikatan rangkap atau dapat mempunyai 1 atau lebih ikatan rangkap; (4) jarang ditemukan dalam keadaan bebas, tetapi terikat dengan gliserida kecuali asam kualmograt.

Tabel 7.1. Beberapa asam lemak yang terdapat di alam.

Nama	Jumlah Karbon	Struktur	Sifat
<i>Asam lemak jenuh</i>			
Kaproat	8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	Lemak mentega, minyak kelapa
Kerat	10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	Minyak kelapa
Laurat	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Minyak kelapa
Myristat	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Minyak biji sayuran
Palmitat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Lemak dan minyak hewan dan sayuran
Stearat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Lemak hewan, lemak dan minyak sayuran
Arakidat	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Minyak kacang
<i>Asam lemak tak jenuh</i>			
Palmitoleat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	Lemak mentega
Oleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	Semua lemak dan minyak
Linoleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	Minyak sayuran
Linolenat	18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	Minyak sayuran
Arakidonat	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4\text{CH}_2\text{COOH}$	Minyak ikan

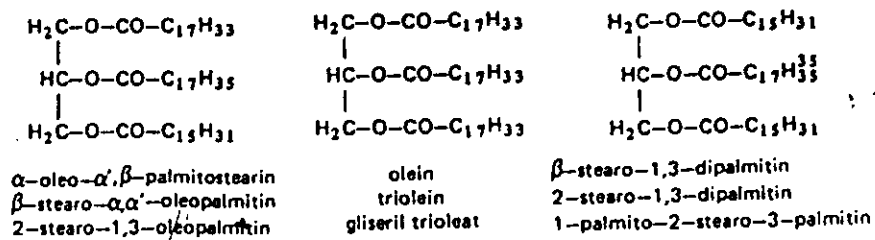
Gliserida dapat berbentuk mono, di dan tri gliserida. Di alam umum gliserida berbentuk trigliserida, walaupun kemungkinan terdapat juga bentuk di dan monogliserida akibat hidrolisa yang dikatalis oleh enzim lipase ataupun asam.



Gambar 7.2. Mono, di, dan trigliserida

Penamaan gliserida

Gliserida disusun oleh asam lemak yang berbeda maka penamaan berdasarkan posisi dari masing-masing asam lemak yang menyusunnya.



Gambar 7.3. Penamaan dari gliserida

Penamaan gliserida dapat diberikan dengan cara : (1) menentukan posisi asam lemak (kedudukan 1,2,3) tersebut yang diberi dengan abjad Romawi alpa, beta, dan alpa aksen misalnya alpa-oleo-alpa'-beta-palmito-stearin; (2) bila ketiga gliserida disusun oleh asam lemak yang sama maka penamaan dapat diberikan berdasarkan asam lemaknya misalnya oleat diberi nama dengan olein, triolein atau gliserol trioleat; (3) dengan memberi angka pada 1,2,3 pada masing asam lemak misalnya 2-stearo-1,3-dipalmitin.

### Klasifikasi lipid

#### A. lipid sederhana

##### Lemak dan minyak

Senyawa gliserida yang berbentuk padat pada suhu kamar disebut lemak, sedang berbentuk cair pada suhu kamar disebut dengan minyak.

##### Minyak goreng

Lemak dan minyak dalam bidang pangan berfungsi sebagai (1) penambah cita rasa : (2) media penghantar panas: (3) sumber energi. 1 gr lemak dan minyak menghasilkan 9 kkal. Minyak goreng yang umum digunakan adalah minyak kelapa.

minyak sawit, minyak jagung, minyak kedele.

Mutu minyak goreng ditentukan oleh sifat fisik dan sifat kimianya. Secara umum mutu minyak dapat dilihat dari titik asapnya, makin tinggi titik asap maka mutu minyak semakin baik. Minyak yang telah digunakan untuk menggoreng titik asapnya akan menurun, karena telah terjadi hidrolisis menghasilkan asam lemak dan gliserol. Maka untuk melakukan penggorengan sebaiknya dilakukan pada suhu yang tidak begitu tinggi. Pada umumnya suhu penggorengan dilakukan pada temperatur 177 - 221 °C. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa minyak akan mengalami kerusakan setelah digunakan 8 jam secara terus menerus untuk menggoreng. Kerusakan tersebut terlihat dari sifat fisik seperti bau yang tengik, warna menjadi gelap. Sedangkan sifat kimia mengalami penurunan secara drastis seperti bilangan asam, bilangan Iod dan bilangan peroksida dari mutu minyak secara SII (Standar Industri Indonesia).

#### *Mentega*

Mentega merupakan emulsi air dalam minyak dengan komposisi 18 % air terdispersi dalam 80 % minyak dengan sejumlah kecil protein yang bertindak sebagai zat pengemulsi (emulsifier). Mentega dapat dibuat dari lemak susu yang berasa manis dan asam yang mempunyai cita rasa yang khas. Lemak susu dinetralkan dengan garam karbonat, dipasteurisasi, kemudian diberikan bakteri *Streptococcus citrovorus*, *S. paraitovorus*, *Lactobacillus lactis*, *Dacillus viscosus sachari*. Setelah diinkubasi selama 3 - 4 jam bakteri akan menguraikan laktosa susu menjadi asam laktat dan timbullah senyawa diasetil yang menimbulkan aroma yang khas. Selanjutnya diberikan zat warna seperti karoten dan tokoferol.

### *Margarin*

Margarin dibuat pertama kali oleh Megge Morries dengan menggunakan minyak sapi. Margarin dibuat untuk menggantikan mentega dengan bentuk, bau, rasa dan aroma, serta nilai gizi yang hampir sama. Lemak yang biasa digunakan adalah minyak hewani seperti lemak sapi, lemak biri, lemak babi, sedangkan lemak nabati yang biasa digunakan adalah minyak kelapa, minyak, minyak sawit, minyak biji bunga matahari, minyak kedelai. Minyak nabati harus dihidrogenasasi sehingga berbentuk padat.

Lemak diaduk dengan emulsi susu skim yang telah dipasteurisasi, diinokulasi dengan bakteri seperti di atas, dibiarkan selama 10 -12 jam sampai terbentuk emulsi sempurna. Untuk mempertahankan emulsi diberikan emulsifier seperti lesitin, kuning telur. Sebagai pengawet diberikan Natrium benzoat dan karoten.

### *Lemak dan gajih*

Disamping minyak goreng, lemak juga sering digunakan untuk pengorengan. Lemak dapat berasal lemak sapi, lemak biri-biri dan lemak babi. Lemak bentuk molekulnya, tekstur, cita rasa, baunya tidak konsinten, apalagi lemak gajih cepat mengalami ketengikan maka jarang digunakan dalam pengorengan.

### *Lilin*

Asam lemak bila dilakukan esterifikasi dengan alkohol mono hidrat yang berat molekulnya tinggi sebagai pengganti gliserol akan menghasilkan lilin.

### *Sifat fisiko-kimia lemak dan minyak*

Sifat fisiko-kimia lemak dibagi atas sifat fisik dan sifat kimia dari minyak atau lemak. Sifat ini menentukan mutu dari lemak tersebut untuk digunakan untuk pangan, industri

kimia, dan industri farmasi.

### *Sifat fisik lemak dan minyak*

Sifat fisik dari lemak meliputi, warna bau, rasa, aroma, Berat Jenis (BJ).

#### a. Warna minyak

Warna dapat dibagi atas warna alamiah dan warna degradasi. Warna alamiah disebabkan oleh bahan yang terbawa oleh dari sumber asalnya. Warna kuning adalah karoten, kuning coklat adalah xantopil, khlorofil; warna hijau, anthosianin adalah warna merah yang terbawa sewaktu ekstraksi dan pemurnian minyak atau yang diberikan sebagai warna tambahan.

Warna degradasi terjadi karena pengaruh bahan yang digoreng misalnya warna coklat dapat dihasilkan dari proses penggorengan bahan yang banyak menghasilkan senyawa fenolik, yang dihasilkan akibat adanya enzim fenoloksidase.

#### b. Bau

Bau minyak dapat didapatkan karena adanya asam lemak yang berantai pendek yang terbawa pada waktu ekstraksi dan pemurnian minyak. Bau juga dapat berasal dari reaksi hidrolisa minyak akibat penyimpanan ataupun penggorengan dan selanjutnya asam lemaknya teroksidasi menghasilkan asam lemak rantai pendek dan berubah menjadi aldehid yang berbau busuk.

#### c. Rasa.

Akibat adanya minyak yang terhidrolisa menjadi asam lemak menyebabkan minyak kurang berasa enak. Pengujian warna dapat dilakukan dengan menggunakan kolorimeter, sedangkan rasa, bau dapat diuji dengan organoleptik.

#### d. Titik lebur.

Pengujian titik lebur dimaksudkan untuk menguji komposisi-

si asam lemak yang menyusun minyak. Titik lebur minyak ditentukan oleh panjang rantai asam lemak dan banyak ikatan rangkap. Semakin panjang rantai dan banyak ikatan rangkap titik lebur semakin rendah, demikian pula sebaliknya.

Tabel 7.2 : Titik lebur asam lemak.

Asam lemak	Ikatan rangkap	Titik lebur ( $^{\circ}\text{C}$ )
asam stearat (C18)	0	70
asam oleat (C18)	1	14
asam linoleat (C18)	2	5
asam linolenat(C18)	3	- 11
asam arakidonat(C20)	4	- 50

### *Sifat kimia lemak dan minyak*

Sifat kimia dari minyak meliputi bilangan asam, bilangan Iod dan bilangan peroksida, kadar air, kadar kotoran.

#### 1. Bilangan asam

Bilangan asam berguna untuk menentukan banyak asam lemak bebas yang terdapat pada minyak. Minyak dengan bilangan asam yang besar akan menyebabkan bau yang tengik.

#### 2. Bilangan peroksida

Bilangan peroksida berfungsi untuk menentukan kadar peroksida yang terdapat pada minyak. Semakin kecil bilangan peroksida maka mutu minyak semakin baik. Umumnya minyak yang telah digoreng akan mengalami oksidasi sehingga menghasilkan peroksida.

#### 3. Bilangan Iod

Bilangan Iod berfungsi untuk menentukan seberapa banyak ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak dari sejumlah minyak. Ada beberapa pendapat yang menyatakan bahwa semakin banyak ikatan rangkap maka semakin baik mutu minyak. Umumnya minyak yang telah digoreng mempunyai bilangan Iod yang lebih rendah dibandingkan minyak yang belum digoreng. Hal ini



disebabkan telah terjadinya oksidasi dari minyak pada waktu penggorengan.

#### 4. Kadar air

Kadar air berfungsi untuk menentukan seberapa banyak air yang terdapat pada minyak. Air kemungkinan terbawa dari proses ekstraksi dan pemurnian yang tidak sempurna ataupun pada waktu penggorengan minyak. Kadar air yang besar akan menyebabkan minyak mudah terhidrolisa oleh asam, basa dan enzim lipase.

#### 5. Kadar kotoran

Kadar kotoran minyak berhubungan langsung dengan warna minyak. Minyak yang bening lebih baik mutunya dibandingkan minyak yang keruh. Hal ini disebabkan adanya pengotor dan gum yang terbawa pada waktu proses pemurnian, atau terbawa pada waktu penggorengan.

Tabel 7.3: Standar mutu minyak kelapa Sumber: SII (1990)

Karakteristik	Nilai
Air (% maks)	0,3
Kotoran (% maks)	0,05
Bilangan Iod (qr iod/100 qr minyak)	8 - 10
Bilangan penyabunan (mg KOH/gr minyak)	225 - 265
Bilangan peroksida (mg O <sub>2</sub> / gr minyak)	5,0
Asam lemak bebas (% maks)	0,3
Warna, bau dan rasa	normal

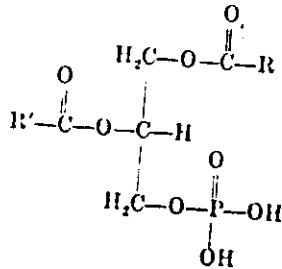
### B. Lipid komplek

#### Fosfolipid

Yang termasuk kelompok fosfolipid adalah sebagai berikut: (1) asam fosfatidat; (2) fosfitidil kolin ;(3) fosfotidil etanolamin ; (4) fisfotidil inositol; (5) fosfotidil serin ; (6) spingomielin; (7) lisoposfolipid.

**Asam fosfatidat dan fosfotidilgliserol**

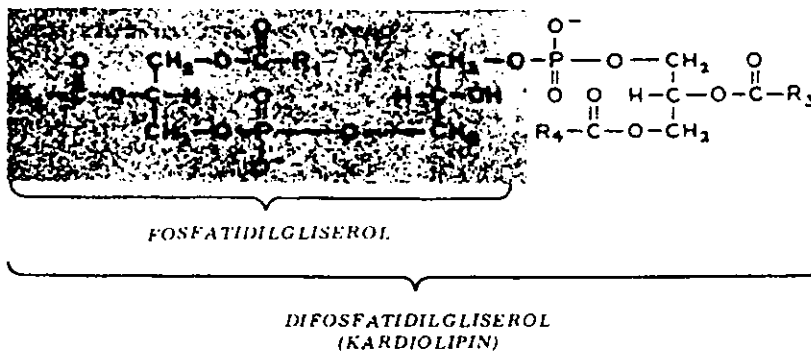
Asam fosfatidat merupakan zat antara pada sintesis trigliserol dan fosfolipid tidak banyak ditemukan dalam jaringan.



Gambar 7.4 : Asam fosfatidat dan fosfotidilgliserol

**Kardiolipin**

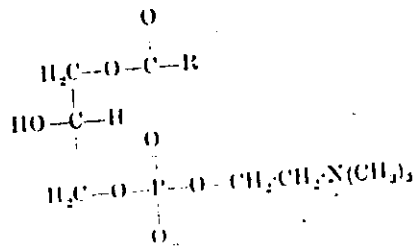
Kardiolipin adalah suatu fosfolipid yang ditemukan dalam membran mitokondria, yang dibentuk fosfotidilgliserol.



Gambar 7.5 : Kardiolipin

**Fosfotidil kolin (lesitin)**

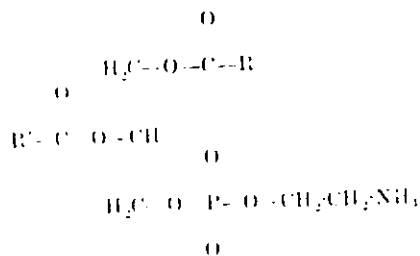
Lesitin mengandung gliserol dan sam lemak seperti lemak sederhana, tetapi juga mengandung fosfat dan kolin. Lesitin tersebar dalam seluruh jaringan tubuh hewan dan manusia yang berfungsi membentuk membran. Dipalmitil lesitin mengaktifkan permukaan sehingga mencegah terjadinya perleknetan permukaan pada paru-paru karena tegangan. Dipalmitil lesitin merupakan zat pengembang yang sangat baik dalam pembuatan roti



Gambar 7.6 : Fosfatidil kolin (lesitin)

*Fosfatidilatanolamin (sefalin)*

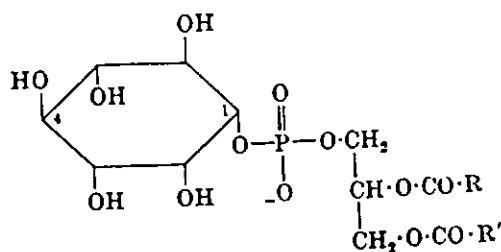
Perbedaannya dengan lesitin, gugus kolin digantikan etanolamin.



Gambar 7.7 : Sefalin

*Fospatidilinositol (lipositol)*

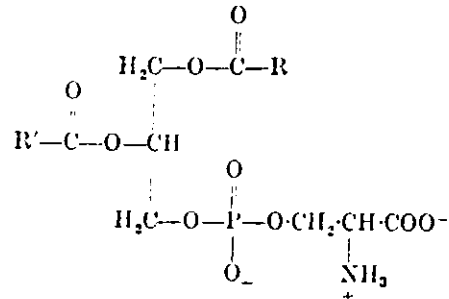
Fospatidilinositol sebagai unsur lipid pertama ditemukan pada bakteri tahan asam, kemudian ditemukan pula pada jaringan otak, dan kedelai.



Gambar 7.8. Fospatidilinositol

### *Fospatidilserin*

Posfatidil serin menyerupai sefalin, etanolamin diganti serin.



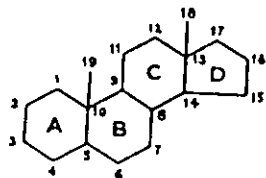
Gambar 7.9 : Fospatidilserin

### *Spingomielin*

Spingomielin banyak ditemukan pada otak dan jaringan syaraf. Pada hidrolisis spingomielin menghasilkan asam lemak, asam fosfat, kolin dan aminoalkohol. Gabungan spigniosin dan asam lemak disebut dengan seramida.

### *Steroid*

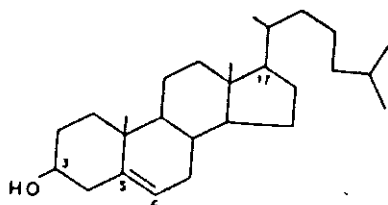
Steroid merupakan senyawa yang disusun oleh senyawa isopren dengan atom C dari 25 - 30, sebagai senyawa dasarnya adalah siklopentanodihidropenantren.



Gambar 7.10 : Siklodehidropenantren

Kolesterol banyak terdapat di dalam sel tubuh makhluk hidup, khususnya dalam jaringan syaraf kolesterol merupakan senyawa induk yang disintesa dalam tubuh manusia. Kolesterol banyak ditemukan dalam lemak hewan, dan tidak terdapat dalam lemak tumbuh-tumbuhan. Kolesterol merupakan provitamin D<sub>3</sub>

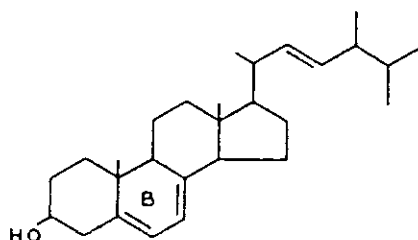
bila disinari dengan cahaya matahari menghasilkan vitamin D<sub>3</sub>.



Gambar 7.11: Kolesterol

### *Ergosterol*

Ergosterol terdapat pada jaringan tumbuh-tumbuhan dan merupakan provitamin D<sub>2</sub>. Bila disinari dengan cahaya matahari menghasilkan vitamin D<sub>2</sub>.



Gambar 7.11 : Ergosterol

Lipid mempunyai prospek yang cukup luas dalam bidang industri. Indonesia yang beriklim tropis cocok untuk tanamam yang menghasilkan minyak seperti kelapa, sawit, kacang, jagung. Sebagai negara penghasil minyak goreng kedua di dunia setelah Malaysia. Indonesia masih mengekspor minyak mentah (crude oil), kemudian di luar negeri (Belanda) di-proses untuk menjadi mentega dengan harga yang lebih tinggi. Di Jepang minyak dihidrolisa menjadi asam lemak, selanjutnya asam, lemak dioksidasi menjadi asam lemak dengan rantai yang lebih pendek, dirubah menjadi polimer sintetis.

Lemak hewani juga merupakan prospek yang cukup luas digu-

nakan dalam bidang industri. Bahkan minyak ikan seperti squalen merupakan makanan tambahan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat kalangan menengah ke atas.

#### 7.4. RANGKUMAN

Lipid merupakan senyawa gliserida. Gliserida adalah senyawa ester antara gliserol dengan asam lemak. Secara garis besar lipid dapat digolongkan atas lipid sederhana dan lipid kompleks. Lipid sederhana adalah disusun oleh hanya asam lemak dan gliserol atau lipid dengan struktur kimia yang tidak begitu rumit, sedangkan lipid kompleks lipid yang disusun oleh gliserol dan senyawa lain yang lebih kompleks. Yang termasuk lipid sederhana misalnya lemak, minyak, mentega, lilin, sedangkan lipid kompleks misalnya fosfatidil kolin, fosfatidil etanol amin, fosfatidil inositol, fosfatidil serin, kardioplipin, dan senyawa golongan steroid seperti kolesterol, asam lemak, testosteron.

Minyak dan lemak banyak kegunaannya dalam bidang pangan, obat-obatan dan industri kimia lainnya. Mutu lemak dan minyak ditentukan sifat fisik dan sifat kimianya yang disesuaikan dengan standar mutu yang ada. Bagi makhluk hidup minyak banyak berfungsi sebagai pelarut vitamin A, D, E, K. Sedangkan senyawa lipid kompleks seperti fosfatidil kolin, fosfatidil etanol amin, fosfatidil inositol, fosfatidil serin, kardioplipin, dan kolesterol banyak perannya dalam pembentukan membran dalam sel makhluk hidup.

#### 7.5. LATIHAN

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan lipid, serta pengelompokkannya.
2. Apa perbedaan lemak dengan minyak.
3. Jelaskan apa yang menentukan mutu lemak dan minyak.
4. Terangkan beberapa jenis lipid kompleks yang anda ketahui, lengkapi dengan fungsi dan struktur kimianya.

## VIII. VITAMIN

### 8.1. PENGANTAR

Vitamin berasal dari kata vital dan amina yang dikemukakan oleh ahli kimia Polandia yang bernama Funk bahwa ada suatu zat kimia yang berfungsi penyakit beri-beri yang larut dalam air. Vitamin adalah suatu senyawa yang terdapat dalam jumlah kecil dalam makhluk hidup, tetapi sangat penting arti dalam reaksi kimia dalam sel hidup. Kegunaan dari vitamin adalah : (1) sebagai kofaktor dan koenzim ; (2) untuk menjaga kelangsungan hidup dan pertumbuhan. Vitamin tidak dapat dihasilkan oleh tubuh kecuali vitamin D, untuk itu harus didatangkan dari luar tubuh.

### 8.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa memahami tentang klasifikasi vitamin berdasarkan kelarutannya, struktur kimianya, fungsi, defisiensi dan sumber dari masing-masing vitamin tersebut.

### 8.3. PENYAJIAN MATERI

Klasifikasi vitamin.

Vitamin dapat dibagi atas vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam minyak. Vitamin yang larut dalam air adalah vitamin B dan C sedangkan vitamin yang larut minyak adalah vitamin A, D, E, K.

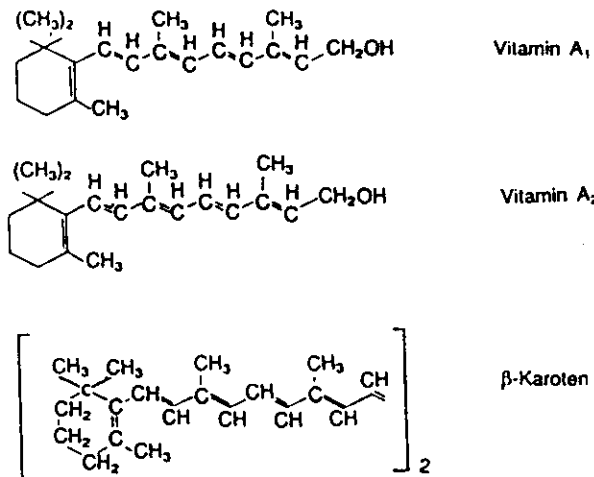
*Vitamin yang larut dalam lemak*

Vitamin yang larut dalam lemak atau minyak banyak ditemukan pada daging, kacang-kacangan. Vitamin ini apabila telah diserapkan akan digunakan untuk keperluan metabolisme. Dalam tubuh manusia, setelah diserap, dibawa ke dalam darah oleh lipoprotein. Bila berlebih akan disimpan dalam tubuh

manusia pada jaringan otot, empedu, dan hati. Pada tumbuh-tumbuhan biasanya lemak akan disimpan pada buah. pada mikroorganisme dapat disimpan pada sitoplasma, atau digunakan untuk membentuk membran sel. Kekurangan vitamin A, D, E, K ini terjadi bila adanya malabsorpsi pada tubuh atau bila tubuh terlalu banyak mengkonsumsi mineral. Pada prinsipnya vitamin yang larut dalam lemak ini mempunyai struktur kimia yang lebih teratur karena disusun oleh 5 atom C dalam bentuk isopren.

### Vitamin A

Vitamin A (retinoid) mempunyai struktur lebih dari satu dalam bentuk retinol, retinal, asam retinoat, dan ester retinil.



Gambar 8.1 : Vitamin A yang terdapat di alam

Perbedaannya hanya terletak pada gugus fungsional yang terakhir saja. Vitamin ini mudah teroksidasi oleh udara, panas yang tinggi, dan sinar yang terlalu tinggi intensitasnya. Oksidasi akan terjadi pada ikatan rangkap, sehingga sebaiknya disimpan dalam tempat yang dapat terhindar dari pengaruh di atas.



Sebagian besar sumber vitamin A ini adalah senyawa karoten, yang banyak berasal dari tumbuh-tumbuhan. Penyerapan karoten berlangsung dalam mukosa dinding usus kecil manusia. Dalam tubuh karoten ini akan dirobah menjadi vitamin A sekitar 50 %. Dari hasil penelitian WHO 1/6 dari 50 % itu yang akan dimanfaatkan tubuh. Sumber vitamin A dari tumbuhan biasanya berasal dari tanaman yang kaya dengan karoten misalnya wortel, kangkung, bayam dan buah-buahan seperti tomat. Sumber lain adalah susu, daging ikan, dan hati. Disamping itu minyak makan juga banyak mengandung karoten.

Fungsi vitamin A dalam tubuh adalah untuk pembentuk permukaan epitel (lapisan luar alat pencernaan, dan pernafasan, alat ekresi) dan mata. Kekurangan vitamin A akan menyebabkan rabun senja, gangguan pembentukan epitel, mudah terkena infeksi jaringan epitel. Kebutuhan vitamin A didefinisikan dengan RE (retinal equivalen). 1 RE = 1 mg retinol atau 6 gr karoten. Kebutuhan vitamin setiap hari 400 - 700 RE, pria dewasa 1000 RE, wanita 800 RE, wanita hamil 1.000 RE, wanita menyusui 1.200 RE.

#### *Vitamin D*

Vitamin D termasuk senyawa sterol yaitu senyawa kelompok lemak dengan atom C 25 - 30. Dari beberapa vitamin D dua diantaranya yang dianggap penting adalah vitamin D<sub>2</sub> (ergosterol) dan Vitamin D<sub>3</sub> ( kolekalsiferol). Struktur keduanya sangat mirip, namun sumbernya berbeda. Vitamin D<sub>2</sub> terdapat pada tumbuh-tumbuhan, dan vitamin D<sub>3</sub> terdapat pada hewan.

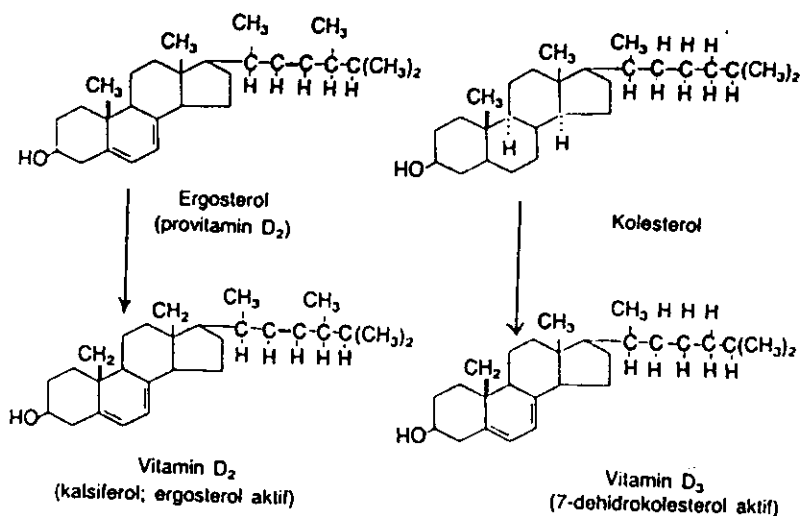
Tidak seperti hal vitamin yang lain, vitamin D dapat disintesis dalam tubuh manusia dan hewan dalam bentuk vitamin D<sub>3</sub> yaitu pada kulit. Laju pembentukan vitamin D<sub>3</sub> dari 7-hidroksikolesterol ini tergantung pada konsentrasi pigmen kulit, dan intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari, dan warna kulit akan berpengaruh terhadap ketersediaan vitamin D<sub>3</sub>. Setelah terbentuk vitamin D<sub>3</sub> maka akan di-

angkut ke berbagai organ tubuh, dan kelebihan disimpan di hati. Maka untuk daerah tropis kekurangan vitamin D bukanlah merupakan masalah yang serius.

Fungsi vitamin D ini sangat penting dalam metabolisme kalsium dan posfor. Maka kekurangan vitamin D ini akan menyebabkan kekurangan dari kalsium dan fosfor yang berfungsi pada pembentukan tulang dan gigi. Vitamin D yang dikonsumsi diserap bersama-sama dengan lemak melalui dinding usus jejunum dan ileum dan diangkut ke dalam kilomikron melalui sirkulasi limpa.

Kebutuhan vitamin D ini pada bayi 10 mg (400 UI= unit international per hari untuk bayi dan anak.

Kelainan yang ditimbulkan oleh kekurangan vitamin D adalah ;(1) ricketsia (kaki bengkok pada anak-anak yang berbentuk O); (2) tetani (bengkoknya pergelangan tangan akibat kekurangan kalsium dalam serum darah ; (3) Osteomalasia (kaki bengkok pada orang dewasa).

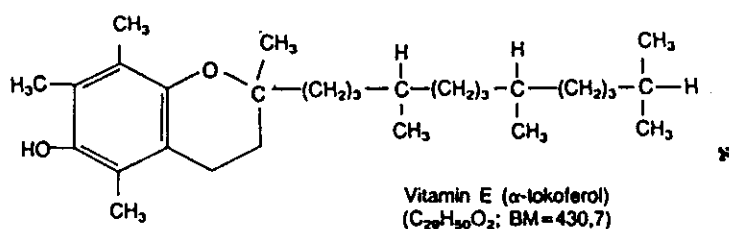


Gambar 8.2: Perubahan provitamin D menjadi vitamin D

### Vitamin E (tokoferol)

Tokoferol berasal dari bahasa Yunani tokos berarti melahirkan, dan pherein yang berarti menunjang kelahiran. Dalam kehidupan sehari-hari vitamin E ini memang digunakan sebagai vitamin untuk merangsang kehamilan. Senyawa tokoferol ini di alam ditemukan dalam bentuk:

Tokoferol	Unsur
alfa	5,7,8, trimetil tokol
Beta	5,8 dimetil tokol
gamma	7,8 dimetil tokol
delta	8 metil tokol
eta	7 metil tokol
Zeta	5,7 dimetil tokol.



Gambar 8.4: Alfa tokoferol

Peranan dari vitamin E adalah sebagai antioksidan. Dengan bersifat sebagai donor oksigen dapat mencegah terjadinya oksidasi zat lain. Dalam jaringan vitamin E menekan terjadinya oksidasi asam lemak tak jenuh sehingga dapat mempertahankan fungsi membran.

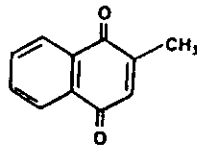
Fungsi yang cukup menonjol pada bidang medis adalah digunakan sebagai obat menambah kesuburan dan gangguan menstruasi. Kebutuhan vitamin E untuk pria dewasa adalah 15 SI, wanita dewasa 12 SI dan anak-anak 4 - 5 SI (satuan internasional). 1 SI = 1 mgr/1,49. Pada tahun sebelum meningkatnya penduduk dunia, kebutuhan orang dewasa terhadap vitamin E

adalah 25 -30 SI, namun terjadi penurunan dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan semakin meningkatkan program keluarga berencana ditengah masyarakat.

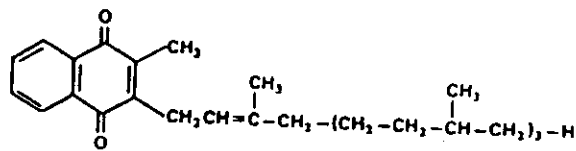
Sumber dari vitamin E ini adalah toge, beras, dan minyak biji kapas. Kelainan dari kekurangan vitamin E ini adalah gangguan berat pada absorpsi, kreatinuria, dan eritrosit rapuh.

### Vitamin K

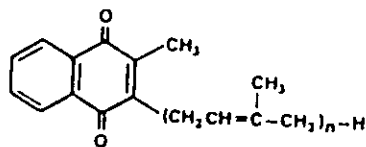
Vitamin K merupakan vitamin yang larut dalam lemak berasal dari singkatan kata koagulasi. Vitamin ini terdiri dari vitamin K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>. Sebagai induknya adalah vitamin K<sub>3</sub> atau menaquinon.



Menadiol (vitamin K<sub>3</sub>)



Flavoquinon (vitamin K<sub>1</sub>, flonadion, Mefiton)



Menaquinon-n (vitamin K<sub>2</sub>; n=6, 7, atau 9)

Gambar: 8.5. Vitamin K yang terdapat di alam.

Vitamin K banyak terdapat pada minyak tumbuh-tumbuhan, sayuran berdaun hijau, dan kulit gandum. Menaquinon dapat disintesa oleh bakteri usus, oleh sebab itu vitamin K<sub>3</sub> tidak terlalu diperlukan dari makanan.

Fungsi dari vitamin K ini dibutuhkan untuk mempertahankan kadar normal dalam pembekuan darah. Kekurangan dari vitamin K ini adalah terjadinya sindroma malabsorpsi lemak yang berhubungan dengan kelainan fungsi pankreas, penyakit saluran empedu, atrofi dari mukosa usus.

#### *Vitamin yang larut dalam air*

Vitamin yang larut dalam air mempunyai struktur kimia yang sangat beraneka ragam, bersifat polar karena itu larut dalam air. Semua vitamin yang larut dalam air ini kecuali kobalamin, tidak dapat disimpan dalam tubuh maka harus didatang terus menerus dari luar tubuh. Karena larut dalam air dan tidak dapat disimpan dalam tubuh, serta diekresikan lewat urin maka tubuh jarang keracunan dari vitamin ini. Semua vitamin ini kecuali vitamin C bersifat sebagai kofaktor dalam reaksi enzimatik.

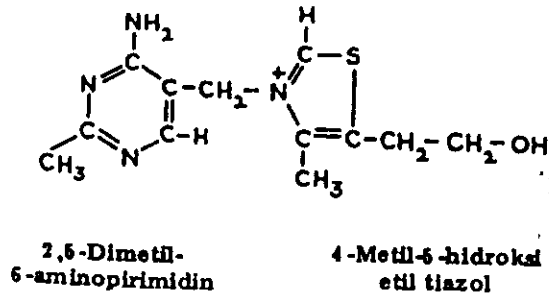
#### *Vitamin B komplek*

Vitamin B penting artinya pada manusia adalah sebagai berikut:

- a. Tiamin (vitamin B1)
- b. Riboflavin (vitamin B2).
- c. Asam pantotenat ( vitamin B5)
- d. Niasin ( asam pantotenat)
- e. Piridoksin ( Vitamin B6)
- f. Biotin
- g. Kobalamin
- h. Asam folat (asam pteroilglutamat)

#### *a. Tiamin*

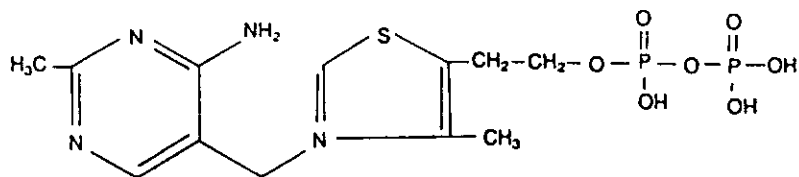
Tiamin terdiri dari suatu substitusi pirimidin yang terikat melalui ikatan metilen pada suatu substitusi tiazol.



Gambar 8.6. Tiamin

Tiamin hampir terdapat pada semua tumbuh-tumbuhan dan jaringan binatang yang dikonsumsi, tetapi dengan kandungan yang kecil. Bahan yang kaya dengan sumber vitamin B1 ini adalah gandum, jagung, beras. Kekurangan vitamin B1 ini biasanya terdapat pada masyarakat yang kebiasaan makanan jelek, atau pada masyarakat yang miskin. Pada ikan mentah terdapat suatu enzim yang tidak tahan panas yang merusak tiamin. Penyakit ini ditandai dengan anoreksia, ataksia progresif, paraplegia sepsis dan hiperestesia. Penyakit beri-beri merupakan akibat kekurangan vitamin B1, biasanya terdapat pada masyarakat yang mengkonsumsi beras yang terbuang kulit arinya.

Tiamin diserap melalui usus halus, tetapi tidak dapat disimpan dalam tubuh dalam jumlah besar, kelebihan tiamin diekresikan lewat urin. Fungsi biokimia dari tiamin adalah sebagai koenzim dalam reaksi enzimatik pemindahan gugus aldehyd. Disamping itu tiamin aktif dalam bentuk reaksi yang menghasilkan energi dalam bentuk tiamin piroposfat (TTP).



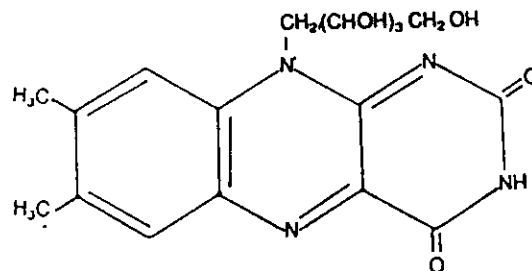
Gambar 8.7: Tiamin Piroposfat.

Kebutuhan tiamin yang dianjurkan per hari oleh Widya Karya nasional Pangan dan Gizi 1978 adalah anak-anak dibawah 10 tahun 0.4 - 0.7 mg, orang dewasa 0.7 - 1.0 mg. Wanita hamil dan menyusui 0.2 - 0.3 mg lebih banyak dari orang dewasa.

Sumber tiamin adalah beras, bekatul, daging unggas, ikan, telur, daging babi. Sayuran dan buah-buahan meskipun kadarnya kecil, tetapi memakannya dalam jumlah besar (lalu-lalu) sangat membantu penyediaan tiamin.

#### b. Riboflavin

Riboflavin yang terdiri dari struktur heterosiklik yang terikat pada ribitol. Karena adanya ikatan terkonyugasi maka riboflavin merupakan pigmen yang berwarna dan berfluoresensi. Riboflavin relatif tahan terhadap panas, tetapi tidak tahan terhadap cahaya. Nama riboflavin ini bersala dari ribosa karena bentuknya mirip dengan gula ribosa dan flavin karena merupakan pigmen yang memiliki flouresen (Flavin).



Gambar 8.8 : Struktur Riboflavin

Riboflavin disintesa oleh hampir semua tumbuh-tumbuhan dan mikroorganisme, tetapi tidak dapat disintesa oleh binatang tingkat tinggi. Absorpsi riboflavin dalam usus bersamaan dengan fosforilasinya pada mukosa usus membentuk riboflavin posfat atau riboflavin mononukleotida

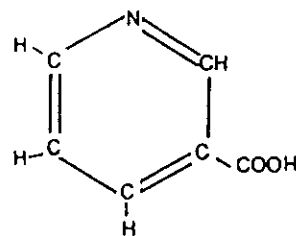
Fungsi biokomianya adalah bagian dari dua koenzim yaitu

riboflavin posfat (Flavin mononukleotida= FMN) dan Flavin Adenin Dinukleotida (FAD). Kedua koenzim ini merupakan gugus prostetik penerima hidrogen pada enzim dehidrogenase. Riboflavin merupakan bagian dari enzim xantin oksidase yang berfungsi mengkatalis reaksi oksidasi dari berbagai senyawa purin. Kekurangan riboflavin terhadap bayi yang baru lahir menyebabkan hiperbilirubin. Sedangkan pada orang dewasa ditemui gejala awalnya seperti mata sangat sensitif terhadap cahaya dan cepat lelah dan diikuti kaburnya penglihatan.

Kebutuhan riboflavin yang dianjurkan Widya Karya Nasional Pangan dan Gizi tahun 1978 per hari adalah untuk bayi 0,4 sampai 0,6 mg, anak-anak sampai umur 10 tahun 0,8 - 12 mg dan untuk orang dewasa 1,2 - 1,6 mg serta untuk ibu hamil dan menyusui 1,5 - 1,7 mg. Sumber terutama dari daging, hati, ginjal dan jantung ternak. Sayuran dan buah-buahan sedikit mengandung riboflavin.

*c. Niasin dan Niasimida*

Niasin atau asam nikotinat adalah suatu derivat piridin yang merupakan komponen tidak toksik dari nikotin (alkaloid). Tumbuhan dan sebagian besar binatang dapat mensintesa asam nikotinat dari asam amino triptopan

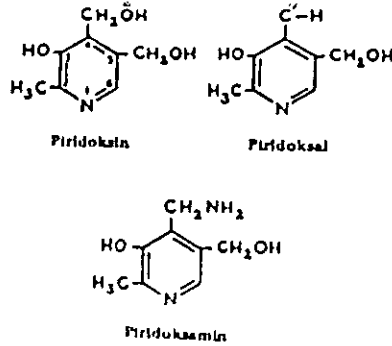


Gambar 8.9 : Niasin

*d. Piridoksin (Vitamin B6)*

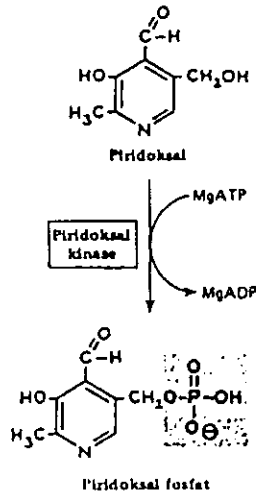
Piridoksin terdiri dari 3 derivat piridin alam dalam bentuk piridoksin, piridoksal, dan piridoksamin.





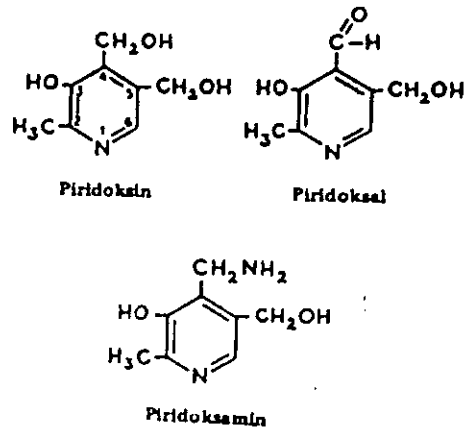
Gambar 8.10. Piridoksin, piridoksal dan piridoksamin.

Piridoksin dan analognya mudah diserap melalui usus. Ketiganya sama aktif sebagai prazat koenzim piridoksal fosfat. Dalam sitoplasma sel, ketiganya menjadi substrat untuk enzim piridoksal kinase yang menggunakan ATP untuk melakukan fosforilasi.



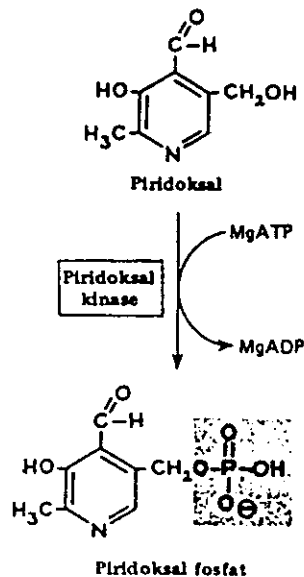
Gambar 8.11: Fosforilasi piridoksal oleh piridoksal kinase untuk membentuk piridoksal fosfat.

Piridoksal fosfat ini adalah koenzim untuk banyak reaksi enzim dan sebagai besar terlibat dalam reaksi metabolisme. Piridoksal fosfat merupakan metabolik yang utama dalam plasma, sedangkan kelebihanannya dibuang melalui urin dalam bentuk asam 4- piridoksal yang dapat diukur secara fluorimetri.



Gambar 8.10. Piridoksin, piridoksal dan piridoksamin.

Piridoksin dan analognya mudah diserap melalui usus. Ketiganya sama aktif sebagai prazat koenzim piridoksal fosfat. Dalam sitoplasma sel, ketiganya menjadi substrat untuk enzim piridoksal kinase yang menggunakan ATP untuk melakukan fosforilasi.



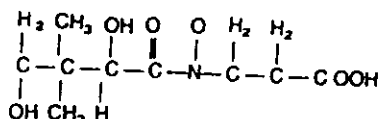
Gambar 8.11: Fosforilasi piridoksal oleh piridoksal kinase untuk membentuk piridoksal fosfat.

Piridoksal fosfat ini adalah koenzim untuk banyak reaksi enzim dan sebagai besar terlibat dalam reaksi metabolisme. Piridoksal fosfat merupakan metabolik yang utama dalam plasma, sedangkan kelebihanannya dibuang melalui urin dalam bentuk asam 4-piridoksal yang dapat diukur secara fluorimetri.

Sumbernya adalah daging ternak, ikan, kentang, ubi jalar dan sayuran-sayuran, biji-bijian dan susu. Keperluan vitamin B6 setiap hari tergantung pada jumlah protein yang dikonsumsi. Secara umum kebutuhan vit B6 setiap hari adalah 2 mg, sedangkan untuk masyarakat dengan konsumsi protein rendah hanya diperlukan 1,2 - 1,5 mg. Defisiensi piridoksin menimbulkan pelagra walaupun demikian hal ini jarang terjadi.

e. *Asam Pantotenat*

Asam pantotenat adalah suatu amida dari asam pantoat dan beta alanin.



Gambar 8.12 : Asam pantotenat

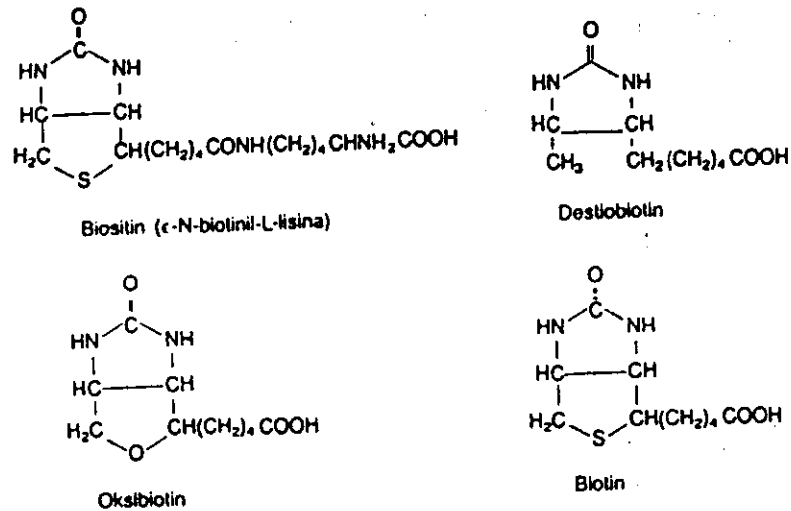
Secara komersial asam pantotenat ditemukan dalam bentuk garam kalium yang berasa manis dan stabil terhadap panas dalam proses pemasakan. Sebagai koenzim asam pantotenat terlibat dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein khususnya dalam metabolisme energi.

Sumber asam pantotenat adalah bermacam makanan, tetapi yang terbanyak terdapat pada royal jelly. Kekurangan asam pantotenat pada manusia jarang terjadi, tetapi dari hasil penelitian kekurangannya menyebabkan muntah-muntah, pada manusia lanjut usia dihubungkan dengan pemutihan rambut.

f. *Biotin*

Biotin adalah derivat dari imidazol yang banyak terdapat dalam makanan alam. Biotin terdapat dalam biositin, desertyobiositin, oksibiositin, dan biotin. Sebagian besar kebutuhan

biotin manusia dihasilkan dari bakteri usus.



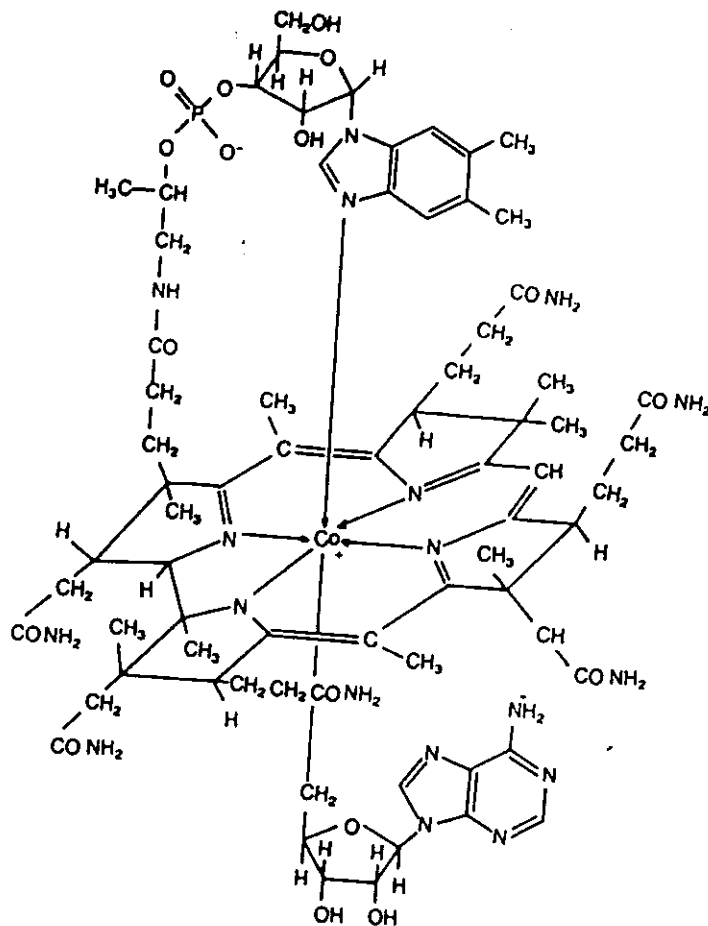
Gambar 8.13 : Biotin

Biotin berperan sebagai koenzim dari berbagai reaksi enzim yang ikut dalam proses dekarboksilasi, dan reaksi deaminasi. Biotin sangat diperlukan dalam sintesis asam lemak dan dalam reaksi fiksasi CO<sub>2</sub> pada proses perubahan piruvat menjadi oksaloasetat. Dalam siklus kreb, biotin diperlukan pada perubahan asam suksinat menjadi fumarat dan oksalosuksinat menjadi ketoglutarat.

Sumber biotin didapat jeroan, kuning telur, dan khamir. Kekurangan biotin menyebabkan gangguan pada jaringan mukosa, kulit.

#### g. Vitamin B<sub>12</sub> (kobalamin)

Vitamin B<sub>12</sub> merupakan vitamin yang sangat kompleks molekulnya yang mengandung sebuah atom kobalt sebagai intinya. Vitamin B<sub>12</sub> dikenal juga dengan kobalamin, sionokobalamin merupakan bentuk yang paling aktif, larut dalam air, tahan terhadap panas, tidak aktif karena cahaya, cukup tahan terhadap asam dan alkali.



Gambar 8.14 : Kobalamin

Kobalamin dapat disimpan dalam hati, maka kekurangan vitamin B<sub>12</sub> ini jarang terjadi kecuali bagi konsumen vegetarian. Fungsinya berperan dalam sistem syaraf, saluran cerna, dan sumsum tulang belakang.

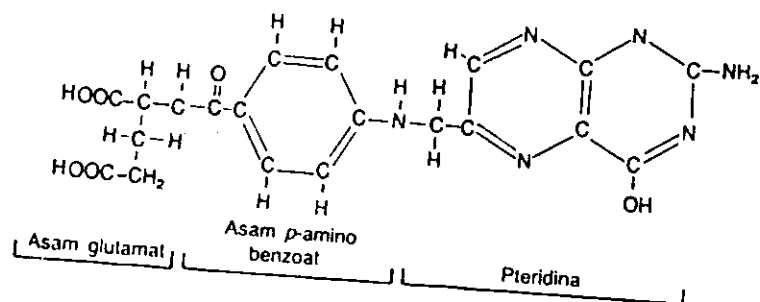
#### h. Asam Folat atau Folasin

Nama asam folat berasal dari *folium* (bahasa latin = daun berwarna hijau). Secara kimia asam folat atau folat ini terdiri dari pteridin heterobisiklik, asam paraaminobenzoat (PABA) dan asam glutamat. Sumber utama asam folat adalah sayuran berdaun hijau. Asam folat larut dalam air, mudah dioksidasi oleh dalam larutan asam dan peka terhadap

sinar, maka dalam pemasakan asam folat sering hilang. Pembuangan melalui feses dan urin lebih banyak dari yang dikonsumsi, ini merupakan bukti bahwa disamping dari makanan asam folat juga dapat dihasilkan dalam saluran cerna. Selain itu asam folat dapat disimpan dalam hati. Dalam hati asam folat berubah menjadi aktif dalam bentuk asam folinat (folasin).

Asam folinat merupakan koenzim untuk beberapa sistem enzim seperti pada sintesa pembentukan nukleo-protein yang merupakan hal penting produksi sel darah merah dan sumsum tulang belakang. Kerja asam folinat banyak berhubungan dengan vitamin B<sub>12</sub>.

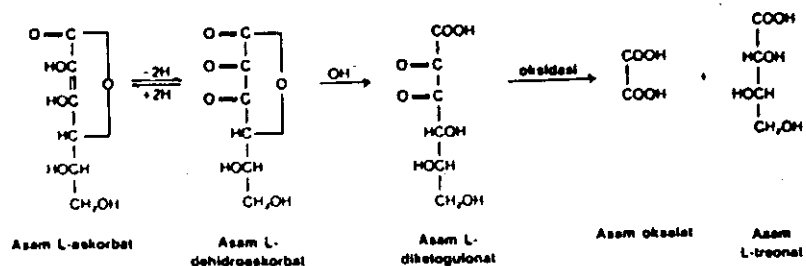
Kekurangan asam folat terjadi pada penderita saluran cerna yang ditandai dengan anemia. Konsumsi yang dianjurkan adalah 400 mcg, wanita hamil 800 mcg dan wanita menyusui 600 mcg per hari. Sumber dari asam folat adalah hati, ginjal dari ternak, khamir sayuran hijau.



Gambar 8.15. Asam folat

#### i. Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C berbentuk sebagai asam L-askorbat dan asam L-dehidroksi askorbat. Vitamin C disintesis secara alami baik dalam tanaman maupun hewan, dan mudah disintesis dari gula dengan biaya murah.



Gambar 8.16 : Asam L-askorbat dan asam L- dehidroksiaskorbat

Dari semua vitamin yang larut dalam air, vitamin C paling mudah rusak. Vitamin C bersifat mudah larut dalam air, mudah teroksidasi. Proses oksidasi akan lebih dipercepat lagi oleh pengaruh panas, cahaya, alkali (Cu dan Fe), dan enzim. Oksidasi akan terhambat bila dalam keadaan asam dan suhu yang rendah. Vitamin C diserap secara cepat pada saluran cerna dan diedarkan ke dalam aliran darah. Kelebihan vitamin C dibuang keluar tubuh. Konsentrasi vitamin C dalam plasma darah sekitar 0,4 - 0,5 mg per 100 ml sudah merupakan hal yang sangat baik. Bila konsentrasi sudah 1,0 mg per 100 ml maka berindikasi plasma darah telah jenuh.

Peranan vitamin C adalah sebagai pembentukan kalogen interseluler. Asam askorbat sangat penting peranannya dalam proses hidrolasi asam amino prolin dan lisin menjadi hidroksi prolin dan hidroksilisin. Kedua senyawa ini merupakan komponen yang penting dalam pembentukan kalogen.

Kebutuhan vitamin C perhari untuk anak dan orang dewasa antara 20 - 30 mg, sedangkan untuk ibu mengandung dan menyusui ditambahkan 20 mg. Kekurangan vitamin C akan menyebabkan sariawan atau skorbut. Penyakit sariawan akut dapat disembuhkan dengan pemberian 100 - 200 mg vitamin C per hari. Sumber vitamin C adalah buah-buah seperti jeruk, pisang, nenas, apel, pear. sayur-sayuran seperti bayam, brokoli, cabe

hijau. Disamping itu susu, daging, ikan dan unggas juga merupakan sumber vitamin C.

#### 8.4. RANGKUMAN

Vitamin dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin yang larut dalam air adalah vitamin B dan C, sedang yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, K. Vitamin ini pada umumnya berfungsi sebagai koenzim dan kofaktor untuk enzim. Disamping itu vitamin juga berfungsi untuk pertumbuhan dan menjaga kesehatan tubuh. Kekurangan vitamin akan menimbulkan penyakit tertentu.

#### 8.5. LATIHAN

1. Sebutkan pembagian vitamin berdasarkan kelarutannya.
2. Vitamin yang larut dalam air, kenapa harus didapatkan terus menerus dari makanan.
3. Sebutkan fungsi, defisiensi, sumber dari vitamin A dan D.
4. Sebutkan fungsi, defisiensi, sumber dari vitamin B1 dan B6.



## IX. AIR DAN MINERAL

### 9.1. PENGANTAR

Air merupakan senyawa kimia yang banyak terdapat dalam sel, dan banyak metabolisme dalam sel yang terjadi karena adanya air. Setiap reaksi hidrolisa karbohidrat, lemak, protein memerlukan air. Vitamin B dan C dapat larut dalam sel bila adanya air, demikian pula mineral akan dapat pula larut bila ada air. Proses transpor lewat membran juga memerlukan air. Pada tubuh manusia normal total air tubuh berkisar sekitar 50 % sampai 90 % dari berat badan dan berbanding langsung dengan luas permukaan badan.

Mineral merupakan senyawa kimia yang kadarnya kecil dalam makhluk hidup yaitu sekitar 4 %. Unsur dalam makhluk hidup ini dapat dikelompokkan atas:

1. Komponen utama yaitu : C, H, O, N, S. Mineral ini merupakan komponen utama pembentuk sel dan komponen utama pada makanan. Misalnya karbohidrat, lemak, protein.
2. Mineral besar: K, Na, P, Mg, Ca, dan Cl.
3. Unsur runtu (kecil): Cr, Co, I, Fe, Mg, Mo, Se, dan Cu
4. Unsur tambahan : Ar, Cd, Ni, Si, V
5. Unsur yang bersifat racun : Hg dan Pb.

Dalam topik mineral ini hanya akan dipelajari beberapa jenis dari mineral saja. Pada umumnya proses absorpsi dalam tubuh makhluk hidup diserapkan dalam bentuk garam.

### 9.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Para mahasiswa memahami tentang fungsi, sumber, defisiensi dari air dan mineral dalam tubuh makhluk hidup yang dihubungkan dengan aktivitas sehari-hari.

### 9.3. PENYAJIAN MATERI

#### *Air (H<sub>2</sub>O)*

Air dalam tubuh manusia dan hewan.

Air dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O merupakan senyawa yang penting dalam tubuh makhluk hidup. Air tubuh terbagi atas air : (1) air intra sel dan air ekstra sel. Air intra sel dan ekstra sel berbanding 1 : 1. karena kebanyakan sel tubuh banyak bersifat semipermeabel, sehingga terjadi keseimbangan antara air intrasel dan ekstra sel, keadaan ini disebut dengan isotonis. Air ekstra sel termasuk air yang terdapat dalam plasma, limpa, cairan intestinal, jaringan penyambung, tulang rawan, tulang, kulit, dan cairan sekresi.

Kegunaan tubuh bagi manusia : (1) pelarut mineral dan vitamin khususnya B dan C ; (2) transfer intra dan ekstra sel; (3) pelumas ; (4) pengatur suhu tubuh. Air tubuh berada pada intra dan ekstrasel adalah 50% - 50 %. Intake air yang diperlukan tubuh akan berbeda tergantung pada aktivitas, kondisi kesehatan dan makanan yang dikonsumsi. Keseimbangan air pada orang yang sehat, volume air tubuh biasanya tetap dan berfluktuasi sekitar 1 % berat badan per hari, keseimbangan ini dipertahankan. Pemasukan air (Intake) dan pengeluaran air (output) berdasarkan penelitian adalah sekitar 2750 - 3.000 ml perhari. Walaupun terdapat perbedaan tergantung aktivitas yang dilakukan tiap hari, cuaca (temperatur dan kelembaban udara), kondisi tubuh sehat atau sakit, jenis makanan. Jumlah air dalam tubuh akan lebih banyak pada atlet dari bukan atlet, demikian pula dengan pekerja kasar lebih banyak dibandingkan dengan pekerja kantor. Jumlah air tubuh akan menurun sesuai dengan perkembangan usia.

Disamping dari minuman air juga dapat berasal dari oksidasi : 1 gr karbohidrat akan menghasilkan 0,6 gr air, 1 gr protein akan menghasilkan 0,4 gr air dan 1 gr protein akan menghasilkan 1,07 gr air.

Air dalam tumbuh-tumbuhan digunakan untuk proses fotosintesa terutama bagi tumbuhan yang berwarna hijau. Disamping itu mineral penting dalam proses transfer dalam sel untuk mempertahankan kondisi intra dan ekstra sel. Hal yang cukup penting adalah untuk melarutkan vitamin dan mineral dalam sel tumbuh-tumbuhan tersebut.

Dalam bidang mikrobiologi pangan air sangat penting artinya karena air merupakan media yang diperlukan untuk pertumbuhannya yang dikenal dengan istilah Water activity (Aw). Aw adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Berbagai jenis mikroba mempunyai Aw minimal untuk pertumbuhan dengan baik misalnya bakteri Aw 0,90, khamir Aw 0,8 - 0,9, kapang Aw : 0,6 - 0,7. Aw ini berkaitan dengan dengan kerusakan pangan terhadap serangan mikroba seperti di atas.

## *Mineral*

### *Mineral makro*

#### Natrium (Na)

Natrium terdapat dalam plasma darah dan cairan ekstra sel, beberapa diantaranya terdapat dalam tulang. Jumlah natrium dalam tubuh manusia berkisar antara 83 - 97 gr. 30 - 40 % didapatkan pada tulang, 65 - 70 % terdapat dalam cairan tubuh yang mengalami pertukaran setiap hari. Natrium sebagian besar berhubungan dengan klorida, bikarbonat.

Sebagian besar natrium klorida berfungsi membantu mempertahankan tekanan osmotik, dan juga membantu keseimbangan asam dan basa. Sebanyak 75 % natrium yang dicerna akan diserap oleh tubuh, dikeluarkan paling banyak melalui ginjal dan juga keringat. Setiap 1 liter keringat mengandung 0,5 - 3 gr natrium.

Walaupun natrium banyak terdapat pada makanan tetapi sumber utamanya adalah garam dapur yang digunakan untuk

memasak. Kebutuhan natrium klorida sangat tergantung pada kebudayaan makanan masyarakat. Kosumsi garam perhari diperkirakan antara 6 - 18 gr.

#### *Kalium (K)*

Tubuh manusia mengandung kalium 250 gr lebih banyak dari natrium. Kalium merupakan cairan ekstra sel yang memasuki hampir semua jaringan dalam tubuh dapat menyebabkan efek yang besar terhadap organ terutama kontraksi jantung. Kalium mudah sekali diserap dalam usus kecil. Ginjal tidak dapat menghambat pemasukan kalium dengan efektif seperti halnya natrium. Kalium dan natrium diserap dan disaring pada ginjal melalui pompa Natrium -Kalium dengan bantuan enzim Na-K ATP ase.

Kekurangan kalium jarang sekali didapatkan, tetapi biasanya ditemui pada penderita sirosis, muntah-muntah, luka bakar ataupun Kekurangan Kalori Protein (KKP) yang berat. Kebutuhan kalium per hari sekitar 3,7 - 7,4 g kalium klorida. Sumber utama kalium adalah bekatul, khamir, coklat, dan kopi.

#### *Kalsium (Ca)*

Tubuh manusia mengandung kalsium lebih banyak dari mineral lain. Sebanyak 1200 gr kalsium terdapat pada orang dewasa yang mempunyai berat 70 kg. Sekitar 99 % kalsium terdapat dalam tulang dan gigi.

Peranan kalsium dalam tubuh umumnya adalah untuk pembentukan tulang dan gigi. Kebutuhan kalsium terbanyak pada waktu pertumbuhan, meskipun pada usia dewasa dan tua masih diperlukan kalsium tetapi dalam jumlah yang tertentu. Kalsium yang berada dalam sirkulasi darah dan jaringan tubuh berfungsi pada berbagai kegiatan seperti transmisi impuls syaraf, kontraksi otot, penggumpalan darah, pengaturan transfer pada membran serta keaktifan enzim.

Mineral utama dalam tulang adalah kalsium fosfat, sedangkan mineral lain dalam jumlah kecil adalah natrium, magnesium, dan flour. Kebutuhan kalsium pada orang dewasa memerlukan 0,7 g per hari, dan anak dibawah 10 tahun sebanyak 0.5 g per hari. Kekurangan kalsium berhubungan dengan kekurangan vitamin D. Disamping itu bila keseimbangan kalsium negatif akan terjadi kerapuhan tulang.

#### *Magnesium (Mg)*

Ion magnesium terdapat pada semua sel. Pada prinsipnya semua reaksi yang melibatkan ATP memerlukan Mg sebagai kofaktor. Walaupun magnesium banyak terdapat pada makanan namun banyak magnesium yang hilang selama proses pengolahan. Pada tubuh orang dewasa terdapat 20 - 25 g magnesium. Separuhnya terdapat dalam tulang, dan selebihnya terdapat dalam jaringan lemak seperti otot, hati dan cairan ekstraseluler.

Kebutuhan magnesium untuk orang dewasa pria 350 mg perhari, wanita 300 mg. Sumber magnesium adalah sayuran hijau, kedelai dan siput. Kekurangan magnesium akan menyebabkan hipomagnesemia dengan gejala insomnia, jantung tak teratur, tangan gemetar.

#### *Posfor (P)*

Posfor merupakan mineral kedua terbanyak sesudah kalsium dengan kadar 1 % berat tubuh. Peranan posfor untuk pembentukan tulang dan gigi, dan sebagai pembentuk senyawa penyimpan energi dan asam nukleat. Namun fungsi yang tidak kalah pentingnya adalah sebagai pembentuk membran dalam bentuk senyawa fosfolipid. Sebagian besar posfor diserap dalam tubuh dalam bentuk anorganik, khususnya dalam bagian atas duodenum yang bersifat basa lemah.

Konsumsi posfor dianjurkan sebanyak 0,7 gr per hari kira-kira sama dengan kalsium. Sumber posfor adalah makanan dengan kadar protein tinggi seperti daging, unggas, ikan, telur dan

kacang-kacangan.

### *Sulfur (S)*

Sulfur terdapat dalam tubuh manusia 0,25 % dari berat badan pria dewasa. Fungsi sulfur untuk pembentukan protein untuk jaringan pengikat, kulit, kuku dan rambut. Disamping itu juga penting dalam pembentukan mukopolisakarida misalnya tulang rawan, tendon, kulit.

Sumber terbesar adalah asam amino metionin, sistein. Beberapa vitamin juga mengandung sulfur misalnya tiamin dan biotin. Kekurangan sulfur biasanya pada seseorang yang kurang konsumsi proteinnya. Sistein dan ornitin biasanya dikeluarkan melalui urin yang menyebabkan sisteinuria.

### *Mineral Mikro*

Mineral mikro ini merupakan unsur yang terdapat dalam jumlah kecil pada tubuh makhluk hidup, khususnya manusia. Namun mineral ini berfungsi secara khusus dalam tubuh dan terdapat secara tetap dalam sistem biologis.

### *Besi (Fe)*

Besi terdapat pada tubuh manusia normal sekitar 3 - 4 gr. Pada saluran pencernaan besi mengalami proses reduksi dari bentuk feri ( $Fe^{+3}$ ) menjadi fero ( $Fe^{+2}$ ) dibantu oleh vitamin C dan asam askorbat sehingga lebih mudah diserap. Dalam keadaan normal seorang dewasa menyerap dan mengeluarkan 0,5 - 2 mg per hari, namun tubuh manusia lebih cenderung menyimpan besi, dari pada membuang. Bila besi dibutuhkan segera oleh tubuh maka besi yang terdapat pada dinding usus kecil langsung masuk ke dalam aliran darah. Bila jumlah besi yang masuk berlebihan dari yang diperlukan maka kelebihannya disimpan dalam hati, limpa, dan sumsum tulang serta mukosa usus kecil dalam bentuk feritin. Jumlah besi yang disimpan dalam tubuh 0,5 - 1,5 gr pada laki-laki dewasa dan 0,3 - 1,0

gr pada wanita dewasa. Pembuangan besi keluar tubuh terjadi melalui beberapa jalan yaitu keringat (0,2 - 1,2 mg/hari), air seni (0,1 mg/hari) dan melalui feses dan menstruasi 0,5 - 1,4 mg per hari.

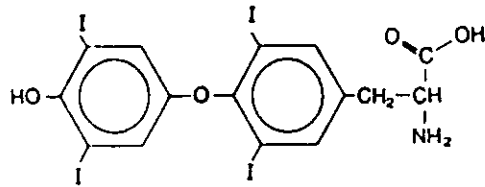
Kekurangan besi dapat diketahui dari kadar haemoglobin. Kadar haemoglobin normal pada pria dewasa 13 gr/100 ml dan untuk wanita 12 g/100 ml. Kekurangan besi biasanya banyak dialami oleh balita dan ibu hamil dan menyusui.

Konsumsi besi menurut anjuran FAO/WHO berdasarkan jumlah kehilangan besi dari tubuh dan jumlah besi yang diserap dari makanan hewani (karena besi dari sumber nabati lebih susah untuk diserap). Kebutuhan besi per hari bagi ibu yang menyusui adalah 29 mg dan pria 6 mg. Sumber utama besi adalah dari hewani misalnya hati, daging, kuning telur, kacang-kacangan.

#### *Iodium (I)*

Iodium yang terdapat pada tubuh orang dewasa diperkirakan 9 - 10 mg, dua pertiganya tersimpan pada kelenjer tiroid (kelenjer gondok). Tiroksin merupakan hormon utama yang dikeluarkan oleh kelenjer tiroid. Setiap molekul kelenjer tiroid mengandung 4 atom Iodium.

Fungsi iodium adalah sebagai komponen esensial tiroksin dan kelenjer tiroid. Peranan dari tiroksin adalah meningkatkan laju oksidasi dalam sel tubuh sehingga meningkatkan BMR (Basal Metabolic Rate). Tiroksin menyebabkan mitokhondria sel-sel tubuh membesar baik bentuk maupun jumlahnya dan meningkatkan permeabilitas membran mitokondria, sehingga mempermudah masuk dan keluar zat dalam kegiatan respirasi dan pemindahan energi. Peran lain adalah menghambat fosforilasi oksidatif sehingga pembentukan ATP berkurang dan panas yang dihasilkan lebih banyak.



Gambar 9.1. Tiroksin

Kekurangan iodium dapat menyebabkan penyakit gondok. Pada umumnya wanita dan anak perempuan lebih cenderung dapat penyakit gondok dari pria. Masa paling peka terhadap kekurangan iodium ini terjadi pada usia menjelang puber. Kekurangan Iodium juga dapat menyebabkan kreatinisme pada bayi dan anak-anak. Gejalanya adalah wajah bengkak, perut besar, kulit keriput, bibir tebal dan sering terluka. Dari bidang kedokteran bahwa kekurangan iodium menyebabkan menurunnya IQ seseorang. Biasa kekurangan iodium ini di alami oleh masyarakat pergunungan yang jarang mengkosumsi makanan laut.

Kebutuhan Iodium tergantung pada usia, dianjurkan untuk usia 19 - 22 tahun adalah 140 ug perhari, 23 - 50 tahun adalah 130 ug perhari dan usia lebih dari 51 tahun adalah 110 ug. Sedangkan untuk wanita 19 - 50 tahun adalah 110 ug perhari dan di atas 51 tahun adalah 80 ug perhari.

Sumber dari Iodium ini adalah makanan laut berupa ganggang, kerang-kerangan, dan ikan laut. Di beberapa negara termasuk Indonesia telah lama digunakan garam beriodium untuk mencegah penyakit gondok. Jumlah iodium yang ditambahkan pada garam dapur 0,5 - 1,0 bagian dalam 10.000 bagian garam.

#### *Mangan (Mn)*

Mangan merupakan kofaktor dari beberapa enzim misalnya pada proses sintesa kolesterol dari asetil koA yang dikatalis oleh mevalonat kinase. Mangan mudah diserap dalam tubuh bila



berlebih dibuang melalui feses bersama bilirubin dan biliverdin. Kebutuhan mangan per hari untuk pria 3,34 mg dan wanita 1,54 mg. Sumber mangan adalah teh kering, gandum, kopi, coklat.

#### *Tembaga (Cu)*

Tembaga ditemukan pada tubuh orang dewasa 100 - 150 mg dan jumlah paling besar terdapat pada hati, ginjal, rambut dan otak. Tembaga berperan sebagai kofaktor enzim tironase dan sitokrom oksidase. Tirosinase bekerja mengkatalis reaksi oksidasi tirosin menjadi pigmen melanin (pigmen kulit dan rambut). Disamping itu tembaga juga berperan dalam proses pertumbuhan sel darah merah yang masih muda. Bila kekurangan tembaga maka pembentukan sel darah merah akan berkurang.

Tembaga diserap di usus kecil ke dalam saluran darah. Kekurangan tembaga banyak terjadi pada bayi usia 6 - 9 tahun, khususnya bagi bayi yang menderita KKP (Kekurangan Kalori Protein). Bayi ini akan mengalami leukopenia dan demineralisasi tulang. Orang dewasa jarang sekali menderita kekurangan tembaga, kecuali yang cukup lama menderita KKP. Orang dewasa normal cukup mengkonsumsi 2 mg per hari, sedangkan bagi anak-anak 1,55 - 1,70 mg per hari. Tetapi pada umumnya jarang didapatkan kekurangan tembaga, karena tembaga telah cukup diperoleh dari makanan sehari-hari.

#### *Seng (Zn)*

Dalam tubuh manusia terdapat 2 gr seng terutama pada rambut, tulang, mata, dan kelenjer kelamin pria. Seng merupakan komponen penting pada berbagai enzim, paling sedikit terdapat 20 enzim yang mengandung seng, misalnya karbonat oksidase pada sel darah merah, karboksi-peptidase pada hati.

Kekurangan seng yang diteliti terjadi pada anak-anak seperti tubuh menjadi kerdil, alat sek tidak berkembang, hati dan ginjal membengkak. Kebutuhan seng diperkirakan 15 mg

per hari untuk anak di atas 11 tahun. Pada tanaman seng terdapat bersama protein. Makanan berprotein yang berasal dari tanaman sedikit mengandung seng dibandingkan dari hewan. Sumber seng adalah daging, unggas, ikan laut, telur keju, susu.

#### *Kobalt (Co)*

Bila diperhatikan kobalt merupakan inti dari vitamin D<sub>12</sub>. Konversi kobalt dalam tanah oleh tumbuh-tumbuhan sampai dicerna oleh hewan ruminansia (sapi, domba, kambing) disebut daur kobalt. Kebutuhan dari kobalt belum ditentukan, tapi diperkirakan 7,7 - 15 ug telah mencukupi. Sumbernya adalah daun komfrey, daging dan susu dari hewan ruminansia.

#### *Molibdenum (Mo)*

Walaupun kebutuhan molibdenum manusia tidak diketahui, logam ini diperlukan sebagai metaloenzim xantin oksidase, aldehid oksidase, dan sulfat oksidase. Kekurangan molibdenum belum pernah ditemui. Kandungan molibdenum tergantung pada jenis tanah tempat bahan makanan tersebut tumbuh.

#### *Krom (Cr)*

Krom diperkirakan berperan dalam pengaturan kerja insulin dalam mengatur kadar glukosa dalam darah. Krom diduga juga berfungsi sebagai aktivator untuk enzim glukosa-toleranse atau mengatur kadar normal glukosa dalam darah. Sumber dari krom adalah keju, biji-bijian, daging dan ragi.

Krom diabsorpsi dalam usus halus bersama-sama dengan seng. Krom dapat diekresi dalam urin. Pada pekerja pabrik kontak langsung dengan krom dapat menyebabkan kanker paru. Disamping itu juga dapat meracuni bila terlalu sering menggunakan alat stainless steel yang dilapisi dengan krom.

### *Selenium (Se)*

Selenium adalah unsur yang penting untuk enzim glutathione peroxidase, suatu enzim yang berperan sebagai antioksidan intraseluler yang kerjanya mirip dengan vitamin E. Kandungan selenium dalam makanan tergantung pada tanah tempat tumbuh bahan makanan. Defisiensi menyebabkan dilatasi jantung dan payah jantung kognitif. Keracunan selenium biasanya terjadi pada pekerja pabrik elektronika, cat, kaca bila ada kontak langsung dengan bahan yang mengandung selenium. Tanda-tanda keracunannya adalah nafas bau bawang putih akibat pengeluaran dimetilselenida.

### *Flour (F)*

Flour adalah unsur yang penting dalam pertumbuhan dan pembentukan gigi agar mempunyai daya tahan terhadap penyakit gigi (karies- dentis). Pada permukaan gigi kadar dari flour sepuluh kali lebih banyak dari dari lapisan dalam. Pada gigi dan tulang konsentrasi flour meningkat dengan bertambahnya usia

Sumber flour adalah air minum, tapal gigi, teh, ikan, dan otak sapi. Makanan dari laut mengandung 5 - 15 ppm, sedangkan dalam teh 75 - 100 mg. Konsumsi flour per hari diperkirakan 0,2 - 0,3 mg. Kekurangan flour menyebabkan gigi rapuh, kelebihan flour menyebabkan enamel gigi menjadi keruh dan berkapur, kadang-kadang terjadi noda yang berwarna coklat kehitaman. Pada saat sekarang umumnya flour sering ditambahkan pada tapal gigi, dan juga dalam air minum.

### 7.4. RANGKUMAN

Air merupakan senyawa yang penting artinya bagi makhluk hidup. Dalam proses metabolisme enzim berperan sebagai pelarut vitamin dan mineral. Kebutuhan air untuk setiap makhluk hidup tidak sama tergantung pada banyak faktor. Air sel atau air tubuh pada umum berada dalam keadaan isotonik.

Mineral terbagi atas mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro terdapat dalam jumlah besar, sedangkan mineral mikro terdapat dalam jumlah kecil dalam makhluk hidup. Mineral mikro berupa Natrium, Kalium, Kalsium, Magnesium, Fosfor, Klorida, Sulfur. Mineral mikro berupa Besi, Iodium, Mangan, Tembaga, seng, kobalt, molibdenum, fluor, krom dan selenium. Mineral di atas pada umum merupakan kofaktor pada berbagai enzim. Kekurangan dan kelebihan akan menyebabkan kelainan bagi tubuh. Fungsi tiap-tiap mineral tidak dapat digantikan oleh mineral yang lain.

#### 7.5. LATIHAN

1. Jelaskan fungsi air dalam tubuh makhluk hidup.
2. Terangkan pembagian mineral dalam makhluk hidup.
3. Sebutkan 3 buah mineral makro yang anda ketahui, jelaskan fungsi, sumber, dan defisiensinya.
4. Sebutkan 3 buah mineral mikro yang anda ketahui, jelaskan fungsi, sumber, dan defisiensinya.

## X. HORMON

### 10.1. PENGANTAR

Hormon didefinisikan secara klasik sebagai zat yang disintesa pada berbagai kelenjer tanpa saluran yang disekresikan ke berbagai jaringan tertentu. Pada jaringan ini hormon mengatur berbagai proses metabolisme. Hormon berfungsi luas pada otak, demikian juga dengan fenomena tingkah laku seperti rangsangan sek, makanan dan lain-lain. Hormon disekresikan dalam darah sebelum digunakan, maka kadar hormon ini dapat merupakan indikasi aktivitas saat kontak dengan organ sasaran.

### 10.2. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Mempelajari tentang kimia, sifat dan fungsi, klasifikasi hormon serta gangguan penyakit karena pengaruh hormon.

### 10.3. PENYAJIAN MATERI

Hormon pada organ umumnya diatur oleh 5 faktor ; (1) kecepatan sintesis dan sekresi hormon yang disimpan dari kelenjer endokrin asal; (2) berbagai cara sistem transfer spesifik dalam plasma ;(3) perubahan menjadi bentuk yang aktif pada jaringan sasaran ; (4) adanya reseptor spesifik dalam sitosol atau membran plasma tiap-tiap sel; (5) degradasi terakhir dan ekresi pada jaringan sasaran. Variasi dari 5 faktor ini menyebabkan perbedaan cepat atau lambatnya aktivitas hormon pada suatu jaringan.

#### *Mekanisme kerja hormon*

##### A. Induksi sintesis enzim pada tingkat inti.

Hormon hidrofobik seperti tiroksin dan steroid beredar dalam plasma darah dan terikat pada pengemban protein

spesifik. Oleh sebab itu konsentrasi total hormon ini dalam plasma darah tergantung dari keseimbangan antara bentuk bebas dan bentuk terikat. Hormon ini memasuki sel sasaran dan bekerja untuk merangsang RNA spesifik sehingga meningkatkan pembentukan protein yang dalam bentuk enzim.

Selain itu hormon steroid dapat meningkatkan pembentukan messenger RNA, transfer RNA, dan ribosom RNA.

#### B. Perangsangan sintesa enzim tingkat ribosom

Hormon dapat merangsang kecepatan translasi protein. Ribosom yang diambil dari binatang yang diberi hormon pertumbuhan dapat merangsang sintesa preprotein pada mRNA.

#### C. Kerja hormon pada tingkat membran.

Banyak hormon misalnya insulin dan ketokelamin yang menyebabkan perubahan aktivitas metabolik sekunder pada tingkat membran. Biasanya enzim ini dapat mengaktifkan sistem enzim pada membran yang langsung bergabung dengan reseptor.

#### d. Kerja hormon berhubungan dengan siklik AMP (cAMP).

Siklik AMP adalah suatu nukleotida yang mempunyai peranan yang unik dengan kerja hormon. Kadarnya dapat dinaikkan atau diturunkan akibat pengaruh kerja hormon. Hormon glukagon dapat menaikkan kerja AMP yang tinggi dalam hati dan sedikit meningkat pada otot. Sedangkan epinefrin menimbulkan kenaikan c-AMP yang lebih besar dalam otot dibandingkan dalam hati. Sebaliknya insulin dapat menurunkan c-AMP hati berlawanan dengan kenaikan glukosa yang disebabkan glukagon.

### *Tiroid*

Kelenjer tiroid terdiri atas 2 lobus, yang masing-masing letaknya pada sisi trakea dengan bagian penghubung yang membuat keseluruhan kelenjer berbentuk H. Pada orang dewasa, berat kelenjer sekitar 25 - 30 gr.

## Fungsi.

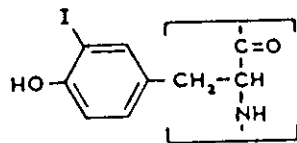
Hormon tiroid berfungsi sebagai diferensiasi selama perkembangan. Fungsi yang paling penting adalah sebagai stimulator untuk reaksi oksidasi dan pengatur metabolisme dalam tubuh. Peningkat kerja hormon tiroid dihubungkan dengan peningkatan konsumsi oksigen, suhu, nadi, dan tekanan darah sistolik, kesegaran mental dan fisik, iritabilitas, lipolisis dan kehilangan berat badan.

Seperti yang telah dibicarakan di atas bahwa hormon tiroid berikatan secara langsung dengan protein yang berhubungan langsung dengan kromatin dalam inti, tanpa berikatan terlebih dahulu dengan reseptor pada sitosol.

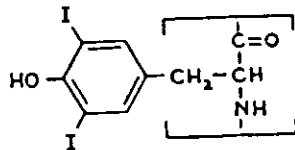
Kenaikan m-RNA dan sintesis protein mungkin berperan untuk efek anabolik umum pada hormon tiroid. Akan tetapi peningkatan sintesa protein pada sel tumor hipofisis hanya 0,5 % protein yang dapat dideteksi karena pengaruh penambahan hormon tiroid.

Prazat untuk tiroid adalah iodotriglobulin. Triglobulin adalah suatu glikoprotein 19S yang terdiri dari 2 dimer polipeptida dengan BM 330.000 masing-masing mengandung 10 % karbohidrat. Setiap molekul mengandung 115 tirosin yang tersedia untuk iodonisasi. Iodinisasi tirosin dalam tiroglobulin mula-mula terjadi pada posisi 3 dari inti aromatik, kemudian pada posisi 5, masing-masing membentuk monoiodotirosin, dan diiodotirosin

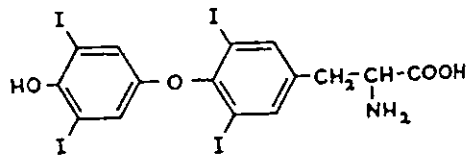
Diduga terjadi penggabungan 2 molekul diiodotirosin membentuk tetratirosin atau tiroksin (T<sub>4</sub>). Hal yang sama juga terjadi penggabungan dari monoiodotiroksin dengan diiodotiroksin menghasilkan triiodotiroksin (T<sub>3</sub>)



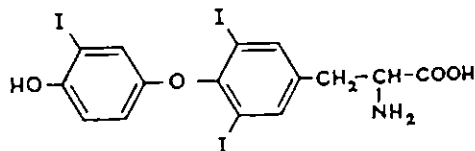
Monoyodotirosin (JTir)



3,5-Diyodotirosin (J<sub>2</sub>Tir)



Tiroksin (T<sub>4</sub>)



Gambar 10.1. Monoiodotirosin, diiodotirosin, triiodotirosin, tiroksin

#### Kelainan dari fungsi tiroksin

1. Hipotiroid: (a) Kreatinisme ditandai dengan degradasi mental dan hambatan pertumbuhan ;(b) Juvenil myxedema hipotiroid pada anak-anak yaitu lebih rendah tingkatannya diban-



dingkan kreatinisme; (c) Myxedema hipotiroid pada orang dewasa; (d) Penyakit gondok (goiter) yang disebabkan kekurangan iodium; (e) Penyakit Hashimoto yaitu hipotiroid karena penyakit autoimun, dimana tiroid mengalami serangan oleh sistem inuitas.

2. Keadan hipertiroid, penyakit yang ditimbulkannya adalah gondok beracun ( toksik goiter) dengan gejala gelisah, mudah lelah, kenaikan suhu tubuh disertai banyak keringat dan kenaikan denyut jantung.

### *Paratiroid*

Hormon paratiroid (parathormone =PTH) terdiri dari polipeptida rantai lurus yang terdiri dari 84 asam amino. Pengaturan PTH ini bertentangan dengan hormon yang lain, dimana PTH sedikit disimpan dalam tubuh sehingga selalu disintesa dan didatangkan ke dalam tubuh. Sekresi hormon ini diatur oleh reaksi umpan balik negatif yang berhubungan kadar kalsium dalam plasma. Kehilangan kalsium oleh penyakit ginjal dan ricketsia yang menyebabkan kenaikan paratiroid yang ada.

### Fungsi.

Fungsi utama kelenjer tiroid adalah mempertahankan kadar ion kalsium dalam plasma. Paratiroid terdapat pada ginjal dan tulang. Pada ginjal PTH dapat meningkatkan ekskresi fosfat tetapi meningkatkan reabsorpsi kalsium

### Kelainan dari fungsi paratiroid

a. Hipoparatroid, kelainan ini terjadi akibat terbuangnya paratiroid karena pembedahan. Bila hipotiroid dimulai pada anak-anak maka pertumbuhan badan akan terhenti, perkembangan gigi dan tulang terganggu serta terjadi degdardasi mental.

b. Hipertiroid, kelainan ini terjadi karena peningkatan produksi paratriroid karena tumor dari kelenjer (adenoma paratiroid)....Penyakit ini berhubungan dengan kadar kalsium

dalam jaringan menurun maka menyebabkan demineralisasi tulang. Reabsorpsi pada tubulus ginjal mengakibatkan fosfat darah menurun.

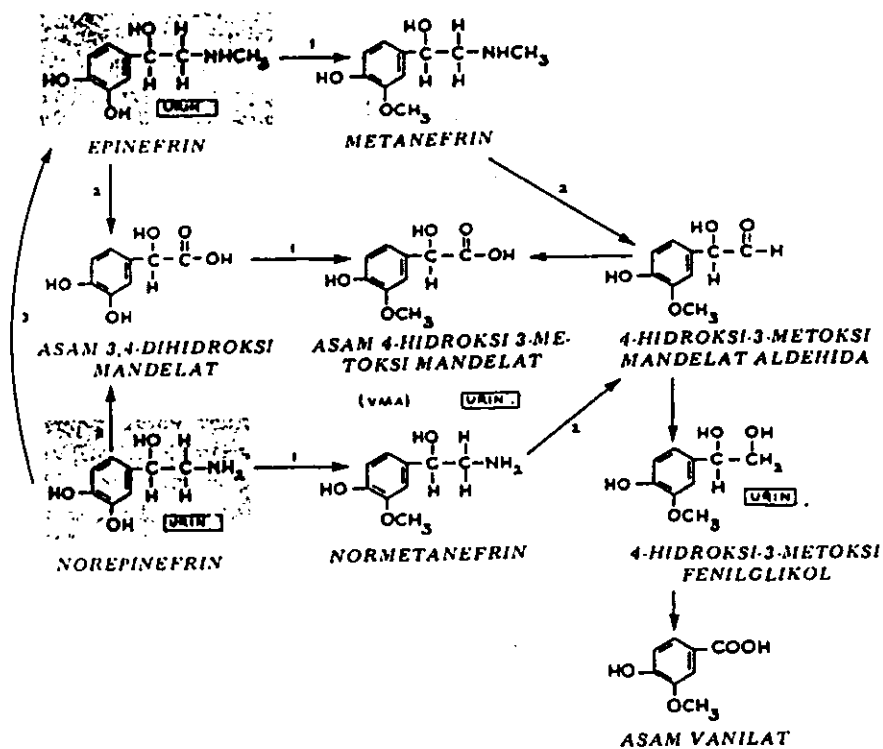
### *Adrenal dan hormon kelamin*

#### *Medula adrenal*

Medula adrenal berasal dari bagian simpatis sistem saraf otonom. Walaupun fungsinya bermacam-macam tetapi tidak esensial untuk kehidupan. Hormon yang disintesa oleh medula adrenal adalah enefrin (adrenalin) dan nonenefrin (non adrenalin).

Enefrin pada umumnya meniru efek perangsangan simpatis suatu organ, yang memerlukan keadaan respon fisiologis yang cepat dan emergensi terhadap dingin, kelelahan, syok. Enefrin dan non enefrin juga menimbulkan efek metabolik termasuk glikogenolisis dalam hati dan otot rangka serta peningkatan kadar asam lemak bebas setelah perangsangan pada jaringan adiposa. Hormon adrenal ini berhubungan dengan senyawa organik katekol amin.

Norenefrin terutama ditemukan pada saraf simpatis yang bekerja sebagai neurotransmitter. Pengaturan dari katekolamin berhubungan dengan tingkat sintesis, sekresi, dan katabolisme. Selama stres yang panjang, perangsangan beta adrenergik, dan hiperaktivitas hipofisis serta pemberian kortikostereoid, maka semua enzim pada reaksi katekolamin akan meningkat secara perlahan-lahan.



Gambar 10.2 : Jalur metabolisme norenefrin dan enefrin

1. katekol-O- metiltransferase
2. monoaminooksidase
3. fenil etanol amin N-etil transferase

*Korteks adrenal*

Kortek adrenal menghasilkan sejumlah hormon steroid. Hormon steroid kortek adrenal dibagi atas 3 golongan yaitu: (1) glukokortikoid : terutama mempengaruhi metabolisme protein, karbohidrat dan lipid; (2) mineralokortikosteroid: mempengaruhi transfor elektrolit dan distribusi air ; (3)

adrogen dan estrogen yang mempengaruhi kelamin pada organ sasaran.

### 1. Glukokortikoid

Glukosteroid relatif tidak aktif pada jantung, otak, dan sel darah merah pada manusia normal, tetapi efeknya sangat penting pada:

#### (1) Efek antiinflamasi

Pada konsentrasi tinggi menurunkan reaksi pertahanan pada tingkat seluler dan khususnya memperlambat migrasi dari leukosit ke dalam daerah sel traumatik.

#### (2) Efek immunosupresif

Kortikosteroid menurunkan respon imun yang berhubungan dengan infeksi, alergi, dan anafilaksis. Glukokortikoid dapat dipakai untuk menekan pembentukan antibodi pada jaringan yang ditransplantasi.

#### (3) Efek sekresi eksorin

Pengobatan kronik dengan glukokortikoid menyebabkan kenaikan sekresi asam klorida dan pepsinogen dalam lambung dan tripsin dalam pankreas. Hal ini akan menyebabkan ulkus gastrointestinal (tukak lambung).

#### (4) Efek pada tulang

Glukokortikosteroid mengurangi matrik osteroid tulang, dan mempercepat terjadinya osteoporosis (rapuh tulang) dan kehilangan kelebihan kalsium dalam tubuh.

#### (5) Siklik AMP

Pada beberapa jaringan glukokortikoid akan menurunkan aktivitas fosfoesterase, yang mengakibatkan kenaikan siklik AMP.

## (6) Surfaktan

Glukokortikoid akan menambah pembentukan surfaktan pada paru-paru. Penggunaan senyawa ini telah digunakan untuk pada sindroma respiratory stress pada bayi.

## 2. Mineralokortikoid

Mineralokortikoid meningkatkan absorpsi natrium dan klorida pada tubulus ginjal dan menurunkan sekresi kelenjer keringat, kelenjer saliva.

## 3. Hormon Kelamin

### Hormon testosteron

Hormon testosteron disintesis oleh sel interstisial testis dari kolesterol melalui pregnolon, progesteron dan hidroksi-progesteron. Kemudian dirubah menjadi ketosteroid dan androstendion yang merupakan prazat untuk testosteron.

### Hormon estrogen dan progesteron

Hormon estrogen dihasilkan sel folikel Graaf yang terdapat pada ovarium. Pada wanita hormon estrogen menyiapkan mukosa uterus untuk bekerjanya hormon progesteron. Perubahan dalam uterus adalah pertumbuhan proliferasi dinding endometrium, kelenjer uterus akan bertambah dan peredaran darah semakin lancar. Perubahan ini terjadi segera setelah menstruasi.

Hormon progesteron timbul setelah ovulasi dan menyebabkan perkembangan yang baik dari endoterium, menyiapkan uterus untuk menerima embrio dalam pemberian makanannya. Progesteron juga merangsang kelenjer susu. Bila terjadi kehamilan maka korpus luteum dipertahankan dan menstruasi dan ovulasi ditekan. Konsentrasi progesteron berkurang mendekati kehamilan. Bila tidak terjadi fertilasi maka hormon estrogen dan progesteron mendadak menurun pada hari ke 26 siklus haid, maka

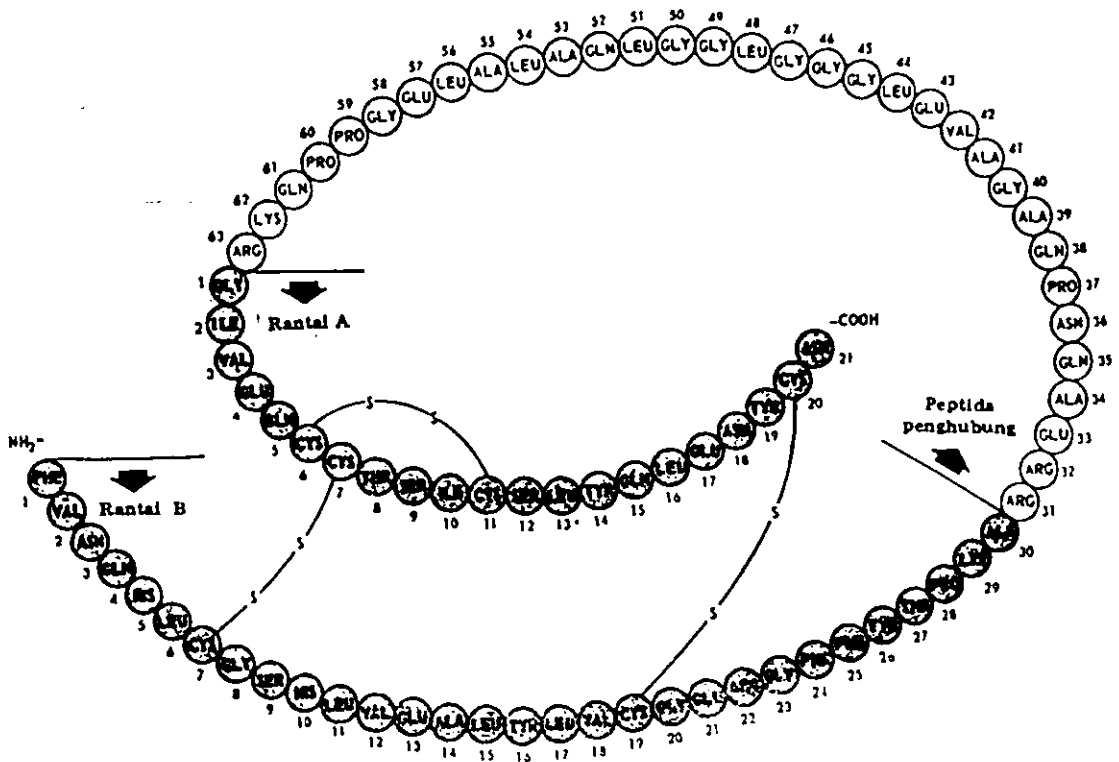
terjadi pengelupasan dinding uterus yang diikuti dengan menstruasi.

### Hormon Pankreas dan Traktus Gastrointestinal

Pada pulau Lagerhan Pankreas dihasilkan hormon insulin dan glukagon.

#### Insulin

Insulin berperan pada metabolisme karbohidrat, sintesa asam lemak dan protein. Maka insulin merupakan hormon yang penting pada jaringan hati, dan otot. Struktur insulin dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar : 10.3. Struktur proinsulin babi

Berbeda dengan insulin sekresi glukagon meningkat dengan menurunnya kadar glukosa dalam darah, yang disebabkan kelaparan, insulin, dan adanya zat antidiabetes.

#### 10.4. RANGKUMAN

Hormon didefinisikan sebagai zat yang disintesa pada berbagai kelenjer tanpa saluran yang disekresikan ke berbagai jaringan tertentu. Hormon berfungsi luas pada otak, demikian juga dengan fenomena tingkah laku seperti rangsangan sek, makanan dan lain-lain. Hormon disekresikan dalam darah sebelum digunakan, maka kadar hormon ini dapat merupakan indikasi aktivitas saat kontak dengan organ sasaran.

Hormon pada organ umumnya diatur oleh 5 faktor ; (1) kecepatan sintesis dan sekresi hormon yang disimpan dari kelenjer endokrin asal; (2) berbagai cara sistem transformasi spesifik dalam plasma ;(3) perubahan menjadi bentuk yang aktif pada jaringan sasaran ; (4) adanya reseptor spesifik dalam sitosol atau membran plasma tiap-tiap sel; (5) degradasi terakhir dan ekskresi pada jaringan sasaran. Variasi dari 5 faktor ini menyebabkan perbedaan cepat atau lambatnya aktivitas hormon pada suatu jaringan.

#### 10.5. LATIHAN

1. Terangkan fungsi umum dari hormon dalam tubuh manusia.
2. Jelaskan apa yang anda ketahui mengenai hormon glukokortikoid, dan mineralosteroid.
3. Terangkan kerja hormon progesteron dalam pengaturan hormon kewanitaan.
4. Jelaskan bagaimana kerja hormon insulin, dapatkah hormon insulin manusia digantikan hormon insulin dari ikan pada pengobatan diabetes. berikan alasan anda.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.L. Lehninger. 1986. *Principle of Biochemistry*, Worth Publisher Inc. New York USA.
- Bailly J E, Ollis D F. 1988. *Dasar-dasar Rekayasa Biokimia* (terjemahan oleh : Aziz A A). PAU IPB Bogor.
- David Page. 1985. *Prinsip-prinsip Biokimia* (terjemahan oleh Soendoro). Penerbit Airlangga. Jakarta.
- Devlin T M. 1985. *Text Book of Biochemistry with Clinical Correlation*. Wotr Publisher Inc. New York USA.
- Harrow, Mazur. 1971. *Textbook of Biochemistry*. W B Suander Company. Toronto USA.
- Maggy T S. 1989. *Enzim dan Bioteknologi*. Dirjen Dikti Depdikbud dan PAU IPB Bogor
- Martin D W, Mayes P A, Rodwell V W. 1984. *Biokimia Haper* (terjemahan Adii Dharma, Kurniawan A S). Penerbit EGC. Jakarta.
- Pelczar M J, Chan ECS. 1986. *Dasar Mikrobiologi* (terjemahan oleh: Ratna Siri Utomo). Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Pine H P, Herndrickson J B, Cram D J, Hammond G S. 1988. *Kimia Organik* (terjemahan oleh: Roehayati Joedosoebroto). Penerbit ITB. Bandung
- \* Pudiadi A. 1984. *Dasar-dasar Biokimia*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Winarno F G. 1985. *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit Gramedia. Jakarta.
- Wirahadikusumah. M. 1983. *Biokimia: Protein, Enzim, Asam Nukleat*. Penerbit ITB. Bandung.
- Wirahadikusumah. M. 1986. *Biokimia: Metabolisme Energi, Karbohidrat dan Lipid*. Penerbit ITB. Bandung.
- Withe A, Handler P, Smith E L, Hill R L, Lehman I R. 1982. *Principle of Biochemistry*. Mac Graw Hill Kogakusha LTD. Tokyo.



## RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Padang Panjang pada 29 Juni 1959. Pendidikan Sekolah Dasar Negeri 13 lulus 1971, dan Sekolah Menengah Pertama Negeri I di Padang Panjang lulus 1974. Sekolah Menengah Atas Negeri I di Bukit tinggi lulus 1977. Melanjutkan ke Jurusan Kimia FIPIA Universitas Andalas lulus tahun 1985 dibawah bimbingan Prof DR Hazli Nurdin, MSc dan Prof DR Yunazar Manjang di bidang Kimia Bahan Alam. Pada tahun 1985 melanjutkan ke

Pasca Sarjana ITB dengan dana CTAB lulus 1988 dibawah bimbingan DR Purwo Arbiyanto dalam bidang Biokimia. Dari tahun 1987 - 1996 mengabdikan sebagai dosen Biokimia di FMIPA Universitas Lampung. Menjadi PD II FMIPA Unila dari tahun 1989 - 1992. Pada tahun 1996 pindah ke FMIPA Universitas Negeri Padang (UNP) sampai sekarang. Menjadi Kepala Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA UNP dari tahun 1997 - sekarang. Dalam bidang organisasi profesi mendapat mandat dari Ketua HKI Pusat untuk selaku promotor pembentukan HKI Cabang di Propinsi Lampung. Menjadi Sekretaris Umum HKI Cabang Lampung dari tahun 1989 - 1994. Bidang penelitian digeluti di bidang Teknologi Enzim, khusus "Isolasi dan Amobilisasi Enzim dan Sel untuk Biokonversi Minyak dan Karbohidrat". Penulis pernah mengikuti Lokakarya Penulisan Buku Ajar dan Pekerti yang dilaksanakan IKIP Padang pada tahun 1977 dan 1978.