

Mengenal Zat Gizi

Leily Amalia Furkon, S.TP., M.Si.



PENDAHULUAN

MENGAPA PERLU MEMPELAJARI ILMU GIZI?

Setiap hari disadari ataupun tidak kita tidak pernah bisa lepas dari zat gizi. Hal itu disebabkan karena setiap hari kita memerlukan makanan yang merupakan sumber zat gizi. Setiap kali kita merasakan lapar, pada saat itu kita memerlukan makanan untuk menghilangkan rasa lapar. Hampir setiap orang tahu pentingnya makanan bagi tubuh, tetapi pernahkan Anda memikirkan zat-zat apa yang terkandung dalam makanan yang Anda konsumsi serta bagaimana peranannya dalam menjaga kelangsungan fungsi tubuh Anda?

Masih banyak orang yang belum mengerti dan mengenal komponen-komponen zat gizi serta kepentingannya bagi kesehatan tubuh. Setiap komponen zat gizi memiliki peran masing-masing bagi kelangsungan fungsi tubuh yang optimal. Demi dapat memenuhi kebutuhan tersebut, seharusnya kita mampu mengenal jenis-jenis dan aneka pangan sumber zat gizi yang diperlukan sehingga kita dapat mengonsumsi makanan secara tepat.

Ilmu gizi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari zat-zat dari bahan pangan yang bermanfaat bagi kesehatan, serta proses yang terjadi pada zat-zat tersebut sejak dikonsumsi, dicerna, diserap, sampai digunakan oleh tubuh, hingga memberikan manfaat atau dampak terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan kelangsungan fungsi tubuh manusia serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Berdasarkan kebutuhannya bagi tubuh, zat gizi dibagi ke dalam dua bagian, yaitu Zat Gizi Makro dan Zat Gizi Mikro. Sebagaimana namanya, zat gizi makro adalah zat gizi yang diperlukan tubuh dengan jumlah besar (makro), yaitu dalam satuan gram/orang/hari, sedangkan zat gizi mikro adalah zat gizi yang diperlukan dalam jumlah kecil yaitu dalam satuan miligram atau bahkan mikrogram/orang/hari. Zat gizi makro terdiri atas

karbohidrat, protein, dan lemak; sedangkan zat gizi mikro terdiri atas berbagai jenis vitamin dan mineral. Uraian lebih rinci mengenai masing-masing kelompok zat gizi tersebut akan dibahas secara terpisah pada Kegiatan Belajar 1 dan Kegiatan Belajar 2.

Dalam modul ini akan disampaikan materi berkenaan dengan zat-zat gizi yang merupakan komponen makanan yang diperlukan tubuh serta kepentingannya untuk menjalankan fungsi organ-organ tubuh secara optimal dan menghindarkannya dari ketidakselarasan yang bisa menimbulkan penyakit. Diharapkan setelah mempelajari modul ini mahasiswa akan dapat:

1. menjelaskan jenis-jenis zat gizi makro dan zat gizi mikro;
2. menjelaskan fungsi masing-masing zat gizi dan interelasi antar zat gizi;
3. menjelaskan kepentingan masing-masing zat gizi bagi tubuh dikaitkan dengan gangguan fungsi tubuh akibat kekurangan atau kelebihan zat gizi;
4. menjelaskan jenis-jenis makanan yang merupakan sumber masing-masing zat gizi.

Untuk memudahkan Anda mencapai tujuan pembelajaran di atas, modul ini dibagi ke dalam dua kegiatan belajar (KB) yaitu

- KB 1. Mengetahui Zat-zat Gizi Makro, dan
- KB 2. Mengetahui Zat-zat Gizi Mikro.

Pada KB 1 dan KB 2 akan dipelajari mengenai jenis-jenis zat gizi makro dan zat gizi mikro menurut klasifikasinya. Dalam setiap bahasan zat gizi, akan diuraikan mengenai sifat-sifat zat gizi, peran zat gizi bagi tubuh, permasalahan yang timbul akibat kekurangan ataupun kelebihan konsumsi zat gizi, serta jenis-jenis makanan yang menjadi sumber zat gizi tersebut.

Agar Anda dapat berhasil dengan baik dalam mempelajari modul ini, ada baiknya Anda memperhatikan hal-hal berikut.

1. Bacalah bagian pendahuluan dalam modul ini dengan cermat, supaya Anda betul-betul mampu mencerna rangkaian pembahasan yang akan Anda pelajari sehingga akan tercipta alur pemikiran yang komprehensif mengenai kepentingan Anda dalam mempelajari ilmu gizi.

2. Usahakan Anda mampu menghafal jenis-jenis zat gizi dan fungsinya sehingga akan memudahkan Anda dalam membedakan karakteristik antar zat gizi.
3. Sejak saat ini, mulai biasakan diri untuk menilai jenis-jenis zat gizi yang terkandung dalam makanan yang Anda konsumsi setiap hari serta hayatilah gejala tubuh yang timbul setelah Anda mengonsumsi makanan tersebut untuk menjadikan Anda semakin memahami peran masing-masing zat gizi bagi tubuh.
4. Kerjakanlah latihan dan tes formatif yang tersedia pada setiap kegiatan belajar untuk dapat mengukur sejauh mana pemahaman Anda terhadap materi yang Anda pelajari. Untuk itu, janganlah Anda melihat rambu-rambu dan kunci jawaban sebelum Anda mengerjakan latihan dan tes formatif tersebut.
5. Manfaatkanlah peluang pertemuan dengan tutor atau teman sejawat Anda untuk mendiskusikan hal-hal yang kurang Anda pahami, ataupun untuk menyelesaikan soal-soal yang Anda anggap sulit. Untuk itu, persiapkanlah materi yang akan menjadi bahan diskusi Anda saat tutorial ataupun diskusi dengan teman sejawat.

Selamat belajar, semoga bermanfaat dan berhasil!

KEGIATAN BELAJAR 1

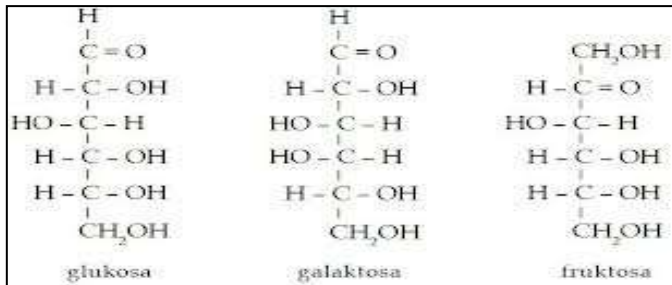
Mengenal Zat-zat Gizi Makro

A. KARBOHIDRAT**1. Jenis-jenis Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan komponen zat gizi yang tersusun atas atom karbon, hidrogen, dan oksigen. Karbohidrat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok besar, yaitu monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Karbohidrat dalam makanan merupakan zat gizi yang cepat mensuplai energi sebagai bahan bakar untuk tubuh, terutama jika tubuh dalam keadaan lapar. Makanan yang merupakan sumber karbohidrat di antaranya adalah sereal, umbi-umbian, dan buah-buahan. Bukankah Anda akan merasa bertenaga kembali setelah Anda mengonsumsi makanan-makanan sumber karbohidrat tersebut?

a. Monosakarida

Monosakarida merupakan gula yang paling sederhana dan terdiri dari molekul tunggal. Monosakarida tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang lebih sederhana. Berdasarkan jumlah atom karbon yang menyusunnya, monosakarida dibagi lagi menjadi triosa (3 karbon), tetrosa (4 karbon), pentosa (5 karbon), heksosa (6 karbon), dan heptosa (7 karbon). Di antara semua jenis monosakarida tersebut, heksosa yang memiliki 6 karbon merupakan monosakarida yang paling banyak ditemukan dan besar perannya dalam sistem pencernaan tubuh, terdiri dari glukosa, fruktosa, dan galaktosa.



Gambar 1.1
Struktur Kimia Glukosa, Fruktosa, dan Galaktosa

Glukosa. Disebut juga sebagai “dekstrosa”, banyak terdapat dalam buah-buahan, jagung manis, sirup jagung, dan madu. Glukosa dari makanan merupakan bentuk gula yang paling mudah dimanfaatkan tubuh karena tidak memerlukan perombakan. Dalam sistem pencernaan, glukosa merupakan produk utama dari hidrolisis karbodirat kompleks (oligosakarida maupun polisakarida). Glukosa juga merupakan bentuk gula yang ada dalam peredaran darah dan dikenal sebagai gula darah atau glukosa darah. Dalam sel, glukosa dioksidasi untuk menghasilkan energi.

Fruktosa. Disebut juga dengan levulosa dan dikenal sebagai gula buah. Fruktosa banyak ditemukan pada madu dan aneka buah-buahan seperti anggur, manggis, rambutan, dan lainnya. Fruktosa merupakan gula yang paling manis dibandingkan dengan jenis-jenis gula sederhana lainnya. Coba Anda ingat-ingat, pernahkah Anda merasakan rasa manis yang lebih kuat (dibandingkan gula pasir) dari buah rambutan, manggis, atau anggur?

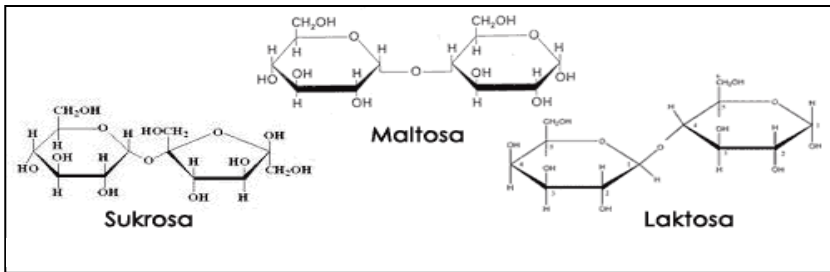
Galaktosa. Galaktosa merupakan gula yang tidak ditemukan dalam bentuk bebas di alam, tetapi harus dihidrolisis terlebih dahulu dari disakarida laktosa (gula dalam susu). Laktosa tersusun atas glukosa dan galaktosa.

b. Oligosakarida

Oligosakarida merupakan polimer monosakarida, terdiri atas 2 sampai 10 monosakarida dan pada umumnya bersifat larut air. Oligosakarida dengan dua molekul monosakarida disebut disakarida, dengan tiga molekul disebut trisakarida, sedangkan dengan empat molekul disebut tetrasakarida. Ikatan antara dua molekul monosakarida dinamakan ikatan glikosida. Ikatan ini terbentuk antara gugus hidroksil dari atom C No. 1 (disebut juga karbon

anomerik) pada monosakarida pertama dengan gugus hidroksil pada atom C lain (umumnya nomor 4) pada monosakarida berikutnya, dengan melepaskan 1 mol air.

Contoh gula yang tergolong disakarida di antaranya adalah maltosa, terdiri dari glukosa dan glukosa; sukrosa, terdiri atas glukosa dan fruktosa; dan laktosa, terdiri atas glukosa dan galaktosa. Adapun jenis gula kompleks yang merupakan trisakarida diantaranya adalah rafinosa dan gentibiosa, sedangkan yang tergolong tetrasakarida contohnya adalah stakiosa.



Gambar 1.2
Struktur Kimia Disakarida Sukrosa, Maltosa, dan Laktosa

Salah satu sifat umum dari molekul disakarida adalah sifat pereduksi yang ditentukan dengan ada atau tidaknya gugus hidroksil (OH) bebas yang reaktif. Gugus hidroksil yang reaktif pada aldosa (seperti glukosa) terletak pada karbon nomor satu (anomerik), sedangkan pada ketosa (seperti fruktosa), gugus hidroksi yang reaktif terletak pada karbon nomor dua.

Maltosa. Maltosa jarang terdapat secara alami di alam dan diperoleh dari pemecahan pati oleh enzim. Maltosa dapat dihidrolisis menjadi 2 molekul glukosa, bersifat sangat larut dalam air, agak larut dalam alkohol, tetapi tidak larut dalam eter.

Sukrosa. Dalam keseharian kita, sukrosa adalah gula pasir yang biasa kita konsumsi. Seperti biasa kita alami sehari-hari, kita dapat melarutkan gula pasir dalam air, dan kelarutannya semakin cepat dengan meningkatnya suhu air yang ditambahkan. Dengan demikian, sukrosa atau gula pasir dapat melarut dalam air, dan kelarutannya semakin meningkat dengan meningkatnya suhu. Sebaliknya, sukrosa bersifat mudah dikristalkan dari larutan dalam air. Semakin lambat waktu pengkristalan, semakin besar kristal yang terbentuk. Sukrosa sebagai bentuk gula kompleks, dapat dihidrolisa

menjadi gula tunggal penyusunnya yaitu glukosa dan fruktosa, baik oleh asam maupun enzim. Tingkat hidrolisis sukrosa lebih mudah dibandingkan maltosa ataupun laktosa.

Laktosa. Dibanding sukrosa dan maltosa, laktosa memiliki kelarutan dalam air yang terendah. Selain itu, laktosa tidak larut dalam alkohol dan eter. Kemanisan laktosa lebih rendah dari gula disakarida lainnya, kira-kira hanya seperempat dari kemanisan sukrosa. Dengan keberadaan asam atau enzim, laktosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dan galaktosa.

Rafinosa. Rafinosa merupakan suatu trisakarida, terdiri dari kompleks glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Rafinosa merupakan gula yang dapat menyebabkan flatulensi. Terdapat dalam kacang-kacangan mentah seperti kacang kedelai.

Stakiosa. Merupakan tetrasakarida, tersusun atas 2 unit galaktosa, 1 unit glukosa, dan 1 unit fruktosa. Seperti halnya rafinosa, stakiosa banyak terdapat pada kacang kedelai dan dapat menyebabkan flatulensi pada orang yang mengonsumsinya.

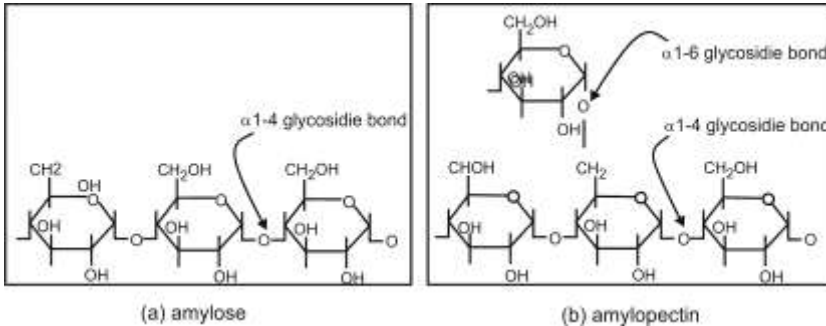
c. Polisakarida

Serangkaian monosakarida yang membentuk polimer ikatan glikosidik rantai panjang akan membentuk molekul baru yaitu polisakarida. Polisakarida dalam bahan makanan berfungsi sebagai penguat tekstur (selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin), dan sebagai sumber energi (pati, dekstrin, glikogen, fruktan). Polisakarida penguat tekstur merupakan molekul yang tidak dapat dicerna tubuh, tetapi merupakan serat (*dietary fiber*) yang dapat mengikat sisa metabolisme tubuh untuk diekskresikan lewat feses. Serat sendiri terbagi atas serat larut air (*soluble dietary fiber*) dan serat tidak larut air (*insoluble dietary fiber*). Contoh serat yang merupakan serat larut air adalah pektin, gum, dan selulosa; sementara contoh serat tidak larut air adalah lignin dan hemiselulosa.

Polisakarida bersifat relatif tidak larut dalam air tetapi akan membentuk suatu koloid dan terdispersi dalam air. Pada umumnya polisakarida tidak mempunyai rasa (tidak manis) dan disebut juga sebagai karbohidrat non gula.

Pati. Pati merupakan polisakarida utama yang terdapat pada tanaman, terutama pada tanaman yang merupakan makanan pokok, seperti sereal (padi, gandum) dan umbi-umbian (singkong, ubi jalar, kentang). Pati terdapat dalam dua bentuk, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer monosakarida dengan rantai lurus dan berikatan α -(1,4)-D-glukosa,

sedangkan amilopektin memiliki ikatan lurus α -(1,4)-D-glukosa dan ikatan rantai cabang α -(1,6)-D-glukosa secara bersamaan. Kedua bentuk pati tersebut terdapat pada semua produk sereal, umbi-umbian, dan kacang-kacangan dengan kontribusi amilosa 15-20% dan amilopektin 80-85%.



Gambar 1.3
Struktur Amilosa (a) dan Amilopektin (b)

Glikogen. Glikogen merupakan bentuk simpanan gula utama pada hewan dan manusia, terutama terdapat pada organ hati dan jaringan otot. Glikogen merupakan polimer glukosa dengan ikatan rantai lurus dan rantai cabang, dan struktur ikatan cabangnya lebih banyak dibandingkan amilopektin. Glikogen akan diuraikan menjadi molekul tunggal penyusunnya yaitu glukosa, ketika kadar glukosa darah telah berkurang, contohnya pada saat puasa. Dengan demikian, glikogen merupakan sumber energi cadangan untuk menjaga kadar gula darah tetap normal dan untuk menghasilkan energi.

Dekstrin. Dekstrin merupakan produk antara hidrolisis pati sebelum menjadi maltosa dan akhirnya menjadi glukosa. Dekstrin bersifat lebih mudah larut dan lebih manis dari pati biasa. Salah satu hasil proses degradasi pati adalah sirup jagung yang dibuat dari pati jagung dan biasa digunakan untuk meningkatkan viskositas pada proses pembuatan roti, bir, es krim, atau buah-buahan dalam kaleng.

Selulosa. Selulosa merupakan komponen utama dinding sel pada tanaman. Seperti halnya pati, selulosa merupakan homopolisakarida glukosa, tetapi dengan ikatan glikosidik β -(1,4)-D-glukosa. Sebagai molekul yang tidak dapat dicerna tubuh dan tidak larut air, selulosa termasuk ke dalam kelompok serat makanan dan bukan merupakan makanan sumber energi. Makanan yang mengandung serat di antaranya adalah biji-bijian, kacang-kacangan, tanaman akar, dan tanaman kubis.

2. Fungsi Karbohidrat

a. Sumber energi

Karbohidrat memiliki fungsi utama sebagai sumber energi. Selain dari karbohidrat, energi juga bisa dihasilkan dari lemak dan protein. Meskipun demikian, energi yang dihasilkan dari karbohidrat, terutama dalam bentuk glukosa, merupakan sumber energi yang bisa cepat digunakan tubuh, sedangkan energi yang didapatkan dari lemak dan protein harus mengalami konversi terlebih dahulu menjadi glukosa. Satu gram karbohidrat menyediakan 4 kilokalori.

b. Pemberi rasa manis

Karbohidrat, khususnya mono dan disakarida, memberikan rasa manis pada makanan. Tingkat kemanisan karbohidrat bervariasi. Untuk membandingkan tingkat kemanisan beragam jenis gula, biasanya digunakan sukrosa yang merupakan gula yang biasa kita konsumsi sehari-hari, sebagai standarnya. Dibandingkan dengan sukrosa, glukosa memiliki tingkat kemanisan lebih rendah 69%-nya; sementara fruktosa memiliki tingkat kemanisan 1,14 kalinya dan merupakan jenis gula alami dengan tingkat kemanisan tertinggi. Tingkat kemanisan beragam jenis gula disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1.1
Tingkat Kemanisan Beberapa Jenis Gula

Jenis Gula	Tingkat Kemanisan	Jenis Gula	Tingkat Kemanisan
D-Fruktosa	114	D-Galaktosa	63
Xilitol	102	D-Mannosa	59
Sukrosa	100	D-Sorbitol	51
Gula Invert	95	Maltosa	46
D-glukosa	69	Laktosa	16
D-Manitol	69	Rafinosa	22
D-Xilosa	67		

c. Pengatur metabolisme lemak

Energi adalah zat yang mutlak diperlukan tubuh setiap saat karena setiap saat tubuh mengalami pergerakan dan membutuhkan energi. Dalam kondisi

kekurangan gula, energi akan didapatkan dari hasil oksidasi lemak yang tidak sempurna sehingga akan terbentuk bahan-bahan keton yang dapat memberikan efek tidak nyaman pada tubuh seperti timbulnya rasa mual, pusing, dan aroma nafas dengan bau aseton. Dengan demikian, keberadaan gula yang mencukupi akan menghindarkan terjadinya ketosis yang merugikan tubuh.

d. Menghemat Fungsi protein

Energi merupakan kebutuhan utama bagi tubuh sehingga harus selalu tersedia. Di samping digantikan oleh lemak, dalam kondisi kekurangan karbohidrat, energi akan didapatkan dari protein. Sementara itu, protein memiliki fungsi khusus yang tidak bisa digantikan oleh zat gizi lain yaitu sebagai zat pembangun untuk memperbaiki dan menggantikan sel-sel tubuh yang rusak. Dengan demikian, jika persediaan protein yang ada digunakan untuk menghasilkan energi maka fungsi utama protein sebagai pembangun akan menjadi terhambat. Sebaliknya, jika karbohidrat makanan tercukupi, maka protein akan digunakan sebagai zat pembangun.

e. Sumber energi utama bagi otak dan susunan syaraf pusat

Otak akan memerlukan energi setiap saat dalam menjalankan fungsinya untuk berpikir. Untuk itu, otak akan memerlukan sumber energi yang bisa cepat diserap dan dimanfaatkan otak yaitu glukosa. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, dalam kondisi kekurangan glukosa, energi akan didapatkan dari lemak dan protein yang memerlukan waktu dalam proses konversinya. Rentang waktu yang diperlukan tersebut akan menjadikan kerja otak menjadi terhambat. Untuk itu, ketersediaan glukosa mutlak diperlukan untuk menjalankan fungsi kerja otak dan syaraf pusat.

f. Membantu pengeluaran feses

Karbohidrat dalam bentuk serat makanan tidak larut air, diperlukan untuk mengatur gerak peristaltik usus, sementara karbohidrat yang merupakan serat larut air akan mampu menyerap banyak air dalam usus besar sehingga menjadikan feses berbentuk akan mudah dikeluarkan. Dengan demikian, karbohidrat berperan dalam mencegah terjadinya konstipasi (susah buang air besar).

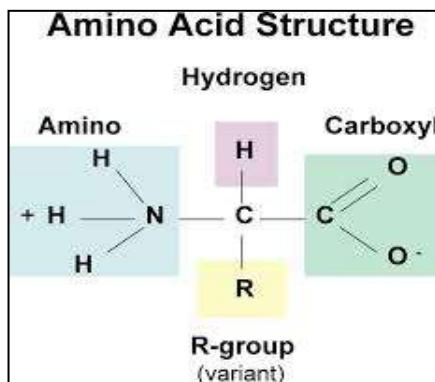
B. PROTEIN

Protein memiliki peran penting sebagai komponen fungsional dan struktural pada semua sel tubuh. Enzim, zat pengangkut, matriks intraseluler, rambut, kuku jari mengandung komponen protein. Protein memiliki fungsi khas yang tidak bisa digantikan oleh zat gizi lain yaitu sebagai zat pembangun dan pemelihara sel-sel jaringan tubuh.

1. Asam Amino sebagai Komponen Penyusun Protein

Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino. Sebagaimana unsur organik lainnya, komponen penyusun protein terdiri atas unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Selain itu, ciri khas komponen asam amino yang tidak dimiliki oleh unsur lemak ataupun karbohidrat adalah adanya unsur nitrogen (N) yang memberikan kontribusi 16% terhadap berat protein. Beberapa asam amino juga mengandung Sulfur (S), zat besi (Fe), Cobalt (Co), dan Fosfor (P).

Asam amino merupakan kesatuan gugus yang mengandung satu gugus asam (Karboksil $-\text{COOH}$), satu gugus basa (Amino $-\text{NH}_2$), satu gugus radikal ($-\text{R}$), serta satu atom hidrogen ($-\text{H}$). Gugus R merupakan unsur pembeda antar asam amino, yaitu membedakan dalam hal ukuran, bentuk, muatan, dan aktivitas protein.



Gambar 1.4
Struktur Umum Asam Amino

Dalam membentuk protein, asam-asam amino berikatan satu sama lain dengan ikatan peptida yaitu ikatan C–(O)–N–H dengan melepaskan satu molekul air. Satu molekul protein dapat terdiri dari 12 – 18 asam amino. Terdapat kurang lebih 20 jenis asam amino, 10 di antaranya bersifat esensial.

2. Klasifikasi Asam Amino

Protein dapat diklasifikasikan dalam berbagai bentuk yaitu menurut kemampuan tubuh dalam mensintesis, struktur susunan molekul, kelarutan, keterikatan dengan senyawa lain, serta berdasarkan kelengkapan kandungan zat gizi.

C. KLASIFIKASI ASAM AMINO MENURUT KEMAMPUAN SINTESIS TUBUH:

Berdasarkan kemampuan tubuh dalam mensintesis, asam amino terbagi ke dalam dua kelompok besar yaitu esensial dan non esensial. Esensial berarti tidak dapat disintesis tubuh dan harus didapatkan dari makanan yang dikonsumsi, sedangkan non-esensial berarti dapat dibuat di dalam tubuh dari pemecahan jaringan yang rusak dan dari kelebihan asam amino esensial.

Tabel 1.2
Klasifikasi Asam Amino Berdasarkan Kemampuan Disintesis Tubuh dan Singkatannya

Asam-asam amino esensial	Singkatan	Asam-asam amino non-esensial	Singkatan
1. Arginin	Arg	1. Alanin	Ala
2. Fenilalanin	Phe	2. Asparagin	Asn
3. Histidin	His	3. Asam Aspartat	Asp
4. Isoleusin	Ile	4. Asam Glutamat	Glu
5. Leusin	Leu	5. Glisin	Gly
6. Lisin	Lys	6. Glutamin	Gln
7. Metionin	Met	7. Prolin	Pro
8. Treonin	Tre	8. Serin	Ser
9. Triptofan	Trp	9. Sistein	Cys
10. Valin	Val	10. Tirosin	Tyr

d. *Klasifikasi asam amino berdasarkan rantai samping (gugus R)*

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, gugus R merupakan unsur pembeda antar asam amino, yaitu membedakan dalam hal ukuran, bentuk, muatan, dan aktivitas protein. Berdasarkan gugus R tersebut, asam amino dapat dikelompokkan sebagai:

1. golongan dengan gugus R netral yaitu alanin, isoleusin, leusin, prolin, valin;
2. golongan dengan gugus R polar, tetapi tidak bermuatan, terdiri atas glisin, asparagin, sistein, metionin, glutamin, serin, treonin;
3. golongan dengan gugus R bermuatan negatif, terdiri atas asam aspartate dan asam glutamat;
4. golongan dengan gugus R bermuatan positif, terdiri dari lisin, arginin, histidin;
5. golongan dengan gugus aromatik yaitu fenilalanin, tirosin, triptofan.

3. **Klasifikasi Protein**

a. *Klasifikasi protein berdasarkan struktur susunan molekul:*

1) Protein Fibriler

Yaitu protein berbentuk serabut, bersifat sulit larut, memiliki kekuatan mekanis yang tinggi serta tahan terhadap enzim pencernaan. Protein ini terdapat dalam struktur tubuh seperti:

- kolagen pada tulang rawan,
- keratin pada rambut dan kuku,
- miosin pada jaringan otot, serta
- elastin dalam urat, otot, dan pembuluh darah.

2) Protein globular

Yaitu protein yang berbentuk bulat, bersifat mudah larut dan berubah akibat adanya garam, basa dan asam, serta mudah terdenaturasi.

- Albumin: bersifat larut dalam air, terkoagulasi oleh panas, terdapat dalam telur, serum, laktalbumin susu.
- Globulin: tidak larut dalam air, tetapi larut dalam garam encer, terkoagulasi oleh panas; terdapat dalam otot, serum, kuning telur (ovoglobulin), serta kacang-kacangan (legumin).
- Glutelin: larut dalam asam/basa encer, tidak larut dalam pelarut netral; glutenin gandum, orizein beras.

b. *Klasifikasi protein berdasarkan adanya senyawa lain (protein konyugasi)*

Nukleoprotein : protein + asam nukleat (inti sel, kecambah)

Glikoprotein : protein + karbohidrat (kelenjar ludah, hati)

Fosfoprotein : protein + fosfat (lesitin, susu, kuning telur)

Lipoprotein : protein + lemak (serum darah, kuning telur, susu)

c. *Klasifikasi protein berdasarkan kualitas gizi*

1) Protein lengkap

Mengandung semua asam amino esensial dalam jumlah cukup dan rasio yang tepat untuk mempertahankan keseimbangan nitrogen dan untuk pertumbuhan normal.

Contoh: albumin pada telur, casein pada susu, daging, ikan, dan unggas

2) Protein setengah lengkap

Protein dikatakan “setengah lengkap” karena terdapat kekurangan asam amino esensial, meskipun demikian protein ini tetap memiliki fungsi dalam mempertahankan hidup. Karena kurang mengandung asam amino esensial, dalam menjalankan fungsinya protein ini tidak dapat membantu pertumbuhan normal

Contoh: protein pd kacang-kacangan, polong, dan biji-bijian

3) Protein Tidak Lengkap

Protein dikatakan tidak lengkap jika protein tersebut tidak mengandung asam amino esensial dalam jenis dan jumlah yang mencukupi, sehingga tidak dapat berfungsi normal baik untuk mempertahankan hidup maupun untuk pertumbuhan. Contohnya adalah zein pada jagung, serta gelatin pada hewan.

Pangan nabati umumnya kekurangan lisin, metionin, treonin, triptofan

4. Fungsi Protein

a. *Pertumbuhan dan pemeliharaan*

Protein dalam tubuh secara bergantian dipecah (katabolisme) dan disintesis kembali (anabolisme). Sebelum menjalankan fungsinya sebagai zat pembangun, asam-asam amino esensial yang diperlukan harus tersedia terlebih dahulu. Pertumbuhan atau penambahan sel baru bisa dilakukan jika

telah cukup tersedia gabungan asam amino yang sesuai dalam segi jenis dan jumlah.

b. Berperan dalam berbagai sekresi tubuh

Hormon-hormon seperti tiroid, insulin, epinefrin, dan sebagainya adalah merupakan protein. Demikian juga halnya dengan berbagai enzim seperti amilase, katalase, lipase, dan sebagainya, juga merupakan protein. Kedua komponen tersebut besar peranannya dalam proses sekresi metabolisme tubuh.

c. Mengatur keseimbangan air

Cairan di dalam tubuh terdiri atas tiga kompartemen yaitu intraselular (di dalam sel), ekstraselular/interselular (di luar sel/di antara sel), dan intravaskular (di dalam pembuluh darah). Perpindahan cairan antar kompartemen tersebut terjadi dengan proses osmotik dan harus dijaga dalam keadaan seimbang atau homeostasis. Keseimbangan tersebut dapat terjadi dengan melibatkan protein dan elektrolit. Jika tubuh kekurangan protein maka proses keseimbangan tersebut akan terganggu sehingga menjadikan adanya penumpukan cairan di salah satu kompartemen yang disebut sebagai *oedema*.

d. Mengatur netralitas jaringan tubuh

Sifat protein yang amfoter menyebabkan protein bertindak sebagai “buffer” yang bereaksi dengan asam dan basa untuk menjaga keseimbangan pH pada taraf konstan yaitu umumnya berada pada pH netral atau sedikit alkali (pH 7.35-7.45)

e. Membantu pembentukan antibodi

Kemampuan tubuh untuk menangkal serangan toksik dan melakukan detoksifikasi sangat tergantung pada enzim-enzim yang terdapat di dalam hati. Dalam keadaan kekurangan protein maka pembentukan enzim tersebut akan terhambat sehingga menjadi rentan terhadap penyakit.

f. Berperan dalam transpor zat gizi

Zat-zat gizi yang telah dicerna harus diangkut menuju sel-sel tubuh untuk dapat dimanfaatkan. Pengangkutan zat-zat gizi tersebut sebagian besar dilakukan oleh protein seperti lipoprotein yang berperan dalam mengangkut

lipida dan bahan-bahan sejenis lipida, serta transferin yang berperan mengangkut zat besi dan mangan.

g. Sumber energi

Energi yang dihasilkan dari protein sebanding dengan jumlah yang dihasilkan oleh karbohidrat, yaitu 4 kkal/g protein. Meskipun demikian, protein sebagai sumber energi relatif lebih mahal dibandingkan dengan karbohidrat.

5. Sumber Protein

Makanan sumber protein umumnya dibedakan sebagai protein hewani dan protein nabati. Makanan yang merupakan sumber protein hewani adalah: telur, ayam, ikan, daging merah, atau ruminansia. Makanan sumber protein nabati contohnya adalah kacang-kacangan, dan biji-bijian.

C. LIPIDA

Tahukah Anda perbedaan antara lemak dan minyak? Pernahkah Anda merasa bingung dalam membedakan lemak dengan kolesterol? Pasti Anda pernah mendengar asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Mungkin Anda menganggap bahwa kolesterol adalah jenis lemak jenuh, tetapi ketika Anda melihat struktur kolesterol, Anda tidak akan menemukan struktur asam lemak di dalamnya. Jika Anda punya pendapat demikian, pasti akan membingungkan.

Pada dasarnya, lemak merupakan bagian dari penamaan umum yang dikenal sebagai lipida. Lipida inilah yang menyatukan kelompok lemak jenuh, lemak tidak jenuh, dan kolesterol. Lipida didefinisikan sebagai zat atau molekul yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik seperti eter, alkohol, dan kloroform. Di dalam tubuh kita, lipida tersebar dalam aneka bentuk, baik bentuk tunggal seperti lemak dan kolesterol, ataupun dalam bentuk terikat seperti fosfolipid, lipoprotein, dan glikolipid. Secara struktur, lemak yang kita kenal sebenarnya adalah zat trigliserida atau triasilgliserol, dan sama sekali tidak sama dengan kolesterol.

Nah dengan demikian, sekarang mulai sedikit jelas bahwa lemak dan kolesterol merupakan zat yang berbeda, tetapi berada dalam kelompok zat yang sama yaitu lipida. Kesamaan keduanya bisa dilihat dari sifat kelarutannya yang sama-sama tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut

organik. Seperti halnya karbohidrat dan protein, lipida juga tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O).

1. Klasifikasi Lipida

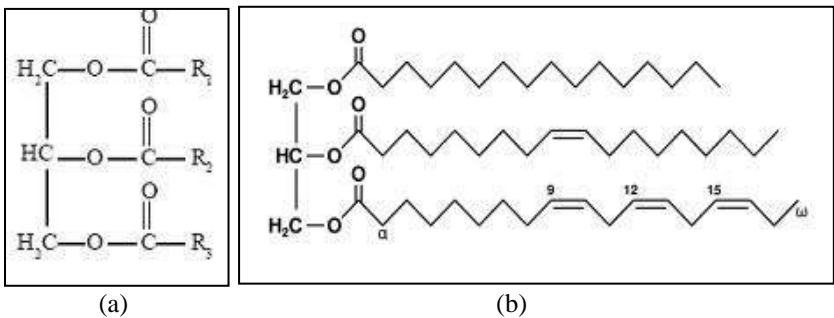
Berdasarkan komponen penyusunnya, lipida diklasifikasikan sebagai lipida sederhana, lipida kompleks, dan lipida turunan. Berikut uraian mengenai masing-masing klasifikasi lipida.

a. Lipida sederhana (Simple Lipids)

Lipida sederhana terdiri atas lemak netral, lilin, dan ester sterol.

1) Lemak netral

Yaitu ester atau ikatan antara asam lemak dengan gliserol. Jumlah asam lemak yang berikatan bisa satu buah (disebut monogliserida atau monoasilgliserol), dua buah (digliserida atau diasilgliserol), dan tiga buah (trigliserida atau triasilgliserol). Asam lemak penyusun trigliserida bisa sama jenisnya disebut lemak sederhana (*simple fat*), tetapi bisa pula berbeda sebagian atau ketiganya disebut lemak campuran (*mixed fat*). Lemak jenis campuran inilah yang banyak ditemukan di alam.



Gambar 1.5

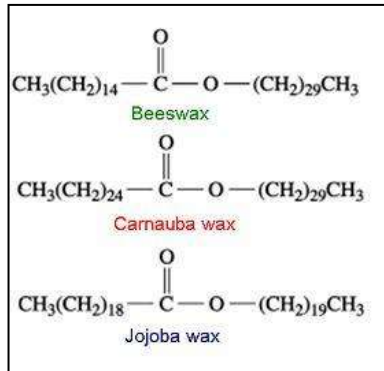
- a. Struktur Trigliserida, R₁, R₂, R₃ menunjukkan asam lemak 1, 2, 3.
- b. Struktur Trigliserida dengan 3 Jenis Asam Lemak yang Berbeda

Dalam makanan, lemak lebih menunjukkan trigliserida dalam bentuk padat pada suhu kamar (23°C), biasanya banyak ditemukan pada pangan hewani, sedangkan trigliserida dalam bentuk cair pada suhu kamar dikenal sebagai minyak, banyak ditemukan pada pangan nabati. Sifat padat atau cair suatu trigliserida ditentukan oleh karakteristik asam lemak penyusunnya. Asam lemak jenuh (tidak ada ikatan rangkap) akan

menjadikan trigliserida berbentuk padat, sementara asam lemak tidak jenuh (terdapat ikatan rangkap) akan menjadikan trigliserida berbentuk cair.

2) Lilin (*wax*)

Lilin merupakan ester asam lemak rantai panjang (C14-C36) dengan alkohol berberat molekul tinggi (C16-C30). Lilin cenderung berbentuk padat dan memiliki titik cair yang cukup tinggi yaitu antara 60° hingga 100°C. Asam lemak penyusun lilin umumnya merupakan asam lemak jenuh sehingga cenderung bersifat padat pada suhu kamar. Contoh: lilin dari lebah, malam, dan sebagainya.



Gambar 1.6
Struktur Kimia Lilin

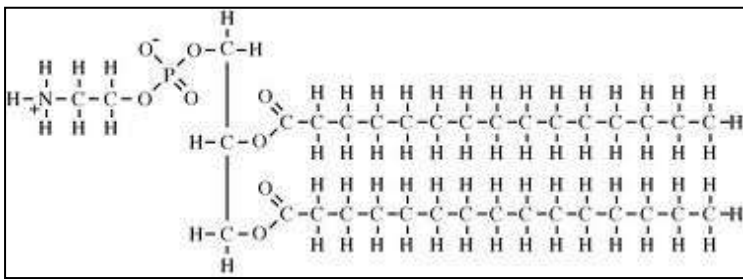
b. Lipida Kompleks (Compound Lipids)

Adalah kompleks antara ester gliserol dan asam lemak dengan komponen lain seperti fosfat, karbohidrat, dan protein.

1) Fosfolipid

Fosfolipid merupakan kompleks gliserol dengan 2 asam lemak dan gugus fosfat, dan ada penambahan amina. Pada dasarnya, struktur fosfolipid sama dengan trigliserida, hanya saja 1 buah asam lemaknya digantikan dengan gugus fosfat dan amina. Contoh fosfolipid adalah fosfatidilkolin atau dikenal sebagai lesitin, fosfatidiletanolamin, atau sefalin.

Keberadaan fosfat yang bermuatan negatif dan asam lemak, menjadikan fosfolipid bersifat dapat berikatan dengan zat polar maupun non polar atau bersifat bilayer. Dengan demikian, fosfolipid dapat berperan sebagai emulsifier yang dapat mencampurkan komponen cair dan minyak atau lemak pada bahan makanan. Di samping itu, di dalam tubuh, fosfolipid merupakan komponen penyusun membran sel. Sifat bilayer fosfolipid menjadikan membran sel bersifat permiable untuk zat-zat gizi yang bersifat polar maupun non-polar sehingga kebutuhan zat gizi sel dan organ tubuh dapat terpenuhi.



Gambar 1.7

Struktur Kimia Fosfolipid yang terdiri atas Gliserol, 2 Buah Asam Lemak serta 1 Buah Gugus Fosfat yang Berikatan dengan Amina

2) Glikolipid

Sebagaimana namanya, glikolipid merupakan kompleks antara gugus gula dengan lipid. Berbeda dengan fosfolipid, glikolipid tidak mengandung fosfat dan juga tidak mengandung gliserol. Komponen gliserol digantikan oleh sfingosin. Contoh dari glikolipid adalah serebrosida dan gangliosida yang merupakan komponen penyusun saraf dan otak.

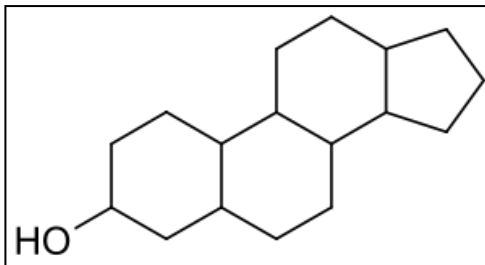
3) Lipoprotein

Lipoprotein merupakan kompleks lipida yang berikatan dengan protein. Lipida penyusun lipoprotein terdiri atas trigliserida, asam lemak, kolesterol, dan fosfolipid. Masing-masing zat penyusun lipoprotein tersebut memiliki densitas yang berbeda-beda. Perbedaan jumlah atau proporsi dari gabungan zat-zat tersebut akan menjadikan besaran densitas yang berbeda. Untuk itu lipoprotein dibedakan menjadi 1) *high density lipoprotein* (HDL) yang komponen penyusunnya banyak protein, 2) *low density lipoprotein* (LDL) yang komponen penyusun utamanya

adalah kolesterol, 3) *very low density lipoprotein* (VLDL) yang komponen penyusun utamanya adalah trigliserida, kolesterol dan fosfolipid, serta 4) kilomikron ketika komponen penyusun utamanya adalah trigliserida.

c. *Lipida turunan (Derived lipids)*

- 1) Asam lemak. Penjelasan tentang asam lemak akan dibahas tersendiri di bagian berikutnya.
- 2) Steroid
Steroid merupakan lipid yang tersusun atas 3 buah cincin segi enam dan 1 buah cincin segilima. Jenis lipid yang termasuk kelompok ini adalah kolesterol, fitosterol, ergosterol, hormon-hormon steroid, dan asam empedu.



Gambar 1.8
Struktur Kimia Sterol

- 3) Lain-lain (karotenoid dan vitamin A, vitamin E, vitamin K)

2. Asam Lemak dan Sumbernya

Asam lemak merupakan asam organik yang terdiri atas rantai lurus hidrokarbon yang mengandung gugus karboksil (COOH) pada satu ujung dan gugus metil (CH₃) pada gugus lainnya. Jumlah atom karbon rantai asam lemak ini pada umumnya adalah genap, berkisar antara 4-22 karbon. Secara umum, rumus molekul asam lemak adalah CH₃(CH₂)_nCOOH. Jumlah karbon penyusun asam lemak membedakan asam lemak sebagai asam lemak rantai pendek (≤6 atom karbon), asam lemak rantai sedang (8-12 atom karbon),

asam lemak rantai panjang (14-18 atom karbon), dan asam lemak rantai sangat panjang (≥ 20 atom karbon).

Secara garis besar lemak terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Dikatakan asam lemak jenuh jika rantai karbon mengikat semua hidrogen yang dapat diikatnya (tidak ada ikatan rangkap), sedangkan dikatakan asam lemak tidak jenuh jika asam lemak tersebut mengandung satu atau lebih ikatan rangkap. Jika ikatan rangkap tersebut hanya satu maka dikatakan asam lemak tidak jenuh tunggal (*Mono unsaturated fatty acid*, MUFA), sedangkan jika ikatan rangkapnya lebih dari satu dikatakan asam lemak tidak jenuh ganda (*Poly unsaturated fatty acid*, PUFA). Titik cair asam lemak akan semakin tinggi dengan semakin banyaknya jumlah karbon, tetapi jika pada rantai panjang asam lemak semakin banyak jumlah ikatan rangkap (ketidakterjenuhan)nya maka titik cairnya semakin rendah. Keberadaan asam lemak tidak jenuh akan menjadikan titik cair suatu lemak menjadi rendah, meskipun pada asam lemak yang berantai panjang.

Tabel 1.3
Klasifikasi Asam Lemak, Sumber, dan Titik Cair

Nomenklatur Umum	Nomenklatur Pendek	Sumber (Asal)	Titik Cair ($^{\circ}\text{C}$)
<i>Asam lemak jenuh rantai pendek</i>			
Butirat	4:0	susu sapi, mentega	-7.6
Kaproat	6:0	mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit	-1.5
<i>Asam lemak jenuh rantai sedang</i>			
Kaprilat	8:0	mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit	1.6
Kaprat	10:0	susu sapi, susu kambing, minyak kelapa sawit, minyak kelapa	31.5
<i>Asam lemak rantai panjang</i>			
Laurat	12:0	susu, minyak kelapa	44
Miristat	14:0	mentega, minyak kelapa, pala, susu ternak	58
Palmitat	16:0	lemak hewan, minyak tumbuhan	64
Stearat	18:0	lemak hewan, minyak tumbuhan	69.4
Arakidat	20:0	minyak kacang	76.3
<i>Asam lemak tidak jenuh tunggal</i>			
Oleat	18:1(n-9)	sebagian besar minyak dan lemak, terutama minyak	14

Nomenklatur Umum	Nomenklatur Pendek	Sumber (Asal)	Titik Cair (°C)
		zaitun	
<i>Asam lemak tidak jenuh ganda</i> Omega 6 linoleat	18:2(n-6/□-6)	minyak jagung, kapas, kacang kedelai, wijen, bunga matahari	-11
Arakidonat	20:4(n-6/□-6)	minyak kacang tanah (dapat dibuat dari asam linoleat)	
Omega 3 linolenat	18:2(n-3/□-3)	minyak kacang kedelai, kecambah, gandum	
Eikosapentaenoat/EPA	20:5(n-3/□-3)	minyak ikan tertentu (dapat dibuat dari asam linolenat)	
Dokosaheksaenoat/DH A	22:6(n-3/□-3)	ASI, minyak ikan tertentu	

Sumber : Ketaren (1986) dan Almatsier (2005)

3. Fungsi Lemak

a. Sumber energi

Lemak merupakan sumber energi 2.5 kali lebih besar dibandingkan dengan karbohidrat dan protein, yaitu 9 kkal/g lemak. Energi dihasilkan lebih banyak karena dalam proses pembakarannya membutuhkan oksigen lebih banyak dibandingkan karbohidrat dan protein. Kelebihan lemak akan disimpan dalam jaringan adiposa di bawah kulit (50%), di sekeliling organ (45%), dan dalam rongga perut (5%), dan merupakan sumber energi potensial yang dapat dimanfaatkan sewaktu-waktu jika diperlukan.

b. Pembawa vitamin larut lemak

Sifat vitamin tertentu yang mudah larut dalam lemak memungkinkan vitamin-vitamin tersebut menempel dan melarut pada lemak. Di samping itu, untuk dapat dimanfaatkan sel-sel tubuh, vitamin yang merupakan zat gizi mikro memerlukan media pembawa untuk dapat sampai menuju sel-sel tubuh, dan vitamin larut lemak memerlukan lemak sebagai medianya.

c. Sumber asam lemak esensial

Beberapa fungsi tubuh tertentu baru dapat dipenuhi dengan adanya asam lemak esensial. Yang termasuk asam lemak esensial yaitu linoleat dan linolenat.

d. *Sebagai pelindung bagian tubuh penting*

Berbagai organ tubuh vital seperti jantung, hati, dan ginjal, memerlukan pelindung untuk menjadikannya tetap berfungsi dengan baik. Keberadaan lemak yang melapisi dan menyelubungi menjadikan organ-organ tersebut tetap bertahan pada tempatnya dan terlindungi dari benturan dan bahaya lain.

e. *Memberi rasa kenyang dan lezat pada makanan*

Lemak berperan dalam memperlambat sekresi asam lambung dan memperlambat pengosongan lambung sehingga memberikan rasa kenyang lebih lama. Di samping itu lemak memberikan cita rasa tertentu pada makanan dan menjadikannya lebih lezat.

f. *Penghemat protein (protein sparer)*

Dengan adanya sumber energi dari lemak maka penggunaan energi dari protein dapat dihambat sehingga protein dapat menjalankan fungsi utamanya sebagai zat pembangun.

g. *Memelihara suhu tubuh*

Lapisan lemak di bawah kulit akan mengisolasi tubuh dan mencegah tubuh dari kehilangan panas. Dengan demikian, lemak berfungsi dalam memelihara suhu tubuh.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan jenis-jenis karbohidrat yang termasuk monosakarida!
- 2) Uraikan mengapa karbohidrat dikatakan berfungsi membantu pengeluaran feses!
- 3) Jelaskan bagaimana peran protein dalam mencegah terjadinya oedema (pembengkakan)!
- 4) Sebutkan klasifikasi protein berdasarkan struktur molekulnya, dan sebutkan masing-masing jenis-jenis proteinnya!
- 5) Jelaskan apa perbedaan minyak dan lemak!

Rambu-rambu Jawaban Latihan

Untuk menjawab latihan di atas, ikutilah rambu-rambu berikut:

- 1) Pelajari kembali jenis-jenis karbohidrat
- 2) Pelajari kembali sifat dan fungsi karbohidrat
- 3) Pelajari kembali sifat dan fungsi protein
- 4) Pelajari kembali klasifikasi protein
- 5) Pelajari kembali karakteristik lemak



RANGKUMAN

Zat gizi makro meliputi karbohidrat, protein, dan lipid. Karbohidrat dikelompokkan menjadi monosakarida (terdiri atas satu molekul gula), oligosakarida (terdiri atas 2-10 monosakarida), dan polisakarida (terdiri lebih dari 10 monosakarida). Gula yang termasuk monosakarida adalah glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Oligosakarida yang paling banyak ditemukan adalah disakarida, terdiri atas 2 monosakarida. Jenis gula yang termasuk disakarida adalah maltosa (terdiri atas glukosa dan glukosa), sukrosa (terdiri atas glukosa dan fruktosa), dan laktosa (terdiri atas glukosa dan galaktosa). Polisakarida terdiri atas selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin (sebagai penguat tekstur, merupakan *dietary fiber*), dan pati, dekstrin, glikogen, fruktan (sebagai sumber energi). Karbohidrat memiliki fungsi utama sebagai sumber energi yaitu menyediakan 4 kalori/g karbohidrat). Di samping itu juga berfungsi sebagai: pemberi rasa manis, pengatur metabolisme lemak, menghemat protein, dan membantu pengeluaran feses. Makanan yang merupakan sumber energi adalah berbagai jenis sereal seperti padi, gandum, dan umbi-umbian.

Protein merupakan merupakan komponen penyusun tubuh terbesar kedua setelah air yaitu 17% susunan tubuh orang dewasa. Protein tersusun atas berbagai jenis asam amino, dibedakan atas asam amino esensial dan asam amino non-esensial. Protein memiliki peran penting sebagai komponen fungsional dan struktural pada semua sel tubuh. Protein yang merupakan komponen fungsional seperti enzim, zat pengangkut, matriks intraseluler. Protein yang merupakan komponen struktural: kolagen pada tulang rawan, keratin pada rambut dan kuku, miosin pada jaringan otot, serta elastin dalam urat, otot, dan pembuluh darah. Protein memiliki fungsi sebagai zat pembangun dan pemelihara sel-sel jaringan tubuh, berperan dalam transpor zat gizi (seperti lipoprotein dan transferin), dan sebagai sumber energi. Makanan yang

merupakan sumber protein adalah: telur, ikan, daging (pangan hewani), serta kacang-kacangan, dan biji-bijian (pangan nabati).

Lemak dibedakan menjadi lemak sederhana, lemak majemuk, dan turunan lemak. Lemak sederhana, umumnya disebut trigliserida, merupakan ester asam lemak dengan gliserol (seperti minyak pada berbagai jenis pangan), serta ester asam lemak dengan alkohol berberat molekul tinggi (seperti malam, ester sterol, ester non-sterol). Lemak majemuk, adalah ester gliserol dan asam lemak dengan komponen lain seperti fosfat, protein, karbohidrat, dan nitrogen, terdiri atas fosfolipid (contoh: lesitin dan sepalin), glikolipid (contoh: serebrosida pada di otak), dan lipoprotein (molekul lemak yang berikatan dengan protein). Lemak turunan, terdiri atas asam lemak, sterol (kolesterol dan ergosterol, hormon steroid, vitamin D, garam empedu), dan lainnya (karotenoid dan vitamin A, vitamin E, vitamin K). Asam lemak merupakan asam organik yang mengandung gugus karboksil (COOH) dan gugus metil (CH_3). Jumlah atom karbon rantai asam lemak ini berkisar antara 4-22 karbon, dibedakan atas asam lemak jenuh (jika rantai karbon mengikat semua hidrogen yang dapat diikatnya) dan asam lemak tidak jenuh (jika asam lemak tersebut mengandung satu atau lebih ikatan rangkap). Jika ikatan rangkap tersebut hanya satu maka dikatakan asam lemak tidak jenuh tunggal (*Mono unsaturated fatty acid*, MUFA), sedangkan jika ikatan rangkapnya lebih dari satu dikatakan asam lemak tidak jenuh ganda (*Poly unsaturated fatty acid*, PUFA). Lemak memiliki fungsi sebagai sumber energi (menyediakan 9 kkal/g lemak), pembawa vitamin larut lemak, sebagai pelindung bagian tubuh penting, memberi rasa kenyang dan kelezatan pada makanan, penghemat protein (*protein sparer*), dan memelihara suhu tubuh. Makanan yang merupakan sumber lemak dengan asam lemak jenuh adalah lemak hewani, mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit, susu sapi. Makanan sumber lemak dengan asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) terutama adalah minyak zaitun. Makanan yang merupakan sumber lemak dengan asam lemak tidak jenuh ganda (PUFA) adalah minyak jagung, kapas, kacang kedelai, wijen, bunga matahari, minyak kacang tanah, minyak kacang kedelai, minyak ikan, dan ASI.

**TES FORMATIF 1**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Komponen berikut merupakan unsur utama penyusun karbohidrat, protein, dan lemak yang menjadikan ketiga zat gizi makro tergolong sebagai senyawa organik....
 - A. oksigen, Hidrogen, Nitrogen
 - B. karbon, Hidrogen, Oksigen
 - C. karbon, Oksigen, Sulfur
 - D. hidrogen, Nitrogen, Sulfur

- 2) Nama gula utama yang terdapat dalam darah sebagai unsur hasil akhir metabolisme karbohidrat adalah....
 - A. glukosa
 - B. fruktosa
 - C. galaktosa
 - D. maltosa

- 3) Yang merupakan protein globular adalah....
 - A. elastin
 - B. keratin
 - C. albumin
 - D. kolagen

- 4) Di bawah ini yang bukan merupakan fungsi lemak adalah
 - A. sumber energi, pembawa vitamin larut lemak, dan penghemat protein
 - B. memelihara suhu tubuh, memberi rasa kenyang, sebagai bantalan organ tubuh penting
 - C. penghemat protein, pemberi rasa manis, pertumbuhan jaringan
 - D. sumber asam lemak esensial, sebagai pelindung bagian tubuh penting, memberi rasa kenyang dan kelezatan pada makanan

- 5) Di antara berbagai jenis asam lemak, kelompok yang merupakan asam lemak tidak jenuh ganda adalah
 - A. miristat, stearat, oleat, arakidat
 - B. linolenat, EPA, DHA, arakidat
 - C. EPA, miristat, linolenat, butirat
 - D. linoleat, EPA, DHA, arakidonat

- 6) Jumlah energi yang dihasilkan oleh setiap gram karbohidrat, protein, dan lemak, masing-masing adalah
 - A. 4 kkal, 9 kkal, 4 kkal
 - B. 4 kkal, 4 kkal, 9 kkal
 - C. 4 kkal, 9 kkal, 9 kkal
 - D. 9 kkal, 4 kkal, 9 kkal

- 7) Berdasarkan konjugasinya, protein dibedakan menjadi
 - A. asam amino esensial dan non-esensial
 - B. protein globular dan fibriler
 - C. nukleoprotein, glikoprotein, fosfoprotein, lipoprotein
 - D. protein lengkap, setengah lengkap, tidak lengkap

- 8) Yang bukan termasuk derivat lemak adalah
 - A. asam lemak dan kolesterol
 - B. vitamin A dan vitamin E
 - C. vitamin E dan vitamin K
 - D. vitamin D dan vitamin C

- 9) Yang termasuk kelompok asam amino esensial adalah
 - A. asparagin, prolin, histidin, fenilalanin
 - B. arginin, leusin, metionin, triptofan
 - C. asam aspartat, glutamin, serin, prolin
 - D. asam glutamat, sistein, treonin, valin

- 10) Di bawah ini yang merupakan sumber asam lemak tak jenuh ganda adalah
 - A. minyak biji kapas dan minyak ikan
 - B. susu sapi dan minyak kelapa sawit

- C. telur dan mentega
- D. minyak kelapa dan ASI

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci jawaban tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

- Arti tingkat penguasaan:
- 90 - 100% = baik sekali
 - 80 - 89% = baik
 - 70 - 79% = cukup
 - < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2**Mengenal Zat-zat Gizi Mikro**

Sebagaimana disampaikan di bagian awal modul ini, ada beberapa jenis zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil yaitu kurang dari 100 mg per hari, dan dikenal sebagai zat gizi mikro. Meskipun dibutuhkan dalam jumlah minimal, zat-zat gizi mikro tetap memiliki fungsi yang sangat signifikan bagi tubuh. Zat-zat yang termasuk kelompok gizi mikro tersebut adalah berbagai jenis vitamin dan mineral.

Vitamin sendiri dibedakan menjadi vitamin larut lemak dan vitamin larut air. Vitamin larut lemak terdiri dari vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan vitamin K; sedangkan vitamin larut air terdiri dari aneka vitamin B dan vitamin C. Untuk itu pembahasan mengenai vitamin akan disusun berdasarkan sifat kelarutannya tersebut.

Mineral merupakan zat gizi mikro (*micronutrient*) dalam tubuh yang bersama-sama dengan vitamin berfungsi dalam proses metabolisme unsur gizi makro (karbohidrat, protein dan lemak). Mineral bersifat esensial karena merupakan unsur anorganik yang memiliki fungsi fisiologis yang tidak dapat dikonversikan dari zat gizi lain sehingga harus selalu tersedia dalam makanan yang dikonsumsi.

Berdasarkan kebutuhan dan ketersediaannya dalam tubuh, mineral dikelompokkan menjadi mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro diperlukan tubuh lebih dari atau sama dengan 100 mg per hr dan menyusun lebih besar dari 0.05% berat tubuh total atau menyusun sekitar lebih dari 6 gram tubuh dengan bobot 60 kg. Adapun mineral mikro diperlukan tubuh dalam jumlah kurang dari 100 mg per hari dan menyusun tubuh kurang dari 0.05% bobot tubuh total.

Dalam kaitannya dengan mineral yang sangat banyak, dalam modul ini hanya akan dijelaskan beberapa jenis mineral saja, khususnya yang terbukti banyak menimbulkan masalah kesehatan akibat kekurangan atau kelebihan yaitu kalsium, zat besi, seng, iodium, dan lainnya. Pembahasan terutama ditekankan pada sifat, fungsi, dan dampak jika tubuh mengalami kekurangan ataupun kelebihan dari mineral tersebut.

Secara garis besar dalam kegiatan belajar 2 ini akan dibahas berturut-turut mengenai 1) Vitamin Larut Lemak, 2) Vitamin Larut Air, 3) Mineral

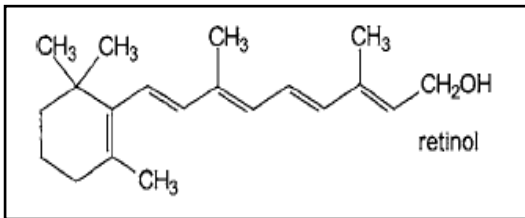
Makro, dan 4) Mineral Mikro. Masing-masing akan diuraikan pula jenis-jenis zat gizi yang tergolong dalam kelompok besar tersebut.

A. VITAMIN LARUT LEMAK

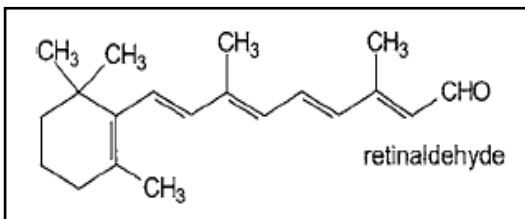
1. Vitamin A

a. Jenis-jenis Vitamin A

Di dalam tubuh vitamin A merupakan jenis vitamin yang aktif dan terdapat dalam berbagai bentuk yaitu vitamin A bentuk alkohol (retinol), vitamin A bentuk aldehyd (retinal atau retinaldehid), vitamin A bentuk asam (asam retinoat), vitamin A bentuk ester (ester retinil). Di dalam tubuh, bentuk-bentuk vitamin A tersebut dapat saling berubah menjadi dengan bantuan enzim tertentu. Bentuk retinal berperan dalam proses penglihatan.



(a)



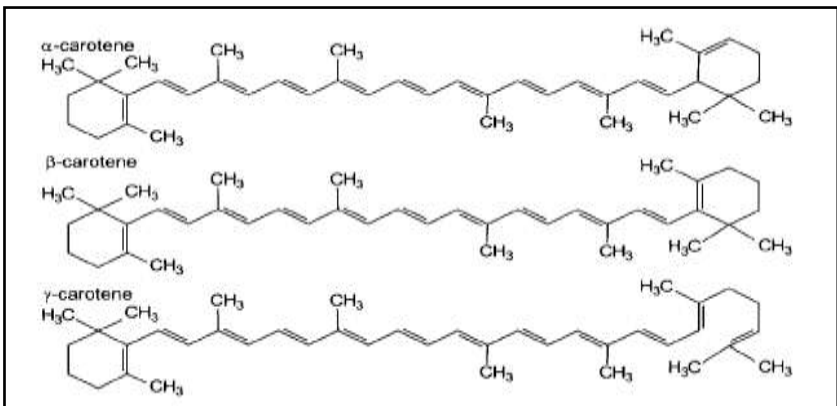
(b)

Gambar 1.9
Struktur Kimia Retinol (a) dan Retinal (b)

Di dalam bahan pangan hewani, vitamin A berada dalam bentuk vitamin A yang aktif dan siap digunakan tubuh. Karena sifatnya yang larut lemak,

vitamin A dari pangan hewani banyak ditemukan pada bahan pangan yang berlemak.

Di dalam bahan pangan nabati, sebagian besar sumber vitamin A adalah dalam bentuk karotenoid yang merupakan pro-vitamin A. Ada berbagai jenis karoten dalam tanaman, tetapi yang paling banyak ditemukan adalah bentuk α - β - γ -karoten, dan kriptosantin. Pro-vitamin A ini banyak terdapat pada bahan pangan yang berwarna kuning, oranye atau merah, juga pada sayuran yang berwarna hijau.



Gambar 1.10
Struktur α - β - γ -karoten

Di dalam sel epitel usus, pro-vitamin A yang dikonsumsi akan diubah menjadi vitamin A bentuk retinal dan kemudian menjadi retinol untuk kemudian disirkulasikan oleh sistem peredaran darah dalam bentuk *Retinol Binding Protein* (RBP) menuju seluruh tubuh. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa daya serap tubuh terhadap karoten hanya sekitar 33%, dan hanya setengahnya yang akan diubah menjadi vitamin A dalam tubuh. Hal ini berarti hanya sekitar 1/6 karoten yang terserap dan dapat dimanfaatkan oleh tubuh, atau dengan kata lain aktivitas biologis karoten setara dengan 1/6 aktivitas biologis vitamin A.

Sementara itu, karoten merupakan sumber vitamin A yang banyak dikonsumsi orang Indonesia. Oleh karena itu, dalam menentukan kandungan vitamin A dari makanan perlu diperhatikan jumlah vitamin A yang aktif yaitu

penjumlahan dari vitamin A bentuk aktif retinol dan pro-vitamin A yang telah dikonversi dalam bentuk aktif.

$$\text{Aktivitas retinol} = \mu g \text{ retinol} + \mu g \beta\text{-karoten} / 6$$

Kelebihan vitamin A dalam tubuh dapat disimpan dalam hati, terutama dalam sel-sel parenkim dan sel stellate hati. Kelebihan vitamin A tersebut disimpan dalam bentuk terikat retinyl ester dan dapat menampung sejumlah besar vitamin A, bahkan hingga berbulan-bulan. Kapsul vitamin A dosis tinggi (100.000 IU untuk kapsul biru dan 200.000 IU untuk kapsul merah) yang saat ini menjadi program pemerintah dan diberikan setiap 6 bulan sekali, memungkinkan vitamin A tersebut dapat disimpan untuk mencukupi kebutuhan vitamin selama 4 bulan, tanpa vitamin A dari makanan. Dengan asumsi akan ada penambahan vitamin A yang berasal dari makanan, maka kebutuhan vitamin A anak akan tetap tercukupi setiap harinya selama rentang 6 bulan tersebut.

b. Sifat Vitamin A

Vitamin A merupakan vitamin yang larut dalam lemak atau pelarut organik seperti eter, alkohol, petroleum eter. Vitamin A tahan terhadap panas cahaya, asam, dan alkali. sebaliknya, vitamin A tidak tahan terhadap pemanasan suhu tinggi bersamaan dengan adanya udara yang akan menyebabkan oksidasi. Vitamin A akan rusak selama penggorengan dengan menggunakan suhu tinggi, demikian juga akibat oksidasi pada minyak yang tengik.

c. Fungsi dan Akibat Kekurangan Vitamin A

Membantu dalam proses penglihatan. Vitamin A bentuk retinal bersama-sama dengan protein opsin berperan dalam membentuk pigmen visual berwarna merah-ungu yang disebut rodopsin dan terletak di dalam retina mata. Pada saat cahaya mengenai mata, maka pigmen visual tersebut akan mengabsorpsi cahaya, dan warna pigmen tersebut akan berubah menjadi kuning dan retinal menjadi terlepas dari opsin. Opsin yang terbebas dari retinal akan berubah bentuk dan merangsang impuls syaraf untuk mengirim berita ke otak mengenai obyek yang dilihat.

Kekurangan vitamin A menyebabkan suplai vitamin dari aliran darah menuju retina mata menjadi berkurang sehingga pembentukan pigmen visual

(rodopsin) menjadi terhambat. Hal ini menyebabkan kemampuan mata dalam mengabsorpsi cahaya menjadi rendah sehingga terjadilah yang dinamakan rabun senja.

Membantu diferensiasi sel. Saat diferensiasi sel terjadi perubahan bentuk dan fungsi sel yang berkaitan dengan perubahan perwujudan gen-gen tertentu. Vitamin A bentuk asam retinoat berperan aktif dalam pengaturan faktor penentu keturunan/gen yang berpengaruh pada sintesis protein. Kekurangan vitamin A akan dapat menghambat proses diferensiasi sel sehingga akan mengganggu proses pembentukan sel telur dan sperma, pertumbuhan dan perkembangan janin, bayi dan anak-anak yang sedang dalam masa pertumbuhan.

Memelihara kesehatan jaringan epitel dan kulit. Jaringan epitel dan kulit dilindungi oleh mukus yang akan menahan dan mengeluarkan mikroorganisme yang akan masuk melewatinya. Vitamin A berperan dalam proses pengeluaran mukus oleh kelenjar penghasil mukus.

Jika tubuh kekurangan vitamin A, maka sel epitel akan menjadi bersisik dan kering (*keratinized*). Pada jaringan kulit dan rambut, produksi mukus yang berkurang akibat kekurangan vitamin A akan menyebabkan jaringan tersebut menjadi kering dan kasar.

Pada organ mata hal ini akan menimbulkan keratinisasi atau xerosis konjungtiva, yaitu pengeringan pada selaput permukaan kelopak dan bola mata. Pada tahap selanjutnya, kekeringan pada selaput mata akan menyebabkan timbulnya suatu bercak putih keabuan pada kelopak mata yang dinamakan “bintik bitot”. Pada tahap yang lebih parah, kekurangan vitamin A akan menyebabkan xerosis pada kornea dan akhirnya dapat menyebabkan kornea menjadi pecah atau yang disebut keratomalasia.

Membantu sistem kekebalan tubuh (sistem imun). Mekanisme pengaruh vitamin A terhadap sistem imun sebenarnya belum diketahui pasti. Diduga retinol berpengaruh terhadap pertumbuhan dan diferensiasi limfosit B yaitu leukosit yang berperan dalam proses kekebalan humoral. Di samping itu, diduga vitamin A berperan dalam memberikan respon antibodi yang berkaitan dengan sel-T yaitu limfosit yang berperan dalam proses kekebalan seluler.

Fungsi kekebalan tubuh akan berkurang dengan berkurangnya kadar vitamin A sehingga tubuh menjadi lebih mudah terinfeksi. Berhubungan dengan pembentukan mukus (pada fungsi sebelumnya), kekurangan vitamin A yang menjadikan penurunan pembentukan mukus pada organ paru-paru

akan menyebabkan organ ini mudah terserang mikroorganisme, akibatnya terjadi infeksi saluran pencernaan.

Membantu pertumbuhan. Vitamin A berperan dalam proses sintesis protein yang diperlukan bagi pembentukan dan pertumbuhan sel-sel tubuh. Kekurangan vitamin A akan menyebabkan proses sintesis protein terganggu sehingga proses pertumbuhan menjadi terhambat. Hal ini bisa terjadi pada tulang, gigi, dan organ lainnya.

d. Toksisitas Vitamin A

Konsumsi vitamin A yang berlebih atau dikenal dengan hiperavitaminosis A akibat mengonsumsi 75.000-500.000 SI (sekitar 45-300 mg β -karoten) setiap hari selama beberapa bulan akan mengakibatkan keracunan yang ditandai dengan pembengkakan pada kaki dan pergelangan kaki, kelelahan, penurunan berat badan, sakit secara berselang-seling pada bahu dan pergelangan, kaki.

e. Sumber Vitamin A

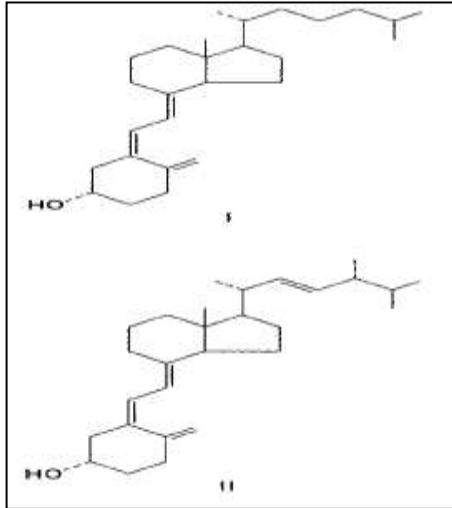
Pangan hewani yang menjadi sumber vitamin A pada umumnya juga merupakan sumber lemak, seperti hati, minyak hati ikan, susu dan produk susu, mentega, dan telur. Adapun pangan nabati yang menjadi sumber vitamin A umumnya adalah sumber β -karoten sebagai pro-vitamin A yaitu sayuran dan buah berwarna kuning dan oranye seperti wortel, tomat, semangka, ubi jalar, serta sayuran daun berwarna hijau tua seperti bayam, dan daun singkong.

2. Vitamin D

a. Jenis Vitamin D

Vitamin D merupakan jenis sterol yang mengandung gugus alkohol dan bersifat larut lemak. Sterol sangat stabil terhadap panas, oksidasi dan tahan terhadap asam dan basa. Vitamin D sangat peka terhadap cahaya dengan gelombang pendek seperti ultraviolet yang terdapat pada sinar matahari. Berbeda dengan vitamin-vitamin lainnya, vitamin D pada dasarnya dapat disintesis dalam tubuh dengan adanya sinar ultraviolet. Dalam kondisi terpapar matahari dengan cukup, vitamin D dari makanan menjadi tidak diperlukan lagi.

Terdapat berbagai jenis vitamin D di alam, tetapi yang paling penting adalah vitamin D₂ (ergokalsiferol) dan vitamin D₃ (kolekalsiferol). Vitamin D₂ banyak terdapat pada bahan pangan nabati sedangkan vitamin D₃ banyak terdapat pada minyak hati ikan.



Gambar 1.11
Struktur Vitamin D

- i. Vitamin D₃ (kolekalsiferol)
- ii. Vitamin D₂ (ergokalsiferol)

Dengan adanya sinar ultraviolet, vitamin D dalam hati akan diubah menjadi bentuk aktif 25-hidroksi kolekalsiferol yang memiliki tingkat keaktifan lima kali lebih aktif dibandingkan vitamin D₃. Vitamin D bentuk aktif tersebut kemudian diangkut dalam darah ke berbagai jaringan tubuh untuk dimanfaatkan.

Di samping itu, vitamin D₃ dapat juga diubah menjadi bentuk lain yang lebih aktif, yaitu kalsitriol yang 10 kali lebih aktif dari vitamin D₃ dan dibuat di dalam ginjal. Kalsitriol pada usus halus berperan dalam meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfor, serta pada tulang kalsitriol berperan dalam meningkatkan mobilisasi kedua mineral tulang tersebut.

b. Fungsi dan Defisiensi Vitamin D

Fungsi vitamin D erat kaitannya dengan mineralisasi tulang. Vitamin D, terutama bentuk aktif kalsitriol, akan meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfor yang merupakan zat utama pada proses pengerasan tulang. Mekanisme peningkatan penyerapan yaitu dengan peran vitamin D dalam merangsang sintesis protein pengikat kalsium dan protein pengikat fosfor pada mukosa usus halus. Dengan demikian, jika kadar vitamin D dalam darah kurang, maka penyerapan kalsium dan fosfor akan terhambat sehingga proses mineralisasi (pemadatan) tulang menjadi terhambat.

Kekurangan vitamin D akan menyebabkan riketsia yaitu penyakit ketika tulang tidak dapat melakukan kalsifikasi yang ditandai dengan bentuk tulang yang bengkok menyerupai bentuk huruf "O" atau "X". Penyakit ini terjadi pada kelompok anak-anak. Jika belum berlanjut, kondisi tersebut dapat disembuhkan dengan mengonsumsi vitamin D dalam jumlah besar yang sesuai. Riketsia pada orang dewasa dikenal dengan istilah osteomalasia, biasanya terjadi pada wanita yang konsumsi kalsiumnya juga rendah, sedikit terpapar sinar ultraviolet, dan mengalami banyak kehamilan dan menyusui sehingga banyak mengambil kalsium pada tulang untuk kepentingan bayi yang dikandungnya.

Secara umum penyakit akibat kekurangan vitamin D tidak menjadi masalah di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh kondisi daerah tropis yang banyak mendapatkan paparan sinar matahari.

c. Toksisitas Vitamin D

Konsumsi vitamin D yang berlebihan yaitu minimal 5 kali dari jumlah yang dianjurkan sehari, akan menyebabkan absorpsi kalsium yang berlebihan sehingga terjadi pengendapan kalsium yang berlebihan (hiperkalsemia) pada tulang dan jaringan lunak tubuh lainnya seperti pembuluh darah, jantung, ginjal, dan paru-paru. Pengendapan pada ginjal dalam upaya ekskresi dapat menyebabkan kematian.

d. Sumber vitamin D

Pangan hewani yang menjadi sumber vitamin D adalah minyak hati ikan, kuning telur, dan mentega. Adapun vitamin D pada pangan nabati sangat rendah.

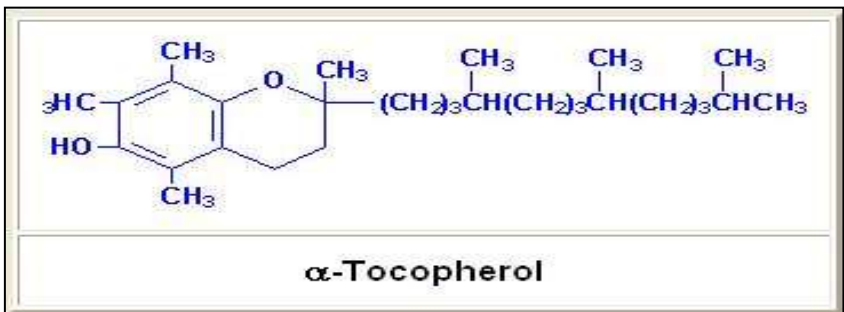
3. Vitamin E

a. Jenis dan Sifat Vitamin E

Vitamin E terdapat dalam 4 bentuk yaitu bentuk α -, β -, γ -, dan δ -tokoferol. Keaktifan keempat bentuk tokoferol tersebut berbeda-beda dimana bentuk alfa memiliki tingkat keaktifan vitamin E paling tinggi. Bila dibandingkan dengan bentuk alfa maka aktivitas biologis relatif bentuk beta, gamma, dan delta tokoferol masing-masing 0.5, 0.1, dan 0.01.

Satuan umum, vitamin E adalah Tokoferol Ekivalen (TE) yang setara dengan mg d- α -tokoferol. Selain itu, vitamin E dapat juga dinyatakan dalam Satuan Internasional (SI). 1 mg TE setara dengan 1.49 SI. Karena vitamin E terdiri atas beberapa bentuk, perhitungan bentuk vitamin E lain harus disetarakan dengan bentuk alfa yaitu dengan cara mengalikan kandungannya dengan nilai aktivitas biologis relatif di atas.

Vitamin E bersifat cukup tahan panas, tetapi tidak tahan terhadap alkali, sinar matahari, dan oksigen. Karena sifatnya yang larut lemak, vitamin E dalam tubuh sebagian besar disimpan dalam jaringan lemak, dan selainnya disimpan dalam hati.



Gambar 1.12
Struktur Vitamin E (α -tokoferol)

b. Fungsi Vitamin E

Fungsi utama vitamin E adalah sebagai antioksidan dengan memberikan atom hidrogen kepada radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul yang sangat reaktif dan bersifat merusak serta memiliki atom tidak berpasangan. Dengan menerima atom hidrogen dari vitamin E maka radikal bebas tersebut menjadi tidak reaktif lagi. Dalam kondisi tidak ada antioksidan, radikal bebas

dapat menyerang molekul fungsional dalam tubuh sehingga menyebabkan gangguan dalam menjalankan fungsinya.

Vitamin E berada dalam lapisan fosfolipida membran sel dan berperan dalam melindungi asam lemak tidak jenuh ganda sebagai komponen utama membran sel dari serangan oksidasi radikal bebas. Jika terjadi demikian maka akan terjadi kerusakan pada struktur dan fungsi membran sel.

Di samping itu, vitamin E diduga memiliki fungsi lain, tetapi masih perlu pembuktian lebih lanjut seperti berperan dalam sintesis DNA, mencegah keguguran dan sterilisasi, serta mencegah gangguan menstruasi.

c. *Defisiensi dan Toksisitas Vitamin E*

Penyakit akibat kekurangan vitamin E jarang terjadi karena vitamin E terdapat pada banyak jenis makanan. Gangguan akibat defisiensi vitamin E lebih karena adanya gangguan penyerapan dan pengangkutan lemak sebagai media pembawa vitamin larut lemak.

Gangguan yang dapat terjadi akibat defisiensi vitamin E adalah hemolisis eritrosit yang dapat diperbaiki dengan pemberian vitamin E dosis tinggi yang sesuai. Gangguan lain yang bisa terjadi adalah sindroma neurologik yang menyebabkan gangguan pada fungsi sumsum tulang belakang dan retina. Gejala yang ditimbulkannya adalah kehilangan koordinasi dan refleks otot, gangguan penglihatan, dan gangguan dalam berbicara.

Toksisitas vitamin E akibat konsumsi berlebihan tidak terlalu berat seperti halnya akibat yang ditimbulkan oleh vitamin A dan vitamin D yaitu adanya gangguan dalam saluran cerna. Keracunan ini dapat terjadi jika konsumsi lebih dari 600 mg sehari atau sekitar 60-75 kali angka kecukupan yang dianjurkan.

Selain itu, konsumsi vitamin E dosis tinggi dapat meningkatkan efek antikoagulan yang dapat mencegah penggumpalan darah.

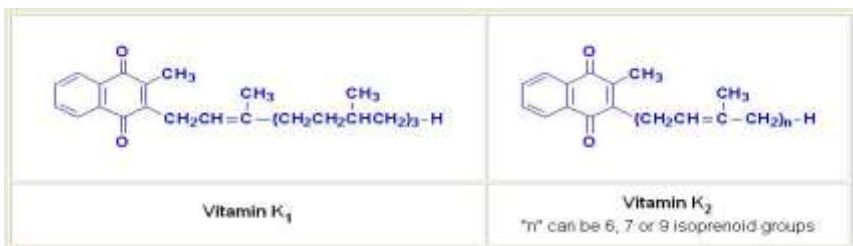
d. *Sumber Vitamin E*

Vitamin E mudah ditemukan pada banyak jenis makanan, terutama minyak tumbuh-tumbuhan, serta buah-buahan, dan sayuran.

4. Vitamin K

a. Jenis dan Sifat Vitamin K

Di alam terdapat dalam dua bentuk, vitamin K₁ (filokinon) dan vitamin K₂ (menakinon). Menakinon dapat disintesis dalam saluran pencernaan oleh bakteri. Di samping itu ada pula vitamin K dalam bentuk sintetis yaitu menadion yang kemudian dikenal sebagai vitamin K₃ dan memiliki tingkat keaktifan tiga kali lebih baik dibanding vitamin K alami.



Gambar 1.13
Struktur Kimia Vitamin K₁ dan Vitamin K₂

Selain larut lemak, vitamin K bersifat tahan panas sehingga tidak rusak oleh cara pemasakan biasa. Meskipun demikian, vitamin K mudah rusak oleh radiasi cahaya, asam, dan alkali.

b. Fungsi dan Akibat Defisiensi Vitamin K

Vitamin K besar perannya dalam proses pembekuan darah sehingga dapat mencegah terjadinya perdarahan, terutama pada saat proses operasi. Vitamin K merupakan kofaktor enzim karboksilase yang diperlukan dalam sintesis protrombin. Protrombin setelah diubah menjadi trombin dapat mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang bersifat membeku sehingga dapat membekukan darah.

Dengan demikian, jika kekurangan vitamin K maka proses koagulasi darah akan terhambat akibat terhambatnya produksi protrombin. Peluang seseorang normal defisiensi Vit K kecil, karena ketersediaan Vitamin K di tanaman (pangan) sangat banyak disamping vitamin K dapat disintesis di dalam tubuh oleh bakteri.

c. *Sumber Vitamin K*

Pangan sebagai sumber vitamin K adalah hati, kuning telur, dan sayuran hijau seperti bayam, kubis, dan bunga kol. Biji-bijian dan buah-buahan hanya sedikit mengandung vitamin K. Dalam proses metabolisme, vitamin K banyak terbuang dalam feses dan hanya sedikit yang dapat disimpan dalam hati.

B. VITAMIN LARUT AIR

1. Vitamin C

a. *Karakteristik Vitamin C*

Vitamin C adalah suatu kristal putih yang larut air yang sangat tidak stabil karena mudah rusak oleh panas dan akibat oksidasi. Vitamin C tidak stabil dalam alkali tetapi cukup stabil dalam larutan asam. Vitamin C di alam berada dalam dua bentuk, yaitu L-askorbat (bentuk tereduksi) dan L-asam dehidro askorbat (bentuk teroksidasi). Bentuk vitamin C tereduksi lebih aktif dibandingkan dengan bentuk teroksidasi.

b. *Fungsi Vitamin C*

Sebagai koenzim dan antioksidan. Vitamin C banyak berfungsi sebagai koenzim atau kofaktor. Sebagai zat yang memiliki sifat mereduksi kuat, vitamin C banyak digunakan sebagai bahan antioksidan untuk mencegah proses ketengikan dan perubahan warna (*browning*) pada buah-buahan.

Sintesis kolagen. Vitamin C berperan dalam proses hidroksilasi prolin dan lisin menjadi hidroksiprolin yang merupakan bahan penting pembentukan kolagen. Kolagen adalah suatu senyawa protein yang mempengaruhi integritas struktur sel pada semua jaringan ikat seperti kulit, tulang rawan, dentin kulit, dan sebagainya.

Absorpsi dan metabolisme besi. Vitamin C dapat mereduksi besi bentuk feri menjadi bentuk fero yang mudah diserap. Selain itu, vitamin C dapat menghambat pembentukan hemosiderin yang sulit dimobilisasi sehingga dapat membebaskan zat besi untuk dapat dimanfaatkan. Selain itu, penyerapan besi nonhem dapat ditingkatkan empat kali lipat dengan adanya vitamin C.

Absorpsi kalsium. Vitamin C juga membantu proses penyerapan kalsium dengan menjaga supaya kalsium tetap berada dalam bentuk larutan.

c. *Defisiensi dan Kelebihan Vitamin C*

Konsumsi vitamin C yang kurang dapat menyebabkan timbulnya skorbut yang ditandai dengan lelah, lemah, nafas pendek, kejang otot, kurang nafsu makan, kulit menjadi kering, perdarahan gusi, serta rambut rontok.

Kelebihan vitamin C sampai batas tertentu tidak menimbulkan gejala, tetapi, konsumsi suplemen vitamin C setiap hari dapat menimbulkan hiperoksaluria dan beresiko terhadap batu ginjal.

d. *Sumber Vitamin C*

Pangan yang menjadi sumber vitamin C umumnya berasal dari pangan nabati, yaitu sayuran dan buah-buahan seperti jeruk, nenas, rambutan, pepaya, dan tomat. Kandungan vitamin C juga tinggi pada daun singkong, daun katuk, dan daun pepaya.

2. **Vitamin B Kompleks**

Vitamin B merupakan suatu kompleks vitamin, terdiri dari sepuluh faktor yang memiliki fungsi saling berkaitan dan banyak ditemukan pada bahan makanan yang hampir sama. Vitamin B banyak berperan sebagai koenzim ataupun kofaktor yang diperlukan dalam proses metabolisme sel hidup.

a. *Tiamin (Vitamin B₁)*

Tiamin merupakan kristal putih kekuningan yang larut air. Dalam keadaan kering tiamin cukup stabil, tetapi dalam keadaan larut vitamin B₁ hanya tahan dalam suasana asam. Tiamin mudah rusak oleh panas, suasana alkali, dan oksidasi. Dalam proses pemasakan dengan air, tiamin akan larut dalam air.

Tiamin sangat berperan dalam metabolisme karbohidrat yaitu berfungsi sebagai koenzim berbagai reaksi metabolisme energi. Tiamin dibutuhkan untuk proses dekarboksilasi piruvat dalam siklus Krebs untuk menghasilkan energi.

Kekurangan tiamin dapat menyebabkan beri-beri yang ditandai dengan nafsu makan berkurang, gangguan pencernaan, sulit buang air besar, mudah lelah, dan rasa semutan. Sumber utama tiamin adalah sereal tumbuk atau setengah giling, kacang-kacangan, daging, dan kuning telur.

b. Riboflavin (Vitamin B₂)

Riboflavin merupakan kristal kuning, bersifat larut air, tahan panas, oksidasi, dan asam, tetapi tidak tahan alkali dan cahaya.

Riboflavin terutama berfungsi sebagai koenzim "Flavin Adenin Dinukleotida" (FAD) dan "Flavin Adenin Mononukleotida" (FMN) yang terlibat dalam reaksi oksidasi-reduksi berbagai jalur metabolisme energi. Kekurangan riboflavin dapat menghambat pertumbuhan. Selain itu, defisiensi riboflavin juga dapat mengakibatkan bibir pecah-pecah dan luka pada bagian pinggir mulut.

Pangan yang menjadi sumber riboflavin adalah ragi, hati, putih telur, dan susu.

c. Niasin (Vitamin B₃)

Niasin disebut pula asam nikotinat, merupakan asam pirimidin 3-karboksilat. Niasin bersifat larut air dan alkohol, stabil dalam keadaan kering, ataupun larutan pada suhu kurang dari 120°C.

Niasin berfungsi sebagai koenzim "Nikotinamid Adenin Dinukleotida" (NAD) dan "Nikotinamid Adenin Dinukleotida Fosfat" (NADP). Koenzim berpengaruh pada proses metabolik seluler. Kekurangan niasin dapat menyebabkan kelemahan otot, anoreksia, gangguan pencernaan, dan kulit memerah. Pada tingkat berat kekurangan niasin dapat mengakibatkan pelagra dengan ciri-ciri dermatitis, demensia, dan diare.

Dalam tubuh niasin disintesis dari asam amino triptofan. Pangan sumber niasin umumnya juga merupakan sumber riboflavin dan tiamin yaitu hati, daging, padi-padian, biji-bijian; tetapi telur, susu, dan keju mengandung sedikit niasin.

d. Asam Pantotenat (Vitamin B₅)

Asam pantotenat adalah suatu kristal putih yang larut air, berasa pahit, lebih stabil dalam keadaan larut dibandingkan dalam keadaan kering, mudah rusak oleh asam, alkali, dan panas kering, tetapi dalam larutan netral, tahan terhadap panas basah. Asam pantotenat merupakan gabungan dari derivat asam butirat dan asam amino alanin.

Asam pantotenat terutama berperan sebagai bagian dari koenzim A yang diperlukan dalam berbagai reaksi metabolisme sel, terutama dalam proses perombakan karbohidrat, asam lemak, dan asam amino untuk menghasilkan energi.

Kekurangan asam pantotenat dapat mengakibatkan rasa tidak enak pada saluran cerna, kesemutan dan rasa panas pada kaki, muntah-muntah, lelah, dan sulit tidur. Meskipun demikian, kasus akibat kekurangan asam pantotenat sangat jarang terjadi, hal ini mungkin karena kebutuhan tubuh terhadap vitamin ini sangat kecil dan asam pantotenat banyak ditemukan pada bahan-bahan makanan. Pangan yang merupakan sumber pantotenat adalah hati, ragi, daging, padi-padian, dan susu.

e. Piridoksin (Vitamin B₆)

Piridoksin merupakan kristal putih tidak berbau, larut dalam air dan alkohol, tahan terhadap panas dalam keadaan asam, tetapi tidak terlalu tahan dalam larutan alkali, serta sangat tidak tahan terhadap cahaya.

Vitamin B₆ berperan sebagai koenzim piridoksal fosfat (PLP) dan piridoksamin fosfat (PMP) dalam berbagai reaksi metabolisme protein. Defisiensi vitamin B₆ jarang terjadi, dan walaupun terjadi biasanya bersamaan dengan kekurangan vitamin B lainnya. Gejala yang ditimbulkan akibat kekurangan vitamin ini adalah gejala yang berkaitan dengan gangguan metabolisme protein seperti lemah, mudah tersinggung, dan sulit tidur. Pada tahap lanjut defisiensi dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, gangguan fungsi motorik dan kejang-kejang, serta luka pada bibir dan sudut mulut.

Piridoksin banyak terdapat pada khamir, kecambah gandum, hati, ginjal, sereal tumbuk, kacang-kacangan, kentang, dan pisang. Vitamin B₆ dari pangan hewani lebih mudah diserap dibandingkan yang berasal dari pangan nabati.

f. Asam Folat

Asam folat merupakan senyawa kompleks terdiri dari suatu inti pteridin, asam amino benzoat, dan asam glutamat sehingga dinamakan pula asam pteroilglutamat. Sifat fisiknya berwarna kuning, tidak tahan cahaya, sedikit larut dalam air, dan dalam larutan encer, stabil pada suhu kurang dari 100°C.

Asam folat berperan sebagai koenzim tetrahidrofolat (THF) yang penting dalam transportasi pecahan-pecahan karbon tunggal dalam metabolisme asam amino dan sintesis asam nukleat. Selain itu, asam folat diperlukan dalam proses metabolisme dan pembentukan sel-sel darah merah sehingga jika kekurangan asam folat maka pembentukan sel darah merah dapat terganggu dan dapat menyebabkan anemia.

Di dalam tubuh asam folat disintesis oleh bakteri usus, tetapi akan lebih baik jika dipenuhi juga dari makanan. Pangan yang menjadi sumber asam folat banyak adalah sayuran hijau, hati, sereal, biji-bijian, kacang-kacangan, dan jeruk.

g. Vitamin B₁₂ (Kobalamin)

Vitamin B₁₂ atau kobalamin terdiri atas cincin mirip porfirin seperti hem, mengandung kobalt, serta terikat pada ribosa dan asam fosfat. Vitamin ini merupakan kristal merah yang larut air. Warna merah ditimbulkan akibat adanya kobalt. Kobalamin secara perlahan akan rusak oleh asam encer, alkali, cahaya, dan bahan-bahan pengoksidasi dan pereduksi. Bentuk yang paling stabil adalah sianokobalamin, untuk itu kini telah banyak diproduksi secara komersial dari fermentasi bakteri.

Vitamin B₁₂ diperlukan untuk mengubah folat menjadi bentuk aktif, dan berperan dalam metabolisme sel, terutama saluran cerna, sumsum tulang, dan jaringan saraf. Vitamin B₁₂ merupakan kofaktor enzim metionin sintetase dan metilmalonil-koA mutase.

Defisiensi vitamin B₁₂ jarang terjadi, tetapi sebagian besar sebagai akibat penyakit saluran cerna dan gangguan absorpsi dan transportasi. Karena perannya dalam mengaktifkan bentuk folat, maka kekurangan vitamin B₁₂ dapat juga menyebabkan anemia akibat kekurangan folat.

Secara alami vitamin B₁₂ didapatkan dari hasil sintesis bakteri, fungi atau ganggang. Kobalamin banyak terdapat pada sumber hewani yang mendapatkannya dari sintesis bakteri dalam usus, seperti hati, ginjal, susu, telur, ikan, keju, dan daging. Kobalamin dalam pangan nabati bisa ditemukan jika terjadi pembusukan pada pangan tersebut sehingga terjadi sintesis oleh bakteri. Sintesis vitamin B₁₂ oleh bakteri pada manusia terjadi di dalam kolon, sehingga tidak dapat diserap dan dimanfaatkan tubuh.

C. MINERAL MAKRO

1. Kalsium (Ca)

a. Karakteristik Kalsium

Kalsium menyusun 1.5-2% berat badan orang dewasa dan merupakan mineral dengan kandungan tertinggi dalam tubuh. Hampir semua kalsium tubuh (99%) terdapat pada jaringan keras seperti tulang dan gigi, dan hanya

1% kalsium yang ada pada jaringan lunak (darah). Tingkat penyerapan kalsium sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya: status kalsium tubuh, usia, dan keberadaan zat lain dalam usus. Status kalsium tubuh yang kurang akan menjadikan penyerapan kalsium menjadi tinggi, demikian juga sebaliknya; status kalsium tubuh yang cukup, akan menjadikan penyerapan kalsium menjadi rendah. Dalam hal faktor usia, pada usia muda, penyerapan kalsium lebih besar dibandingkan pada usia tua. Penyerapan kalsium juga dapat meningkat dengan adanya vitamin C, vitamin D, dan protein. Sebaliknya, penyerapan kalsium akan menurun dengan adanya zat inhibitor yaitu asam oksalat yang umum terdapat pada bayam serta asam fitat yang banyak ditemukan pada dedak.

Cadangan kalsium terdapat pada tulang bagian ujung dan biasa dinamakan simpanan labil. Jika kadar kalsium darah, maka simpanan tersebut akan berkurang karena digunakan untuk menjalankan fungsi kalsium.

b. Fungsi Kalsium

Pembentukan tulang. Kalsium bersama-sama fosfor memiliki fungsi utama sebagai pembentuk tulang dan gigi. Kalsium dalam tulang berperan sebagai bagian integral dari struktur tulang dan sebagai tempat cadangan kalsium. Kalsifikasi, yaitu pembentukan kristal mineral mulai terjadi saat bayi pertama kali lahir. Batang tulang yang terbentuk terdiri dari kalsium, magnesium, seng, natrium, dan fluor. Cadangan kalsium disimpan pada tulang bagian ujung yang berpori yang dinamakan *trabekula*. Kalsium cadangan ini siap dipakai guna mempertahankan kadar normal kalsium dalam darah.

Pembentukan gigi. Seperti halnya tulang, gigi, terutama bagian dentin dan email gigi, juga memiliki struktur yang keras karena adanya proses kalsifikasi. Kalsifikasi gigi susu terjadi pada minggu ke-duapuluh tahap janin sampai saat sebelum gigi permanen keluar. Gigi permanen tumbuh pada anak usia tiga bulan hingga tiga tahun.

Kontraksi otot. Kalsium berperan dalam interaksi protein dan otot. Jika kalsium darah rendah, maka otot tidak bisa mengendur setelah kontraksi, dan tubuh akan menjadi kaku. Pada tingkat lanjut, hal ini bisa menimbulkan kejang.

Pembekuan darah. Pada saat luka, keberadaan kalsium dapat merangsang pengeluaran tromboplastin dari platelet darah yang terluka. Tromboplastin ini kemudian mengkatalisis perubahan protrombin menjadi

trombin, dan trombin sendiri berperan dalam perubahan fibrinogen menjadi benang-benang fibrin yang dapat menggumpalkan darah. Jika diterapkan pada keadaan luka, benang fibrin dapat menahan keluarnya darah sehingga darah dapat berhenti mengalir.

c. Akibat Defisiensi dan Kelebihan Kalsium

Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan akan menyebabkan gangguan dalam pertumbuhan seperti tulang kurang kuat, mudah bengkok, dan rapuh. Pada masa dewasa secara alami manusia mengalami pelepasan kalsium dari tulangnya sehingga tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Kondisi ini bisa diperparah dengan adanya stres, merokok, dan meminum alkohol. Sebaliknya, kondisi kekurangan kalsium dapat diminimalkan dengan mengonsumsi pangan sumber kalsium dengan jumlah yang memadai.

Kekurangan kalsium dapat juga menyebabkan osteomalasia, yang pada anak-anak dinamakan ricketsia. Penyakit ini biasanya juga dibarengi dengan kekurangan vitamin D dan ketidakseimbangan konsumsi kalsium dan fosfor.

Konsumsi kalsium yang berlebihan akan menyebabkan gangguan fungsi ginjal dalam mengatur metabolisme kalsium sehingga bisa terbentuk batu ginjal. Di samping itu kelebihan konsumsi kalsium juga bisa menimbulkan konstipasi (sulit buang air besar). Kelebihan kalsium jarang terjadi, umumnya terjadi jika terlalu banyak mengonsumsi suplemen kalsium.

d. Sumber Kalsium

Kalsium banyak terdapat pada susu dan produk susu, seperti keju, es krim, yoghurt, dan sebagainya. Ikan yang dimakan dengan tulang (misalnya ikan kering) juga merupakan sumber kalsium. Pada pangan nabati kalsium banyak ditemukan pada sereal dan kacang-kacangan. Sayuran hijau juga banyak mengandung kalsium, tetapi bahan pangan ini tidak bisa diandalkan sebagai pangan sumber kalsium karena pada sayuran hijau banyak terdapat fitat dan oksalat yang dapat menghambat penyerapan kalsium.

2. Fosfor (P)

a. Karakteristik Fosfor

Fosfor merupakan mineral kedua terbanyak dalam tubuh setelah kalsium, yaitu menyusun 1% dari berat tubuh orang dewasa. Penyerapan fosfor terjadi

pada usus halus sebagai ion bebas, dengan tingkat penyerapan > 70% dari fosfor yang dikonsumsi.

b. Fungsi Fosfor

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, fosfor dan kalsium merupakan zat utama pembentuk tulang dan gigi. Kalsifikasi tulang dan gigi diawali dengan pengendapan fosfor pada matriks tulang.

Selain pembentuk tulang dan gigi, fosfor juga berperan dalam pembentukan nukleoprotein yang merupakan penyusun nukleus dari sel dan berfungsi dalam proses pembelahan sel, reproduksi dan pemindahan ciri-ciri yang turun menurun. Fosfor merupakan bagian dari asam nukleat DNA dan RNA

Sebagai fosfolipid, fosfor merupakan komponen penyusun struktur dinding sel, dan sebagai fosfat organik, fosfor berperan penting dalam reaksi metabolisme penghasil energi yaitu dalam bentuk Adenosin Trifosfat (ATP).

c. Sumber Fosfor

Bahan makanan yang merupakan sumber fosfor umumnya adalah bahan makanan yang juga merupakan sumber protein, seperti daging ruminansia, ayam, ikan, telur, susu dan hasil olahannya seperti yogurt, keju, mentega, dan lainnya. Dari pangan nabati, fosfor banyak ditemukan pada kacang-kacangan, seperti kacang tanah, kacang kedelai, kacang mete, dan lainnya. Hal ini terjadi karena fosfor umumnya terikat pada asam amino pembentuk protein.

3. Sulfur (S)

a. Karakteristik Sulfur

Sulfur merupakan komponen semua jaringan tubuh, terutama jaringan yang tinggi protein seperti keratin kulit, otot, rambut dan kuku. Di samping itu sulfur juga merupakan unsur dari hormon insulin, vitamin B, biotin, saliva, empedu, dan heparin dalam darah. Dalam bentuk ikatan sulfur merupakan penyusun asam-asam amino metionin, sistein, dan sistin.

b. Fungsi Sulfur

Fungsi sulfur erat kaitannya dengan fungsi protein yaitu karena sulfur merupakan penyusun asam amino esensial dan enzim. Di samping itu, karena merupakan penyusun insulin, sulfur berperan juga dalam mengatur gula

darah. Bersama-sama dengan kalsium dan fosfor, sulfur juga merupakan bahan penyusun tulang dan gigi.

c. Sumber Sulfur

Pada umumnya pangan sumber sulfur juga merupakan pangan sumber fosfor dan banyak terdapat pada pangan sumber protein seperti kecambah, gandum, dan kacang-kacangan, daging, jeroan, ayam, ikan, telur, serta susu dan produk susu.

4. Magnesium

a. Karakteristik Magnesium

Magnesium merupakan penyusun utama klorofil daun. Di dalam tubuh, sekitar 60% magnesium berada pada tulang, 26% berada dalam otot, dan sisanya berada pada jaringan lunak dan cairan tubuh. Dalam cairan intraseluler, magnesium merupakan kation terbanyak kedua setelah kalium.

b. Fungsi Magnesium

Aktivasi enzim. Magnesium berperan dalam proses aktivasi enzim-enzim tubuh dalam reaksi metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak menjadi energi. Selain itu magnesium juga berperan dalam aktivasi enzim pada reaksi asam nukleat sehingga berfungsi dalam sintesis, degradasi, dan stabilitas bahan gen DNA dalam sel.

Mencegah kerusakan gigi. Magnesium berperan juga dalam menahan kalsium dalam email gigi sehingga kebutuhan kalsium gigi tetap terjaga.

Dalam cairan ekstraseluler, magnesium berperan dalam melemaskan saraf, relaksasi otot dan mencegah pembekuan darah. Fungsi magnesium yang terakhir ini berlawanan dengan fungsi kalsium yang berperan dalam proses pembekuan darah, termasuk penghentian darah akibat luka.

c. Defisiensi Magnesium

Defisiensi magnesium dapat mempengaruhi semua jaringan tubuh, terutama jantung, saraf dan ginjal. Gejala-gejalanya yaitu: kehilangan nafsu makan, gagal pertumbuhan, kejang otot, depresi, hipertensi, lemah otot, cemas, pusing-pusing, kurang koordinasi. Di samping itu, defisiensi magnesium dapat menyebabkan rambut rontok, gusi bengkok serta gangguan saluran arteri yang menyerupai arterosklerosis.

d. *Sumber Pangan Magnesium*

Sumber utama magnesium adalah sayuran hijau, sereal, biji-bijian, dan kacang-kacangan, serta daging, susu, dan hasil olahannya.

D. MINERAL MIKRO

1. Zat Besi (Fe)

a. *Karakteristik Fe*

Zat besi merupakan mineral mikro yang paling banyak menyusun tubuh yaitu sekitar 2-4 gram. Zat besi dalam tubuh berada dalam beberapa bentuk yaitu hemoglobin dalam sel darah merah (60-65%), mioglobin dalam otot (5-10%), enzim (2-5%), transferin dalam aliran darah (0.1%), serta dalam bentuk feritin dan hemosiderin (20% dan 10%) sebagai cadangan.

Jumlah zat besi dalam tubuh bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, masa kehamilan, dan masa pertumbuhan. Zat besi dalam tubuh berada dalam bentuk ion Fe^{2+} yaitu bentuk besi tereduksi (ferro), serta ion Fe^{3+} yaitu bentuk zat besi teroksidasi (ferri).

Adapun di dalam makanan zat besi dibedakan menjadi besi dalam bentuk hem dan besi non hem. Besi hem terutama berasal dari hemoglobin dan mioglobin dan banyak ditemukan pada daging, ikan, dan unggas. Besi non-hem banyak terdapat pada tumbuhan (buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan biji-bijian) serta pada pangan hewani telur, susu dan produk olahan susu seperti keju, yoghurt, es krim, dan sebagainya.

Penyerapan zat besi non-hem sangat mudah dipengaruhi oleh zat pendorong (*enhancer*) dan zat penghambat (*inhibitor*) yang dapat meningkatkan dan menghambat penyerapannya. Zat yang merupakan *enhancer* yaitu vitamin C, asam sitrat, asam laktat, serta asam amino sistein pada daging, unggas, dan ikan. Adapun yang termasuk zat-zat inhibitor yaitu kafein pada kopi, polifenol (contoh tanin pada teh), asam oksalat (contoh pada bayam, buncis, coklat), fitat (pada biji-bijian, jagung), kalsium, dan seng.

b. *Fungsi Fe*

Zat besi merupakan bahan pembentuk hemoglobin (Hb), yaitu protein yang bertugas mengangkut oksigen ke sel-sel tubuh. Selain itu, sebagai komponen penyusun mioglobin, zat besi membantu menjaga agar oksigen

selalu tersedia untuk keperluan kontraksi otot. Zat besi juga berperan dalam membantu tugas protein untuk transfer elektron dalam penggunaan energi pada sel-sel, yaitu sebagai bagian proses metabolisme.

c. Defisiensi dan Toksisitas Fe

Defisiensi besi akan menyebabkan anemia, yaitu pengikisan simpanan Fe tubuh akibat kadar hemoglobin yang juga menurun. Dalam kondisi defisiensi Fe produktivitas kerja dan berfikir menurun akibat dari proses metabolisme energi yang memerlukan zat besi menjadi terhambat.

Toksisitas zat besi bisa berada dalam 3 bentuk, yaitu hemokromatosis, hemosiderosis, dan keracunan Fe. Hemokromatosis merupakan cacat bawaan dalam metabolisme Fe sehingga terbentuk endapan pigmen mengandung Fe di berbagai jaringan yang mengakibatkan jaringan menjadi rusak. Hemosiderosis terjadi akibat konsumsi Fe yang berlebihan atau akibat transfusi darah yang berulang-ulang sehingga membentuk endapan Protein-Fe yang susah dimetabolisme. Keracunan Fe pada anak-anak biasa terjadi akibat suplementasi yang berlebihan, ditandai dengan gejala mual-mual, muntah, diare, denyut jantung cepat, nadi lemah, serta pusing.

2. Seng

a. Karakteristik Seng

Pada umumnya seng berada dalam bentuk ion Zn^{2+} . Seng menyusun tubuh orang dewasa sekitar 1.5 – 2.5 g, dan ditemukan pada hampir semua organ dan jaringan tubuh, terutama otot, tulang, hati, ginjal, dan kulit. Tidak seperti besi, seng di dalam jaringan tidak bisa diambil meski kadar dalam darah rendah. Untuk itu, kebutuhan seng harus dipenuhi dari makanan.

b. Fungsi Seng

Seng merupakan bagian dari banyak jenis enzim (minimal 70 enzim), di antaranya karboksipeptidase, karbonik-anhidrase. Seng juga berperan dalam fungsi imunitas, yaitu sebagai penyusun enzim Superoksida dismutase (SOD). Seng besar perannya dalam fungsi kerja hormon insulin dalam pankreas yaitu jika seng dalam darah rendah, maka respon insulin juga menjadi menurun, hal ini akan menjadikan sistem metabolisme glukosa menjadi terganggu.

Dalam fungsi pertumbuhan sel atau jaringan, seng berperan membantu penyusunan bahan genetik DNA dan RNA, penyusun sperma, pertumbuhan janin yang normal, serta berperan dalam fungsi hormon thyroid

c. Defisiensi Seng

Jika tumbuh mengalami defisiensi seng maka pertumbuhan akan menjadi terhambat, sintesis kolagen menjadi abnormal sehingga menyebabkan kulit menjadi kering dan luka menjadi sulit sembuh. Selain itu, kekurangan seng dapat menghambat kematangan sex pada pria, sintesis dan pengeluaran testosteron menjadi rendah. Gangguan sistem pencernaan; yaitu menurunnya fungsi penciuman dan pengecapan sehingga selera makan menjadi rendah. Pada sistem otak dan syaraf kekurangan seng akan menyebabkan kemunduran mental, serta akan gangguan sistem imunitas.

d. Sumber Seng

Seng banyak ditemukan pada makanan sumber protein karena seng berikatan dengan asam amino, peptida, dan asam nukleat. Sumber utama yaitu daging, kerang, unggas, hati. Pada pangan nabati seng banyak terdapat pada kacang-kacangan dan produk biji-bijian kulit penuh.

3. Iodium

a. Karakteristik Iodium

Umumnya iodium tubuh berada dalam bentuk Iodida (I_2), menyusun tubuh kurang lebih 15-20 mg. Kandungan iodium tubuh sangat bervariasi antar individu, tergantung wilayah tempat tinggal kandungan iodium tanah, air dan tanaman sebagai sumber pangan yang dikonsumsi. Iodium terutama terkonsentrasi pada kelenjar tiroid (70-80%) yang berfungsi untuk pembentukan hormon T_3 - triiodothyronin dan T_4 – tetra Iodothyronine (tiroksin)

b. Fungsi Iodium

Dengan hormon-hormon tiroid, iodium berfungsi dalam mengatur suhu tubuh, laju pelepasan E selama metabolisme basal, laju penggunaan oksigen oleh sel, pertumbuhan dan perkembangan sistem syaraf, serta pertumbuhan linier.

c. *Defisiensi Iodium*

Kekurangan iodium dapat mengakibatkan gondok yaitu pembesaran kelenjar tiroid. Hal ini akan mengakibatkan stimulasi TSH menjadi berlebihan karena tidak direspons oleh kelenjar tiroid akibat defisiensi iodium. Gondok bisa juga terjadi akibat konsumsi zat goitrogen yang berlebihan seperti kubis, brokoli, toge, singkong.

Pada tahap lanjut, defisiensi iodium dapat mengakibatkan kretinisme yaitu hambatan pertumbuhan fisik dan mental, serta gangguan pendengaran dan bisu.

d. *Pangan Sumber Iodium*

Pangan sumber iodium saat ini terutama berasal dari garam beriodium, yaitu garam biasa yang telah difortifikasi oleh iodium. Kurang lebih setengah sendok teh atau 2 gram garam beriodium telah dapat memenuhi anjuran konsumsi iodium orang dewasa. Di samping itu, iodium banyak terdapat pada pangan laut (ikan laut: 300-3000 μ g I/kg, ikan darat: 20-40 μ g I/kg, dan produk unggas).



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan jenis-jenis vitamin yang termasuk vitamin B kompleks
- 2) Jelaskan bagaimana mekanisme peran vitamin A dalam proses penglihatan!
- 3) Sebutkan jenis-jenis mineral yang besar peranannya dalam pembentukan tulang
- 4) Jelaskan bagaimana mekanisme kekurangan zat besi dalam menyebabkan anemia!
- 5) Iodium berperan dalam pembentukan dua jenis hormon yang terkonsentrasi pada kelenjar tiroid. Sebutkan kedua jenis hormon tersebut.

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab latihan di atas, ikutilah rambu-rambu berikut:

- 1) Pelajari kembali jenis-jenis vitamin B.
- 2) Pelajari kembali sifat dan fungsi vitamin A.
- 3) Pelajari kembali fungsi mineral-mineral makro.
- 4) Pelajari kembali sifat dan fungsi zat besi.
- 5) Pelajari kembali karakteristik iodium.

**RANGKUMAN**

Zat gizi mikro adalah zat-zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kurang dari 100 mg per hari, terdiri dari vitamin dan mineral. Vitamin dibedakan atas vitamin larut lemak (terdiri dari vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan vitamin K), dan vitamin larut air (vitamin B dan vitamin C). Mineral dikelompokkan menjadi mineral makro (diperlukan tubuh ≥ 100 mg/hr) dan mineral mikro (diperlukan tubuh < 100 mg/hari). Mineral makro di antaranya: Kalsium (Ca), Fosfor (P), Sulfur (S) Magnesium (Mg), Kalium (K), Mineral mikro di antaranya: Besi (Fe), Seng (Zn), Iodium (I), Selenium (Se), Tembaga (Cu).

Vitamin A terutama berfungsi dalam proses penglihatan, dan defisiensi vitamin A akan menyebabkan rabun senja, xerosis pada kornea dan kebutaan. Vitamin A pada pangan hewani merupakan bentuk aktif, banyak ditemukan pada hati, minyak ikan, susu, mentega, dan telur. Pangan nabati merupakan provitamin A, terdapat pada wortel, tomat, semangka, ubi jalar, bayam dan daun singkong.

Vitamin D dapat disintesis dalam tubuh dengan adanya sinar ultraviolet. Vitamin D berfungsi dalam mineralisasi tulang, yaitu dengan cara merangsang sintesis protein pengikat kalsium dan fosfor pada mukosa usus halus. Defisiensi vitamin D akan menyebabkan riketsia (pada anak-anak) dan osteomalasia (pada orang dewasa). Sumber vitamin D umumnya berasal dari pangan hewani seperti minyak hati ikan, kuning telur, dan mentega.

Fungsi utama vitamin E adalah sebagai antioksidan. Vitamin E berada dalam lapisan fosfolipida membran sel dan berperan dalam melindungi asam lemak tidak jenuh ganda sebagai komponen utama membran sel dari serangan oksidasi radikal bebas. Vitamin E banyak terdapat pada minyak tumbuhan, buah-buahan dan sayuran.

Vitamin K besar peranannya dalam proses pembekuan darah sehingga dapat mencegah terjadinya perdarahan, terutama pada saat

proses operasi. Kekurangan vitamin K menjadikan proses koagulasi darah akan terhambat akibat terhambatnya produksi protrombin. Pangan sebagai sumber vitamin K adalah hati, kuning telur, dan sayuran hijau seperti bayam, kubis, dan bunga kol.

Vitamin C berfungsi sebagai koenzim dan antioksidan, sintesis kolagen, berperan dalam absorpsi dan metabolisme besi, serta absorpsi kalsium. Defisiensi vitamin C dapat menyebabkan timbulnya skorbut yang ditandai dengan lelah, lemah, nafas pendek, kejang otot, kurang nafsu makan, kulit menjadi kering, perdarahan gusi, serta rambut rontok. Pangan sumber vitamin C umumnya berasal dari pangan nabati seperti jeruk, nenas, rambutan, pepaya, tomat, daun singkong, daun katuk, dan daun pepaya.

Vitamin B merupakan suatu kompleks vitamin, terdiri dari sepuluh faktor yang memiliki fungsi saling berkaitan dan banyak ditemukan pada bahan makanan yang hampir sama. Vitamin B kompleks terdiri dari tiamin, riboflavin (Vitamin B2), niasin, folat, asam pantotenat, piridoksin. Vitamin B banyak berperan sebagai koenzim ataupun kofaktor yang diperlukan dalam proses metabolisme sel hidup. Sumber utama vitamin B adalah sereal tumbuk atau setengah giling, kacang-kacangan, daging, dan kuning telur, putih telur, ragi, dan susu. Kekurangan tiamin dapat menyebabkan beri-beri yang ditandai dengan gangguan pencernaan, sulit buang air besar, mudah lelah, dan rasa semutan. Kekurangan riboflavin dapat mengakibatkan bibir pecah-pecah dan luka pada bagian pinggir mulut. Asam folat diperlukan dalam proses metabolisme dan pembentukan sel-sel darah merah sehingga kekurangan asam folat menyebabkan pembentukan sel darah merah terganggu dan dapat menyebabkan anemia.

Kalsium berfungsi dalam pembentukan tulang dan gigi. Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan akan menyebabkan gangguan dalam pertumbuhan seperti tulang kurang kuat, mudah bengkok, dan rapuh. Kalsium banyak terdapat pada susu dan produk susu, seperti keju, es krim, yoghurt, dan ikan yang dimakan dengan tulang (misalnya ikan kering)

Fosfor berperan dalam kalsifikasi tulang dan gigi, serta berperan penting dalam reaksi metabolisme penghasil energi yaitu dalam bentuk Adenin Trifosfat (ATP). Pangan sebagai sumber fosfor adalah pangan yang juga merupakan sumber protein (daging, ayam, ikan, telur, susu, dan kacang-kacangan).

Sulfur merupakan komponen semua jaringan tubuh, terutama jaringan yang tinggi protein seperti keratin kulit, otot, rambut dan kuku. Fungsi sulfur erat kaitannya dengan fungsi protein karena sulfur

merupakan penyusun asam amino esensial dan enzim. Pangan sumber sulfur umumnya juga merupakan sumber fosfor.

Magnesium banyak terdapat pada cairan tubuh intraseluler bersama K. Magnesium berfungsi dalam mengaktifkan enzim-enzim tubuh untuk konversi karbohidrat, protein, dan lemak menjadi energi. Defisiensi magnesium mempengaruhi semua jaringan tubuh.

Zat besi besar perannya dalam pembentukan hemoglobin (Hb) yang bertugas mengangkut oksigen ke sel-sel tubuh, serta sebagai komponen penyusun mioglobin yang menjaga agar oksigen selalu tersedia untuk kontraksi otot. Defisiensi besi akan menyebabkan anemia yaitu pengikisan simpanan Fe tubuh sehingga akibat kadar hemoglobin menurun.

Seng merupakan bagian dari banyak jenis enzim, berperan dalam fungsi imunitas serta fungsi kerja hormon insulin dalam pankreas. Defisiensi seng akan mengganggu pertumbuhan dan sintesis kolagen sehingga kulit menjadi kering, serta menghambat kematangan sex pada pria. Seng banyak ditemukan pada makanan sumber protein karena seng berikatan dengan asam amino, peptida, dan asam nukleat.

Dengan hormon tiroid, iodium berfungsi dalam mengatur suhu tubuh, laju pelepasan E selama metabolisme basal, pertumbuhan dan perkembangan sistem syaraf, pertumbuhan linier, dan pembentukan panas tubuh. Kekurangan iodium dapat mengakibatkan gondok yaitu pembesaran kelenjar tiroid, kretinisme, yaitu hambatan pertumbuhan fisik dan mental. Pangan sumber iodium terutama berasal dari garam beriodium, serta pangan laut dan produk unggas.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Jenis vitamin yang dapat disintesis dalam tubuh, dengan bantuan sinar ultraviolet dan bakteri usus yaitu....
 - A. vitamin A dan vitamin E
 - B. vitamin A dan vitamin K
 - C. vitamin D dan vitamin E
 - D. vitamin D dan vitamin K

- 2) Gangguan fungsi tubuh berupa penyakit beri-beri dan timbulnya luka di sudut mulut disebabkan oleh....
 - A. vitamin B1 dan vitamin B2
 - B. niasin dan pantotenat

- C. folat dan kobalamin
 - D. piridoksin dan biotin
- 3) Yang tidak termasuk fungsi vitamin C adalah adalah
- A. sebagai antioksidan
 - B. sebagai pembentuk asam amino
 - C. membantu penyerapan zat besi
 - D. membantu penyerapan kalsium
- 4) Di bawah ini yang merupakan sumber vitamin A adalah
- A. sereal, tomat, wortel, putih telur
 - B. jeruk, daging ayam, tahu-tempe
 - C. gula pasir, daun katuk, ikan kering, es krim
 - D. hati, susu, kuning telur, daun singkong
- 5) Yang dimaksud dengan *trabekula* adalah....
- A. protein khusus yang diperlukan dalam proses pembentukan matriks tulang
 - B. cadangan kalsium yang disimpan pada tulang bagian ujung yang berpori
 - C. pembentukan kristal mineral mulai terjadi saat bayi pertama kali lahir
 - D. penyakit gangguan pertumbuhan tulang akibat kekurangan kalsium
- 6) Mineral yang merupakan penyusun beberapa asam amino esensial adalah....
- A. kalsium
 - B. fosfor
 - C. magnesium
 - D. sulfur
- 7) Berikut ini merupakan gangguan tubuh akibat kekurangan seng, *kecuali*....
- A. terhambatnya sintesis kolagen
 - B. gangguan pertumbuhan
 - C. pembesaran kelenjar tiroid
 - D. terhambatnya proses kematangan sex pada pria
- 8) Di bawah ini yang termasuk karakteristik iodium adalah....
- A. merupakan penyusun asam amino esensial
 - B. terkonsentrasi pada kelenjar tiroid

- C. berperan dalam kalsifikasi tulang
D. dapat disintesis tubuh oleh bakteri
- 9) Zat gizi yang besar peranannya dalam pembentukan mioglobin adalah....
A. zat besi
B. seng
C. iodium
D. kalsium
- 10) Zat gizi yang berperan dalam metabolisme energi untuk menghasilkan ATP adalah....
A. fosfor
B. kalsium
C. magnesium
D. sulfur

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci jawaban tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Modul berikutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B, Karbon, hidrogen, dan oksigen merupakan unsur utama penyusunan karbohidrat, protein, dan lemak yang menjadikan ketiga zat gizi makro tergolong sebagai senyawa organik
- 2) A, Gula utama yang terdapat dalam darah sebagai unsur hasil akhir metabolisme karbohidrat adalah glukosa
- 3) C, Albumin merupakan protein globular
- 4) C, Penghemat protein, pemberi rasa manis, dan pertumbuhan jaringan bukan merupakan fungsi lemak
- 5) D, kelompok yang merupakan asam lemak tidak jenuh ganda adalah linoleat, EPA, DHA, dan arakidonat
- 6) B, Jumlah energi yang dihasilkan oleh setiap gram karbohidrat, protein, dan lemak, masing-masing adalah 4 kkal, 4 kkal, dan 9 kkal
- 7) C, Berdasarkan konjugasinya, protein dibedakan menjadi nukleoprotein, glikoprotein, fosfoprotein, dan lipoprotein
- 8) D, Vitamin D dan vitamin C bukan termasuk derivat lemak
- 9) B, Arginin, leusin, metionin, dan triptofan termasuk kelompok asam amino esensial
- 10) A, Minyak biji kapas dan minyak ikan merupakan sumber asam lemak tak jenuh ganda

Tes Formatif 2

- 1) B, Jenis vitamin yang dapat disintesis dalam tubuh, dengan bantuan sinar ultraviolet dan bakteri usus yaitu vitamin A dan vitamin K
- 2) A, Gangguan fungsi tubuh berupa penyakit beri-beri dan timbulnya luka di sudut mulut disebabkan oleh vitamin B1 dan vitamin B2
- 3) B, Sebagai pembentuk asam amino tidak termasuk fungsi vitamin C
- 4) D, Hati, susu, kuning telur, dan daun singkong merupakan sumber vitamin A
- 5) C, *Trabekula* adalah pembentukan Kristal mineral mulai terjadi saat bayi pertama kali lahir
- 6) C, Mineral yang merupakan penyusun beberapa asam amino esensial adalah magnesium
- 7) C, Pembesaran kelenjar tiroid bukan merupakan gangguan tubuh akibat kekurangan seng

- 8) B, Terkonsentrasi pada kelenjar gondok termasuk karakteristik iodium
- 9) A, Zat gizi yang besar peranannya dalam pembentukan mioglobin adalah zat besi
- 10) A, Zat gizi yang berperan dalam metabolisme energi untuk menghasilkan ATP adalah fosfor

Glosarium

- Aldosa : monosakarida yang mengandung gugus aldehida (contoh glukosa)
- Amilopektin : polimer monosakarida dengan rantai cabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glukosa.
- Amilosa : polimer monosakarida dengan rantai lurus dan berikatan α -(1,4)-D-glukosa
- Asam amino : kesatuan gugus yang mengandung satu gugus asam (Karboksil $-\text{COOH}$), satu gugus basa (Amino $-\text{NH}_2$), satu gugus radikal ($-\text{R}$), serta satu atom hidrogen ($-\text{H}$).
- Besi hem : salah satu bentuk besi dalam makanan, terutama berasal dari hemoglobin dan mioglobin dan banyak ditemukan pada daging, ikan, dan unggas.
- Besi non-hem : salah satu bentuk besi dalam makanan, banyak terdapat pada tumbuhan (buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan biji-bijian), telur, susu dan produk olahannya, sangat mudah dipengaruhi oleh *enhancer* dan *inhibitor* dari zat-zat tertentu yang dapat meningkatkan dan menghambat penyerapannya.
- Bintik bitot : tahap lanjut kekurangan vitamin A, yang ditandai dengan kekeringan pada selaput mata akan menyebabkan timbulnya suatu bercak putih keabuan pada kelopak mata yang dinamakan
- Dekstrin : produk antara hidrolisis pati menjadi maltosa dan akhirnya menjadi glukosa.
- Ergokalsiferol : merupakan salah satu bentuk vitamin D, yaitu vitamin D_2
- Filokuinon : bentuk vitamin K_1 dan vitamin K_2
- Glikogen : bentuk simpanan karbohidrat utama pada jaringan hewan, terutama pada organ hati dan jaringan otot.
- Gula pereduksi : gula yang mengandung gugus hidroksil (OH) bebas yang reaktif, pada aldosa terletak pada karbon nomor satu (anomerik); pada ketosa, terletak pada karbon nomor dua.
- Ikatan peptida : ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{N}-\text{H}$ antar asam amino dengan melepaskan satu molekul air.
- Kalsifikasi : pembentukan kristal mineral mulai terjadi saat bayi pertama kali lahir. Batang tulang yang terbentuk

	terdiri dari kalsium, magnesium, seng, natrium, dan fluor.
Kalsitriol	: bentuk vitamin D yang memiliki tingkat keaktifan 10 kali lebih aktif dari vitamin D ₃ dan dibuat di dalam ginjal, berperan dalam meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfor
Karotenoid	: merupakan pro-vitamin A, umumnya ditemukan dalam bentuk α -, β -, γ -karoten, dan kriptosantin, banyak terdapat pada bahan pangan yang berwarna kuning, oranye atau merah, dan pada sayuran hijau.
Keratinisasi	: kondisi gangguan tubuh akibat kekurangan vitamin A, yang ditandai dengan sel epitel yang menjadi bersisik dan kering (<i>keratinized</i>).
Ketosa	: monosakarida yang mengandung gugus keton (contoh fruktosa).
Kolagen	: suatu senyawa protein yang mempengaruhi integritas struktur sel pada semua jaringan ikat seperti kulit, tulang rawan, dentin kulit, dan sebagainya.
Kolekalsiferol	: merupakan salah satu bentuk vitamin D, yaitu vitamin D ₃
Menadion	: vitamin K bentuk sintetis, dikenal sebagai vitamin K ₃ dan memiliki tingkat keaktifan tiga kali lebih baik dibanding vitamin K lainnya
Menakinon	: bentuk vitamin K ₂ , dapat disintesis dalam saluran pencernaan oleh bakteri.
Monosakarida	: gula paling sederhana dan terdiri dari molekul gula tunggal
MUFA	: <i>Mono unsaturated fatty acid</i> , yaitu asam lemak tidak jenuh dengan ikatan rangkap tunggal
Oligosakarida	: polimer monosakarida, terdiri dari 2-10 monosakarida
Opsin	: protein yang berperan dalam membentuk pigmen visual berwarna merah-ungu yang disebut rodopsin dan terletak di dalam retina mata.
Osteomalasia	: penyakit akibat kekurangan vitamin D, yang merupakan ricketsia pada orang dewasa, umumnya terjadi pada wanita
Pati	: polisakarida utama yang terdapat pada tanaman, terutama tanaman pangan pokok, seperti sereal dan umbi-umbian
Polisakarida	: serangkaian ikatan rantai panjang dari monosakarida yang membentuk polimer dan membentuk molekul baru.

- Protein Fibriler : protein berbentuk serabut, bersifat sulit larut, memiliki kekuatan mekanis yang tinggi serta tahan terhadap enzim pencernaan, contoh: kolagen pada tulang rawan, keratin pada rambut dan kuku, miosin pada jaringan otot, serta elastin dalam urat, otot, dan pembuluh darah.
- Protein globular : protein berbentuk bola, bersifat mudah larut dan berubah akibat adanya garam, basa dan asam, serta mudah terdenaturasi, contoh: albumin, globulin, glutelin
- Protein konjugasi: protein yang merupakan kompleks dengan senyawa lain, contoh: nukleoprotein, glikoprotein, fosfoprotein, lipoprotein
- PUFA : *Poly unsaturated fatty acid*, yaitu asam lemak tidak jenuh ganda dengan ikatan rangkap lebih dari satu
- Ricketsia : penyakit akibat kekurangan vitamin D, dimana tulang tidak dapat melakukan kalsifikasi dengan baik dan ditandai dengan bentuk tulang yang bengkok menyerupai bentuk huruf "O" atau "X". Penyakit ini terjadi pada kelompok anak-anak.
- Selulosa : serat makanan komponen utama dinding sel tanaman.
- Skorbut : gangguan fungsi tubuh akibat kekurangan vitamin C yang ditandai dengan lelah, lemah, nafas pendek, kejang otot, kurang nafsu makan, kulit menjadi kering, perdarahan gusi, serta rambut rontok.
- Trabekula : merupakan cadangan kalsium yang disimpan pada tulang bagian ujung yang berpori dan siap dipakai guna mempertahankan kadar normal kalsium dalam darah.
- Trigliserida : disebut juga lemak netral yang terdiri atas gliserol dan tiga buah asam lemak.
- Xerosis konjungtiva : keratinisasi pada selaput permukaan kelopak dan bola mata.

Daftar Pustaka

- Almatsier, S. 2005. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia. Jakarta.
- Bender, D.A. 2008. *Introduction to Nutrition and Metabolism*. UCL Press. London.
- Garrow, J.S. and W.P.T. James. 2000. *Human Nutrition and Dietetic*. 10th edition Churchill Livingstone. London.
- Institute of Medicine. 2002. *Evolution of Evidence for Selected Nutrient and Disease Relationships*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Stipanuk, M.H. 2000. *Biochemical and Physiological Aspects of human Nutrition*. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- WHO. 2003. "Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases". Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO, Geneva.