

# 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 pernahkah 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. Demi dapat memenuhi kebutuhan tersebut, seharusnya kita mampu mengenal jenis-jenis zat gizi yang diperlukan sehingga kita dapat mengonsumsi makanan secara tepat.

Untuk itu dalam modul ini akan disampaikan materi berkenaan dengan zat-zat gizi yang merupakan komponen makanan yang diperlukan tubuh serta kepentingannya bagi kesehatan tubuh dan menghindarkannya dari penyakit. Diharapkan setelah mempelajari modul ini Anda akan dapat:

1. Menjelaskan jenis-jenis zat gizi makro dan zat gizi mikro.
2. Menjelaskan fungsi masing-masing zat gizi, dan membedakannya 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:

Kegiatan Belajar 1. Mengetahui Zat-zat Gizi Makro, dan

Kegiatan Belajar 2. Mengetahui Zat-zat Gizi Mikro.

Pada Kegiatan Belajar 1 dan Kegiatan Belajar 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 Anda akan mudah membedakan antar zat gizi
3. Biasakanlah Anda 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

Pada Seminar Pengembangan Ilmu Gizi Tahun 2000, ilmu gizi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari zat-zat dari pangan yang bermanfaat bagi kesehatan dan proses yang terjadi pada pangan sejak dikonsumsi, dicerna, diserap, sampai digunakan oleh tubuh beserta dampaknya terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan kelangsungan hidup 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, yaitu dalam satuan gram/orang/hari, sedangkan zat gizi mikro adalah zat gizi yang diperlukan dalam jumlah kecil, yaitu dalam satuan miligram/orang/hari. Zat gizi makro terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak; sedangkan zat gizi mikro terdiri dari berbagai jenis vitamin dan mineral.

Pada Kegiatan Belajar 1 ini akan dibahas lebih rinci tentang Zat Gizi Makro.

## A. KARBOHIDRAT

### 1. Jenis-jenis Karbohidrat

Karbohidrat merupakan komponen zat gizi yang tersusun oleh atom karbon, hidrogen, dan oksigen dengan rasio  $C_nH_{2n}O_n$ . 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, sayuran dan buah-buahan. Pernahkah Anda merasa tiba-tiba merasa bertenaga kembali setelah Anda mengonsumsi pangan sumber karbohidrat?

#### a. Monosakarida

Monosakarida ( $C_6H_{12}O_6$ ), merupakan gula yang paling sederhana dan terdiri dari molekul tunggal. Monosakarida tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang lebih sederhana. Tata nama monosakarida tergantung dari gugus

fungsional serta letak gugus hidroksil penyusunnya. Monosakarida yang mengandung satu gugus aldehida disebut “aldosa” (contoh glukosa), sedangkan monosakarida yang mengandung gugus keton disebut “ketosa” (contoh fruktosa).

Berdasarkan jumlah atom karbon yang penyusunnya, monosakarida dapat 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.

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

**Fruktosa.** Disebut juga dengan levulosa atau gula buah. Fruktosa banyak ditemukan pada makanan yang juga merupakan sumber glukosa dan sukrosa, yaitu madu dan buah-buahan. Fruktosa merupakan gula yang paling manis dibandingkan dengan jenis-jenis gula sederhana lainnya. Coba Anda perhatikan, dalam kadar yang sama, mana yang lebih manis cairan dari anggur manis atukah larutan gula?

**Galaktosa.** Galaktosa merupakan gula yang tidak ditemukan dalam bentuk bebas di alam, tetapi harus dihidrolisis terlebih dahulu dari disakarida laktosa (gula dalam susu).

#### b. *Oligosakarida*

Oligosakarida merupakan polimer monosakarida, terdiri dari 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 glikosidik. Ikatan ini terbentuk antara gugus hidroksil dari atom C no 1 (disebut juga karbon anomerik) pada monosakarida pertama dengan gugus hidroksil pada atom C (umumnya pada atom C nomor 4) pada monosakarida berikutnya, dengan melepaskan 1 mol air.

Sebagaimana disampaikan sebelumnya, disakarida, terdiri dari 2 jenis monosakarida. Contoh disakarida adalah:

- 1) Maltosa (terdiri dari glukosa dan glukosa).
- 2) Sukrosa (terdiri dari glukosa dan fruktosa).
- 3) Laktosa (terdiri dari glukosa dan galaktosa).

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 hidroksil yang reaktif terletak pada karbon nomor dua.

### 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 menstimulasi enzim-enzim pencernaan.

**Pati.** Pati merupakan polisakarida utama yang terdapat pada tanaman, terutama pada tanaman yang merupakan pangan 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  $\alpha$ -(1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin memiliki ikatan rantai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-D-glukosa. Kedua bentuk pati tersebut terdapat pada semua produk sereal, umbi-umbian, dan kacang-kacangan dengan kontribusi amilosa 15-20% dan amilopektin 80-85%.

**Glikogen.** Glikogen merupakan bentuk simpanan karbohidrat utama pada jaringan hewan, terutama terdapat pada organ hati dan jaringan otot. Glikogen merupakan polimer monosakarida dengan ikatan rantai cabang. Kandungan glukosa dalam glikogen merupakan sumber kaya energi.

**Dekstrin.** Dekstrin merupakan produk antara hidrolisis pati 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  $\beta$ -(1,4)-D-glukosa. Sebagai molekul yang tidak dapat dicerna tubuh dan tidak larut air, selulosa termasuk ke dalam kelompok serat pangan dan bukan merupakan pangan 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. Dibandingkan dengan sukrosa, fruktosa memiliki tingkat kemanisan 1,7 kalinya, dan merupakan jenis gula dengan tingkat kemanisan tertinggi. Tingkat kemanisan beragam jenis gula disajikan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1.  
Tingkat kemanisan beberapa jenis gula

Jenis Gula	Tingkat kemanisan	Jenis Gula	Tingkat kemanisan
1. D-Fruktosa	114	8. D-Galaktosa	63
2. Xilitol	102	9. D-Mannosa	59
3. Sukrosa	100	10. D-Sorbitol	51
4. Gula Invert	95	11. Maltosa	46
5. D-glukosa	69	12. Laktosa	16

Jenis Gula	Tingkat kemanisan	Jenis Gula	Tingkat kemanisan
6. D-Manitol	69	13. Rafinosa	22
7. D-Xilosa	67		

c. *Pengatur metabolisme lemak*

Energi adalah 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. Hal ini akan menimbulkan 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, protein akan dirombak untuk menghasilkan energi. 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 utamanya 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*

Glukosa merupakan satu-satunya sumber energi yang bisa digunakan dalam menjalankan fungsi kerja otak dan susunan syaraf pusat. Untuk itu, ketersediaan glukosa mutlak diperlukan untuk menjalankan fungsi kerja organ tersebut. Demikian juga sebaliknya, kekurangan glukosa akan menyebabkan kerusakan otak ataupun kelainan syaraf yang tidak dapat diperbaiki.

f. *Membantu pengeluaran feses*

Karbohidrat tertentu, yaitu selulosa dalam serat makanan, dapat mengatur gerak peristaltik usus. Di samping itu, karbohidrat hemiselulosa dan pektin mampu menyerap banyak air dalam usus besar sehingga memberi bentuk pada feses yang akan dikeluarkan. Dengan demikian karbohidrat berperan dalam mencegah terjadinya konstipasi (susah buang air besar).

## B. PROTEIN

Protein berasal dari kata Yunani *Proteos* yang berarti ”yang utama”. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli kimia Belanda, Gerardus Mulder, yang berpendapat bahwa protein zat yang paling penting dalam setiap organisme. Protein merupakan komponen penyusun tubuh terbesar kedua setelah air, yaitu 17% susunan tubuh orang dewasa. Sementara itu air menyusun 63%, lemak 13%, mineral 6%, dan lainnya sebesar 1%.

Protein memiliki peran penting sebagai komponen fungsional dan struktural pada semua sel tubuh. Enzim, zat pengangkut, matriks intraseluler, rambut, kuku jari merupakan 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. 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.

Dalam membentuk protein, asam-asam amino berikatan satu sama lain dengan ikatan peptida, yaitu ikatan  $\text{C}-\text{O}-\text{N}-\text{H}$  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 Protein

Protein dapat diklasifikasikan dalam berbagai bentuk, yaitu menurut kemampuan tubuh dalam menyintesis, struktur susunan molekul, kelarutan,

keterikatan dengan senyawa lain, serta berdasarkan kelengkapan kandungan zat gizi.

*a. Klasifikasi protein menurut kemampuan sintesis tubuh*

Berdasarkan kemampuan tubuh dalam mensintesis, asam amino terbagi ke dalam dua kelompok besar, yaitu 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

*b. 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:

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

2) Protein globular

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

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

c. *Klasifikasi protein berdasarkan adanya senyawa lain (protein konjugasi)*

- 1) *Nukleoprotein*: protein+asam nukleat (terdapat pada inti sel, kecambah).
- 2) *Glikoprotein*: protein + karbohidrat (terdapat pada kelenjar ludah, hati).
- 3) *Fosfoprotein*: protein + fosfat (terdapat pada lesitin, susu, kuning telur).
- 4) *Lipoprotein*: protein + lemak (terdapat pada serum darah, kuning telur, susu).

d. *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 pada 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.

### 3. 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, juga merupakan protein. Kedua komponen tersebut besar perannya dalam proses sekresi metabolisme tubuh.

#### c. *Mengatur keseimbangan air*

Cairan di dalam tubuh terdiri dari tiga kompartemen, yaitu intraselular (di dalam sel), ekstraselular/intraselular (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.

#### 4. Sumber Protein

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

### C. LEMAK

Lemak dikenal juga dengan istilah lipida. Seperti halnya karbohidrat dan protein, lemak mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Proporsi oksigen lebih kecil dibandingkan dengan kandungan karbon (C) dan hidrogen (H). Dalam proses metabolismenya, lemak memerlukan lebih banyak oksigen dan menghasilkan energi lebih banyak dari karbohidrat dan protein.

Lemak bersifat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik seperti eter, alkohol, benzena, dan kloroform. Secara umum istilah lemak lebih menunjukkan lemak dalam bentuk padat pada suhu kamar (23°C) sedangkan lemak dalam bentuk cair pada suhu kamar lebih umum dikenal sebagai minyak. Lemak bentuk padat banyak ditemukan pada sumber hewani sedangkan lemak dalam bentuk cair (minyak) banyak ditemukan pada sumber nabati.

#### 1. Komponen Penyusun Lemak

Lemak yang kita kenal sehari-hari adalah *trigliserida* dan disebut juga lemak netral yang terdiri dari gliserol dan tiga buah asam lemak. Asam lemak penyusun *trigliserida* bisa sama macamnya 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.

Di samping itu, terdapat pula lemak yang merupakan ester asam lemak dengan alkohol, lemak yang berkonyugasi dengan komponen lain seperti fosfat dan protein disebut lipida majemuk.

## 2. Klasifikasi Lemak

### a. Lemak sederhana (*Simple Lipids*)

#### 1) Lemak netral

Yaitu ester asam lemak dengan gliserol. Jumlah asam lemak yang berikatan bisa satu buah (disebut monogliserida), dua buah (digliserida), dan tiga buah (trigliserida)

#### 2) Ester asam lemak dengan alkohol berberat molekul tinggi

Contoh: malam, ester sterol, ester non sterol, ester vitamin A, dan ester vitamin D

### b. Lemak majemuk (*Compound Lipids*)

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

#### 1) Fosfolipid (mengandung fosfat dan nitrogen)

Contoh: lesitin dan sepalin.

#### 2) Glikolipid (mengandung glukosa atau galaktosa)

Contoh: serebrosida pada di otak.

#### 3) Lipoprotein (molekul lemak yang berikatan dengan protein).

### c. Lemak turunan (*Derived lipids*)

#### 1) Asam lemak.

#### 2) Sterol (kolesterol dan ergosterol, hormon steroid, vitamin D, garam empedu).

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

## 3. Asam Lemak dan Sumbernya

Asam lemak merupakan asam organik yang terdiri dari rantai lurus hidrokarbon yang mengandung gugus karboksil (COOH) pada satu ujung dan gugus metil (CH<sub>3</sub>) 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  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ . Jumlah karbon penyusun asam lemak membedakan asam lemak sebagai asam lemak rantai pendek ( $\leq 6$  atom karbon), asam lemak rantai sedang (8-12 atom karbon), asam lemak rantai panjang (14-18 atom karbon), dan asam lemak rantai sangat panjang ( $\geq 20$  atom karbon).

Secara garis besar asam lemak terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Dikatakan asam lemak jenuh jika rantai karbon mengikat semua hidrogen yang dapat diikatnya, 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 (ketidakjenuhan)nya maka titik cairnya semakin rendah.

Tabel 1.3.  
Klasifikasi asam lemak, sumber, dan titik cair

Nomenklatur Umum	Nomenklatur Pendek	Sumber (Asal)	Titik Cair (°C)
<b>Asam lemak jenuh rantai pendek</b>			
Butirat	4:0	susu sapi, mentega	-7.6
Kaproat	6:0	mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit	-1.5
<b>Asam lemak jenuh rantai sedang</b>			
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
<b>Asam lemak rantai panjang</b>			
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
<b>Asam lemak tidak jenuh tunggal</b>			
Oleat	18:1(n-9)	sebagian besar minyak dan lemak, terutama minyak zaitun	14
<b>Asam lemak tidak jenuh ganda</b>			
Omega 6 linoleat	18:2(n-6/ $\omega$ -6)	minyak jagung, kapas, kacang kedelai, wijen, bunga matahari	-11

Nomenklatur Umum	Nomenklatur Pendek	Sumber (Asal)	Titik Cair (°C)
Arakidonat	20:4(n-6/ω-6)	minyak kacang tanah (dapat dibuat dari asam linoleat)	
Omega 3 linolenat	18:2(n-3/ω-3)	minyak kacang kedelai, kecambah, gandum	
Eikosapentaenoat/EPA	20:5(n-3/ω-3)	minyak ikan tertentu (dapat dibuat dari asam linolenat)	
Dokosaheksaenoat/DHA	22:6(n-3/ω-3)	ASI, minyak ikan tertentu	

Sumber: Ketaren (1986) dan Almtsier (2005)

#### 4. 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 kelezatan 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!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 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.



Zat gizi makro meliputi karbohidrat, protein, dan lemak.

1. Karbohidrat dikelompokkan menjadi monosakarida (terdiri dari satu molekul gula), oligosakarida (terdiri dari 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 dari 2 monosakarida. Jenis gula yang termasuk disakarida adalah maltosa (terdiri dari glukosa dan glukosa), sukrosa (terdiri dari glukosa dan fruktosa), dan laktosa (terdiri dari glukosa dan galaktosa). Polisakarida terdiri dari 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.
2. Protein merupakan komponen penyusun tubuh terbesar kedua setelah air, yaitu 17% susunan tubuh orang dewasa dan tersusun atas berbagai jenis asam amino, dibedakan atas asam amino esensial dan asam amino nonesensial. Protein memiliki peran penting sebagai komponen fungsional dan struktural pada semua sel tubuh dan yang termasuk komponen fungsional antara lain enzim, zat pengangkut, serta matriks intraseluler, sedangkan yang merupakan komponen struktural antara lain 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. Pangan yang merupakan sumber protein adalah: telur, ikan, daging (pangan hewani), serta kacang-kacangan dan biji-bijian (pangan nabati).
3. 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 dari fosfolipid (contoh: lesitin dan sepalin), glikolipid (contoh: serebrosida pada di otak), dan lipoprotein (molekul lemak yang berikatan dengan protein). Lemak turunan, terdiri dari 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<sub>3</sub>). 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. Pangan yang merupakan sumber lemak dengan asam lemak jenuh adalah lemak hewani, mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit, susu sapi. Pangan sumber lemak dengan asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) terutama adalah minyak zaitun. Pangan 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 yang merupakan unsur utama penyusun karbohidrat, protein, dan lemak adalah ....
  - 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, arakidonat
  - 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 tidak termasuk derivat lemak adalah ....
- asam lemak dan kolesterol
  - vitamin A dan vitamin E
  - vitamin E dan vitamin K
  - vitamin D dan vitamin C
- 9) Yang termasuk kelompok asam amino esensial adalah ....
- asparagin, prolin, histidin, fenilalanin
  - arginin, leusin, metionin, triptofan
  - asam aspartat, glutamin, serin, prolin
  - asam glutamat, sistein, treonin, valin
- 10) Di bawah ini yang merupakan sumber asam lemak tak jenuh ganda adalah ....
- minyak biji kapas dan minyak ikan
  - susu sapi dan minyak kelapa sawit
  - telur dan mentega
  - 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. Meskipun demikian zat-zat tersebut tetap memiliki fungsi yang sangat signifikan bagi tubuh, bahkan akhir-akhir ini semakin banyak dikaji karena berbagai khasiatnya bagi daya tahan tubuh. Yang termasuk zat gizi mikro di sini adalah 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 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 yg dikonsumsi.

Berdasarkan kebutuhan dan ketersediaannya dalam tubuh, mineral dikelompokkan menjadi mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro diperlukan tubuh  $\geq 100$  mg/hr dan menyusun  $\geq 0.05\%$  BB tubuh total atau menyusun  $\geq 6$  g pada tubuh dengan BB 60 kg. Adapun mineral mikro diperlukan tubuh  $< 100$  mg/hari dan menyusun tubuh  $< 0.05\%$  berat badan total

Dalam kaitannya dengan mineral yang sangat banyak, dalam modul ini hanya akan dijelaskan beberapa jenis mineral saja. 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 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 aldehid (retinal), vitamin A bentuk asam (asam retinoat), vitamin A bentuk ester (ester retinil). Bentuk ester vitamin A dapat saling berubah menjadi retinol, demikian juga halnya dengan bentuk retinol dan retinal. Selanjutnya retinal dapat berubah menjadi bentuk asam retinoat, tetapi tidak sebaliknya, asam retinoat tidak bisa berubah menjadi retinal. Bentuk retinal berperan dalam proses penglihatan.

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  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -karoten, dan kriptosantin. Pro-vitamin A ini banyak terdapat pada bahan pangan yang berwarna kuning, oranye atau merah, juga pada sayuran yang berwarna hijau.

Di dalam tubuh, pro-vitamin A yang dikonsumsi akan diubah menjadi vitamin A yaitu pada dinding usus. Hanya saja perlu diperhatikan bahwa daya serap tubuh terhadap karoten hanya sekitar 33%, dan hanya setengahnya yang akan diubah menjadi vitamin A dalam tubuh. Dengan demikian 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. 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.

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

Kelebihan vitamin A dalam tubuh dapat disimpan dalam hati, terutama dalam sel-sel parenkim. Di hati, vitamin A berada dalam bentuk retinol, tetapi dalam darah berada dalam bentuk terikat pada protein, yang dinamakan *Retinol Binding Protein (RBP)* dan diangkut menuju jaringan-jaringan tepi seperti mata, usus, serta kelenjar ludah.

*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 hipervitaminosis A akibat mengonsumsi 75.000-500.000 SI (sekitar 45-300

mg  $\beta$ -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  $\beta$ -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 D<sub>2</sub> (ergokalsiferol) dan vitamin D<sub>3</sub> (kolekalsiferol). Vitamin D<sub>2</sub> banyak terdapat pada bahan pangan nabati sedangkan vitamin D<sub>3</sub> banyak terdapat pada minyak hati ikan.

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 D<sub>3</sub>. Vitamin D bentuk aktif tersebut kemudian diangkut dalam darah ke berbagai jaringan tubuh untuk dimanfaatkan.

Di samping itu, vitamin D<sub>3</sub> dapat juga diubah menjadi bentuk lain yang lebih aktif, yaitu kalsitriol yang 10 kali lebih aktif dari vitamin D<sub>3</sub> 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 dimana 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 mengkonsumsi 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  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, dan  $\delta$ -tokoferol. Keaktifan keempat bentuk tokoferol tersebut berbeda-beda dimana bentuk alfa memiliki tingkat keaktifan vitamin E paling tinggi.

Satuan umum vitamin E adalah Tokoferol Ekuivalen (TE) yang setara dengan mg d- $\alpha$ -tokoferol. Selain itu vitamin E dapat juga dinyatakan dalam Satuan Internasional (SI). 1 mg TE setara dengan 1.49 SI. Karena vitamin E terdiri dari 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 sel lainnya disimpan dalam hati.

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 K<sub>1</sub> (filokinon) dan vitamin K<sub>2</sub> (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 K<sub>3</sub> dan memiliki tingkat keaktifan tiga kali lebih baik dibanding vitamin K alami.

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 di samping 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 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 berisiko 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, tomat, dan jambu batu. Kandungan vitamin C yang tinggi juga terdapat 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 B<sub>1</sub>)*

Tiamin merupakan kristal putih kekuningan yang larut air. Dalam keadaan kering tiamin cukup stabil, tetapi dalam keadaan larut vitamin B<sub>1</sub> 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 B<sub>2</sub>)*

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 B<sub>3</sub>)*

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 B<sub>5</sub>)*

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 B<sub>6</sub>)*

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 B<sub>6</sub> berperan sebagai koenzim piridoksal fosfat (PLP) dan piridoksamin fosfat (PMP) dalam berbagai reaksi metabolisme protein. Defisiensi vitamin B<sub>6</sub> 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 B<sub>6</sub> 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 B<sub>12</sub> (Kobalamin)*

Vitamin B<sub>12</sub> 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 B<sub>12</sub> diperlukan untuk mengubah folat menjadi bentuk aktif, dan berperan dalam metabolisme sel, terutama saluran cerna, sumsum tulang, dan jaringan saraf. Vitamin B<sub>12</sub> merupakan kofaktor enzim metionin sintetase dan metilmalonil-koA mutase.

Defisiensi vitamin B<sub>12</sub> jarang terjadi, tetapi sebagian besar sebagai akibat penyakit saluran cerna dan gangguan absorpsi dan transportasi. Karena perannya dalam mengaktifkan bentuk folat, maka kekurangan vitamin B<sub>12</sub> dapat juga menyebabkan anemia akibat kekurangan folat.

Secara alami vitamin B<sub>12</sub> 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 B<sub>12</sub> 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. Tingkat penyerapan kalsium sangat dipengaruhi oleh status kalsium tubuh, yaitu jika kadar kalsium tubuh rendah maka penyerapan akan tinggi. Penyerapan kalsium pada usia muda 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 atau jaringan rendah maka simpanan tersebut akan dipakai.

#### 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 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 dalam otot. Jika kalsium darah rendah, maka otot tidak bisa mengendur setelah kontraksi, dan tubuh akan menjadi kaku dan dapat menimbulkan kejang.

**Pembekuan darah.** Pada saat luka, keberadaan kalsium dapat merangsang pengeluaran tromboplastin dari platelet darah yang terluka. Tromboplastin kemudian mengkatalisis perubahan protombin menjadi trombin, dan trombin membantu perubahan fibrinogen menjadi benang-benang fibrin yang dapat menggumpalkan darah.

*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.

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 juga bisa menimbulkan konstipasi (sulit buang air besar). Kelebihan kalsium bisa terjadi terutama 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 juga mengandung 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  $\pm 70\%$  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.

Fosfor juga berperan dalam pembentukan nukleoprotein yang menyusun bahan-bahan nukleus dari sel-sel dan sitoplasma yang berfungsi dalam 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 struktural dinding sel, dan sebagai fosfat organik, fosfor berperan penting dalam reaksi metabolisme penghasil energi yaitu dalam bentuk Adenin Trifosfat (ATP).

### d. Sumber fosfor

Pangan sebagai sumber fosfor adalah pangan yang juga merupakan sumber protein, seperti daging, ayam, ikan, telur, susu dan hasil olahannya, dan kacang-kacangan.

## 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, sistin, dan sistein.

### 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.

*d. Sumber pangan sulfur*

Pada umumnya pangan sumber sulfur juga merupakan pangan sumber fosfor, banyak terdapat pada 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. Magnesium merupakan kation terbanyak kedua setelah kalium dalam cairan intraseluler.

*b. Fungsi magnesium*

**Aktivasi enzim.** Magnesium berperan dalam proses aktivasi enzim-enzim tubuh dalam reaksi metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak menjadi energi. Selain itu 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 ini berlawanan dengan fungsi kalsium

*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 bengkak 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 menyusun tubuh sekitar 2-4 gram, yaitu berada dalam bentuk hemoglobin dalam sel darah merah (60-65%), myoglobin 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  $\text{Fe}^{2+}$  yaitu bentuk besi tereduksi (ferro), serta ion  $\text{Fe}^{3+}$  yaitu bentuk zat besi teroksidasi (ferri).

Adapun di dalam makanan zat besi berada dalam bentuk besi 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 telur, susu dan produk olahan susu, seperti keju, yoghurt, es krim dan sebagainya,

Zat besi non-hem sangat mudah dipengaruhi oleh enhancer dan inhibitor zat-zat tertentu yang dapat meningkatkan dan menghambat penyerapannya. Yang merupakan enhancer yaitu vitamin C, asam sitrat, asam laktat, asam tartarat, 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, cokelat), 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 berpikir menurun akibat proses metabolisme energi 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 merupakan dampak suplementasi, 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 sebanyak 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 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 respons 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 tubuh 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 seks 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 mengganggu 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. Yodium**

*a. Karakteristik Yodium*

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

*b. Fungsi Yodium*

Dengan hormon-hormon tiroid, yodium berfungsi dalam mengatur suhu tubuh, laju pelepasan e (energi) selama metabolisme basal, laju penggunaan oksigen oleh sel, pertumbuhan dan perkembangan sistem syaraf, serta pertumbuhan linier.

*c. Defisiensi Yodium*

Kekurangan yodium dapat mengakibatkan gondok, yaitu pembesaran kelenjar tiroid. Hal ini akan mengakibatkan stimulasi TSH menjadi berlebihan karena tidak direspons oleh kelenjar tiroid akibat defisiensi

yodium. Gondok bisa juga terjadi akibat konsumsi zat goitrogen yang berlebihan seperti kubis, brokoli, toge, singkong.

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

*d. Pangan sumber Yodium*

Pangan sumber yodium saat ini terutama berasal dari garam beryodium, yaitu garam biasa yang telah difortifikasi (diberi tambahan) oleh yodium. Kurang lebih setengah sendok teh atau 2 gram garam beryodium telah dapat memenuhi anjuran konsumsi yodium orang dewasa. Di samping itu, yodium banyak terdapat pada pangan laut (ikan laut: 300-3000  $\mu\text{g}$  I/kg, ikan darat: 20-40  $\mu\text{g}$  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) Yodium berperan dalam pembentukan dua jenis hormon yang terkonsentrasi pada kelenjar tiroid. Sebutkan kedua jenis hormon tersebut!

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 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 yodium.



## 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  $\geq 100$  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), Yodium (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 perannya 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 dan banyak berperan sebagai koenzim ataupun kofaktor yang diperlukan dalam proses metabolisme sel hidup. Sumber utama vitamin B adalah sereal, kacang-kacangan, daging, 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 dan berfungsi dalam mengaktifkan enzim-enzim tubuh untuk konversi karbohidrat, protein, dan lemak menjadi energi. Defisiensi magnesium mempengaruhi semua jaringan tubuh.

Zat besi besar peranannya 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 mengakibatkan 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 seks pada pria. Seng banyak ditemukan pada makanan sumber protein karena seng berikatan dengan asam amino, peptida, dan asam nukleat.

Dengan hormon tiroid, yodium berfungsi dalam mengatur suhu tubuh, laju pelepasan e (energi) selama metabolisme basal, pertumbuhan dan perkembangan sistem syaraf, pertumbuhan linier, dan pembentukan panas tubuh. Kekurangan yodium dapat mengakibatkan gondok, yaitu pembesaran kelenjar tiroid, kretinisme (hambatan pertumbuhan fisik dan mental). Pangan sumber yodium terutama berasal dari garam beryodium, 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 kekurangan ....
  - 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 ....
  - 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 seks pada pria
  
- 8) Di bawah ini yang termasuk karakteristik yodium 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. yodium
  - 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 selanjutnya. **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 Karena karbon, hidrogen, dan oksigen merupakan unsur utama penyusun karbohidrat, protein, dan lemak.
- 2) A Karena hasil akhir metabolisme karbohidrat adalah glukosa
- 3) C Karena albumin merupakan protein globular.
- 4) C Karena fungsi lemak antara lain sebagai sumber energi, bantalan organ tubuh dan kelezatan makanan. C bukan fungsi lemak.
- 5) D Karena yang termasuk asam lemak tidak jenuh ganda adalah linoleat, EPA, DHA, dan arakidonat.
- 6) B Karena energi yang dihasilkan karbohidrat adalah 4 kkal, protein 4 kkal, dan lemak 9 kkal.
- 7) C Protein dapat dibedakan menjadi nukleoprotein, glikoprotein, fosfoprotein, dan lipoprotein.
- 8) D Vitamin D dan vitamin C tidak termasuk derivat lemak.
- 9) B Arginin, leusin, metionin, dan triptofan, termasuk kelompok asam amino esensial.
- 10) A Sumber asam lemak tak jenuh ganda adalah minyak biji kapas dan minyak ikan.

### *Tes Formatif 2*

- 1) B Karena vitamin A dan vitamin C dapat disintesis dengan bantuan sinar ultraviolet dan bakteri usus.
- 2) A Penyakit beri-beri disebabkan karena kekurangan vitamin B1 dan B2.
- 3) B Karena vitamin C berfungsi sebagai antioksidan, penyerapan zat besi, dan kalsium.
- 4) D Hati, usus, kuning telur, dan singkong merupakan sumber vitamin A.
- 5) C Trabekula merupakan pembentukan kristal mineral mulai terjadi saat bayi pertama kali lahir.
- 6) C Magnesium merupakan penyusun beberapa asam amino esensial.
- 7) C Yang tidak termasuk gangguan tubuh akibat kekurangan seng adalah pembesaran tiroid.

- 8) B Yodium terkonsentrasi pada kelenjar tiroid.
- 9) A Zat besi besar peranannya dalam pembentukan mioglobin.
- 10) A Fosfor berperan dalam metabolisme energi untuk menghasilkan ATP.

## Glosarium

- Aldosa : monosakarida yang mengandung gugus aldehida (contoh glukosa).
- Amilopektin : polimer monosakarida dengan rantai cabang dengan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-D-glukosa.
- Amilosa : polimer monosakarida dengan rantai lurus dan berikatan  $\alpha$ -(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.
- Dekstrin : produk antara hidrolisis pati menjadi maltosa dan akhirnya menjadi glukosa.
- Ergokalsiferol : merupakan salah satu bentuk vitamin D, yaitu vitamin D2.
- Filokuinon : bentuk vitamin K1 dan vitamin K2.
- 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 C–O–N–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<sub>3</sub> dan dibuat di dalam ginjal, berperan dalam meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfor.
- Karotenoid : merupakan pro-vitamin A, umumnya ditemukan dalam bentuk  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -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 (*keratinized*).
- 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, dan dentin kulit.
- Kolekalsiferol : merupakan salah satu bentuk vitamin D, yaitu vitamin D<sub>3</sub>.
- Menadion : vitamin K bentuk sintetis, dikenal sebagai vitamin K<sub>3</sub> dan memiliki tingkat keaktifan tiga kali lebih baik dibanding vitamin K lainnya.
- Menakinon : bentuk vitamin K<sub>2</sub>, dapat disintesis dalam saluran pencernaan oleh bakteri.
- Monosakarida : gula paling sederhana dan terdiri dari molekul gula tunggal.
- MUFA : *Mono unsaturated fatty acid*, 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 bengkak 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*. Jakarta: Gramedia.
- Groff, J.L., S. Gropper, S.M. Hunt. (1995). *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. West Publishing Company. Minneapolis, New York, Los Angeles, San Francisco.
- Garrow, J.S. and W.P.T. James. (2000). *Human Nutrition and Dietetic*. 10th edition. London: Churchill Livingstone.
- Hardinsyah & Briawan, D. *Penilaian Konsumsi Pangan*. Departemen Gizi Masyarakat dan Sumber Daya Keluarga. Institut Pertanian Bogor.
- Koolman, J. & Klaus-Heinrich Rohm. *Biokimia*. Terjemahan. Septelia, I.W.
- Piliang, W.G. & S. Djojosoebagio. (1996). *Fisiologi Nutrisi*. Jakarta: UI Press.
- Winarno, F.G. (1991). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia.