

# Sumber, Fungsi, dan Kecukupan Konsumsi Zat Gizi

Prof. Dr. Ir. Deddy Muchtadi, MS.



## PENDAHULUAN

---

Zat gizi dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu golongan makromolekul (karbohidrat: pati dan gula, protein dan lemak) serta mikromolekul (vitamin dan mineral). Meskipun merupakan komponen yang paling vital untuk kehidupan, air tidak akan dibahas dalam modul ini, tetapi akan diberikan pada Modul Fungsi Air dan Elektrolit.

Yang merupakan sumber semua zat gizi yang diperlukan oleh tubuh adalah makanan dan minuman (pangan) yang dikonsumsi. Umumnya bahan pangan dapat diperoleh dari hasil tanaman maupun hewan, karena itu dikenal bahan pangan nabati dan bahan pangan hewani.

Bahan pangan nabati dapat berupa sereal (beras, jagung, gandum/terigu, sorgum, barley, oats, millets, dan lain-lain); kacang-kacangan dan biji-bijian berminyak (kedelai, kacang tanah, kacang tunggak, kacang hijau, kacang babi, kacang jogo, kelapa dan lain-lain); umbi-umbian (singkong, kentang, ubi jalar, talas, garut, dan lain-lain); sayur-sayuran dan buah-buahan. Sedangkan bahan pangan hewani dapat berupa daging (sapi, kerbau, kambing, babi, ayam dan unggas lainnya, kelinci, dan lain-lain); ikan (ikan darat, ikan laut, termasuk juga udang, kepiting, kerang, dan lain-lain); susu (sapi, kerbau, kambing, dan lain-lain), serta telur (ayam dan unggas lainnya).

Tergantung dari komposisi kimianya, bahan pangan tersebut dapat digolongkan juga sebagai sumber karbohidrat (pati), misalnya sereal dan umbi-umbian; sumber protein, misalnya kacang-kacangan dan semua bahan pangan hewani; sumber lemak, misalnya kacang-kacangan, biji-bijian berminyak dan beberapa bahan pangan hewani; serta sumber vitamin dan

mineral, misalnya semua bahan pangan hewani, sayur-sayuran dan buah-buahan.

Fungsi masing-masing zat gizi berbeda. Meskipun ketiga makromolekul (karbohidrat, protein dan lemak) dapat digunakan sebagai sumber energi, namun masing-masing mempunyai juga fungsi yang karakteristik. Demikian juga vitamin atau mineral yang berbeda, akan mempunyai fungsi yang berbeda.

Modul 1 ini terdiri dari tiga kegiatan belajar, yaitu:

Kegiatan Belajar 1: Penetapan Kecukupan Energi

Kegiatan Belajar 2: Zat Gizi Makromolekul

Kegiatan Belajar 3: Zat Gizi Mikromolekul

Setelah mempelajari Modul 1 ini Anda diharapkan akan dapat menjelaskan bagaimana cara menetapkan kecukupan konsumsi energi bagi tubuh; demikian juga dapat menjelaskan fungsi dan kecukupan konsumsi masing-masing zat gizi, yaitu karbohidrat (pati, gula), lemak, protein, vitamin, dan mineral.

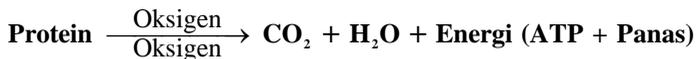
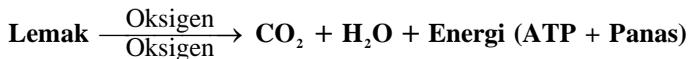
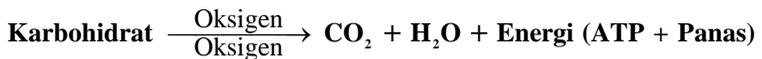
## KEGIATAN BELAJAR 1

## Penetapan Kecukupan Energi

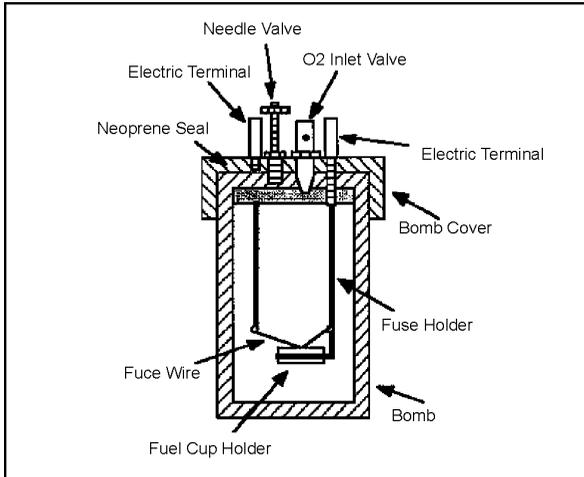
## A. NILAI ENERGI ZAT GIZI

Makanan yang dikonsumsi pertama-tama berfungsi sebagai sumber energi yang diperlukan tubuh untuk mempertahankan kehidupan dan melaksanakan aktivitas lainnya. Hanya tiga macam zat gizi yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh, yaitu karbohidrat (pati, gula), protein, dan lemak. Selain itu, alkohol juga dapat berfungsi sebagai sumber energi, tetapi dalam modul ini peranan alkohol tidak dibahas lebih lanjut.

Di dalam tubuh, karbohidrat (pati, gula), protein (asam-asam amino), dan lemak (asam-asam lemak), akan dioksidasi di dalam sel dengan bantuan enzim, ko-enzim (misalnya vitamin) dan hormon. Prosesnya memerlukan oksigen dan hasil yang diperoleh berupa karbon dioksida, air, dan energi (ATP dan panas).



Energi yang terkandung dalam suatu makanan tergantung dari jumlah karbohidrat, protein, dan lemak yang terdapat; dan dapat ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut sebagai *Bomb Calorimeter* (Gambar 1.1). Dengan menggunakan alat tersebut sampel makanan akan dibakar oleh aliran listrik dan kemudian perubahan suhu air yang diakibatkannya dicatat. Berdasarkan perbedaan suhu air sebelum dan sesudah pembakaran (oksidasi) terjadi maka energi yang terkandung dalam sampel dapat dihitung.



Gambar 1.1.  
Skema suatu Bomb Calorimeter

Unit energi yang biasa digunakan adalah kilokalori (Kal, Cal, Kkal, Kcal), meskipun dewasa ini *the International Union of Nutritional Sciences* menganjurkan penggunaan unit Kilo-Joule (KJ) atau Mega-Joule (MJ) untuk menggantikan kilokalori. Bila didefinisikan, satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg air sebanyak 1°C (dari 15°C menjadi 16°C). Sedangkan 1 Kkal sama dengan 4,186 KJ atau sama dengan 0,004186 MJ.

Dengan menggunakan alat Bomb Calorimeter tersebut, energi yang dihasilkan oleh karbohidrat (pati, gula), protein dan lemak (disebut sebagai energi/panas pembakaran) masing-masing adalah:

Karbohidrat (pati, gula) :	4,1 Kkal per gram
Protein :	5,65 Kkal per gram
Lemak :	9,45 Kkal per gram

Tidak semua karbohidrat, protein maupun lemak yang terkandung dalam makanan yang dikonsumsi dapat digunakan oleh tubuh karena sebelumnya harus dilakukan pencernaan dan penyerapan. Sehingga yang benar-benar

dapat digunakan oleh tubuh adalah sejumlah yang dapat diserap. Dengan kata lain, jumlah masing-masing zat gizi yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh tergantung dari daya cernanya. Selain itu, khususnya untuk protein, tidak semua yang dapat diserap oleh tubuh dapat dimanfaatkan oleh tubuh, dan kelebihannya akan dibuang melalui urin sebagai urea.

Oleh karena itu, nilai energi yang dihitung dengan menggunakan *Bomb Calorimeter* harus dikoreksi dengan dua faktor, yaitu: (1) daya cerna, dan (2) kehilangan dalam metabolisme. Nilai energi yang diperoleh setelah memperhitungkan faktor koreksi tersebut disebut sebagai **nilai energi fisiologis** (lihat Tabel 1.1.).

Tabel 1.1.  
Perhitungan nilai energi fisiologis karbohidrat, lemak, dan protein

Zat gizi	Nilai energi pembakaran (Kkal/g)	Kehilangan selama pencernaan (%)	Energi tersedia setelah pencernaan (Kkal/g)	Kehilangan selama metabolisme (Kkal/g)	Nilai energi fisiologis (Kkal/g)
Karbohidrat	4,1	2	4,0	-	4,0
Lemak	9,45	5	9,0	-	9,0
Protein	5,65	8	5,2	1,2*	4,0

\*) untuk setiap gram protein yang dikonsumsi, rata-rata sebanyak 1,2 Kkal dari energi yang dikandungnya tidak tersedia bagi tubuh karena diubah menjadi urea.

Sumber: Swaminathan (1974).

Dari Tabel 1.1. di atas terlihat bahwa nilai energi fisiologis masing-masing zat gizi sumber energi adalah: 4 Kkal/g untuk karbohidrat (pati, gula), 4 Kkal/g untuk protein, dan 9 Kkal/g untuk lemak. Nilai-nilai tersebut dikenal sebagai **faktor Atwater-Bryant** karena mereka inilah sebagai penemunya dan nilai-nilai tersebut digunakan hampir di seluruh dunia untuk menghitung nilai energi suatu makanan atau bahan pangan berdasarkan hasil analisis komposisi kimianya.

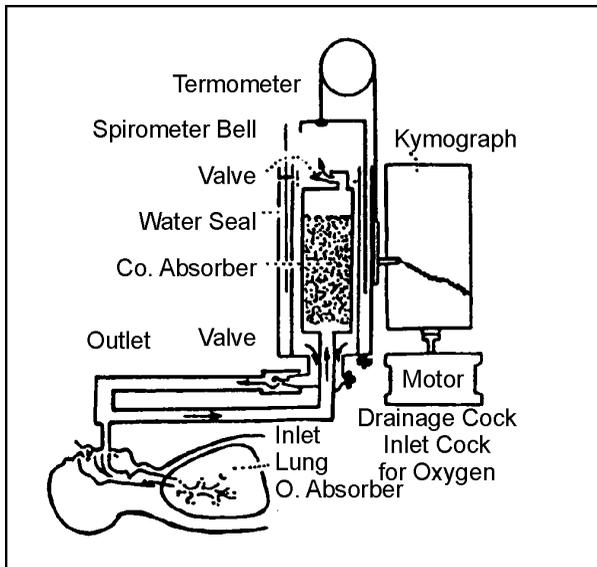
## B. METABOLISME BASAL (KEBUTUHAN ENERGI BASAL)

Energi metabolisme seorang subjek yang diukur pada kondisi istirahat, baik fisik maupun mental dan mempunyai suhu tubuh yang normal serta

dalam keadaan *post absorptive* (yaitu 12 jam setelah makan yang terakhir), disebut sebagai metabolisme basal (basal metabolisme).

Metabolisme basal biasanya ditentukan dengan menggunakan *Benedict-Roth apparatus*, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.2. Peralatan ini merupakan sistem sirkuit tertutup, yang digunakan oleh subjek untuk bernapas mengambil oksigen dari silinder kapasitas 6 liter, dan CO<sub>2</sub> yang diproduksi diserap oleh NaOH yang terdapat dalam tabung.

Subjek memakai penjepit hidung, lalu bernapas (mengisap oksigen) melalui mulut selama 6 menit. Volume oksigen yang dikonsumsi dicatat pada alat kymograph. Karena subjek berada dalam keadaan *post absorptive* maka nilai RQ-nya = 0,82, sehingga nilai kalori per liter oksigen yang dikonsumsi = 4,8 Kkal. Contoh: misalkan jumlah oksigen yang dikonsumsi selama 6 menit = 1.100 ml. Panas yang diproduksi selama 6 menit =  $4,8 \times 1,1$  Kkal = 5,28 Kkal. Panas yang diproduksi selama 24 jam =  $24 \times 10 \times 5,28$  Kkal = 1.267 Kkal. Jadi, metabolisme basal subjek tersebut adalah 1.267 Kkal selama 24 jam.



Gambar 1.2.

Skema peralatan Benedict-Roth apparatus (Swaminathan, 1974)

Selain dengan cara pengukuran langsung seperti di atas, metabolisme basal dapat juga diperkirakan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

1. Berdasarkan berat badan (hanya berlaku bagi yang berukuran tubuh normal). Perhitungan dilakukan dengan rumus:  $BB \times 1$  Kkal/jam bagi laki-laki, dan  $BB \times 0,9$  Kkal/jam bagi wanita. Basal metabolisme dihitung untuk 24 jam. Cara sederhana ini sangat tidak akurat.
2. Rumus Harris-Benedict yang diciptakan pada tahun 1909. Harris dan Benedict menggunakan informasi mengenai tinggi dan berat badan, umur dan jenis kelamin. Rumus di bawah ini berlaku untuk laki-laki berumur lebih dari 10 tahun dan semua wanita:

$$MB = 66,5 + \{13,5 \times BB \text{ (kg)}\} + \{5,0 \times TB \text{ (cm)}\} + \{6,75 \times \text{Umur (th)}\}$$

3. Menggunakan *metabolic body size* atau disebut juga *fat-free body size* atau *biological body weight* (berat badan biologis). BB biologis adalah  $BB \text{ (kg)}$  pangkat 0,75 (lihat Tabel 1.2.). Metabolisme basal dihitung sebagai:  $70 \times BB \text{ biologis}$ . Nilai yang berlaku bagi kebanyakan orang adalah sekitar 1,3 Kkal/kg *fat-free weight*/jam.
4. FAO/WHO/UNU pada tahun 1984 mengeluarkan rumus baru untuk menghitung metabolisme basal sebagai berikut.

$$MB = 11,6 \times \{BB \text{ (kg)}\} + 879$$

Tabel 1.2.  
Hubungan antara berat badan dan berat badan biologis  
(*metabolic body size*)

Berat badan		BB biologis (kg) <sup>0.75</sup>	Berat badan		BB biologis (kg) <sup>0.75</sup>
(lb)	(kg)		(lb)	(kg)	
11	5	3,4	100	45	17,4
22	10	5,6	110	50	18,8
33	15	7,6	132	60	21,6
44	20	9,5	154	70	24,2
55	25	11,2	176	80	26,7
66	30	12,8	198	90	29,2
77	35	14,4	220	100	31,6

88	40	15,9			
----	----	------	--	--	--

Sumber : Guthrie (1986).

Metabolisme basal dipengaruhi oleh banyak sekali faktor, antara lain sebagai berikut.

1. Ukuran Tubuh. Metabolisme basal sangat berhubungan dengan area permukaan tubuh, tetapi tidak terlalu berhubungan dengan tinggi atau berat badan seseorang.
2. Umur. Metabolisme basal pada bayi dan anak-anak lebih tinggi dibandingkan dengan orang dewasa.
3. Jenis Kelamin. Wanita mempunyai metabolisme basal sedikit lebih rendah dibandingkan laki-laki.
4. Komposisi Tubuh. Metabolisme basal secara langsung berhubungan dengan massa tubuh tanpa lemak. Orang yang mempunyai banyak otot akan mempunyai metabolisme basal yang lebih tinggi dibandingkan dengan orang gemuk yang sebagian berat badannya disebabkan oleh banyaknya lemak.
5. Iklim. Bagi orang yang hidup di daerah tropis, metabolisme basalnya sekitar 10% lebih rendah dibandingkan dengan orang yang hidup di daerah subtropis. Penyebabnya belum diketahui dengan jelas.
6. SDA Makanan. Makanan berpengaruh menstimulir metabolisme basal. Bila seseorang yang dalam keadaan *post absorptive* diberi makanan, basal metabolismenya meningkat sekitar 8%. Hal ini yang dikenal sebagai *specific dynamic action* (SDA) makanan seperti akan diuraikan di bawah.
7. Gizi Buruk dan Kelaparan. Keadaan gizi buruk yang berkepanjangan atau kelaparan akan mereduksi metabolisme basal sekitar 10 – 20%.
8. Tidur. Basal metabolisme pada waktu tidur sekitar 5% lebih rendah dibandingkan dengan keadaan bangun.
9. Demam. Demam meningkatkan metabolisme basal. Untuk setiap 1°F peningkatan suhu tubuh, metabolisme basal meningkat dengan sekitar 7%. Seseorang yang menderita demam tinggi di mana suhu tubuhnya sekitar 7°F lebih tinggi dari keadaan normal, metabolisme basalnya meningkat sekitar 50%.
10. Aktivitas Fisik. Apabila seseorang melakukan latihan fisik sekitar setengah jam sebelum dilakukan pengukuran, akan terobservasi metabolisme basalnya meningkat secara nyata.

11. Ketakutan dan Gugup. Keadaan ketakutan dan gugup selama pengukuran akan meningkatkan metabolisme basal.
12. Tiroid. Hipotiroidism menurunkan metabolisme basal sekitar 30%, sebaliknya hipertiroidism akan meningkatkan metabolisme basal sampai 100% tergantung dari beratnya kondisi penyakit.
13. Adrenalin. Injeksi sebanyak 1 mg adrenalin meningkatkan metabolisme basal sekitar 20% untuk beberapa jam.
14. *Anterior Pituitary*. Mempengaruhi metabolisme basal melalui hormon tirotropik. Metabolisme basal akan rendah pada kelenjar yang hipoaktif dan akan tinggi pada kelenjar yang hiperaktif.
15. Kondisi Penyakit Lain. Suatu peningkatan metabolisme basal telah diobservasi pada *splenomedullary* dan *lymphatic leukemia*.

### C. *SPECIFIC DYNAMIC ACTION (SDA) MAKANAN*

Rubner mengobservasi bahwa karbohidrat, lemak maupun protein yang diberikan pada anjing yang dipuaskan, menghasilkan energi metabolisme yang lebih besar dari energi basal. Dia menemukan bahwa anjing yang dipuaskan dan ditempatkan dalam suatu “kalorimeter respirasi” mengeluarkan energi (panas) sebanyak 400 Kkal. Pemberian 100 g karbohidrat (400 Kkal) menghasilkan 425 Kkal, pemberian 44,4 g lemak (400 Kkal) menghasilkan 416 Kkal dan pemberian 100 g protein (400 Kkal) menghasilkan 520 Kkal panas (Tabel 1.3.).

Tabel 1.3.

Energi yang diproduksi anjing yang dipuaskan dan diberi ransum karbohidrat, protein, dan lemak (*specific dynamic action* makanan)

Ransum	Nilai Energi Makanan (Kkal)	Energi yang diproduksi (Kkal)	Tambahkan energi yang diproduksi (SDA makanan)	
			Kkal	(%)
Puasa	-	400	-	
+ 100 g karbohidrat	400	425	25	6,2
+ 44.4 g lemak	400	416	16	4,0
+ 100 g protein (kasein)	400	520	120	30,0
+ 62.5 g karbohidrat, 10 g				

lemak dan 10 g protein	400	432	32	8,0
------------------------	-----	-----	----	-----

Sumber: Swaminathan (1974)

Energi (panas) tambahan yang diproduksi diperoleh dari hasil oksidasi komponen jaringan tubuh anjing sehingga hewan percobaan tersebut berada dalam keadaan keseimbangan energi yang negatif. Pengaruh stimulasi karbohidrat, lemak, dan protein terhadap energi metabolisme tersebut sebagai *specific dynamic action* (SDA) makanan.

Dari Tabel 1.3. di atas terlihat bahwa protein mempunyai SDA yang tertinggi (sekitar 30%), sedangkan karbohidrat dan lemak masing-masing mempunyai SDA sekitar 6 dan 4%. Ransum yang mengandung campuran karbohidrat, lemak, dan protein seperti pada tabel di atas mempunyai SDA sekitar 8%.

Banyak sekali penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui mengapa protein mempunyai SDA setinggi itu. Menurut Krebs, dua faktor utama bertanggung jawab terhadap tingginya SDA protein, yaitu: (1) energi yang diperlukan untuk reaksi deaminasi asam-asam amino diperoleh dari hasil oksidasi metabolit lain, dan (2) energi yang diperlukan untuk sintesis urea (produk metabolisme protein) juga diperoleh dari hasil oksidasi metabolit yang terdapat dalam jaringan.

#### **D. ENERGI AKTIVITAS**

Yang dimaksud dengan energi aktivitas adalah energi yang dibutuhkan oleh semua otot yang tersangkut dalam aktivitas tubuh ditambah sedikit energi yang diperlukan karena adanya peningkatan denyut jantung serta pernapasan selama melaksanakan aktivitas yang berat. Untuk sebagian besar aktivitas, energi yang dibutuhkan tergantung dari ukuran tubuh serta berat/ringannya aktivitas.

Kebutuhan energi untuk bermacam-macam aktivitas telah dihitung dengan banyak sekali pengujian yang mengukur jumlah oksigen yang dikonsumsi selama melakukan aktivitas tersebut, kemudian energi yang dibutuhkan ditentukan secara perhitungan seperti telah diterangkan di atas (lihat metabolisme basal). Tabel 1.4. memperlihatkan energi yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai aktivitas.

## E. ESTIMASI KECUKUPAN ENERGI TOTAL

Sejauh ini dapat dilihat bahwa kebutuhan energi seorang individu tersusun dari tiga komponen utama, yaitu: (1) metabolisme basal, (2) energi aktivitas, dan (3) SDA (*thermic effect*) makanan. Semua komponen ini bervariasi tergantung dari banyak sekali faktor. Untuk mengestimasi kebutuhan energi seorang individu, adalah memungkinkan untuk menghitung masing-masing komponen tersebut secara terpisah, mengaturnya berdasarkan semua faktor yang mungkin mempengaruhi, dan kemudian menjumlahkan ketiganya. Hasil yang diperoleh memberikan estimasi yang paling tepat dalam waktu yang singkat mengenai kebutuhan seorang akan energi, dibandingkan dengan menempatkan orang tersebut dalam alat "kalorimeter respirasi".

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan energi total adalah sebagai berikut.

### 1. Rule of Thumb

Untuk mereka dengan ukuran tubuh yang normal yang menginginkan jawaban yang paling cepat mengenai kebutuhan energinya dapat menggunakan metode ini. Kebutuhan energi = berat badan (dihitung dalam lb).

Tabel 1.4.  
Energi yang diperlukan untuk melaksanakan aktivitas  
(tidak memperhitungkan metabolisme basal dan SDA makanan)

Aktivitas	Energi (Kkal/kg BB/jam)	Aktivitas	Energi (Kkal/kg BB/jam)
Bersepeda cepat	7,6	Main piano	0,8-2,0
Bersepeda lambat	2,5	Membaca keras	0,4
Menjilid buku	0,8	Mendayung sampan	16,0
Bertinju	11,4	Berlari	7,0
Bertukang (kayu)	2,3	Mengggergaji pohon kayu	5,7

Aktivitas	Energi (Kkal/kg BB/jam)	Aktivitas	Energi (Kkal/kg BB/jam)
Bermain cello	1,3	Menjahit dengan tangan	0,4
Berdansa cepat	3,8	Menjahit dengan mesin kaki	0,6
Berdansa lambat	3,0	Menjahit dengan mesin motor	0,4
Mencuci piring	1,0	Membuat sepatu	1,0
Mengenakan/membuka baju	0,7	Bernyanyi keras	0,8
Menyetir mobil	0,9	Duduk tenang	0,4
Makan	0,4	Berdiri sikap sempurna	0,6
Main anggar	7,3	Berdiri, rileks	0,5
Menunggang kuda, jalan	1,4	Menyapu lantai dengan sapu	1,4
Menunggang kuda, lari	4,3	Menyapu karpet, mesin	2,7
Menyetrika	1,0	Berenang 912 mph	7,9
Mencuci baju, ringan	1,3	Menjahit baju, celana	0,9
Berbaring, diam	0,1	Mengetik cepat	1,0
Bermain organ	1,5	Bermain biola	0,6
Mengecat	1,5	Berjalan (4 mph)	2,0
Main pingpong	4,4	Berjalan cepat (5,3 mph)	3,4

Sumber: Guthrie (1986)

dikalikan dengan suatu angka faktor (yang berbeda menurut jenis kelamin dan derajat aktivitasnya). Kebutuhan energi (Kkal) =

BB (lb) × 12 (untuk wanita kurang aktif)

BB (lb) × 14 (untuk laki-laki kurang aktif)

BB (lb) × 15 (untuk wanita agak aktif)

BB (lb) × 17 (untuk laki-laki agak aktif)

BB (lb) × 18 (untuk wanita aktif)

BB (lb) × 20 (untuk laki-laki aktif)

## 2. Metode Faktorial

a. Hitung metabolisme basal (kebutuhan energi basal) dengan menggunakan salah satu metode di bawah ini:

Metode 1 : Kkal/kg BB/jam

Laki-laki : energi basal = BB (kg) × 1.0 × 24

Wanita : energi basal = BB (kg) × 0.9 × 24

Metode 2 : Rumus Harris Benedict (lihat di atas)

Metode 3 : *Metabolic body size*: energi basal =  $70 \times \text{BB}$  biologis

- b. Hitung kebutuhan energi untuk semua aktivitas yang dicatat selama 24 jam, misalnya:

Aktivitas	Kebutuhan energi		
	Waktu (jam) (A)	Kkal/kg BB/jam (B)	Kkal/kg BB (A × B)
Memakai baju	1,5	0,7	1,05
Duduk	6,0	0,4	2,4
Main skate	0,5	3,5	1,7
Berjalan (3 mph)	2,0	2,0	4,0
Berdiri	1,0	0,5	0,5
Mengetik	4,0	1,0	4,0
Tidur	8,0	-	-
Main piano	0,5	2,0	1,0
Makan	0,5	0,4	0,2
Total			14,85

Energi yang dibutuhkan adalah berat badan (dalam kg) dikalikan dengan 14,85.

- c. Jumlahkan energi basal yang dibutuhkan dengan energi yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas. Hitung SDA atau *thermic effect* makanan, yaitu 10% dari jumlah energi basal dan energi aktivitas.
- d. Total energi yang dibutuhkan = energi basal (a) + energi aktivitas (b) + *thermic effect* (d).
3. **Dengan melihat daftar** *Recommended Daily Dietary Allowances* (RDA) yang dikeluarkan oleh *Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences – National Research Council, USA* (lihat Tabel 1.5.). Atau dengan melihat daftar kebutuhan yang telah disusun di negara masing-masing. Untuk Indonesia dapat digunakan, antara lain daftar yang dibuat oleh Karyadi dan Muhilal (1984) yang berdasarkan atas

RDA, tetapi telah disesuaikan dengan keadaan di Indonesia (lihat Tabel 1.6.).

Tabel. 1.5.  
RDA energi untuk berbagai golongan umur dan jenis kelamin

Kategori	Umur (th)	BB (kg)	TB (cm)	Kebutuhan	Energi (Kkal)
Bayi	0,0 – 0,5	6	60	Kg × 115	95-145
	0,5 – 1,0	9	71	Kg × 105	80-145
Anak – anak	1 – 3	13	90	1.300	900-1.800
	4 – 6	20	112	1.700	1.300-2.300
	7 – 10	28	132	2.400	1.650-3.300
Laki-laki	11 – 14	45	157	2.700	2.000-3.700
	15 – 18	66	176	2.800	2.100-3.900
	19 – 22	70	177	2.900	2.500-3.300
	23 – 50	70	178	2.700	2.300-3.100
	51 - 75	70	178	2.400	2.000-2.800
	76+	70	178	2.050	1.650-2.450
Wanita	11 – 14	46	157	2.200	1.500-3.000
	15 – 18	55	163	2.100	1.200-3.000
	19 – 22	55	163	2.100	1.700-2.500
	23 – 50	55	163	2.000	1.600-2.400
	51 – 5	55	163	1.800	1.400-2.200
	76+	55	163	1.600	1.200-2.000
Ibu hamil				+300	
Ibu menyusui				+500	

Sumber: Guthrie (1986)

Hampir semua estimasi di atas diperuntukkan bagi individu yang sehat dengan keaktifan moderat dan hidup pada suhu lingkungan yang nyaman. Estimasi tersebut harus dinaikkan lagi bagi individu yang hidup pada suhu lingkungan yang sangat dingin, atau bagi individu yang berat badannya lebih besar dari 79 kg (bagi laki-laki) atau 62 kg (bagi wanita).

**4. Kecukupan Energi Kelompok Khusus**

*a. Wanita hamil*

Energi yang dibutuhkan oleh wanita hamil termasuk energi yang disimpan oleh janin yang sedang tumbuh, yang telah dihitung kira-kira 40.000 Kkal setelah kehamilan 9 bulan, yang berakumulasi terutama selama akhir setengah periode kehamilan. Sebagai akibat hal ini maka energi yang harus dikonsumsi ibu hamil dinaikkan sebesar 250 Kkal per hari untuk pertumbuhan janin serta akumulasi lemak yang cukup (sekitar 2 kg) untuk kebutuhan awal produksi susu.

Tabel 1.6.  
Kecukupan energi berbagai golongan umur, jenis kelamin, dan kebiasaan

Jenis kelamin	Gol. Umur (tahun)	Berat badan (kg)	Jenis kerja	Energi (Kkal)
Pria	0,5-1	8,0	Ringan Sedang Berat	870
	1-3	11,5		1.210
	4-6	16,5		1.600
	7-9	23,0		1.900
	10-12	30,0		1.950
	13-15	40,0		2.100
	16-19	53,0		2.500
	20-59	55,0		2.380
	60+	55,0		2.100
Wanita	10-12	32,0		1.750

Jenis kelamin	Gol. Umur (tahun)	Berat badan (kg)	Jenis kerja	Energi (Kkal)
	13-15	42,0		1.900
	16-19	45,0		1.950
	20-59	47,0	Ringan	1.800
			Sedang	2.150
			Berat	2.600
	60+	47,0		1.710
Tambahan untuk:				
Wanita hamil				+285
Wanita menyusui tahun I				+500
Wanita menyusui tahun II				+400

Sumber: Karyadi dan Muhilal (1985)

*b. Wanita menyusui*

Dengan asumsi bahwa produksi susu (ASI) adalah 750 ml/hari, yang ekuivalen dengan 570 Kkal (dengan efisiensi produksi sebesar 80%), jumlah energi yang harus ditambahkan selama menyusui 650 Kkal. Dari jumlah ini, sekitar 200 Kkal dapat disediakan sampai bayi berumur 6 bulan oleh lemak yang terakumulasi selama kehamilan, sehingga yang harus ditambahkan adalah sekitar 450 Kkal per hari.

*c. Bayi dan anak kecil*

Energi yang dibutuhkan pada waktu lahir adalah 110 Kkal/kg BB. Kebutuhan ini menurun menjadi 95 Kkal pada waktu bayi berumur 6 bulan, dan kemudian meningkat menjadi 100 Kkal selama tahun pertama untuk menutupi kebutuhan yang berhubungan dengan kecepatan pertumbuhan yang sangat pesat pada waktu tersebut. Dari umur 2 tahun dan seterusnya, kebutuhan energi per kg BB terus menurun.



## LATIHAN

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

- 1) Apakah yang dimaksud dengan zat-zat gizi, dan zat-zat gizi manakah yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh?

- 2) Terangkan prinsip kerja suatu *bomb calorimeter*!
- 3) Terangkan apa yang dimaksud dengan nilai energi pembakaran dan nilai energi fisiologis! Berapa nilainya masing-masing untuk karbohidrat (pati, gula), protein, dan lemak?
- 4) Definisikan apa yang dimaksud dengan 1 Kkal! Kemudian terangkan apa yang dimaksud dengan faktor Atwater-Bryant!
- 5) Definisikan apa yang dimaksud dengan energi metabolisme basal! Terangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya!
- 6) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *specific dynamic action of food* (SDA makanan)! Berapa nilainya masing-masing untuk karbohidrat, lemak dan protein? Mengapa SDA makanan untuk protein nilainya lebih besar daripada untuk karbohidrat dan lemak?
- 7) Terangkan apa yang dimaksud dengan energi aktivitas! Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhinya!
- 8) Bagaimana cara menghitung kecukupan energi seseorang?
- 9) Sehubungan dengan pertanyaan nomor 8 di atas, terangkan metode-metode yang dapat digunakan!
- 10) Terangkan apa yang dimaksud dengan RDA (*recommended daily dietary allowances*) dan AKG (angka kecukupan gizi)!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk dapat menjawab soal-soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 1 tentang Penetapan Kecukupan Energi.



## RANGKUMAN

---

1. Makanan yang dikonsumsi pertama-tama berfungsi sebagai sumber energi yang diperlukan tubuh untuk mempertahankan kehidupan dan melaksanakan aktivitas lainnya. Hanya tiga macam zat gizi yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh, yaitu karbohidrat (pati, gula), protein, dan lemak.
2. Di dalam tubuh, karbohidrat (pati, gula), protein (asam-asam amino) dan lemak (asam-asam lemak), akan dioksidasi di dalam sel dengan bantuan enzim, ko-enzim (misalnya vitamin) dan hormon.

Prosesnya memerlukan oksigen dan hasil yang diperoleh berupa karbon dioksida, air, dan energi (ATP dan panas).

3. Energi yang terkandung dalam suatu makanan tergantung dari jumlah karbohidrat, protein, dan lemak yang terdapat; dan dapat ditentukan dengan menggunakan alat yang disebut sebagai *Bomb Calorimeter*.
4. Unit energi yang biasa digunakan adalah kilokalori (Kal, Cal, Kkal, Kcal). Bila didefinisikan, satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg air sebanyak 1°C (dari 15°C menjadi 16°C).
5. Nilai energi pembakaran karbohidrat (pati, gula), protein, dan lemak (disebut sebagai energi/panas pembakaran) masing-masing adalah: 4,1 Kkal per gram, 5,65 Kkal per gram dan 9,45 Kkal per gram.
6. Nilai energi yang dihitung dengan menggunakan *Bomb Calorimeter* harus dikoreksi dengan dua faktor, yaitu: (1) daya cerna, dan (2) kehilangan dalam metabolisme. Nilai energi yang diperoleh setelah memperhitungkan faktor koreksi tersebut disebut sebagai nilai energi fisiologis, yaitu: 4 Kkal/g untuk karbohidrat (pati, gula), 4 Kkal/g untuk protein, dan 9 Kkal/g untuk lemak. Nilai-nilai tersebut dikenal sebagai faktor Atwater-Bryant.
7. Energi metabolisme seorang subjek yang diukur pada kondisi istirahat, baik fisik maupun mental dan mempunyai suhu tubuh yang normal serta dalam keadaan *post absorptive* (yaitu 12 jam setelah makan yang terakhir), disebut sebagai metabolisme basal (*basal metabolism*).
8. Metabolisme basal dapat ditentukan dengan berbagai cara, yaitu: (1) menggunakan Benedict-Roth apparatus, (2) dengan perhitungan:  $BB \times 1$  Kkal/jam bagi laki-laki, dan  $BB \times 0,9$  Kkal/jam bagi wanita dan kemudian metabolisme basal dihitung untuk 24 jam, (3) menggunakan rumus Harris-Benedict:  $MB = 66,5 + \{13,5 \times BB \text{ (kg)}\} + \{5,0 \times TB \text{ (cm)}\} + \{6,75 \times \text{Umur (th)}\}$ , (4) menggunakan perhitungan berat badan biologis:  $70 \times BB$  biologis, dan (5) menggunakan rumus FAO/WHO/UNU:  $MB = 11,6 \times \{BB \text{ (kg)}\} + 879$ .
9. Metabolisme basal dipengaruhi oleh banyak sekali faktor, antara lain: ukuran tubuh, umur, jenis kelamin, komposisi tubuh, iklim, SDA makanan, gizi buruk dan kelaparan, tidur, demam, aktivitas fisik, ketakutan dan gugup, status tiroid, kadar adrenalin dalam darah, status *anterior pituitary*, dan kondisi penyakit lain.

10. Pengaruh stimulasi karbohidrat, lemak, dan protein yang dikonsumsi terhadap energi metabolisme tersebut sebagai *specific dynamic action* (SDA) makanan. Protein mempunyai SDA yang tertinggi (sekitar 30%), sedangkan karbohidrat dan lemak masing-masing mempunyai SDA sekitar 6 dan 4%. Sedangkan makanan yang mengandung campuran karbohidrat, lemak, dan protein mempunyai SDA sekitar 8%.
11. Menurut Krebs, dua faktor utama bertanggung jawab terhadap tingginya SDA protein, yaitu: (1) energi yang diperlukan untuk reaksi deaminasi asam-asam amino diperoleh dari hasil oksidasi metabolit lain, dan (2) energi yang diperlukan untuk sintesis urea (produk metabolisme protein) juga diperoleh dari hasil oksidasi metabolit yang terdapat dalam jaringan.
12. Energi aktivitas adalah energi yang dibutuhkan oleh semua otot yang tersangkut dalam aktivitas tubuh ditambah sedikit energi yang diperlukan karena adanya peningkatan denyut jantung serta pernapasan selama melaksanakan aktivitas yang berat. Untuk sebagian besar aktivitas, energi yang dibutuhkan tergantung dari ukuran tubuh serta berat/ringannya aktivitas.
13. Kecukupan energi seorang individu tersusun dari tiga komponen utama, yaitu: (1) metabolisme basal, (2) energi aktivitas, dan (3) SDA (*thermic effect*) makanan. Semua komponen ini bervariasi tergantung dari banyak sekali faktor. Untuk mengestimasi kecukupan energi seorang individu, adalah memungkinkan untuk menghitung masing-masing komponen tersebut secara terpisah, mengaturnya berdasarkan semua faktor yang mungkin mempengaruhi, dan kemudian menjumlahkan ketiganya. Hasil yang diperoleh memberikan estimasi yang paling tepat dalam waktu singkat mengenai kecukupan seorang akan energi.
14. Energi yang dibutuhkan oleh wanita hamil termasuk energi yang disimpan oleh janin yang sedang tumbuh, yang telah dihitung kira-kira 40.000 Kkal setelah kehamilan 9 bulan, yang berakumulasi terutama selama akhir setengah periode kehamilan. Sebagai akibat hal ini maka energi yang harus dikonsumsi ibu hamil dinaikkan sebesar 250 Kkal per hari untuk pertumbuhan janin serta akumulasi lemak yang cukup (sekitar 2 kg) untuk kebutuhan awal produksi susu.
15. Dengan asumsi bahwa produksi susu (ASI) adalah 750 ml/hari, yang ekuivalen dengan 570 Kkal (dengan efisiensi produksi sebesar 80%), jumlah energi yang harus ditambahkan selama menyusui 650 Kkal.

Dari jumlah ini, sekitar 200 Kkal dapat disediakan sampai bayi berumur 6 bulan oleh lemak yang terakumulasi selama kehamilan sehingga yang harus ditambahkan adalah sekitar 450 Kkal per hari.

16. Energi yang dibutuhkan pada waktu lahir adalah 110 Kkal/kg BB. Kebutuhan ini menurun menjadi 95 Kkal pada waktu bayi berumur 6 bulan, dan kemudian meningkat menjadi 100 Kkal selama tahun pertama untuk menutupi kebutuhan yang berhubungan dengan kecepatan pertumbuhan yang sangat pesat pada waktu tersebut. Dari umur 2 tahun dan seterusnya, kebutuhan energi per kg BB terus menurun.



### TES FORMATIF 1

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Zat gizi sumber energi adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. vitamin
  - B. karbohidrat (pati, gula)
  - C. lemak
  - D. protein
- 2) Energi yang terkandung dalam makanan/minuman disebut sebagai ....
  - A. energi pembakaran
  - B. energi kalorimeter
  - C. energi basal
  - D. SDA makanan
- 3) Energi fisiologis adalah energi yang terkandung dalam makanan dikoreksi dengan ....
  - A. daya cerna dan kehilangan dalam urine
  - B. panas dan daya cerna
  - C. metabolisme dan kehilangan dalam urine
  - D. kehilangan dalam urine dan panas
- 4) Energi yang terbuang dalam urine berasal dari zat gizi ....
  - A. karbohidrat
  - B. lemak
  - C. protein
  - D. air
- 5) Metabolisme basal harus diukur pada kondisi seseorang ....

- A. istirahat total, fisik, dan mental
  - B. *post absorptive* (12 jam setelah makan)
  - C. suhu tubuh normal
  - D. semuanya benar
- 6) Berat badan biologis adalah berat badan ....
- A. seseorang yang normal
  - B. seseorang sewaktu istirahat total
  - C. normal pangkat 0,75
  - D. seseorang tanpa pakaian
- 7) SDA makanan adalah ....
- A. energi yang diperlukan untuk mengunyah makanan
  - B. energi yang diperlukan untuk mencerna makanan
  - C. energi yang diperlukan untuk mencerna dan metabolisme makanan
  - D. semuanya benar
- 8) Energi aktivitas adalah ....
- A. energi yang diperlukan untuk bekerja
  - B. energi yang diperlukan selama 24 jam
  - C. energi yang diperlukan untuk semua aktivitas tubuh
  - D. semuanya benar
- 9) Energi yang dibutuhkan seseorang dalam sehari adalah ....
- A. perjumlahan basal metabolisme dan energi aktivitas
  - B. perjumlahan SDA makanan dan energi aktivitas
  - C. basal metabolisme + SDA makanan + energi aktivitas
  - D. tidak ada yang benar
- 10) Energi yang diperlukan oleh wanita hamil ....
- A. sama dengan wanita dewasa
  - B. sama dengan ibu menyusui
  - C. lebih besar dari wanita dewasa
  - D. tidak ada yang benar

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.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{10} \times 100\%$$

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****Zat Gizi Makromolekul****A. KARBOHIDRAT (PATI, GULA)**

Fungsi utama karbohidrat (pati, gula) adalah sebagai sumber energi. Fungsi ini tidak unik hanya untuk karbohidrat, tetapi karbohidrat merupakan sumber energi yang paling murah. Glukosa adalah sumber energi utama bagi jaringan syaraf dan paru-paru. Tetapi, adalah mungkin untuk memproduksi glukosa dari bagian molekul protein atau lemak melalui proses yang dikenal sebagai “glukoneogenesis” (pembentukan glukosa dari sumber nonkarbohidrat). Oleh karena itu, jaringan tersebut dapat memperoleh sumber energi tanpa adanya karbohidrat untuk waktu yang pendek. Glukosa merupakan sumber energi yang lebih disukai oleh otot, meskipun dapat menggunakan asam lemak meskipun tidak efisien.

Meskipun karbohidrat sebagai sumber energi dapat digantikan oleh protein atau lemak, suatu gejala yang tidak diinginkan akan timbul apabila karbohidrat tidak terdapat dalam makanan yang dikonsumsi. Gejalanya sama dengan yang terjadi pada penderita kelaparan. Terdapat kehilangan sejumlah besar natrium dan air dari tubuh, yang belum dapat diungkapkan dengan jelas mengenai penyebabnya. Hal ini yang membuat berat badan menurun dengan drastis pada orang-orang yang melaksanakan diet dengan makanan yang rendah kandungan karbohidratnya atau tidak mengandung karbohidrat sama sekali.

Kehilangan natrium biasanya diikuti oleh kehilangan kalium dari sel-sel, dan hal ini akan diikuti oleh gejala lemah badan. Pada saat yang sama, tubuh tidak mampu lagi menahan pemecahan protein tubuh, kecuali bila orang tersebut mengonsumsi protein dalam jumlah banyak; hal ini juga menyebabkan penurunan berat badan. Hal yang lebih gawat adalah bahwa penggunaan lemak sebagai sumber energi terblokir pada pertengahan proses sehingga menyebabkan terakumulasinya produk antara (intermediate) metabolisme lemak yang dikenal sebagai “senyawa keton”.

Karena keton menumpuk, senyawa ini akan muncul sebagai komponen abnormal darah dan urin. Karena senyawa keton ini mengubah konsentrasi ion hidrogen (pH) atau keseimbangan asam basa dalam jaringan maka fungsi tubuh yang normal akan terganggu. Orang-orang yang menderita hal ini disebut menderita “ketosis”, yang biasanya mempunyai gejala kelelahan, dehidrasi, dan kehilangan energi. Semua pengaruh yang tidak diinginkan tersebut dapat dihilangkan apabila kepada penderita diberikan karbohidrat (pati, gula); yang memberikan indikasi bahwa karbohidrat (pati, gula) tersebut merupakan zat gizi yang esensial. Akan tetapi, meskipun karbohidrat esensial bagi tubuh, namun tidak diketahui berapa jumlah yang dibutuhkan oleh tubuh karena sulit untuk menentukannya.

Sesungguhnya terdapat jenis karbohidrat yang lain yang digolongkan sebagai karbohidrat yang tidak dapat dicerna (misalnya selulosa, hemiselulosa, lignin, pectin, dan lain-lain). Meskipun nilai gizinya nol (karena tidak dapat dicerna dan diserap sehingga tidak digunakan oleh tubuh), namun golongan karbohidrat ini berguna untuk melancarkan pembuangan kotoran (feses).

Individu yang tidak atau kurang mengonsumsi golongan karbohidrat ini akan mengalami sembelit (konstipasi) atau buang air besar. Selain itu, golongan karbohidrat ini dapat memodifikasi sirkulasi enterohepatik asam empedu karena dapat mengikat sebagian asam empedu dan membuangnya bersama feses. Oleh karena itu, golongan karbohidrat ini (dikenal dengan sebutan serat pangan atau *dietary fiber*) dapat membantu menurunkan kadar kolesterol plasma.

## **B. PROTEIN**

Di atas disebutkan bahwa protein dapat berfungsi sebagai salah satu sumber energi bagi tubuh. Hal ini akan terjadi bila sumber utama energi, yaitu karbohidrat (pati, gula), atau lemak, tidak terdapat dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi bagi tubuh.

## 1. Fungsi Protein

Fungsi utama protein bagi tubuh adalah sebagai berikut.

### a. Untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan

Sebelum sel-sel dapat mensintesis protein baru, mereka harus mempunyai semua asam amino esensial yang *available* (tersedia) secara simultan, ditambah sejumlah nitrogen atau grup amino yang cukup untuk membentuk asam amino nonesensial. Pertumbuhan atau peningkatan masa otot hanya mungkin terjadi apabila campuran asam-asam amino yang dibutuhkan terdapat dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan yang dibutuhkan untuk pemeliharaan dan penggantian jaringan. Sebagai tambahan, beberapa jaringan membutuhkan sejumlah besar asam amino spesifik. Misalnya, rambut, kulit, dan kuku, membutuhkan sejumlah besar asam amino belerang. Beberapa hewan sangat sensitif terhadap pentingnya keseimbangan asam-asam amino, dan mereka akan mengurangi jumlah konsumsi atau bahkan menolak untuk mengonsumsi campuran asam-asam amino yang tidak seimbang. Manusia tidak mempunyai kemampuan tersebut, tetapi seseorang yang mengonsumsi protein yang nilai gizinya rendah, nantinya akan menunjukkan gejala kekurangan gizi.

Pembelahan sel dan pertumbuhan tergantung dari avabilitas protein karena protein sangat diperlukan untuk sintesis sebagian besar bahan struktural tubuh. Matriks atau perangkat tulang dan gizi, padanya kalsium dan fosfor disimpan untuk memberikan kekuatan dan rigiditas jaringan ini, adalah protein. Kolagen adalah protein utama dalam tendon dan ligament dan juga bahan interseluler yang mengikat bersama sel-sel. Fibrin dan myosin adalah protein lain yang ditemukan dalam otot.

Protein tubuh berada dalam keadaan dinamis yang konstan (*constant dynamic state*). Secara bergantian dipecah-pecah dan disintesis kembali; sekitar 3% protein tubuh diganti setiap hari. Dinding usus kecil, yang diganti setiap 4 – 6 hari, memerlukan sintesis protein sebanyak 70 gram per hari. Untungnya tubuh sangat efisien dalam menghemat protein dan menggunakan kembali asam-asam amino hasil pemecahan suatu jaringan untuk membentuk kembali jaringan yang sama atau jaringan lain. Kehilangan protein akan terjadi bila sel-sel hilang dari permukaan tubuh atau bila sel-sel usus yang secara tetap diganti hilang bersama feses tanpa dicerna dan diserap kembali

oleh usus kecil. Kegagalan untuk mengganti protein yang hilang tersebut akan berakibat menurunnya berat badan.

*b. Pembentukan senyawa tubuh yang esensial*

Hormon yang diproduksi dalam tubuh, seperti insulin, epinefrin, dan tiroksin, adalah protein. Sebagai tambahan, setiap sel dalam tubuh mengandung banyak sekali enzim yang berbeda, dan semuanya adalah protein. Enzim ini mengkatalis banyak sekali perubahan biokimia yang esensial untuk kesehatan sel-sel dan jaringan.

Hemoglobin, suatu pigmen darah merah, berfungsi untuk memberi warna merah pada darah dan mempunyai kapasitas untuk membawa, baik oksigen maupun karbondioksida, adalah juga protein. Demikian juga hampir semua senyawa yang tersangkut dalam “clotting” darah, adalah protein. Penerima cahaya (*photoreceptor*) dalam mata yang berfungsi untuk melihat, juga mengandung protein. Asam amino triptofan berguna sebagai precursor vitamin niacin dan untuk serotonin, suatu neurotransmitter yang berfungsi untuk membawa pesan-pesan dari satu sel syaraf ke sel lainnya.

Selama defisiensi protein, sintesis senyawa-senyawa yang vital bagi tubuh tersebut nampaknya diprioritaskan dari penggunaan protein untuk tujuan lain yang kurang penting.

*c. Regulasi keseimbangan air*

Cairan dalam tubuh terdapat dalam tiga tempat (kompartemen), yaitu: di dalam sel (intraseluler), di luar sel (ekstraseluler) atau di antara sel (interseluler), dan di dalam pembuluh darah (intravaskuler), kompartemen cairan tersebut dipisahkan satu dari yang lainnya oleh membran sel. Distribusi cairan di antara mereka harus dijaga keseimbangannya. Keseimbangan ini dapat diperoleh melalui sistem pengontrolan yang kompleks yang menyangkut, baik protein maupun elektrolit.

Protein dalam darah yang tidak dapat keluar dari aliran darah memberikan apa yang disebut tekanan onkotik (*oncotic pressure*), yang menarik cairan dari kompartemen ekstra atau interseluler kembali ke dalam aliran darah. Bila protein darah berkurang, tekanan onkotik protein yang menarik cairan kembali ke sirkulasi darah tidak sekuat tekanan osmotik yang menekannya keluar dari aliran darah. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya akumulasi cairan dalam jaringan yang membuatnya menjadi lunak dan

membentuk spons (*spongy*) yang tampak menggebug. Kondisi ini disebut sebagai odema (edema), dan dikenal sebagai tanda awal dari defisiensi protein.

d. *Mempertahankan netralitas tubuh*

Protein dalam darah berfungsi sebagai penyangga (*buffer*), yaitu bahan yang dapat bereaksi, baik dengan asam atau basa untuk menetralkannya. Hal ini merupakan fungsi yang sangat penting karena sebagian besar jaringan tubuh tidak dapat berfungsi bila pH berubah dari normal. Dengan cara bereaksi dengan setiap kelebihan asam atau alkali, fungsi protein dalam darah tersebut merupakan salah satu upaya tubuh agar tidak terjadi perubahan pH dalam darah.

e. *Pembentukan antibodi*

Kemampuan tubuh untuk melawan infeksi tergantung dari kemampuannya untuk memproduksi antibodi untuk organisme atau zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Karena tubuh harus memproduksi antibodi yang spesifik untuk setiap organisme atau zat asing yang masuk ke dalam tubuh maka kebutuhan akan protein untuk tujuan ini menjadi besar. Kenyataannya, daya tahan yang rendah terhadap penyakit infeksi yang menyerang anak-anak yang kurang gizi, adalah disebabkan karena rendahnya kemampuan untuk membentuk antibodi.

Kemampuan untuk mendetoksifikasi atau menghilangkan zat racun dari tubuh dikontrol oleh enzim yang terutama berlokasi dalam hati. Dalam keadaan kekurangan protein, kemampuan untuk melawan pengaruh zat racun tersebut menjadi rendah sehingga individu yang menderita kekurangan protein lebih mudah mengalami keracunan.

f. *Transpor zat gizi (nutrient)*

Protein berperan penting dalam pengangkutan (transport) nutrisi dari usus, menembus dinding usus sampai ke darah; dari darah ke jaringan dan menembus membran sel ke dalam sel. Sebagian besar zat yang membawa nutrisi spesifik adalah protein. Protein pembawa (*carrier*) ini bersifat spesifik terhadap nutrisi, misalnya “protein pengikat retinol” (*retinol binding protein*), yang hanya membawa vitamin A; atau mereka dapat juga membawa beberapa nutrisi yang berbeda, seperti mangan (Mn) dan besi (Fe) yang

saling berkompetisi untuk diangkut oleh “tranferrin”; atau dapat juga mereka membawa suatu grup lipid dan sejenisnya, seperti yang dilakukan oleh “lipoprotein”. Apabila terdapat kekurangan protein, hanya sedikit *carrier* yang dapat disintesis sehingga penyerapan atau absorpsi maupun transportasi beberapa nutrisi akan terganggu.

## 2. Kecukupan Konsumsi Protein

Kecukupan akan protein dan asam-asam amino dapat diestimasi menggunakan tiga macam cara. Untuk bayi, jumlah protein dan pola asam-asam amino yang terdapat dalam air susu ibu (ASI) dianggap sesuai untuk pertumbuhan yang optimal. Untuk anak-anak, biasanya digunakan metode faktorial, yang menyangkut estimasi jumlah semua nitrogen yang hilang melalui urin, feses, dan kulit, ditambah dengan kebutuhan untuk pertumbuhan.

Untuk orang dewasa digunakan metode keseimbangan nitrogen (*nitrogen balance*), yang diukur pada berbagai tingkat konsumsi protein. Keseimbangan nitrogen dapat dilihat dari perbandingan antara nitrogen yang dikonsumsi dan nitrogen yang dikeluarkan melalui feses, urin, keringat dan metabolisme lainnya. Jika nitrogen yang dikonsumsi lebih besar daripada nitrogen yang diekskresi, keseimbangan nitrogen disebut positif; dan disebut negatif untuk keadaan sebaliknya. Keseimbangan nitrogen disebut seimbang bila nitrogen yang dikonsumsi sama besar dengan nitrogen yang diekskresikan. Kecukupan protein minimal ditentukan berdasarkan hasil penelitian dengan keseimbangan nitrogen yang tidak negatif.

Protein terdiri dari 20 macam asam amino, dan 8 di antaranya adalah asam amino esensial bagi orang dewasa, yaitu Ile, Leu, Lys, Met (+Cys), Phe (+Tyr), Thr, Try, dan Val; sedangkan untuk bayi, His dan Arg juga tergolong esensial. Semua asam amino esensial tersebut harus terdapat di dalam sel waktu sintesis protein berlangsung. Bila salah satu asam amino hanya tersedia dalam jumlah terbatas maka sintesis protein tersebut hanya dapat berlangsung selama masih tersedianya asam amino terbatas tersebut. Asam amino ini disebut sebagai *limiting amino acid* (asam amino pembatas).

Kecukupan asam-asam amino esensial bila dinyatakan dalam mg/kg BB dipengaruhi oleh umur. Contoh kecukupan asam amino esensial untuk berbagai golongan umur disajikan pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7.  
Perkiraan kecukupan asam amino esensial (mg/kg BB/hari)

Asam amino esensial	Bayi	Anak umur 2 tahun	Anak umur 10-12 tahun	Orang dewasa
Histidin	28	?	?	8 – 12
Isoleusin	70	31	30	10
Leusin	161	73	45	14
Lisin	103	64	60	12
Metionin + Sistin	58	27	27	13
Fenilalanin + Tirosin	125	69	27	14
Treonin	87	37	35	7
Triptofan	93	38	33	10

Sumber: FAO/WHO/UNU (1983) yang dikutip oleh Karyadi dan Muhilail (1985)

Nilai gizi protein yang dikonsumsi akan menentukan jumlah yang dikonsumsi. Untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan protein, protein dengan nilai gizi rendah harus dikonsumsi dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan protein yang bernilai gizi tinggi. Nilai gizi protein dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu: (1) daya cernanya, serta (2) jumlah dan komposisi asam-asam amino esensial. Pada umumnya nilai gizi protein nabati lebih rendah dibandingkan dengan protein hewani. Meskipun secara teoritis dapat disusun campuran protein nabati sehingga nilai gizinya sama dengan protein hewani, namun konsumsi protein hewani memberikan beberapa keuntungan tambahan, antara lain: (1) membantu penyerapan zat gizi lain, misalnya zat besi, dan (2) dapat mencukupi kebutuhan tubuh akan vitamin dan mineral karena produk pangan hewani juga merupakan sumber vitamin dan mineral yang baik.

Protein telur (ayam) biasa digunakan sebagai protein referensi karena nilai biologisnya yang sangat tinggi. Kecukupan protein setara protein telur untuk berbagai golongan umur dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Kecukupan protein per orang per hari yang dianjurkan untuk orang Indonesia (didasarkan pada berat badan patokan, skor asam amino, dan daya cerna hidangan) dapat dilihat pada Tabel 1.9. Sedangkan untuk perbandingan , pada Tabel 1.10. disajikan angka kecukupan protein dalam daftar RDA yang berlaku di Amerika Serikat.

Tabel 1.8.  
Kecukupan protein setara telur untuk berbagai golongan umur

Umur (bulan/tahun)	Kecukupan (g/kg berat badan/hari)		
	Pria	Wanita	Pria dan Wanita
0 – 1 bulan	2,46	2,39	
1 – 2 bulan	1,93	1,93	
2 – 3 bulan	1,74	1,78	
3 – 4 bulan	1,49	1,53	
0,50 – 0,75 thn			1,56
0,75 – 1,00 thn			1,44
1,00 – 2,00 thn			1,17
2 – 3 thn			1,14
3 – 4 thn			1,10
4 – 5 thn			1,07
5 – 6 thn			1,03
6 – 7 thn			1,02
7 – 8 thn			1,02
8 – 9 thn			1,01
9 – 10 thn			1,00
10 – 11 thn	0,99	1,00	
11 – 12 thn	0,98	0,98	
12 – 13 thn	1,00	0,96	
13 – 14 thn	0,97	0,94	
14 – 15 thn	0,96	0,90	
15 – 16 thn	0,92	0,87	

16 – 17 thn	0,90	0,83	
17 – 18 thn	0,86	0,80	
> 18 thn	0,75	0,75	

Sumber: FAO/WHO/UNU (1983) yang dikutip oleh Karyadi dan Muhilail (1985)

### C. LEMAK

Peranan lemak dalam makanan, yang pertama-tama adalah sebagai sumber energi. Lemak baik dari tanaman maupun hewan, baik di dalam bentuk cair maupun padat, memberikan lebih dari dua kali lebih banyak energi dibandingkan dengan karbohidrat dan protein.

Lemak adalah bentuk energi berlebih yang disimpan oleh hewan sehingga jumlah lemak dalam hewan yang dijadikan bahan pangan ditentukan oleh keseimbangan energi hewan tersebut. Secara praktis, semua bahan hewani mengandung lemak. Bahkan daging sapi tanpa lemak (*lean meat*) mengandung 28% lemak, yang memberikan kontribusi 77% dari kalori makanan, sedangkan 51% lemak dalam *cheddar cheese* memberikan 73% dari kalori makanan.

Tabel 1.9.  
Kecukupan protein yang dianjurkan di Indonesia

Golongan umur (bln/thn)	Berat badan (kg)	Individu sehat (g/org/hr)	Penderita KKP dan penyakit (g/org/hr)
Pria:	0 – 1 bln	8,0	27
	1 – 3 thn	11,5	29
	4 – 6 thn	16,5	32
	7 – 9 thn	23,0	40
	10 – 12 thn	30,0	46
	13 – 15 thn	40,0	56
	16 – 19 thn	53,0	61
	20 – 59 thn	55,0	55
	> 60 thn	55,0	55
Wanita :	10 – 12 thn	32,0	55
	13 – 15 thn	42,0	60
	16 – 19 thn	45,0	50

20 – 59 thn	47,0	41	47
> 60 thn	47,0	41	47
Tambahan untuk :			
Ibu hamil	+ 9		
Ibu menyusui tahun I	+ 17		
Ibu menyusui tahun II	+ 13		

Sumber : Karyadi dan Muhilal (1985)

Tabel 1.10.  
RDA protein untuk berbagai golongan umur dan jenis kelamin

Kategori	Umur (thn)	BB (kg)	TB (cm)	Kebutuhan protein (g)
Bayi	- 0.5	6	60	$\text{Kg} \times 2.2$
	0,5 – 1,0	9	71	$\text{Kg} \times 2.0$
Anak-anak	1 – 3	13	90	23
	4 – 6	20	112	30
	7 – 10	28	132	34
	11 – 14	45	157	45
Laki-laki	15 – 18	66	176	56
	19 – 22	70	177	56
	23 – 50	70	178	56
	51+	70	178	56
	Wanita	11 – 14	46	157
15 – 18		55	163	46
19 – 22		55	163	46
23 – 50		55	163	44
51+		55	163	44
Ibu hamil				
Ibu menyusui				+ 20

Sumber: Guthrie (1986)

Semua lemak yang terdapat dalam bahan pangan nabati, terutama terdapat dalam bentuk minyak. Dalam sereal seperti jagung atau di dalam kacang-kacangan seperti kedelai, lemak terdapat, baik dalam lembaga (*germ*) maupun dalam endospermnya. Sebagian besar sayuran dan buah-buahan secara praktis tidak mengandung lemak.

Lemak dalam makanan berperan sebagai pelarut dan pembawa (*carrier*) vitamin-vitamin larut lemak (A, D, E dan K). Lemak sebanyak paling sedikit 10% dari total energi yang dikonsumsi tampaknya diperlukan untuk penyerapan provitamin A, misalnya dari wortel, pepaya, dan lain-lain. Semua hal yang mempengaruhi penyerapan atau penggunaan lemak, misalnya kerusakan saluran empedu atau ketengikan pada lemak, akan mengurangi availabilitas vitamin-vitamin tersebut.

Lemak dalam makanan juga berfungsi untuk meningkatkan palatabilitas (rasa enak, lezat). Sebagian besar senyawa atau zat yang bertanggung jawab terhadap flavor makanan bersifat larut dalam lemak. Juga diduga bahwa lemak dalam makanan akan menstimulir mengalirnya cairan pencernaan.

Peranan lemak yang pertama di dalam tubuh adalah sebagai persediaan energi, yang disimpan dalam jaringan adiposa. Sejumlah tertentu lemak tubuh, kira-kira 18% dari berat tubuh untuk wanita dan 15 – 18% untuk pria adalah normal dan diinginkan. Perannya yang kedua adalah sebagai regulator tubuh. Karena lemak (lipid) merupakan komponen esensial bagi membran tiap-tiap sel dan merupakan prekursor prostaglandin maka pengambilan dan ekskresi nutrien oleh sel dapat dikatakan diatur oleh lemak, demikian juga beberapa fungsi tubuh yang esensial dikontrol oleh lemak.

Pada tahun 1962 suatu senyawa mirip hormon yang mempunyai kemampuan menstimulir kontraksi otot polos dalam saluran darah diidentifikasi sebagai prostaglandin. Penelitian lebih lanjut menunjukkan paling sedikit terdapat enam macam prostaglandin, dan semuanya disintesis dari asam arakhidonat. Prostaglandin menunjukkan bermacam-macam fungsi, misalnya meningkatkan kehamilan, menginduksi kerja, menyebabkan keguguran yang spontan, mengatur transmisi impuls syaraf, dan mengatur tekanan darah. Tampaknya prostaglandin disintesis dan digunakan pada jaringan yang sama, dan tidak disintesis pada jaringan yang satu untuk bekerja pada jaringan yang lain. Dengan demikian prostaglandin disebut juga sebagai “hormon lokal”.

Deposit lemak di bawah kulit (lemak subkutan) berfungsi sebagai insulasi bagi tubuh, terhadap perubahan suhu lingkungan. Suatu lapisan tertentu lemak diperlukan untuk mencegah hilangnya panas dari tubuh, tetapi apabila terlalu tebal akan menyebabkan sulitnya pengeluaran panas dari tubuh pada waktu cuaca panas sehingga mengakibatkan keadaan yang kurang menyenangkan. Selain itu, lapisan lemak subkutan yang terlalu tebal akan tampak kurang baik.

Lemak yang terdapat di sekeliling alat-alat tubuh yang vital, seperti ginjal dan jantung, berfungsi menahan organ tersebut dan menjaganya dari *shock* fisik. Lemak di bagian ini akan paling akhir digunakan bila terjadi kekurangan konsumsi energi.

Selain untuk menutupi kebutuhan tubuh akan asam linoleat, sesungguhnya manusia tidak memerlukan konsumsi lemak. Hal ini dapat dimengerti karena setiap kelebihan karbohidrat (pati, gula) atau protein yang dikonsumsi akan dikonversi dan disimpan sebagai lemak di dalam tubuh. Suatu ransum yang mengandung asam linoleat dalam jumlah sekitar 2% dari total energi yang dibutuhkan, sudah memenuhi kebutuhan tubuh akan lemak.



## LATIHAN

---

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

- 1) Mengapa karbohidrat (pati, gula) dikatakan sebagai zat gizi esensial?
- 2) Mengapa kecukupan konsumsi karbohidrat (pati, gula) tidak dapat ditetapkan?
- 3) Terangkan apa yang dimaksud dengan seseorang menderita “ketosis”!
- 4) Mengapa serat pangan yang bernilai gizi nol harus dikonsumsi?
- 5) Terangkan fungsi protein yang utama bagi tubuh!
- 6) Jelaskan bagaimana kecukupan konsumsi protein ditetapkan bagi bayi/anak kecil, remaja dan orang dewasa, masing-masing!
- 7) Sebutkan asam-asam amino esensial (bagi dewasa dan bagi bayi)! Kemudian jelaskan apa yang dimaksud dengan “*limiting amino acid*”!
- 8) Terangkan dua faktor yang mempengaruhi nilai gizi protein! Kemudian jelaskan mengapa pada umumnya protein nabati nilai gizinya lebih rendah dari protein hewani!

- 9) Terangkan peranan lemak/minyak dalam makanan dan di dalam tubuh, masing-masing!
- 10) Jelaskan mengapa disebutkan bahwa kita tidak perlu mengonsumsi lemak, kecuali untuk memenuhi kebutuhan akan asam linoleat! Berapa kecukupan konsumsi asam linoleat tersebut?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk dapat menjawab soal-soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 2.



## RANGKUMAN

---

1. Fungsi utama karbohidrat (pati, gula) adalah sebagai sumber energi. Fungsi ini tidak unik hanya untuk karbohidrat karena protein dan lemak dapat juga digunakan sebagai sumber energi, tetapi karbohidrat merupakan sumber energi yang paling murah.
2. Glukosa adalah sumber energi utama bagi jaringan syaraf dan paru-paru. Tetapi, adalah mungkin untuk memproduksi glukosa dari bagian molekul protein atau lemak melalui proses yang dikenal sebagai “glukoneogenesis” (pembentukan glukosa dari sumber non-karbohidrat). Oleh karena itu, jaringan tersebut dapat memperoleh sumber energi tanpa adanya karbohidrat untuk waktu yang pendek. Glukosa merupakan sumber energi yang lebih disukai oleh otot, meskipun dapat menggunakan asam lemak meskipun tidak efisien.
3. Meskipun karbohidrat sebagai sumber energi dapat digantikan oleh protein atau lemak, suatu gejala yang tidak diinginkan akan timbul apabila karbohidrat tidak terdapat dalam makanan yang dikonsumsi. Terdapat kehilangan sejumlah besar natrium dan air dari tubuh, yang biasanya diikuti oleh kehilangan kalium dari sel-sel. Pada saat yang sama, tubuh tidak mampu lagi menahan pemecahan protein tubuh. Hal yang lebih gawat adalah bahwa penggunaan lemak sebagai sumber energi terblokir pada pertengahan proses sehingga

menyebabkan terakumulasinya produk antara (intermediate) metabolisme lemak yang dikenal sebagai “senyawa keton”. Orang-orang yang menderita hal ini disebut menderita “ketosis”, yang biasanya mempunyai gejala kelelahan, dehidrasi, dan kehilangan energi.

4. Terdapat jenis karbohidrat yang lain yang digolongkan sebagai karbohidrat yang tidak dapat dicerna (misalnya selulosa, hemiselulosa, lignin, pectin, dan lain-lain). Meskipun nilai gizinya nol (karena tidak dapat dicerna dan diserap sehingga tidak dapat digunakan oleh tubuh), namun golongan karbohidrat ini berguna untuk melancarkan pembuangan kotoran (feses). Selain itu, golongan karbohidrat ini dapat memodifikasi sirkulasi enterohepatik asam empedu karena dapat mengikat sebagian asam empedu dan membuangnya bersama feses. Oleh karena itu, golongan karbohidrat ini (dikenal dengan sebutan serat pangan atau *dietary fiber*) dapat membantu menurunkan kadar kolesterol plasma.
5. Fungsi utama protein bagi tubuh adalah sebagai berikut: (a) untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, (b) pembentukan senyawa tubuh yang esensial (hormon, hemoglobin, enzim), (c) regulasi keseimbangan air, (d) mempertahankan netralitas tubuh, (e) pembentukan antibodi, dan (f) untuk transpor zat gizi.
6. Kecukupan akan protein dan asam-asam amino dapat diestimasi menggunakan tiga macam cara. Untuk bayi, jumlah protein dan pola asam-asam amino yang terdapat dalam air susu ibu (ASI) dianggap sesuai untuk pertumbuhan yang optimal. Untuk anak-anak, biasanya digunakan metode faktorial, yang menyangkut estimasi jumlah semua nitrogen yang hilang melalui urin, feses, dan kulit, ditambah dengan kebutuhan untuk pertumbuhan. Untuk orang dewasa digunakan metode keseimbangan nitrogen (*nitrogen balance*), yang diukur pada berbagai tingkat konsumsi protein. Kecukupan protein minimal ditentukan berdasarkan hasil penelitian dengan keseimbangan nitrogen yang tidak negatif.
7. Protein terdiri dari 20 macam asam amino, dan 8 di antaranya adalah asam amino esensial bagi orang dewasa, yaitu Ile, Leu, Lys, Met (+Cys), Phe (+Tyr), Thr, Try, dan Val; sedangkan untuk bayi, His dan Arg juga tergolong esensial. Semua asam amino esensial tersebut harus terdapat di dalam sel waktu sintesis protein berlangsung. Bila salah satu asam amino hanya tersedia dalam jumlah terbatas maka sintesis protein tersebut hanya dapat berlangsung selama masih tersedianya asam amino terbatas tersebut.

Asam amino ini disebut sebagai *limiting amino acid* (asam amino pembatas).

8. Nilai gizi protein yang dikonsumsi akan menentukan jumlah yang dikonsumsi. Untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan protein, protein dengan nilai gizi rendah harus dikonsumsi dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan protein yang bernilai gizi tinggi. Nilai gizi protein dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu: (1) daya cernanya, serta (2) jumlah dan komposisi asam-asam amino esensial.
9. Pada umumnya nilai gizi protein nabati lebih rendah dibandingkan dengan protein hewani. Meskipun secara teoretis dapat disusun campuran protein nabati sehingga nilai gizinya sama dengan protein hewani, namun konsumsi protein hewani memberikan beberapa keuntungan tambahan, antara lain: (a) membantu penyerapan zat gizi lain, misalnya zat besi, dan (b) dapat mencukupi kebutuhan tubuh akan vitamin dan mineral karena produk pangan hewani juga merupakan sumber vitamin dan mineral yang baik.
10. Peranan lemak dalam makanan, yang pertama-tama adalah sebagai sumber energi. Lemak baik dari tanaman maupun hewan, baik di dalam bentuk cair maupun padat, memberikan lebih dari dua kali lebih banyak energi dibandingkan dengan karbohidrat dan protein.
11. Lemak dalam makanan berperan sebagai pelarut dan pembawa (*carrier*) vitamin-vitamin larut lemak (A, D, E dan K). Lemak sebanyak paling sedikit 10% dari total energi yang dikonsumsi tampaknya diperlukan untuk penyerapan provitamin A, misalnya dari wortel, pepaya, dan lain-lain. Semua hal yang mempengaruhi penyerapan atau penggunaan lemak, misalnya kerusakan saluran empedu atau ketengikan pada lemak, akan mengurangi availabilitas vitamin-vitamin tersebut.
12. Lemak dalam makanan juga berfungsi untuk meningkatkan palatabilitas (rasa enak, lezat). Sebagian besar senyawa atau zat yang bertanggung jawab terhadap flavor makanan bersifat larut dalam lemak. Juga diduga bahwa lemak dalam makanan akan menstimulir mengalirnya cairan pencernaan.
13. Peranan lemak yang pertama di dalam tubuh adalah sebagai persediaan energi, yang disimpan dalam jaringan adiposa. Sejumlah tertentu lemak tubuh, kira-kira 18% dari berat tubuh untuk wanita dan 15 – 18% untuk pria adalah normal dan diinginkan. Peranannya yang kedua adalah sebagai regulator tubuh. Karena lemak (lipid) merupakan komponen esensial bagi membran tiap-tiap sel dan merupakan prekursor prostaglandin maka pengambilan dan ekskresi

nutrien oleh sel dapat dikatakan diatur oleh lemak, demikian juga beberapa fungsi tubuh yang esensial dikontrol oleh lemak.

14. Deposit lemak di bawah kulit (lemak subkutan) berfungsi sebagai insulasi bagi tubuh, terhadap perubahan suhu lingkungan. Suatu lapisan tertentu lemak diperlukan untuk mencegah hilangnya panas dari tubuh, tetapi apabila terlalu tebal akan menyebabkan sulitnya pengeluaran panas dari tubuh pada waktu cuaca panas sehingga mengakibatkan keadaan yang kurang menyenangkan. Selain itu, lapisan lemak subkutan yang terlalu tebal akan nampak kurang baik.
15. Lemak yang terdapat di sekeliling alat-alat tubuh yang vital, seperti ginjal dan jantung, berfungsi menahan organ tersebut dan menjaganya dari *shock* fisik. Lemak di bagian ini akan paling akhir digunakan bila terjadi kekurangan konsumsi energi.
16. Selain untuk menutupi kebutuhan tubuh akan asam linoleat, sesungguhnya manusia tidak memerlukan konsumsi lemak. Hal ini dapat dimengerti karena setiap kelebihan karbohidrat (pati, gula) atau protein yang dikonsumsi akan dikonversi dan disimpan sebagai lemak di dalam tubuh. Suatu ransum yang mengandung asam linoleat dalam jumlah sekitar 2% dari total energi yang dibutuhkan, sudah memenuhi kebutuhan tubuh akan lemak.



## TES FORMATIF 2

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Kecukupan konsumsi karbohidrat (pati, gula) tidak dapat ditetapkan karena ....
  - A. tidak ada peralatan yang sesuai untuk itu
  - B. adanya proses glukoneogenesis
  - C. angka kecukupannya sangat rendah
  - D. semuanya benar
- 2) Seseorang menderita “ketosis” karena ....
  - A. kurang mengonsumsi sumber energi
  - B. oksidasi pati/gula yang tidak sempurna
  - C. oksidasi lemak yang tidak sempurna
  - D. oksidasi protein yang tidak sempurna

- 3) Seseorang akan menderita oedema bila kekurangan konsumsi protein karena protein berfungsi untuk ....
  - A. menjaga netralitas tubuh
  - B. regulasi keseimbangan air
  - C. pembentukan antibodi
  - D. alat transpor zat gizi
  
- 4) Yang menentukan jumlah protein (asam amino) makanan yang dapat diserap oleh usus dan masuk ke dalam tubuh adalah ....
  - A. nilai cernanya (daya cernanya)
  - B. nilai PER-nya
  - C. komposisi asam aminonya
  - D. jumlah dan komposisi asam amino esensialnya
  
- 5) Yang menentukan bahwa protein (asam amino) yang telah diserap oleh usus dapat digunakan untuk sintesis protein tubuh adalah ....
  - A. jumlah energi yang dikonsumsi
  - B. jenis protein yang dikonsumsi
  - C. jenis lemak yang dikonsumsi
  - D. jenis karbohidrat yang dikonsumsi
  
  
- 6) Fungsi lemak dalam makanan adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. sebagai sumber energi
  - B. sebagai pelarut/pembawa vitamin ADEK
  - C. meningkatkan palatabilitas
  - D. sebagai insulator tubuh
  
- 7) Fungsi lemak dalam tubuh adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. sebagai cadangan energi
  - B. menahan/menjaga organ tubuh yang vital
  - C. meningkatkan palatabilitas
  - D. sebagai insulator tubuh
  
- 8) Manusia tidak memerlukan konsumsi lemak, tetapi memerlukan asam lemak ....
  - A. linoleat
  - B. palmitat
  - C. arahidonat

- D. stearat
- 9) Orang gemuk (menderita obesitas) disebabkan karena terlalu banyak mengonsumsi ....
- A. lemak
  - B. pati dan gula
  - C. protein
  - D. semuanya benar
- 10) Konsumsi protein secara berlebihan tidak menguntungkan karena ....
- A. makanan sumber protein harganya mahal
  - B. tidak efisien sebagai bahan untuk sintesis protein tubuh
  - C. mengakibatkan kerja ginjal berlebihan untuk membuang urea
  - D. semuanya benar

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.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{10} \times 100\%$$

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 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**KEGIATAN BELAJAR 3****Zat Gizi Makromolekul**

Vitamin dan mineral merupakan zat-zat gizi yang esensial karena tubuh tidak dapat mensintesisnya sehingga harus disuplai dari makanan yang dikonsumsi. Vitamin dan mineral tidak mengalami pencernaan di dalam saluran pencernaan, tetapi proses pencernaan makanan akan membebaskan kedua macam zat gizi mikromolekul tersebut dari keterikatannya pada zat gizi makromolekul sehingga akhirnya vitamin dan mineral tersebut dapat diserap oleh usus halus dan masuk ke dalam tubuh. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi proses pencernaan makanan akan mempengaruhi jumlah vitamin dan mineral yang dapat diserap oleh tubuh. Khusus untuk vitamin-vitamin larut lemak (A, D, E, K), untuk penyerapannya diperlukan keberadaan lemak/minyak di dalam usus.

**A. VITAMIN**

Vitamin dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu yang larut dalam air (vitamin B kompleks dan vitamin C) dan yang larut dalam minyak/lemak (A, D, E dan K). Peranan vitamin secara lebih lengkap akan dibahas dalam modul mengenai metabolisme vitamin; di bawah ini hanya akan diutarakan secara garis besar.

Vitamin B1 (tiamin) berperan dalam metabolisme karbohidrat untuk pembentukan energi (sebagai ko-enzin). Kekurangan vitamin B1 dapat menimbulkan kurang nafsu makan, cepat merasa lelah, kerusakan pembuluh darah, sel syaraf, dan menimbulkan penyakit beri-beri.

Vitamin B2 (riboflavin) berperan dalam metabolisme karbohidrat, asam amino, dan asam lemak, yaitu sebagai ko-enzim dari flavin enzim. Kekurangan vitamin B2 dapat menimbulkan rasa lelah, ketidakmampuan untuk bekerja, dan perubahan bibir pada bagian yang kulitnya keras. Kekurangan yang berlanjut dapat mengurangi ketajaman penglihatan dan mata cepat lelah. Kekurangan vitamin B12 dan asam folat dapat menyebabkan timbulnya anemia. Sebagian anemia gizi pada wanita hamil disebabkan karena kekurangan asam folat.

Vitamin C berperan dalam pembentukan substansi antarsel berbagai jaringan, serta meningkatkan daya tahan tubuh, meningkatkan aktivitas pagositas sel darah putih, dan meningkatkan absorpsi zat besi dalam usus serta transportasi zat besi dari transferrin dalam darah ke ferritin dalam sumsum tulang, hati, dan limpa.

Vitamin A berguna untuk pertumbuhan, penglihatan, reproduksi dan pemeliharaan sel epitel. Selain vitamin A dari bahan pangan hewani, tubuh dapat juga menggunakan pro-vitamin A (karoten) dari bahan pangan nabati yang terlebih dahulu akan diubah dalam tubuh menjadi vitamin A. Karoten yang berasal dari sayuran dan buah-buahan diperkirakan sepertiganya dapat diserap oleh tubuh, dan setengah dari yang diserap tersebut dapat dikonversikan menjadi vitamin A.

Vitamin D berperan dalam penyerapan dan metabolisme kalsium dan fosfor, serta dalam pembentukan tulang dan gigi. Tubuh manusia mampu mensintesis vitamin D dari 7-dehidrokolesterol dengan pertolongan sinar ultra violet yang berasal dari sinar matahari yang mengenai kulit.

Vitamin E berperan sebagai anti-oksidan untuk berbagai senyawa yang larut dalam lemak, misalnya vitamin A dan asam lemak tidak jenuh. Kerusakan saluran darah dan perubahan permeabilitas saluran kapiler pada kasus kekurangan vitamin E, mungkin berhubungan dengan peranannya sebagai antioksidan. Pada hewan betina, defisiensi vitamin E dapat menyebabkan resorpsi janin (keguguran). Kenyataan ini telah diinterpretasikan bahwa kekurangan vitamin E dapat menimbulkan sterilitas. Vitamin K berperan dalam sistem pembekuan darah. Sebagian dari vitamin K yang dibutuhkan tubuh dihasilkan oleh mikroflora dalam usus.

Penetapan jumlah vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh biasanya dilakukan dengan menggunakan hewan percobaan, di mana hewan tersebut diberi vitamin dengan dosis yang bervariasi. Kemudian dilihat dosis mana yang menimbulkan gejala defisiensi. Dari percobaan tersebut jumlah kebutuhan ditetapkan berdasarkan dosis minimal yang tidak menimbulkan defisiensi. Pada Tabel 1.11. dapat dilihat angka kecukupan beberapa macam vitamin yang dianjurkan di Indonesia, sedangkan pada Tabel 1.12 disajikan US-RDA untuk vitamin larut lemak dan pada Tabel 1.13 untuk vitamin larut air.

Tabel 1.11.  
Kecukupan vitamin yang dianjurkan di Indonesia

Golongan umur (tahun)	Jenis kerja	Vit A (IU)	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin	Vit C (mg)
0,5 – 1		1.200	0,4	0,5	60	20
1 – 3		1.500	0,5	0,6	80	20
4 – 6		1.800	0,6	0,8	10,0	20
7 – 9		2.400	0,8	1,0	13,0	20
Pria : 10-12		3.450	0,9	1,2	14,0	30
13-15		4.000	0,9	1,3	15,0	30
16-19		4.000	1,0	1,4	17,0	30
20-59	Ringan	4.000	1,0	1,4	18,0	30
	Sedang	4.000	1,0	1,4	18,0	30
	Berat	4.000	1,0	1,8	11,0	30
>60		4.000	0,9	1,2	14,0	30
Wanita: 10-12		3.450	0,8	1,1	11,0	30
13-15		3.500	0,8	1,2	13,0	30
16-19		3.500	0,8	1,1	13,0	30
20-59	Ringan	3.500	0,8	1,1	12,0	30
	Sedang	3.500	0,9	1,2	15,0	30
	Berat	3.500	1,0	1,5	18,0	30
>60		3.500	0,7	0,9	11,0	30
Tambahan untuk :						
Wanita hamil		+ 1.000	+ 0,2	+ 0,2	+ 2,0	+ 20
Wanita menyusui thn I		+ 2.500	+ 0,3	+ 0,3	+ 3,0	+ 20
Wanita menyusui thn II		+ 2.500	+ 0,3	+ 0,3	+ 3,0	+ 20

Sumber: Karyadi dan Muhilal (1985)

## B. MINERAL

Mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dapat digolongkan menjadi: (1) mineral makro, misalnya Ca, P, Mg, Na dan K, (2) mineral mikro, misalnya

Fe, Zn, dan I, serta (3) *trace elements*, misalnya Cu, Se, Co, F, Si, Mn, Cr, As, Mb, dan Ni.

Kalsium (Ca) merupakan mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh. Lebih dari 90% kalsium terdapat dalam tulang. Ekskresi Ca dalam urin dipengaruhi oleh tingkat konsumsi protein, yaitu makin banyak protein yang dikonsumsi, makin tinggi jumlah Ca yang diekskresikan dalam urin.

Fosfor (P) merupakan mineral kedua terbanyak dalam tubuh setelah Ca. Sekitar 85% dari jumlah P yang terdapat, ditemukan dalam tulang. Hampir semua elemen penting seperti DNA (*deoxyribonucleic acid* = asam deoksiribo nukleat), RNA (*ribo nucleic acid* = asam ribo nukleat) dan ATP (adenosin trifosfat) dan sebagainya selalu mengandung unsur fosfor. DNA dan RNA adalah senyawa utama dalam sel sebagai penentu genetika, sedangkan ATP merupakan bentuk energi kimia dalam tubuh.

Tabel 1.12.

RDA vitamin larut lemak untuk berbagai golongan umur dan jenis kelamin

Kategori	Umur (thn)	Vit A ( $\mu\text{g RE}$ ) (1)	Vit D ( $\mu\text{g RE}$ ) (2)	Vit E (mg a-TE) ( $\mu\text{g}$ ) (3)	Vit K
Bayi	0,0 – 0,5	420	10	3	12
	0,5 – 1,0	400	10	4	10–20
Anak-anak	1 – 3	400	10	5	15–30
	4 – 6	500	10	6	20–40
	7 – 10	700	10	7	30–60
Laki-laki	11 – 14	1.000	10	8	50–100
	15 – 18	1.000	10	10	50–100
	19 – 22	1.000	70,5	10	70–140
	23 – 50	1.000	5	10	70–140
	51+	1.000	5	10	70–140
Wanita	11 – 14	800	10	8	50–100
	15 – 18	800	10	8	50–100
	19 – 22	800	70,5	8	50–100
	23 – 50	800	5	8	70–140
	51+	800	5	8	70–140
Ibu hamil		+ 200	+ 5	+ 2	70–140
Ibu menyusui		+140	+ 5	+ 3	70–140

Keterangan:

- (1) Retinol equivalents. 1 retinol ekivalen = 1 µg retinol = 6 µg Beta-karoten
- (2) Sebagai kolekalsiferol. 10 µg kolekalsiferol = 400 IU vitamin D
- (3) Alpha-tocopherol equivalents. 1 mg d-a-tokoferol = 1 a - TE

Sumber: Guthrie (1986)

Magnesium (Mg), Natrium (Na), dan Kalium (K) termasuk mineral mikro yang cukup banyak terdapat dalam tubuh. Mg berperan dalam berbagai reaksi enzimatik, antara lain enzim-enzim yang berkaitan dengan metabolisme glukosa anaerobik, siklus Krebs, oksidasi asam lemak, hidrolisis pirofosfat dan pengaktifan asam lemak. Kekurangan Mg pada hewan percobaan menyebabkan perubahan pada syaraf otot, pertumbuhan terhambat dan kalsifikasi ginjal.

Natrium dan kalium merupakan elektrolit utama dalam tubuh. Na merupakan elektrolit utama cairan di luar sel, sedangkan K elektrolit utama cairan di dalam sel. Sumber utama Na dari makanan adalah garam dapur (NaCl). Konsumsi NaCl yang berlebihan dapat membahayakan kesehatan tubuh. Konsumsi yang setara dengan 3 g per kg berat badan dapat mengakibatkan kematian. Terdapat hubungan yang erat antara garam dapur dengan penyakit tekanan darah tinggi.

Tabel 1.13.

RDA vitamin larut air untuk berbagai golongan umur dan jenis kelamin

Kategori/ Umur (th)	Vit C (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)	Niasin (mg NE)	B6 (mg)	Folacin (µg)	B12 (µg)	Biotin (µg)	Asam panto- tenat
Bayi :									
0,0 – 0,5	35	0,3	0,4	6	0,3	30	0,5	35	2
0,5 – 1,0	35	0,5	0,6	8	0,6	45	1,5	50	3
Anak:									
1 – 3	45	0,7	0,8	9	0,9	100	2,0	65	3
4 – 6	45	0,9	1,0	11	1,3	200	2,5	85	3 – 4
7 – 10	45	1,2	1,4	16	1,6	300	3,0	120	4 – 5
Laki-laki:									
11 – 14	50	1,4	1,6	18	1,8	400	3,0	100-200	4 – 7
15 – 18	60	1,4	1,7	18	2,0	400	3,0	100-200	4 – 7

Kategori/ Umur (th)	Vit C (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)	Niasin (mg NE)	B6 (mg)	Folasin (µg)	B12 (µg)	Biotin (µg)	Asam panto- tenat
19 – 22	60	1,5	1,7	19	2,2	400	3,0	100-200	4 – 7
23 – 50	60	1,4	1,6	18	2,2	400	3,0	100-200	4 – 7
51+	60	1,2	1,4	16	2,2	400	3,0	100-200	4 – 7
Wanita :									
11 – 14	50	1,1	1,3	15	1,8	400	3,0	100-200	4 – 7
15 – 18	60	1,1	1,3	14	2,0	400	3,0	100-200	4 – 7
19 – 22	60	1,1	1,3	14	2,0	400	3,0	100-200	4 – 7
23 – 50	60	1,0	1,2	13	2,0	400	3,0	100-200	4 – 7
51+	60	1,0	1,2	13	2,0	400	3,0	100-200	4 – 7
Ibu hamil	+ 20	+ 0,4	+ 0,3	+ 2	+ 0,6	+400	+1,0	100-200	4 – 7
Ibu menyusui	+ 40	+ 0,5	+ 0,5	+ 5	+ 0,5	+100	+1,0	100-200	4 – 7

Sumber: Guthrie (1986).

Kalium lebih banyak terdapat di dalam sel; dari sekitar 175 g kalium yang terdapat di dalam tubuh, hanya sekitar 3 g yang berada di luar sel. Pengaturan K yang di luar sel ini terutama sangat penting dalam darah. Jika kadar K dalam darah naik 3 – 4 kali dari keadaan normal maka ada kemungkinan jantung berhenti bekerja sehingga dapat menyebabkan kematian. Konsumsi K yang tinggi dapat menurunkan tekanan darah.

Zat besi (Fe) merupakan komponen hemoglobin, mioglobin, sitokrom, serta enzim katalase dan peroksidase. Peranan zat besi pada umumnya berkaitan dengan proses respirasi dalam sel. Penyerapan zat besi dalam makanan oleh usus sangat rendah dan dipengaruhi oleh bentuk besi dalam makanan, serta terdapatnya zat-zat yang menghambat atau meningkatkan penyerapan. Besi “heme” yang berasal dari bahan pangan hewani lebih mudah diserap (sekitar 10 – 20%), sedangkan besi “non heme” (berasal dari bahan pangan nabati) lebih sulit diserap (hanya sekitar 1 – 5%). Zat-zat yang dapat menghambat penyerapan zat besi antara lain asam fitat, asam oksalat, dan tanin (terdapat dalam sereal, sayuran, kacang-kacangan, dan daun teh). Sedangkan protein, terutama protein hewani, dan vitamin C meningkatkan penyerapan zat besi.

Seng (Zn) merupakan zat gizi yang esensial. Zn berperan penting untuk bekerjanya lebih dari 70 macam enzim. Karena peranannya dalam sintesis DNA dan RNA serta protein, maka defisiensi Zn dapat menghambat proses pembelahan sel, pertumbuhan dan pemulihan jaringan.

Tabel 1.14.  
Kecukupan mineral yang dianjurkan di Indonesia

Golongan umur (th)	Berat Badan (kg)	Kecukupan per orang per hari				
		Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Besi (mg)	Seng (mg)	Iodium (mg)
0.5 – 1	8	300	200	10	5	50
1 – 3	11,5	500	250	10	10	70
4 – 6	16,5	500	350	10	10	100
7 – 9	23,0	500	400	10	10	120
Pria :						
10 – 12	30,0	600	400	10	15	150
13 – 15	40,0	600	400	18	15	150
16 – 19	53,0	600	500	18	15	150
20 – 59	55,0	500	500	8	15	150
>60	55,0	500	500	8	15	150
Wanita:						
10 – 12	32,0	600	350	10	15	150
13 – 15	42,0	600	400	18	15	150
16 – 19	45,0	600	400	24	15	150
20 – 59	47,0	500	450	28	15	150
>60	47,0	500	450	8	15	150
Tambahan untuk:						
Wanita hamil		+ 200	+ 200	+ 2	+ 5	+ 25
Wanita menyusui		+ 300	+ 300	+ 4	+ 10	+ 50

Sumber: Karyadi dan Muhilal (1986)

Iodium merupakan mineral yang diperlukan tubuh dalam jumlah yang relatif sangat kecil, tetapi mempunyai peranan yang sangat penting, yaitu

untuk pembentukan hormon tiroksin. Hormon tiroksin ini sangat berperan dalam metabolisme di dalam tubuh. Kekurangan iodium dimanifestasikan dengan membesarnya kelenjar gondok.

Tabel 1.15.  
RDA beberapa jenis mineral (makro dan mikro) untuk berbagai golongan umur dan jenis kelamin

Kategori/ Umur (thn)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Magnesium (mg)	Besi (mg)	Seng (mg)	Iodium (mg)
Bayi:						
1,0 – 0,5	360	240	50	10	3	40
0,5 – 1,0	540	360	70	15	5	50
Anak:						
1 – 3	800	800	150	15	10	70
4 – 6	800	800	200	10	10	90
7 – 10	800	800	250	10	10	120
Laki-laki:						
11 – 14	1.200	1.200	350	18	15	150
15 – 18	1.200	1.200	400	18	15	150
19 – 22	800	800	350	10	15	150
23 – 50	800	800	350	10	15	150
51+	800	800	350	10	15	150
Wanita :						
11 – 14	1.200	1.200	300	18	15	150
15 – 18	1.200	1.200	300	18	15	150
19 – 22	800	800	300	18	15	150
23 – 50	800	800	300	18	15	150
51+	800	800	300	10	15	150
Ibu hamil	+ 400	+ 400	+ 150		+ 5	+ 25

Kategori/ Umur (thn)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Magnesium (mg)	Besi (mg)	Seng (mg)	Iodium (mg)
Ibu menyusui	+ 400	+ 400	+ 150		+ 10	+ 50

Sumber: Guthrie (1986)

Defisiensi yang berlanjut dapat menyebabkan kekerdilan (kretinism) dan keterbelakangan mental.

Seperti halnya dengan vitamin, kebutuhan tubuh akan mineral spesifik ditentukan dengan menggunakan hewan percobaan yang diberi variasi dosis mineral. Dosis minimal yang tidak mengakibatkan timbulnya gejala defisiensi, digunakan untuk menetapkan angka kebutuhan. Pada Tabel 1.14 disajikan angka kecukupan beberapa jenis mineral yang dianjurkan di Indonesia, sedangkan data RDA untuk kebutuhan mineral diberikan dalam tiga tabel, masing-masing Tabel 1.15 untuk beberapa mineral makro dan mikro, Tabel 1.16 untuk elektrolit (Na, K dan Cl), sedangkan Tabel 1.17 untuk “trace elements”.

Tabel 1.16.  
RDA elektrolit (Na, K dan Cl) untuk berbagai golongan umur

Kategori	Umur (thn)	Natrium (mg)	Kalium (mg)	Klorida (mg)
Bayi	0,0 – 0,5	115 – 300	350 – 925	275 – 700
	0,5 – 1,0	250 – 750	425 – 1.275	400 – 1200
Anak-anak dan remaja	1 – 3	325 – 975	550 – 1.650	500 – 1.500
	4 – 6	450 – 130	775 – 2.325	700 – 2.100
	7 – 10	600 – 1.800	1.000 – 3.000	925 – 2.775
	11+	900 – 2.700	1.525 – 4.575	1.400 – 4.200
Dewasa		1.100 – 3.300	1.875 – 5.625	1.700 – 5.100

Sumber: Guthrie (1986)

Tabel 1.17.  
RDA untuk "trace element" untuk berbagai golongan umur

Kategori Umur (thn)	Cu (mg)	Mn (mg)	F (mg)	Cr (mg)	Se (mg)	Mo (mg)
Bayi:						
0,0 – 0,5	0,0-0,7	0,5-0,7	0,1-0,5	0,01-0,04	0,01-0,04	0,03-0,06
0,5 – 1,0	0,7-1,0	0,7-1,0	0,2-1,0	0,02-0,06	0,02-0,02	0,04-0,08
Anak :						
1 – 3	1,0-1,5	1,0-1,5	0,5-1,5	0,02-0,08	0,02-0,08	0,05-0,10
4 – 6	1,5-2,0	1,5-2,0	1,0-2,5	0,03-0,12	0,03-0,12	0,06-0,15
7 – 10	2,0-2,5	2,0-3,0	1,5-2,5	0,05-0,20	0,05-0,20	0,10-0,30
11+	2,0-3,0	2,5-5,0	1,5-2,5	0,05-0,20	0,05-0,20	0,15-0,50
Dewasa	2,0-3,0	2,5-5,0	1,5-4,0	0,05-0,20	0,05-0,20	0,15-0,50

Sumber: Guthrie (1986)



## LATIHAN

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

- 1) Mengapa vitamin dan mineral disebut sebagai zat-zat gizi esensial?

- 2) Disebutkan bahwa vitamin dan mineral dari makanan tidak mengalami pencernaan; jelaskan apa yang terjadi dalam saluran pencernaan dalam hal ini!
- 3) Mengapa untuk penyerapan vitamin-vitamin ADEK diperlukan keberadaan minyak/lemak dalam usus?
- 4) Jelaskan fungsi vitamin B1, B2, B12 dan asam folat, masing-masing!
- 5) Jelaskan hubungan antara vitamin C dengan zat besi!
- 6) Jelaskan fungsi vitamin-vitamin A, D, E, dan K, masing-masing!
- 7) Terangkan bagaimana kecukupan konsumsi vitamin ditetapkan!
- 8) Sebutkan mineral-mineral yang termasuk dalam golongan mineral makro, mineral mikro, dan “trace elements”, masing-masing!
- 9) Jelaskan fungsi mineral kalsium dan fosfor, masing-masing!
- 10) Jelaskan fungsi mineral magnesium, natrium, dan kalium, masing-masing!
- 11) Jelaskan fungsi mineral besi, seng, dan iodium, masing-masing!
- 12) Terangkan bagaimana kecukupan konsumsi mineral ditetapkan!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk dapat menjawab soal-soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 3.



## RANGKUMAN

---

1. Vitamin dan mineral merupakan zat-zat gizi yang esensial karena tubuh tidak dapat mensintesisnya sehingga harus disuplai dari makanan yang dikonsumsi.
2. Vitamin dan mineral tidak mengalami pencernaan di dalam saluran pencernaan, tetapi proses pencernaan makanan akan membebaskan kedua macam zat gizi mikromolekul tersebut dari keterikatannya pada zat gizi makromolekul sehingga akhirnya vitamin dan mineral tersebut dapat diserap oleh usus halus dan masuk ke dalam tubuh.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pencernaan makanan akan mempengaruhi jumlah vitamin dan mineral yang dapat diserap oleh tubuh. Khusus untuk vitamin-vitamin larut lemak (A, D, E, K), untuk penyerapannya diperlukan keberadaan lemak/minyak di dalam usus.

4. Vitamin dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu yang larut dalam air (vitamin B kompleks dan vitamin C) dan yang larut dalam minyak/lemak (A, D, E, dan K).
5. Vitamin B1 (tiamin) berperan dalam metabolisme karbohidrat untuk pembentukan energi (sebagai ko-enzim). Kekurangan vitamin B1 dapat menimbulkan kurang nafsu makan, cepat merasa lelah, kerusakan pembuluh darah, sel syaraf, dan menimbulkan penyakit beri-beri.
6. Vitamin B2 (riboflavin) berperan dalam metabolisme karbohidrat, asam amino dan asam lemak, yaitu sebagai ko-enzim dari flavin enzim. Kekurangan vitamin B2 dapat menimbulkan rasa lelah, ketidakmampuan untuk bekerja, dan perubahan bibir pada bagian yang kulitnya keras. Kekurangan yang berlanjut dapat mengurangi ketajaman penglihatan dan mata cepat lelah.
7. Kekurangan vitamin B12 dan asam folat dapat menyebabkan timbulnya anemia. Sebagian anemia gizi pada wanita hamil disebabkan karena kekurangan asam folat.
8. Vitamin C berperan dalam pembentukan substansi antarsel berbagai jaringan, serta meningkatkan daya tahan tubuh, meningkatkan aktivitas pagositas sel darah putih, dan meningkatkan absorpsi zat besi dalam usus serta transportasi zat besi dari transferrin dalam darah ke ferritin dalam sumsum tulang, hati, dan limfa.
9. Vitamin A berguna untuk pertumbuhan, penglihatan, reproduksi, dan pemeliharaan sel epitel. Selain vitamin A dari bahan pangan hewani, tubuh dapat juga menggunakan pro-vitamin A (karoten) dari bahan pangan nabati yang terlebih dahulu akan diubah dalam tubuh menjadi vitamin A. Karoten yang berasal dari sayuran dan buah-buahan diperkirakan sepertiganya dapat diserap oleh tubuh, dan setengah dari yang diserap tersebut dapat dikonversikan menjadi vitamin A.
10. Vitamin D berperan dalam penyerapan dan metabolisme kalsium dan fosfor, serta dalam pembentukan tulang dan gigi. Tubuh manusia mampu mensintesis vitamin D dari 7-dehidrokolesterol dengan pertolongan sinar ultra violet yang berasal dari sinar matahari yang mengenai kulit.
11. Vitamin E berperan sebagai anti-oksidan untuk berbagai senyawa yang larut dalam lemak, misalnya vitamin A dan asam lemak tidak jenuh. Kerusakan saluran darah dan perubahan permeabilitas saluran kapiler pada kasus kekurangan vitamin E, mungkin berhubungan dengan peranannya sebagai antioksidan. Pada hewan betina, defisiensi vitamin E dapat menyebabkan resorpsi janin (keguguran).

Kenyataan ini telah diinterpretasikan bahwa kekurangan vitamin E dapat menimbulkan sterilitas.

12. Vitamin K berperan dalam sistem pembekuan darah. Sebagian dari vitamin K yang dibutuhkan tubuh dihasilkan oleh mikroflora dalam usus.
13. Penetapan jumlah vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh biasanya dilakukan dengan menggunakan hewan percobaan, di mana hewan tersebut diberi vitamin dengan dosis yang bervariasi. Kemudian dilihat dosis mana yang menimbulkan gejala defisiensi. Dari percobaan tersebut jumlah kebutuhan ditetapkan berdasarkan dosis minimal yang tidak menimbulkan defisiensi.
14. Mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dapat digolongkan menjadi: (1) mineral makro, misalnya Ca, P, Mg, Na, dan K, (2) mineral mikro, misalnya Fe, Zn, dan I, serta (3) *trace elements*, misalnya Cu, Se, Co, F, Si, Mn, Cr, As, Mb, dan Ni.
15. Kalsium (Ca) merupakan mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh. Lebih dari 90% kalsium terdapat dalam tulang. Ekskresi Ca dalam urin dipengaruhi oleh tingkat konsumsi protein, yaitu makin banyak protein yang dikonsumsi, makin tinggi jumlah Ca yang diekskresikan dalam urin.
16. Fosfor (P) merupakan mineral kedua terbanyak dalam tubuh setelah Ca. Sekitar 85% dari jumlah P yang terdapat, ditemukan dalam tulang. Hampir semua elemen penting seperti DNA, RNA, dan ATP.
17. Magnesium (Mg) berperan dalam berbagai reaksi enzimatik, antara lain enzim-enzim yang berkaitan dengan metabolisme glukosa anaerobik, siklus Krebs, oksidasi asam lemak, hidrolisis pirofosfat, dan pengaktifan asam lemak.
18. Natrium dan kalium merupakan elektrolit utama dalam tubuh. Na merupakan elektrolit utama cairan di luar sel, sedangkan K elektrolit utama cairan di dalam sel. Sumber utama Na dari makanan adalah garam dapur (NaCl). Terdapat hubungan yang erat antara garam dapur dengan penyakit tekanan darah tinggi.
19. Kalium lebih banyak terdapat di dalam sel; dari sekitar 175 g kalium yang terdapat di dalam tubuh, hanya sekitar 3 g yang berada di luar sel. Konsumsi K yang tinggi dapat menurunkan tekanan darah.
20. Zat besi (Fe) merupakan komponen hemoglobin, mioglobin, sitokrom, serta enzim katalase dan peroksidase. Peranan zat besi pada umumnya berkaitan dengan proses respirasi dalam sel. Penyerapan zat besi dalam makanan oleh usus sangat rendah dan dipengaruhi oleh bentuk besi dalam makanan, serta terdapatnya zat-zat yang menghambat atau meningkatkan penyerapan.

21. Besi “heme” yang berasal dari bahan pangan hewani lebih mudah diserap (sekitar 10 – 20%), sedangkan besi “non heme” (berasal dari bahan pangan nabati) lebih sulit diserap (hanya sekitar 1 – 5%). Zat-zat yang dapat menghambat penyerapan zat besi, antara lain asam fitat, asam oksalat, dan tanin (terdapat dalam sereal, sayuran, kacang-kacangan, dan daun teh). Sedangkan protein, terutama protein hewani, dan vitamin C meningkatkan penyerapan zat besi.
22. Seng (Zn) merupakan zat gizi yang esensial. Zn berperan penting untuk bekerjanya lebih dari 70 macam enzim. Karena peranannya dalam sintesis DNA dan RNA serta protein maka defisiensi Zn dapat menghambat proses pembelahan sel, pertumbuhan, dan pemulihan jaringan.
23. Iodium merupakan mineral yang diperlukan tubuh dalam jumlah yang relatif sangat kecil, tetapi mempunyai peranan yang sangat penting, yaitu untuk pembentukan hormon tiroksin. Hormon tiroksin ini sangat berperan dalam metabolisme di dalam tubuh. Kekurangan iodium dimanifestasikan dengan membesarnya kelenjar gondok. Defisiensi yang berlanjut dapat menyebabkan kekerdilan (kretinisme) dan keterbelakangan mental.
24. Seperti halnya dengan vitamin, kebutuhan tubuh akan mineral spesifik ditentukan dengan menggunakan hewan percobaan yang diberi variasi dosis mineral. Dosis minimal yang tidak mengakibatkan timbulnya gejala defisiensi, digunakan untuk menetapkan angka kebutuhan.



### TES FORMATIF 3

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Defisiensi vitamin ini dapat menimbulkan beri-beri adalah ....
  - A. vitamin B2
  - B. vitamin B12
  - C. vitamin B1
  - D. asam folat
- 2) Defisiensi vitamin ini dapat menimbulkan anemia megaloblastik adalah ....
  - A. vitamin B2
  - B. vitamin B12
  - C. vitamin B1

- D. asam folat
- 3) Vitamin ini dapat meningkatkan penyerapan zat besi dalam usus adalah ....
- A. vitamin A
  - B. vitamin B2
  - C. vitamin C
  - D. vitamin D
- 4) Rabun senja disebabkan karena kekurangan ....
- A. vitamin A
  - B. vitamin B2
  - C. vitamin C
  - D. vitamin D
- 5) Vitamin ini berfungsi pada pembentukan tulang dan gigi adalah ....
- A. vitamin A
  - B. vitamin B2
  - C. vitamin C
  - D. vitamin D
- 6) Konsumsi protein yang berlebihan akan meningkatkan ekskresi mineral ini dalam urine adalah ....
- A. Kalium (K)
  - B. Kalsium (Ca)
  - C. Natrium (Na)
  - D. Magnesium (Mg)
- 7) Mineral ini antara lain berfungsi untuk membentuk sel darah merah adalah ....
- A. Seng (Zn)
  - B. Selenium (Se)
  - C. Besi (Fe)
  - D. Fosfor (P)
- 8) Mineral ini antara lain berfungsi dalam sintesis RNA, DNA dan protein adalah ....
- A. Seng (Zn)
  - B. Selenium (Se)

- C. Besi (Fe)  
D. Fosfor (P)
- 9) Konsumsi mineral ini secara berlebihan dapat menimbulkan hipertensi adalah ....  
A. Kalium (K)  
B. Kalsium (Ca)  
C. Natrium (Na)  
D. Magnesium (Mg)
- 10) Kekurangan mineral ini dapat menimbulkan kekerdilan dan keterbelakangan mental adalah ....  
A. Tembaga (Cu)  
B. Iodium (I)  
C. Chromium (Cr)  
D. Mangan (Mn)

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{10} \times 100\%$$

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 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) A
- 2) A
- 3) A
- 4) C
- 5) D
- 6) C
- 7) C
- 8) C
- 9) C
- 10) C

### *Tes Formatif 2*

- 1) B
- 2) C
- 3) B
- 4) A
- 5) A
- 6) D
- 7) C
- 8) A
- 9) D
- 10) C

### *Tes Formatif 3*

- 1) C
- 2) B
- 3) C
- 4) A
- 5) D
- 6) B
- 7) C
- 8) A
- 9) C
- 10) B

## Daftar Pustaka

- Deddy Muchtadi, (1993). *Pengantar Ilmu Gizi*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, FATETA. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Deddy Muchtadi, (1993). *Teknik Evaluasi Nilai Gizi Protein*. Program Studi Ilmu Pangan. Bogor: Program Pascasarjana-IPB.
- Guthrie, H.A. (1986). *Introductory Nutrition*. St. Louis: The CV Mosby Co.
- Harper, H.A. V.W. Rodwell dan P.A. Mayes. (1977). *Review of Physiological Chemistry*. 16th ed. California: Lange Medical Publ.
- Karyadi, D dan Muhilal. (1985). *Kecukupan Gizi yang Dianjurkan*. Jakarta: Gramedia.
- Pike, R.L. dan M.L. Brown. (1984). *Nutrition, an Integrated Approach*. 3rd ed. New York: Jauh Wiley & Sons.
- Swaminathan, M. (1974). *Essentials of Food and Nutrition*. Vol. I. Fundamental Aspects. Madras: Ganesh & Co.