

# DIKTAT

---

## DASAR-DASAR ILMU GIZI

### SUB TEMA:

KONSEP DASAR KEBUTUHAN ENERGI,  
KESEIMBANGAN ENERGI-ASUPAN,  
VITAMIN LARUT LEMAK DAN AIR,  
MINERAL MAKRO DAN MIKRO

Disusun Oleh:

Dr. Erry Yudhya Mulyani, S.Gz, M.Sc

## KATA PENGANTAR

Dengan Rahmat Allah SWT Diktat Dasar-dasar Ilmu Gizi dengan Subtema: Konsep dasar Kebutuhan Energi, Keseimbangan Energi-Asupan, Vitamin Larut Lemak-Air, Mineral Makro dan Mikro.

Adapun Diktat ini dipergunakan untuk membantu mahasiswa/i dalam memahami materi perkuliahan dasar-dasar ilmu gizi. Dengan harapan diktat ini dapat menjadi acuan dasar dalam perkuliahan dan mahasiswa/i dapat memperkaya dengan mendapatkan materi dari berbagai sumber.

Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak Program Studi Ilmu Gizi, Universitas Esa Unggul. Semoga Diktat ini dapat bermanfaat kedepan.

Terima kasih

Penulis

## DAFTAR ISI

Bab I. Energi	Hal 1
Bab II. Vitamin Larut Lemak	18
Bab III. Vitamin Larut Air (1)	40
Bab IV. Vitamin Larut Air (2)	50
Bab V. Vitamin Larut Air (3) dan Keseimbangan Air	63
Bab VI. Makro Mineral dan AKG	85
Bab VII. Mikro Mineral	106
Daftar Pustaka	133

# BAB I

## ENERGI

### **Pendahuluan**

Makronutrien dan alkohol adalah sumber energi yang kaya; Energi yang mereka berikan adalah baik dalam bentuk yang dapat digunakan sel maupun dalam jumlah yang dibutuhkan untuk menjalankan ribuan reaksi kimia yang terjadi setiap hari di tubuh manusia. Dalam tubuh pasti ada proses penghancuran senyawa penghasil energi untuk melepaskan dan mengubah energi kimianya menjadi bentuk yang bisa digunakan tubuh. Proses itu adalah metabolisme energi – rangkaian reaksi bahan kimia pengubah energi yang rumit. Metabolisme energi terjadi di semua sel setiap saat setiap hari sepanjang hidup; proses ini paling lambat terjadi saat kita istirahat dan tercepat saat kita aktif secara fisik.

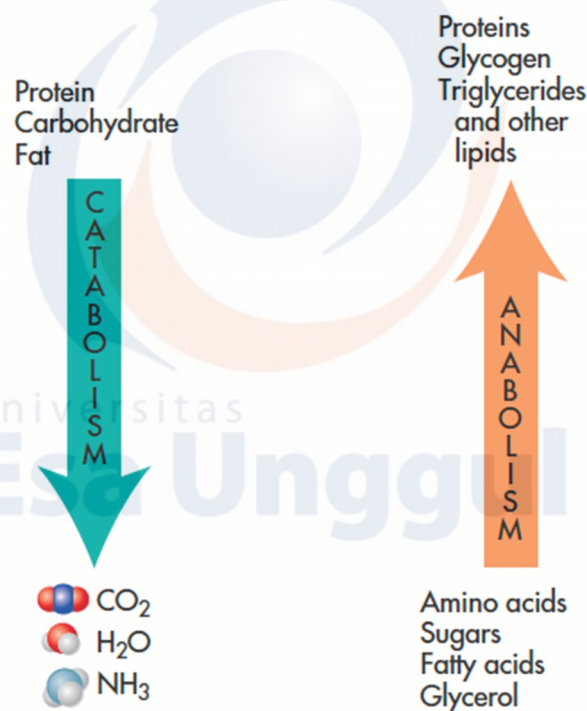
Memahami metabolisme energi menjelaskan bagaimana karbohidrat, protein, lemak, dan alkohol saling terkait dan bagaimana mereka berfungsi sebagai bahan bakar untuk sel-sel tubuh. Dalam bab ini, Anda akan melihat bagaimana makronutrien dan alkohol dimetabolisme dan menemukan mengapa protein dapat diubah menjadi glukosa tetapi kebanyakan asam lemak tidak bisa. Mempelajari jalur metabolisme energi di dalam sel juga menentukan hubungannya dengan peran vitamin dan mineral. Seperti yang akan Anda lihat di bab ini dan bab selanjutnya, banyak mikronutrien berkontribusi pada aktivitas enzim yang mendukung reaksi metabolisme di dalam sel. Jadi, baik makronutrien dan mikronutrien diperlukan untuk proses metabolisme dasar.

### **Metabolisme: Reaksi Kimiawi dalam Tubuh**

Metabolisme mengacu pada seluruh jaringan proses kimiawi yang terlibat dalam pemeliharaan kehidupan. Ini mencakup semua urutan reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh. Beberapa reaksi biokimia ini memungkinkan kita untuk melepaskan dan menggunakan energi dari karbohidrat, lemak, protein, dan alkohol. Mereka juga mengizinkan kita untuk mensintesis satu zat dari yang lain dan menyiapkan produk

limbah untuk ekskresi. Sekelompok reaksi biokimia yang terjadi berkembang dari awal sampai akhir disebut jalur metabolisme. Senyawa yang terbentuk di salah satu dari banyak langkah di jalur metabolisme disebut perantara.

Semua jalur yang terjadi di dalam tubuh dapat dikategorikan sebagai anabolic atau katabolik. Jalur anabolik menggunakan senyawa kecil dan sederhana untuk membangun senyawa kompleks (Gambar 1). Tubuh manusia menggunakan senyawa, seperti glukosa, lemak asam, kolesterol, dan asam amino, sebagai bahan penyusun untuk mensintesis senyawa baru, seperti glikogen, hormon, enzim, dan protein lainnya, untuk menjaga fungsi tubuh dan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan normal. Misalnya untuk membuat glikogen (tempat penyimpanan bentuk karbohidrat), dengan menghubungkan banyak unit glukosa gula sederhana.



*Figure 9-1* Anabolism relies on catabolism to provide the energy (ATP) required to build compounds.

### Gambar 1. Anabolisme dan Katabolisme

Sumber : Byrd-Bredbenner et.al. 2007

Energi digunakan saat jalur anabolik berlangsung. Sebaliknya, jalur katabolic memecah senyawa kompleks menjadi unit-unit kecil. Glikogen molekul yang dibahas dalam contoh anabolisme dipecah menjadi banyak molekul glukosa ketika kadar glukosa darah turun. Kemudian, katabolisme glukosa ini menghasilkan pelepasan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Energi yang dilepaskan selama katabolisme: beberapa digunakan untuk penggunaan sel dan sisanya hilang sebagai panas.

### Energi untuk Sel

Sel menggunakan energi untuk tujuan berikut: membangun senyawa, mengontraksikan otot, menghantarkan impuls saraf, dan ion pemompaan (mis., melintasi membran sel). Energi ini berasal dari reaksi katabolik yang memutus ikatan kimia antara atom dalam karbohidrat, lemak, protein, dan alkohol. Misalnya selama fotosintesis tanaman menggunakan energi matahari untuk membuat glukosa dan lainnya senyawa organik (mengandung karbon).

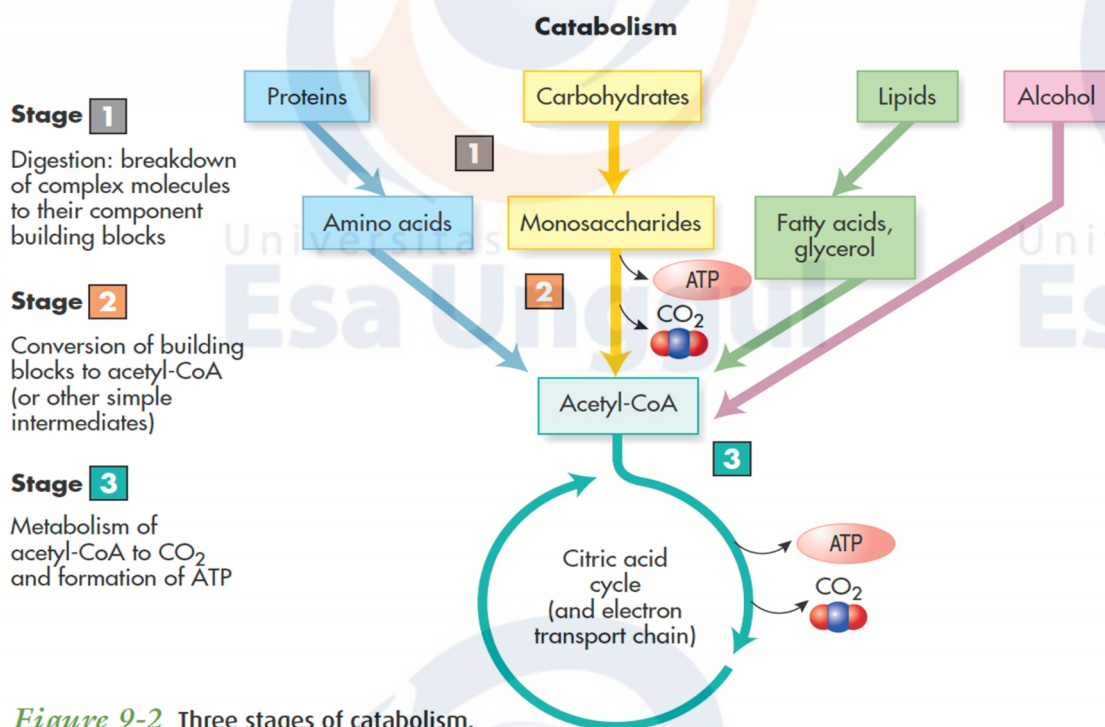


Figure 9-2 Three stages of catabolism.

Gambar 2. Tahapan katabolisme

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

Reaksi kimia dalam fotosintesis membentuk senyawa yang mengandung lebih banyak energi daripada bahan penyusun yang digunakan - karbon dioksida dan air. Hampir semua organisme menggunakan matahari - baik secara tidak langsung, seperti yang kita lakukan, atau secara langsung - sebagai sumber energi tanaman. Rangkaian reaksi katabolik yang menghasilkan energi untuk sel tubuh dimulai dengan pencernaan dan berlanjut ketika monosakarida, asam amino, asam lemak, gliserol, dan alkohol dikirim melalui serangkaian jalur metabolisme, yang akhirnya menjebak sebagian energi mereka yang disebut adenosin trifosfat (ATP) - bentuk utama energi yang digunakan tubuh. Panas, karbon dioksida, dan air juga hasil dari jalur katabolik ini. Panasnya diproduksi membantu menjaga suhu tubuh. Tanaman dapat menggunakan karbon dioksida dan air untuk menghasilkan glukosa dan oksigen melalui fotosintesis.

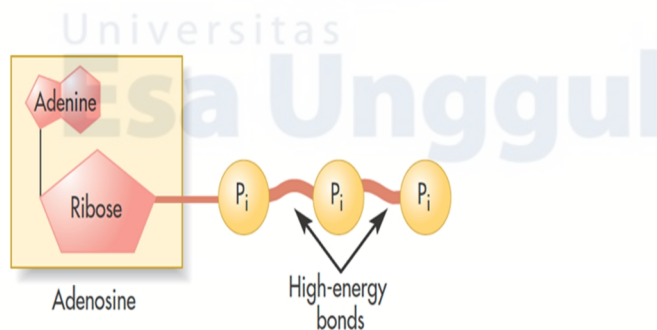
#### *Adenosine Triphosphate (ATP)*

Hanya energi dalam ATP dan senyawa terkait yang dapat digunakan secara langsung oleh sel. Sebuah molekul ATP terdiri dari senyawa organik adenosin (terdiri dari adenin nukleotida dan gula ribosa) terikat pada 3 gugus fosfat (Gambar 3). Ikatan antara fosfat kelompok mengandung energi dan disebut ikatan fosfat berenergi tinggi. Hidrolisis dari ikatan energi tinggi akan melepaskan energi ini. Untuk melepaskan energi dalam ATP, sel memecah ikatan fosfat energi tinggi, yang menciptakan adenosin difosfat (ADP) ditambah Pi, bebas (anorganik) gugus fosfat. Hidrolisis ADP menghasilkan senyawa adenosin monofosfat (AMP) dalam reaksi otot mampu tampil selama latihan intens ketika ATP kekurangan pasokan ( $ADP + ADP \rightarrow ATP + AMP$ ). ATP dapat dibuat ulang dengan menambahkan fosfat kembali ke AMP dan ADP.

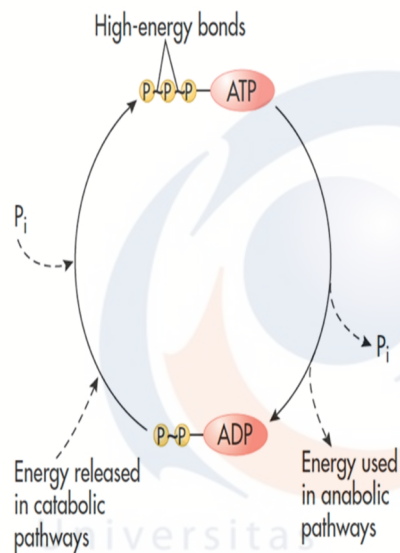
#### **Catatan:**

1. ATP adalah bentuk penyimpanan energi untuk penggunaan sel karena mengandung energi tinggi obligasi. Pi adalah singkatan dari anorganik kelompok fosfat.

- ATP menyimpan dan menghasilkan energi. ATP adalah keadaan energi tinggi; ADP adalah energi yang lebih rendah negara. Saat ATP dipecah menjadi ADP plus  $P_i$ , energi dilepaskan untuk penggunaan sel. Saat energi terjebak oleh ADP plus  $P_i$ , ATP dapat dibentuk.



*Figure 9-3* ATP is a storage form of energy for cell use because it contains high-energy bonds.  $P_i$  is the abbreviation for an inorganic phosphate group.



*Figure 9-4* ATP stores and yields energy. ATP is the high-energy state; ADP is the lower-energy state. When ATP is broken down to ADP plus  $P_i$ , energy is released for cell use. When energy is trapped by ADP plus  $P_i$ , ATP can be formed.

**Gambar 3. Bentuk ATP**

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

Setiap sel membutuhkan energi dari ATP untuk mensintesis senyawa baru (jalur anabolik), untuk mengontraksikan otot, untuk melakukan impuls saraf, dan untuk memompa ion melintasi membran. Jalur katabolik dalam sel melepaskan energi, yang memungkinkan ADP bergabung dengan  $P_i$  dan membentuk ATP. Setiap sel memiliki jalur untuk memecah dan mensintesis ulang ATP. Sebuah sel terus-menerus memecah ATP di satu situs sambil membangunnya kembali di situs lain. Daur ulang ATP ini merupakan strategi penting karena tubuh hanya mengandung

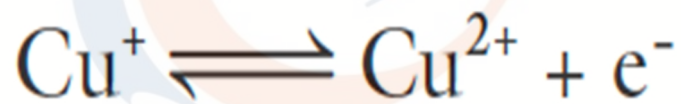


sekitar 100 g ATP pada waktu tertentu, tetapi orang dewasa yang tidak banyak bergerak menggunakannya 40 kg ATP setiap hari. Persyaratan meningkat lebih selama olahraga - selama 1 jam olahraga berat, tambahan 30 kg ATP digunakan. Pelari Amerika yang saat ini memegang rekor maraton putra diperkirakan menggunakan 65kg untuk menjalankan perlombaan.

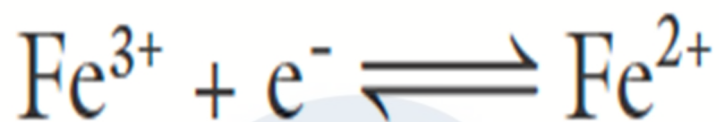
### *Reaksi Pengurangan Oksidasi: Proses Utama dalam Metabolisme Energi*

Sintesis ATP dari ADP dan Pi melibatkan transfer energi dari senyawa penghasil energi (karbohidrat, lemak, protein, dan alkohol). Proses ini menggunakan reaksi reduksi oksidasi, di mana elektron (bersama dengan hidrogen ion) ditransfer dalam serangkaian reaksi dari senyawa penghasil energi akhirnya menjadi oksigen. Reaksi ini membentuk air dan melepaskan banyak energi, yang dapat digunakan untuk menghasilkan ATP.

Suatu zat teroksidasi ketika kehilangan 1 atau lebih elektron. Misalnya, tembaga teroksidasi ketika kehilangan elektron:



Suatu zat berkurang ketika ia memperoleh 1 atau lebih elektron. Misalnya, zat besi berkurang ketika memperoleh elektron:



Pergerakan elektron mengatur proses reduksi oksidasi. Jika 1 elektron hilang (teroksidasi), zat lain harus mendapatkan elektron (direduksi). Proses ini terjadi

bersama-sama; yang satu tidak dapat terjadi tanpa yang lain. Pada contoh sebelumnya, elektron hilang oleh tembaga dapat diperoleh dengan besi, menghasilkan reaksi keseluruhan ini ;



Reaksi reduksi oksidasi yang melibatkan senyawa organik (yang mengandung karbon) agak lebih sulit untuk divisualisasikan. Dua aturan sederhana membantu mengidentifikasi apakah senyawa ini teroksidasi atau tereduksi:

1) Jika senyawa mendapatkan oksigen atau kehilangan hidrogen, itu telah teroksidasi. Dan 2) Jika kehilangan oksigen atau mendapatkan hidrogen, senyawa tersebut telah tereduksi. Enzim mengontrol reaksi reduksi oksidasi dalam tubuh. Dehidrogenase, salah satu kelas enzim, menghilangkan hidrogen dari senyawa penghasil energi dan hidrogen ini akhirnya disumbangkan ke oksigen untuk membentuk air.

Dalam prosesnya, sejumlah besar energi diubah menjadi ATP. Dua vitamin B, niacin dan riboflavin, membantu enzim dehidrogenase dan, pada gilirannya, berperan dalam mentransfer hidrogen dari senyawa penghasil energi ke oksigen dalam metabolisme jalur sel. Pada reaksi berikut, niacin berfungsi sebagai koenzim nikotinamida dinukleotida adenin (NAD). NAD ditemukan dalam sel baik dalam bentuk teroksidasi (NAD) dan bentuk tereduksi (NADH). Selama latihan intens (anaerobik), enzim laktat dehidrogenase membantu mengurangi piruvat (terbuat dari glukosa) untuk membentuk laktat.

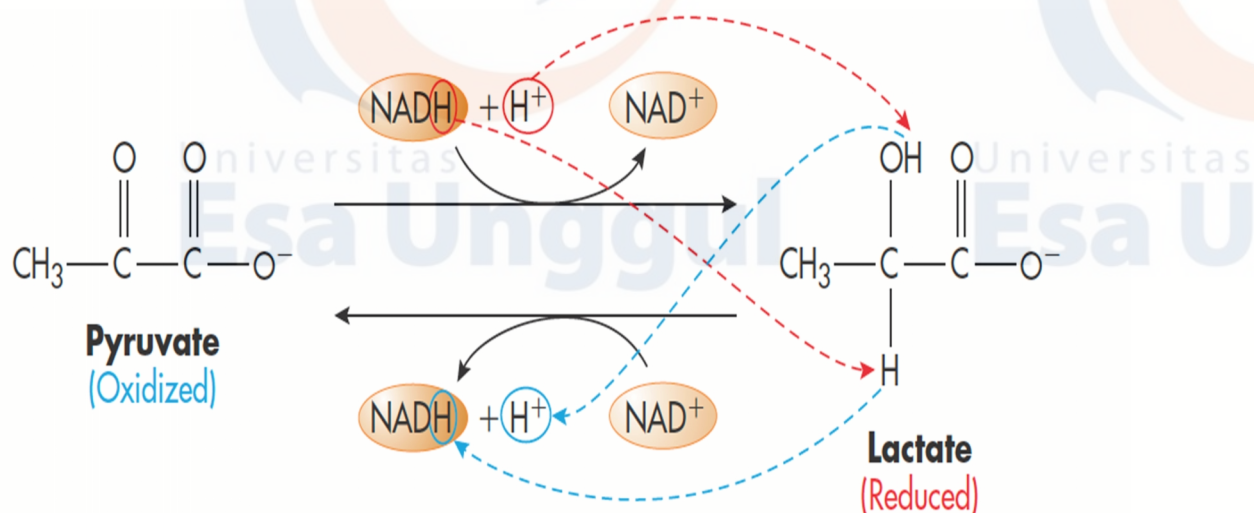
Selama reduksi, 2 hidrogen, diturunkan dari  $\text{NADH} + \text{H}^+$ , diperoleh. Laktat dioksidasi kembali menjadi piruvat dengan kehilangan 2 hidrogen.  $\text{NAD}^+$  adalah akseptor hidrogen. Yaitu, bentuk niasin yang teroksidasi ( $\text{NAD}^+$ ) dapat menerima 1 ion hidrogen dan 2 elektron menjadi  $\text{NADH} + \text{H}^+$  yang tereduksi  $\text{H}^+$ . (Tanda plus [+])

pada NAD<sup>+</sup> menunjukkan elektron memiliki 1 lebih sedikit daripada dalam bentuk tereduksi

ion hidrogen [H<sup>+</sup>] tetap bebas di dalam sel.) Dengan menerima 2 elektron dan 1 ion hidrogen, NAD<sup>+</sup> menjadi NADH + H<sup>+</sup>, tanpa muatan bersih pada koenzim.

*senyawa koenzim yang menggabungkan dengan protein tidak aktif, yang disebut apoenzim, untuk membentuk katalitik protein aktif, yang disebut holoenzim. Dengan cara ini, koenzim membantu enzim fungsi.*

Istilah antioksidan biasanya digunakan untuk mendeskripsikan suatu senyawa yang dapat menyumbang elektron kepada senyawa teroksidasi, menempatkannya ke keadaan yang lebih stabil. Senyawa teroksidasi cenderung sangat reaktif; mereka mencari elektron dari senyawa lain ke menstabilkan konfigurasi kimianya. Diet antioksidan, seperti vitamin E, akan mendonasikan elektron ke senyawa yang sangat reaktif ini, pada gilirannya, menempatkan senyawa teroksidasi ini menjadi keadaan yang kurang reaktif.



**Gambar 4. Pembentukan asam laktat**

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

Riboflavin memainkan peran serupa. Dalam bentuk teroksidasi, bentuk koenzim dikenal sebagai flavin adenine dinucleotide (FAD). Ketika direduksi (memperoleh 2

hidrogen, setara dengan 2 ion hidrogen dan 2 elektron), ini dikenal sebagai FADH<sub>2</sub>. Reduksi oksigen (O) menjadi air (H<sub>2</sub>O) adalah kekuatan pendorong utama bagi kehidupan karena sangat penting untuk cara sel mensintesis ATP. Dengan demikian, reaksi reduksi oksidasi adalah kunci kehidupan.

Keseimbangan energi dicapai ketika asupan energi sama dengan pengeluaran energi. Gangguan terhadap model homeostatis ini berdampak pada regulasi berat badan. Kelebihan energi bersih menyebabkan penambahan berat badan dan obesitas serta defisit energi bersih menyebabkan penurunan berat badan dan kekurangan berat badan. Metabolisme energi dalam keadaan berpuasa bergantung pada lamanya puasa, jenis makanan yang dikonsumsi sebelum puasa, dan simpanan energi tubuh yang tersedia. Metabolisme energi dalam keadaan diberi makan dimediasi oleh respons fase cephalic terhadap makanan, ukuran makanan, jenis makanan, struktur dan konsistensi, komposisi makanan, dan proses metabolisme yang diperlukan untuk mencerna, menyerap, dan menyimpan energi yang tertelan. Baik asupan energi dan simpanan energi tubuh memengaruhi aktivitas/olahraga terkait pengeluaran energi. manusia, terutama orang dewasa.

Energi dikeluarkan oleh tubuh untuk mempertahankan gradien elektrokimia, molekul transportasi, mendukung biosintetik, menghasilkan pekerjaan mekanis yang dibutuhkan untuk respirasi dan sirkulasi darah, dan menghasilkan kontraksi otot. Sebagian besar proses biologis ini tidak bisa secara langsung memanfaatkan energi dari oksidasi yang mengandung energi substrat (terutama karbohidrat dan lemak dari makanan dan penyimpanan energi tubuh). Sebaliknya, energi yang dihasilkan dari oksidasi bahan bakar metabolik ditangkap oleh adenosin trifosfat (ATP) dalam bentuk ikatan energi tinggi. ATP adalah pembawa energi utama ke situs tubuh dan melepaskan energi yang dibutuhkan untuk pekerjaan kimia dan mekanik. Menggunakan energi itu menghasilkan panas, karbon dioksida, dan air, yang semuanya dieliminasi dari tubuh. Definisi dalam metabolisme energi, dan hubungan di antara konsumsi oksigen, produksi karbon dioksida dan pengeluaran energi, dan stoikiometri oksidasi nutrisi yang berbeda.

## DEFINISI METABOLISME ENERGI

**Kalori dan Joule:** Kalori adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 g H<sub>2</sub>O dari 14,5 menjadi 15,5 °C. Satu kilokalori (1 kkal) adalah 1000 kali lebih besar dari 1 kalori (1 kalori); 1 kalori setara dengan 4,184 joule (J); dan 1 kilokalori menjadi 4,184 kilojoule (kJ).

**Keseimbangan energi:** Dicapai ketika asupan energi sama dengan pengeluaran energi total (TEE) dan simpanan tubuh stabil. Seseorang dikatakan berada dalam keseimbangan energi positif ketika asupan energi melebihi TEE (dan akibatnya energi tubuh cadangan meningkat). Keseimbangan energi negatif terjadi ketika asupan energi kurang dari TEE dan simpanan energi tubuh mengurangi.

**Pengeluaran energi:** Jumlah energi yang digunakan oleh tubuh, dan setara dengan panas yang dilepaskan oleh hidrolisis adenosine triphosphate (ATP) menjadi adenosine diphosphate (ADP) atau adenosine monophosphate (AMP) dan anorganik fosfat (Pi).

**Metabolisme energi:** Istilah umum yang digunakan untuk secara kolektif menggambarkan beberapa jalur biokimia yang mengatur produksi dan penggunaan ATP dan ekivalen pereduksi. Pengaturan energi adalah proses di mana asupan energi dan pengeluaran energi diseimbangkan. Malnutrisi adalah istilah umum yang menunjukkan kekurangan gizi dan kelebihan gizi.

**Overnutrisi:** Terjadi ketika asupan energi melebihi pengeluaran energi dan mengakibatkan penumpukan lemak tubuh berlebih. Beberapa tingkat kelebihan gizi didefinisikan pada orang dewasa menggunakan indeks massa tubuh (BMI, berat dalam kilogram dibagi menurut tinggi dalam meter persegi, kg/m<sup>2</sup>) Kegemukan I = 25–29,9, Obesitas Kelas I = 30–34,9, Obesitas Kelas II = 35–39,9, Obesitas Kelas III ≥ 40,0 kg/m<sup>2</sup>. Pada anak-anak BMI berubah seiring perkembangan; Definisi BMI dari

kelebihan berat badan dan obesitas pada usia yang berbeda sekarang tersedia (lihat Cole et al., 2000; Roberts dan Dallal, 2001).

**Gizi kurang:** Terjadi ketika asupan energi kurang dari TEE selama periode waktu yang cukup lama, yang mengakibatkan secara klinis penurunan berat badan yang signifikan. Pada orang dewasa kekurangan gizi diklasifikasikan menggunakan BMI. BMI 18,5-24,9 dipertimbangkan normal, BMI 17-18,49 adalah kekurangan gizi ringan, BMI 16-16,99 adalah kekurangan gizi sedang, dan BMI <16 adalah kekurangan gizi parah. Pada anak-anak, kekurangan gizi diklasifikasikan menggunakan bobot-untuk-tinggi (atau panjang) indeks dan indeks tinggi-untuk-usia dengan nilai referensi yang diperoleh dari data WHO. Wasting didefinisikan sebagai berat rendah untuk tinggi, dengan <-1SD (yaitu -1 z -score) menjadi ringan, <-2 SD sedang, dan <-3 SD. Demikian pula, stunting dikaitkan dengan tinggi badan rendah untuk usia dengan <-1 SD ringan, <-2 SD sedang, dan <-3 SD.

**Tabel 1. Ukuran Substrat dari Oksidasi**

**TABLE 5.1** Substrate oxidation parameters. Relationships among  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , and energy expenditure for fat, protein, and carbohydrate<sup>a</sup>

Oxidation of 1g	O <sub>2</sub> required (L)	CO <sub>2</sub> produced (L)	RQ	Energy expended, kJ (kcal)/g	Energy equivalent <sup>1</sup> L O <sub>2</sub> , kJ (kcal)/L
Carbohydrate	827.7	827.7	1.000	17.5 (4.18)	21.1 (5.048)
Protein	1010.3	843.6	0.835	19.7 (4.70)	19.48 (4.655)
Fat	2018.9	1435.4	0.710	39.5 (9.45)	19.6 (5.682)
Ethanol	1459.4	977.8	0.670	29.7 (7.09)	20.3 (4.86)

<sup>a</sup>Carbohydrate is assumed to be starch; protein and fat are assumed to be mixed values found in typical human diets. Data from Livesey and Elia (1988).

**Tabel 2. Stoichiometri oksidasi dari zat-zat gizi spesifik**

**TABLE 5.2** Stoichiometry of oxidation of specific nutrients and high-energy bond production

$C_{16}H_{32}O_2 + 23 O_2$	$\rightarrow$	$16 CO_2 + 16 H_2O + 10,033 kJ (2398 kcal)$	$[+131-2 ATP = 129 ATP]$ (Palmitate)
$C_{4.6}H_{8.4}O_{1.8}N_{1.25} + 9.6 O_2$	$\rightarrow$	$0.6 UREA + 4.0 CO_2 + 2.9 H_2O + 2176 kJ (520 kcal)$	$[29-6 ATP = +23 ATP]$ (Protein)
$C_6H_{12}O_6 + 6.0 O_2$	$\rightarrow$	$6.0 CO_2 + 6.0 H_2O + 2803 kJ (670 kcal)$	$[+38-2 = +36 ATP]$ (Glucose)

Values are in moles.

Data from Kinney and Tucker (1992).

Produksi ATP relatif konstan variasi yang luas dalam ketersediaan zat gizi dari saluran pencernaan dengan keseimbangan insulin dan hormon pengatur kontra, seperti glukagon, glukokortikoid, adrenalin, dan hormon pertumbuhan. Hormon ini bersama-sama berfungsi untuk memfasilitasi penyimpanan yang cepat nutrisi yang masuk dari saluran gastrointestinal (Karbohidrat dalam bentuk glikogen di hati dan otot, dan lemak sebagai triasilgliserol dalam jaringan adiposa) dan mempertahankan tingkat sirkulasi dalam keadaan puasa dengan mobilisasi cadangan di dalam tubuh.

Hubungan erat antara metabolisme energi dan konsumsi oksigen berasal dari fakta bahwa oksigen diperlukan untuk mengubah makanan menjadi sumber energi yang dapat digunakan. Satu liter oksigen yang dikonsumsi menghasilkan kira-kira 5 kkal (20,92 kJ). Mengingat ada proporsionalitas antara  $VO_2$  dan sintesis ATP, dan karena masing-masing mol ATP yang disintesis disertai dengan jumlah panas tertentu, akan memungkinkan untuk menghitung produksi panas dari pengukuran  $VO_2$  saja. Namun, panas yang dihasilkan dengan penggunaan oksigen 1L agak bervariasi dengan bahan makanan yang dikonsumsi.

#### *Pengeluaran Energi di saat Puasa*

Pengeluaran energi diukur dalam refleksi keadaan puasa penggunaan energi tubuh untuk fungsi dasar seperti pemeliharaan gradien elektrokimia, pengangkutan molekul di sekitar tubuh, dan proses biosintesis, dan pengukuran penting dalam penelitian pengeluaran energi karena biasanya menyumbang 60-70% dari TEE. Dasarnya tingkat metabolisme adalah pengukuran energi standar pengeluaran dalam keadaan puasa, didefinisikan sebagai tingkat pengeluaran energi saat berbaring telentang di tempat tidur secara fisik dan istirahat mental 12-14 jam setelah makan terakhir (yaitu di keadaan postabsorptive) dan dalam kondisi termoneutral. Tingkat metabolisme

istirahat adalah pengukuran standar lainnya, yang mirip dengan BMR hanya saja kondisinya kurang kaku selama puasa semalam, dan postur itu mungkin berbeda (beberapa pengukuran dilakukan dalam posisi semi-miring daripada terlentang) dan termoneutralitas tidak dijamin. BMR dan RMR seringkali digunakan secara bergantian. Baik BMR dan RMR sangat tinggi berkorelasi dengan massa tubuh tanpa lemak, lebih dikenal sebagai massa bebas lemak (FFM), dan sebagian kecil dengan massa lemak.

**Tabel 3. Prediksi BMR**

**TABLE 5.3** Equations to predict BMR from body weight

Age range (years)	Basal metabolic rate	
	kcal/day	MJ/day
<i>Males</i>		
0-3	$60.9W - 54$	$0.255W - 0.226$
3-10	$22.7W + 495$	$0.0949W + 2.07$
10-18	$17.5W + 651$	$0.0732W + 2.72$
18-30	$15.3W + 679$	$0.0640W + 2.84$
30-60	$11.6W + 879$	$0.0485W + 3.67$
>60	$13.5W + 487$	$0.0565W + 2.04$
<i>Females</i>		
0-3	$61.0W - 51$	$0.255W - 0.214$
3-10	$22.5W + 499$	$0.0941W + 2.09$
10-18	$12.2W + 746$	$0.0510W + 3.12$
18-30	$14.7W + 496$	$0.0615W + 2.08$
30-60	$8.7W + 829$	$0.0364W + 3.47$
>60	$10.5W + 596$	$0.0439W + 2.49$

W, body weight in kg.  
Data from WHO (1985).

Terdiri dari rangkaian persamaan regresi linier sederhana memprediksi BMR untuk jenis kelamin dan kategori usia yang berbeda dari berat badan saja atau berat dan tinggi badan. Persamaan ini memiliki ketidakpastian prediksi  $\pm 7-10\%$  untuk nilai individu, dan digunakan secara luas. Meskipun persamaan seperti itu mungkin tidak cocok untuk populasi yang tidak biasa seperti sangat gemuk atau sangat tua, mereka memberikan dasar untuk memprediksi kebutuhan energi di populasi umum.

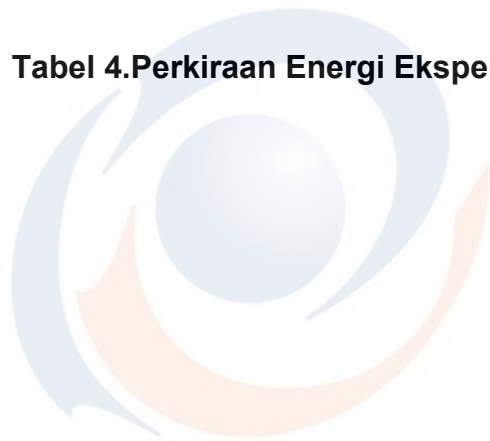


### *Pengeluaran Energi pada pencernaan makanan*

Efek termis dari pemberian makan, sebelumnya dikenal sebagai tindakan dinamis specific, adalah peningkatan pengeluaran energi di atas basal yang berhubungan dengan makan, mencerna, dan mengasimilasi makanan. Beberapa peningkatan energi pengeluaran yang terkait dengan pemberian makan dapat secara langsung dikaitkan untuk biaya metabolisme makan dan pencernaan dan proses terkait (disebut "termogenesis wajib"), sedangkan komponen lain dari peningkatan tampaknya karena aktivasi bersamaan dari saraf simpatis sistem (disebut "termogenesis fakultatif"). Komponen penting dari TEF (diperkirakan sebesar 50-75%) diarahkan ke termogenesis wajib komponen dan digunakan untuk pekerjaan seperti regenerasi ATP yang digunakan dalam pemrosesan dan penyimpanan tertelan nutrisi.

### *Aktivitas Pengeluaran Energi atau Pengeluaran Energi Kegiatan Fisik*

Komponen terakhir TEE adalah AEE atau PAEE, yang umumnya merupakan komponen terbesar kedua dari TEE dan sebagian besar variabel karena sebagian besar bersifat secara sukarela terkontrol. Komponen ini dengan demikian akan menjelaskan peningkatan proporsi TEE sebagai individu menjadi lebih aktif secara fisik. Pada orang yang tidak banyak bergerak, AEE atau PAEE mungkin hanya 15-20% dari TEE, sedangkan mungkin hingga 50-60% pada individu yang sangat aktif. Pada beberapa individu penting komponen AEE atau PAEE tidak sadar (mis. mencari, mempertahankan postur) dan disebut spontan aktivitas fisik (SPA). Itu kesulitan mengukur AEE atau PAEE menggunakan tradisional telah dibuat metode untuk menentukan pengeluaran energi ini komponen TEE yang paling tidak diukur secara akurat. Pengeluaran energi untuk berbagai aktivitas sangat bervariasi, dan nilai tipikal dirangkum dalam Tabel dibawah ini. Nilai ini untuk efek akut dari olahraga, dan itu juga menyadari bahwa olahraga kronis dapat berdampak pada energi pengeluaran yang melampaui jangka waktu Latihan mempengaruhi RMR dan TEF



Universitas  
**Esa Unggul**

**Tabel 4. Perkiraan Energi Ekspenditur**



Universitas  
**Esa Unggul**



Un<sup>15</sup>iversitas  
**Esa Unggul**

**TABLE 5.4** Approximate energy expenditure for individual activities (expressed as multiple of resting metabolic rate)<sup>a</sup>

Activity category and activity examples	Activity factor X (RMR)
<i>Resting</i> Sleeping, reclining	1.0
<i>Very light</i> Seated and standing activities, painting trades, driving, laboratory work, typing, sewing, ironing, cooking, playing cards, playing a musical instrument	1.5
<i>Light</i> Walking on a level surface at 2.5 to 3 mph, garage work, electrical trades, carpentry, restaurant trades, house-cleaning, child care, golf, sailing, table tennis	2.5
<i>Moderate</i> Walking 3.5 to 4 mph, weeding and hoeing, carrying a load, cycling, skiing, tennis, dancing	5.0
<i>Heavy</i> Walking with a load uphill, tree felling, heavy manual digging, basketball, climbing, football, soccer	7.0

<sup>a</sup>When reported as multiples of basal needs, the energy expenditures of males and females are similar.

Data from Durnin and Passmore (1967) and WHO (1985).

## Persyaratan Energi

TEE setara dengan kebutuhan energi untuk non-tumbuh individu, dan kebutuhan energi dapat didefinisikan sebagai (WHO, 1985):

*tingkat asupan energi yang akan menyeimbangkan pengeluaran energi ketika individu memiliki ukuran dan komposisi tubuh dan tingkat aktivitas fisik yang konsisten dengan kesehatan jangka panjang yang baik; dan itu akan memungkinkan untuk pemeliharaan secara ekonomi perlu dan fisik yang diinginkan secara social aktivitas. Pada anak-anak dan wanita hamil atau menyusui, kebutuhan energi mencakup kebutuhan energi yang terkait dengan pengendapan jaringan atau sekresi susu dengan kecepatan tertentu konsisten dengan kesehatan yang baik.*

Persyaratan mengacu pada kebiasaan atau asupan biasa selama jangka waktu tertentu, karena banyak manusia (terutama orang dewasa) tidak menjaga keseimbangan energi dari satu hari ke hari yang berikutnya tetapi lakukan selama beberapa hari atau bahkan selama beberapa minggu. Persyaratan energi setara dengan TEE ketika individu berada dalam "keseimbangan energi", yaitu tidak keduanya mendapatkan atau menghilangkan lemak tubuh, dan dalam hal ini energi total asupan akan setara dengan "asupan energi yang dapat dimetabolisme", merupakan energi yang secara metabolik tersedia untuk tubuh setelahnya kehilangan wajib dalam urin dan feses. Perkiraan dapat dimetabolisme kandungan energi lemak, protein, dan karbohidrat adalah 9 kkal (37,66 kJ/g), 4 kkal/g (16,74 kJ/g), dan 4 kkal/g (16,74 kJ/g), secara berturut-turut. Persamaan memprediksi kebutuhan energi manusia sepanjang umur dikembangkan oleh Institute of Medicine (2002) berdasarkan air berlabel ganda yang tersedia data, dan diringkas dalam Tabel dibawah ini.

## Tabel 5. Persyaratan Energi pada kehidupan manusia

TABLE 5.5 Energy requirements (ER) for humans throughout the lifecycle

	Males	Females
<i>Age group</i>	<i>ER</i>	<i>ER</i>
0–3 months	(89W-100) + 175	(same)
4–6 months	(89W-100) + 56	(same)
7–12 months	(89W-100) + 22	(same)
13–25 months	(89W-100) + 20	(same)
	Where W = weight in kg and the coefficients 20, 22, 56, 175 are estimated needs for energy deposition at these ages	
3–8 years	88.5-61.9A + PA(26.7W + 903H) + 20	135.3-30.8A = PA(10.0W + 934H) + 20
Where PA =	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1 < 1.4$ )	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1 < 1.4$ )
	1.13 if activity level is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )	1.16 if activity level is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )
	1.26 if activity level is active (PAL is $\geq 1.6 < 1.9$ )	1.31 if activity level is active (PAL is $\geq 1.6 < 1.9$ )
	1.42 if activity level is very active (PAL is $\geq 1.9 < 2.5$ )	1.56 if activity level is very active (PAL is $\geq 1.9 < 2.5$ )
9–18 years	88.5-61.9A + PA(26.7W + 903H) + 25	135.3-30.8A = PA(10.0W + 934H) + 25
Where PA =	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1 < 1.4$ )	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1 < 1.4$ )
	1.13 if activity level is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )	1.16 if activity level is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )
	1.26 if activity level is active (PAL is $\geq 1.6 < 1.9$ )	1.31 if activity level is active (PAL is $\geq 1.6 < 1.9$ )
	1.42 if activity level is very active (PAL is $\geq 1.9 < 2.5$ )	1.56 if activity level is very active (PAL is $\geq 1.9 < 2.5$ )
19+ years	662-9.53A + PA(15.91W + 539.6H)	354-6.91A + PA(9.36W + 726H)
Where PA =	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1.0 < 1.4$ )	1.00 if activity level is sedentary (PAL is $\geq 1.0 < 1.4$ )
	1.11 if activity is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )	1.12 if activity is low active (PAL is $\geq 1.4 < 1.6$ )
	1.25 if activity level is active (PAL $\geq 1.6 < 1.9$ )	1.27 if activity level is active (PAL $\geq 1.6 < 1.9$ )
	1.48 if activity level is very active (PAL $\geq 1.9 < 2.5$ )	1.45 if activity level is very active (PAL $\geq 1.9 < 2.5$ )

PAL, the physical activity level expressed as a ratio of total energy expenditure to basal or resting for the whole day.

W, weight, kg; H, height, inches; A, age, years; the coefficient 20 and 25 are the estimated energy needs for energy deposition at these ages (3–8 years, 9–18 years).

## **BAB II**

### **VITAMIN LARUT LEMAK**

#### **Pendahuluan**

Diantara zat gizi yang dibutuhkan banyak sekali fungsi fisiologis penting untuk kehidupan adalah vitamin. Tidak seperti zat gizi lainnya, vitamin tidak melayani fungsi struktural, katabolisme mereka juga tidak memberikan energi yang signifikan. Sebagai gantinya, berbagai kegunaannya masing-masing cenderung sangat spesifik, dan, untuk Oleh karena itu, vitamin dibutuhkan hanya dalam jumlah sedikit dalam diet. Bentuk makanan umum dari kebanyakan vitamin membutuhkan beberapa aktivasi metabolik ke bentuk fungsionalnya. Meskipun vitamin memiliki karakteristik umum ini, mereka menunjukkan sedikit kesamaan kimiawi atau fungsional, kategorisasi mereka sebagai vitamin menjadi sangat empiris. Pertimbangan juga itu, sedangkan beberapa vitamin berfungsi sebagai kofaktor enzim (vitamin A, K, dan C, thiamin, niasin, riboflavin, vitamin B6, biotin, asam pantotenat, folat, dan vitamin B12), tidak semua kofaktor enzim adalah vitamin.

Beberapa vitamin berfungsi sebagai antioksidan biologis (vitamin E. dan C), dan beberapa fungsi sebagai kofaktor dalam oksidasi metabolik- reaksi reduksi (vitamin E, K, dan C, niasin, riboflavin, dan asam pantotenat). Dua vitamin (vitamin A dan D) berfungsi sebagai hormon; salah satunya (vitamin A) juga berfungsi sebagai kofaktor fotoreseptif dalam penglihatan.

Mengenai vitamin, kita sering mendengar, "jika sedikit itu baik, maka lebih banyak pasti lebih baik." Beberapa orang percaya bahwa mengonsumsi vitamin jauh melebihi kebutuhan mereka memberi mereka energi ekstra, perlindungan dari penyakit, dan masa muda yang berkepanjangan. Sebenarnya total kebutuhan vitamin kita untuk mencegah defisiensi cukup kecil. Secara umum, manusia membutuhkan sekitar 28 g vitamin untuk setiap 70 kg makanan yang mereka konsumsi. Meskipun tumbuhan dapat mensintesis semua vitamin yang mereka butuhkan, hewan memiliki kemampuan yang berbeda-beda mensintesis vitamin. Misalnya, marmot dan manusia termasuk di antara

sedikit organisme yang tidak bisa buat sendiri suplai vitamin C. Jauh sebelum vitamin apa pun diidentifikasi, makanan tertentu diketahui menyembuhkan kondisi yang dibawa pada apa yang sekarang kita ketahui sebagai defisiensi vitamin. Yunani kuno, misalnya, rabun senja diatasi dengan hati sapi, sumber yang kaya vitamin A. Seperti yang akan Anda lihat, vitamin A memainkan peran penting dalam penglihatan.

Selama abad ke-15 dan ke-16, banyak pelaut Inggris dalam pelayaran laut yang panjang meninggal karena penyakit tersebut sariawan. Setelah ditemukan bahwa makan lemon dan jeruk nipis mencegah penyakit sariawan, jeruk dimasukkan sebagai bagian rutin dari jatah pelaut Inggris, dan kematian akibat penyakit sariawan menurun tajam. Kami sekarang tahu bahwa sariawan diakibatkan dari kekurangan vitamin C.

Beberapa kekurangan vitamin masih menjadi masalah kesehatan masyarakat pada kelompok orang tertentu di negara maju dan populasi besar di banyak negara berkembang. Kekurangan vitamin A, misalnya, merupakan penyebab utama kebutaan pada masa kanak-kanak negara berkembang. Vitamin dibagi menjadi vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air. Bab ini akan memberikan gambaran tentang vitamin dan diskusi mendalam tentang vitamin larut dalam lemak.

### **Vitamin: Komponen Makanan Penting**

Vitamin adalah zat penting, organik (mengandung karbon yang terikat pada hidrogen) dibutuhkan dalam jumlah kecil dalam makanan. Mereka bukanlah sumber energi. Sebaliknya, mereka membantu pertumbuhan, perkembangan, dan pemeliharaan jaringan tubuh. Selama paruh pertama abad ke-20, para ilmuwan mengidentifikasi masing-masing dari 13 vitamin sekarang dianggap penting. Sebagian besar, begitu vitamin ditemukan, itulah yang terjadi dinamai menurut abjad: A, B, C, D, dan E. kemudian, beberapa zat awalnya diklasifikasikan sebagai Vitamin B dikeluarkan dari daftar karena terbukti sebagai zat non-esensial. Vitamin B awalnya dianggap memiliki bentuk kimia tunggal tetapi berubah keluar dalam berbagai bentuk. Jadi, label "vitamin B" sekarang terdiri dari 8 vitamin B. Vitamin A, D, E, dan k larut dalam pelarut organik, seperti eter dan benzena, dan disebut sebagai vitamin yang larut dalam lemak.

Sebaliknya, vitamin B dan vitamin C larut air dan diklasifikasikan sebagai vitamin yang larut dalam air.

Vitamin sangat diperlukan dalam makanan manusia karena keduanya tidak dapat disintesis di dalam tubuh atau disintesis dalam jumlah yang tidak mencukupi. Namun, suatu substansi tidak memenuhi syarat sebagai vitamin hanya karena tubuh tidak dapat membuatnya. Bukti harus menunjukkan bahwa kesehatan menurun bila zat tersebut tidak dikonsumsi. Saat asupan vitamin tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan, disertai defisiensi yang terukur, akan terjadi penurunan kesehatan. Jika kekurangan tersebut tidak dalam tahap lanjut, maka kekurangan tersebut dan terkait gejala dapat dikurangi dengan meningkatkan asupan vitamin.

Selain mengobati penyakit defisiensi, beberapa vitamin juga bermanfaat sebagai farmakologis agen (obat) dalam mengobati beberapa kondisi non-defisiensi. Perawatan ini seringkali membutuhkan pemberian dosis tinggi, jumlahnya jauh lebih tinggi daripada manusia biasa kebutuhan vitamin. Misalnya, megadosis bentuk niacin dapat digunakan sebagai bagian pengobatan penurunan kolesterol darah untuk individu tertentu. Meski demikian, apapun manfaat yang diklaim untuk pemakaian suplemen vitamin terutama asupan yang berlebih (bila diatur), harus dilihat secara kritis karena banyak klaim yang tidak terbukti terus dibuat. Makanan yang berasal dari tumbuhan dan hewan menyediakan vitamin dalam makanan. Suplemen diet juga dapat memberikan vitamin yang dibutuhkan. Apakah vitamin dalam suplemen diisolasi dari makanan atau disintesis di laboratorium, vitamin ini biasanya mirip dengan bahan kimia senyawa dan umumnya bekerja sama dengan baik di dalam tubuh.

Bertentangan dengan klaim di literatur, suplemen vitamin "alami" yang diisolasi dari makanan, untuk sebagian besar, tidak lebih sehat dari yang disintesis di laboratorium. Bagaimanapun, vitamin dikonsumsi dalam makanan sebagai bagian dari makanan yang bervariasi mungkin lebih bermanfaat daripada vitamin yang diambil secara terpisah suplemen diet. Karena beberapa vitamin ada dalam beberapa bentuk terkait yang



berbeda sifat kimiawi atau fisik, penting untuk mengonsumsi cukup vitamin dalam bentuk tubuh bisa menggunakan.

### **Penyerapan Vitamin**

Vitamin yang larut dalam lemak diserap bersama dengan lemak makanan. Jadi, daya serapnya cukup tergantung pada efisiensi penggunaan empedu dan lipase pankreas di usus kecil untuk mencerna lemak makanan dan kapasitas absorpsi yang memadai dari usus mukosa (Gambar 1). Dalam kondisi optimal, sekitar 40 hingga 90% vitamin larut dalam lemak diserap saat dikonsumsi dalam jumlah yang disarankan.

Sebaliknya, vitamin B dan vitamin C larut dalam air dan dapat diserap di usus halus independen dari lemak makanan. Penyerapan vitamin yang larut dalam air biasanya berkisar dari 90 hingga 100%.

### **Malabsorpsi Vitamin**

Vitamin yang dikonsumsi dalam makanan harus diserap secara efisien dari usus kecil untuk memenuhi tubuh kebutuhan. Jika penyerapan vitamin menurun, seseorang harus mengonsumsi lebih banyak itu untuk menghindari gejala defisiensi. Misalnya malabsorpsi lemak (akibat dari saluran saluran cerna dan penyakit pankreas) dapat menyebabkan penyerapan vitamin larut lemak yang buruk. Penyalahgunaan alkohol dan penyakit usus tertentu juga dapat menyebabkan malabsorpsi beberapa vitamin B. Individu dengan penyakit ini biasanya membutuhkan suplemen vitamin untuk mencegah defisiensi.

Orang dengan penyakit yang berakibat kurangnya penyerapan lemak, seperti fibrosis kistik, celiac penyakit, dan penyakit Crohn, sedang tinggi risiko defisiensi vitamin yang larut dalam lemak. Pengobatan, seperti obat penurun berat badan orlistat (Xenical®, Alli®), juga mengganggu dengan penyerapan lemak. Membawa lemak yang tidak terserap vitamin yang larut dalam lemak ke usus besar, di mana mereka dimasukkan ke

dalam kotoran dan dikeluarkan. Multivitamin dan suplemen mineral biasanya diresepkan sebagai bagian dari pengobatan untuk mencegah defisiensi zat gizi terkait dengan lemak malabsorpsi.

### **Transportasi Vitamin**

Setelah diserap, vitamin yang larut dalam lemak dikemas untuk diangkut melalui limfatik sistem dan dikirim oleh aliran darah ke sel target di seluruh tubuh dengan cara mirip dengan lemak makanan - yaitu kilomikron dan lipoprotein darah lainnya. Ingatlah bahwa, saat kilomikron bersirkulasi, banyak kandungan trigliseridannya dihapus oleh sel-sel tubuh. Yang tersisa diambil oleh hati. Sisa makanan mengandung vitamin larut lemak yang diserap dari makanan. Hati kemudian "mengemas ulang" vitamin yang larut dalam lemak dengan protein baru untuk diangkut dalam darah, atau disimpan mereka di jaringan adiposa atau hati untuk digunakan di masa mendatang. Berbeda dengan vitamin yang larut dalam lemak, vitamin yang larut dalam air dikirim langsung ke aliran darah dan didistribusikan di seluruh tubuh.

### **Penyimpanan Vitamin dalam Tubuh**

Kecuali vitamin K, vitamin yang larut dalam lemak tidak langsung dikeluarkan dari tubuh. Sebaliknya, mereka sering disimpan di hati dan / atau jaringan adiposa. Sebaliknya, kebanyakan vitamin yang larut dalam air dikeluarkan dari tubuh dengan cukup cepat, sehingga cadangan terbatas. Dua pengecualian adalah vitamin B-12 dan vitamin B-6, yang disimpan secara lebih besar sejauh mana daripada vitamin yang larut dalam air lainnya. Karena penyimpanan terbatas banyak vitamin, mereka harus dikonsumsi setiap hari. Namun, tanda dan gejala defisiensi biasanya tidak terjadi sampai vitamin kurang dalam makanan setidaknya selama beberapa minggu dan simpanan tubuh pada dasarnya habis. Jadi, sesekali terjadi penyimpangan dalam asupan makanan yang paling banyak vitamin bukanlah masalah kesehatan yang serius pada individu yang sehat.

## **Toksisitas Vitamin**

Meskipun efek toksik dari asupan berlebihan vitamin apapun secara teoritis mungkin terjadi, toksisitas dari vitamin A dan D yang larut dalam lemak adalah yang paling mungkin terjadi. Namun, vitamin ini tidak mungkin menyebabkan keracunan kecuali dikonsumsi dalam jumlah minimal 5 sampai 10 kali lebih besar dari pedoman DRi. Karena pemakaian multivitamin harian seimbang dan suplemen mineral biasanya memasok kurang dari dua kali Nilai Harian komponen, praktik ini tidak mungkin menyebabkan efek toksik pada orang dewasa.

## **VITAMIN LARUT LEMAK**

### **VITAMIN A**

Meskipun vitamin tidak ditemukan sampai abad ke-20, vitamin A ditemukan dikenal selama lebih dari 3500 tahun sebagai faktor yang dibutuhkan untuk mencegah rabun senja. Orang Mesir Kuno dan dokter Yunani Hippocrates merekomendasikan konsumsi daging hati sapi, obat yang masih bekerja sampai sekarang. Vitamin A mengacu pada retinoid dan provitamin yang telah dibentuk sebelumnya Karotenoid yang dapat diubah menjadi aktivitas vitamin A. Retinoid adalah istilah kolektif untuk bentuk aktif biologis vitamin A. Mereka disebut vitamin A yang dibentuk sebelumnya karena, tidak seperti karotenoid, mereka tidak perlu demikian diubah menjadi aktif secara biologis. Retinoid ada dalam 3 bentuk: retinol (alkohol), retinal (suatu aldehida), dan asam retinoat. Segmen ekor dari struktur vitamin A berakhir dalam 1 dari 3 kelompok kimia ini (alkohol, aldehida, atau asam) dan menentukan nama atau klasifikasi. Sampai batas tertentu, bentuk-bentuk ini dapat dipertukarkan.

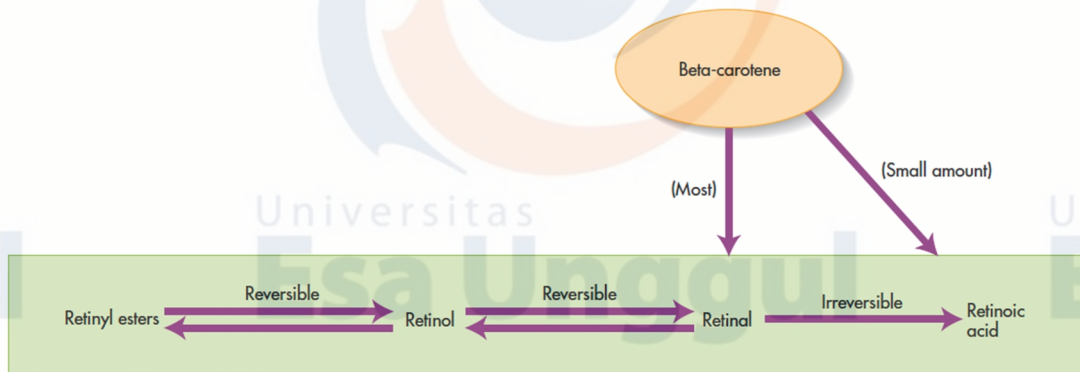
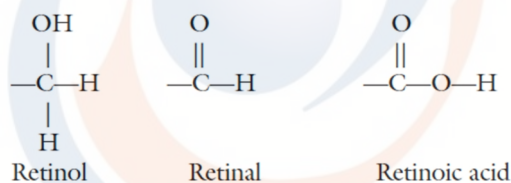


Figure 12-2 Interconversions of beta-carotene and various retinoids. Notice that the synthesis of retinoic acid is a "dead end" in metabolic terms.

### Gambar 5. Interconversi dari beta karoten dan variasi retinoid

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

Namun, asam retinoat tidak dapat diubah kembali ke bentuk lain. Kemampuan untuk berubah bentuk membantu mempertahankan jumlah yang memadai dari setiap bentuk retinoid untuk keunikannya fungsi.



Ekor molekul vitamin A dapat bervariasi dari konfigurasi cis ke trans. Ini orientasi mempengaruhi fungsi retinoid tertentu.



Karotenoid adalah bahan berpigmen kuning-oranye pada buah dan sayuran, beberapa di antaranya adalah provitamin - artinya, dapat diubah menjadi vitamin A. Dari 600 atau lebih karotenoid yang dikenal, hanya alfa-karoten, beta-karoten, dan betacryptoxanthin dapat diubah menjadi bentuk vitamin A yang aktif secara biologis, karotenoid lain, seperti likopen, tidak memiliki aktivitas vitamin A pada manusia

## **Vitamin A dalam Makanan**

Retinoid (vitamin A yang telah dibentuk sebelumnya) ditemukan di hati, ikan, minyak ikan, susu yang diperkaya, dan telur. Margarin diperkaya dengan vitamin A, seperti susu bebas lemak, rendah lemak, dan rendah lemak. Provitamin A karotenoid ditemukan terutama dalam sayuran hijau tua dan kuning-oranye dan buah-buahan, seperti wortel, bayam dan sayuran hijau lainnya, labu musim dingin, ubi jalar, brokoli, mangga, melon, persik, dan aprikot. Sekitar 70% vitamin A di dalam Makanan khas Amerika Utara berasal dari sumber hewani (preformed vitamin A), sedangkan Karotenoid nabati (provitamin A) menyediakan sebagian besar vitamin A dalam makanan orang miskin di bagian lain dunia.

Beta-karoten menyumbang beberapa warna oranye pada wortel dan makanan kaya karotenoid-. Pada sayuran hijau tua, warna kuning-oranye ini ditutupi oleh pigmen klorofil hijau tua, meski sayuran ini memang mengandung provitamin A. Karena itu, konsumsi makanan yang bervariasi kaya sayuran hijau tua dan kuning-oranye dapat memberikan vitamin A. Pada suatu waktu, jumlah vitamin A (dan sebagian besar zat gizi lainnya) diekspresikan oleh Unit Internasional (IU). Saat ini, ada cara yang lebih sensitif untuk mengukur zat gizi. Akibatnya, miligram (1/1000 gram) dan mikrogram (1/1.000.000 gram) pengukuran umumnya menggantikan IU sebagai satuan ukuran. Namun, beberapa label suplemen makanan dan vitamin mungkin masih menampilkan nilai IU yang lebih lama. Aktivitas vitamin A diet saat ini diekspresikan dalam Retinol Activity Equivalent (RAE). Satu RAE sama dengan 1 µg retinol, 12 µg beta-karoten, dan 24 µg 2 karotenoid provitamin A lainnya (alfa-karoten dan beta-cryptoxanthin) . Tabel 1 adalah pedoman untuk mengubah jumlah vitamin A dan karoten yang dinyatakan dalam 1 unit ukur ke dalam satuan ukuran lain. Setara retinol (RE) adalah unit pengukuran aktivitas vitamin A. RE didasarkan pada asumsi bahwa karotenoid memberikan kontribusi yang lebih besar kebutuhan vitamin A daripada yang sekarang diketahui menjadi kasus. Database zat gizi mungkin berisi ini standar RE lama karena akan membutuhkan beberapa waktu untuk memperbarui sumber daya ini.

Untuk membandingkan standar RE atau IU yang lebih lama dengan rekomendasi RAE saat ini, Asumsikan bahwa, untuk setiap vitamin A yang dibentuk sebelumnya dalam makanan atau ditambahkan ke makanan, 1 RE (atau 3,3 IU) = 1 RAE. Tidak mudah cara untuk mengubah unit RE atau IU menjadi unit RAE untuk makanan itu secara alami mengandung provitamin A karotenoid, seperti wortel, bayam, dan aprikot. Aturan umumnya adalah membagi nilai yang lebih tua untuk makanan yang mengandung karotenoid sebesar 2, dan kemudian lakukan konversi dari RE ke IU ke RAE, sebagai ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Konversi nilai RAE**

<b>Table 12-1 Conversion Values for Retinol Activity Equivalents</b>	
<b>1 Retinol Activity Equivalent (RAE)</b>	<b>1 IU vitamin A activity</b>
= 1 µg retinol	= 0.3 µg retinol
= 12 µg beta-carotene	= 3.6 µg beta-carotene
= 24 µg alpha-carotene and beta-cryptoxanthin	= 7.2 µg alpha-carotene and beta-cryptoxanthin

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

### *Kebutuhan Vitamin A*

RDA untuk vitamin A adalah 900 µg Retinol Activity Equivalents (RAE) per hari untuk pria dewasa dan 700 µg RAE per hari untuk wanita dewasa.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin A**

Vitamin A yang terbentuk sebelumnya ditemukan dalam makanan hewani sebagai senyawa retinol dan retinyl ester compounds (retinol menempel pada asam lemak). Retinil ester tidak memiliki aktivitas vitamin A. sampai retinol dan asam lemak dipisahkan di saluran usus. Proses ini membutuhkan enzim lipase empedu dan pankreas. Hingga 90% retinol diserap ke dalam sel-sel usus kecil. Setelah absorpsi, asam lemak terikat pada retinol untuk membentuk retinyl ester baru. Ester retinil ini dikemas menjadi kilomikron sebelum masuk sirkulasi limfatik.

Karotenoid provitamin A dapat dibelah secara enzimatis di dalam sel-sel usus atau sel hati untuk membentuk retinal atau, pada tingkat yang lebih rendah, asam retinoat. Penyerapan karotenoid jauh lebih rendah dibandingkan retinol. Setelah diserap di usus kecil, karotenoid dapat dibelah untuk menghasilkan retinal, yang kemudian diubah menjadi retinol. Retinol kemudian bisa memiliki asam lemak yang melekat padanya menjadi retinyl ester dan memasuki sistem limfatik sebagai bagian dari kilomikron. Kilomikron mengirimkan vitamin A ke jaringan untuk disimpan atau penggunaan seluler. Karotenoid juga bisa masuk ke aliran darah secara langsung; Namun, ini terjadi pada pada tingkat yang lebih rendah. Lebih dari 90% simpanan vitamin A tubuh ditemukan di hati, dengan jumlah yang sedikit di jaringan adiposa, ginjal, sumsum tulang, testis, dan mata. Biasanya, penyimpanan hati vitamin A yang cukup untuk bertahan selama beberapa bulan untuk melindungi dari kekurangan vitamin A. Ketika vitamin A (sebagai retinoid) dilepaskan dari hati ke aliran darah, terikat pada protein pengikat retinol (RBP) dalam aliran darah, retinoid berikatan dengan protein terikat ke protein lain yang disebut transthyretin (umumnya dikenal sebagai prealbumin). sebaliknya, ketika karotenoid dilepaskan dari hati, karotenoid dibawa oleh lipoprotein VLDL. Di dalam sel tubuh, retinoid terikat pada sel darah merah spesifik, yang mengarahkan mereka ke situs fungsional dalam sel. Hampir semua sel mengandung 1 atau lebih dari ini protein pengikat. Distribusi sel darah merah sel mungkin berbeda antar jaringan mencerminkan kebutuhan fungsional mereka yang berbeda untuk vitamin A.

## **Fungsi Vitamin A**

### *Pertumbuhan dan perkembangan*

Retinoid memainkan peran penting dalam perkembangan embrio. Dari studi tentang hewan, ilmuwan mengetahui bahwa vitamin A terlibat dalam perkembangan mata, anggota tubuh, system kardiovaskular, dan sistem saraf. Mereka juga mencatat bahwa kekurangan vitamin A selama ini tahap awal kehamilan mengakibatkan cacat lahir dan kematian janin (kematian). Retinoid asam juga diperlukan untuk produksi, struktur, dan

fungsi normal sel epitel di paru-paru, trakea, kulit, saluran GI, dan banyak sistem lainnya. Itu penting untuk pembentukan dan pemeliharaan sel pembentuk lendir di organ-organ ini.

### *Diferensiasi Sel*

Vitamin A sangat penting dalam menjaga kondisi normal diferensiasi sel-sel yang menyusun komponen struktural mata, seperti kornea (lensa bening) dan retina (sel batang dan kerucut).

### *Penglihatan*

Vitamin A (sebagai retinal) dibutuhkan di retina mata untuk mengubah cahaya visual menjadi saraf sinyal ke otak. Elemen sensorik retina terdiri dari batang dan kerucut. Batang bertanggung jawab atas proses visual yang terjadi dalam cahaya redup, menerjemahkan objek menjadi gambar hitam-putih dan mendeteksi gerakan. Kerucut bertanggung jawab atas visual proses yang terjadi di bawah cahaya terang, menerjemahkan objek menjadi gambar berwarna.

### *Fungsi Kekebalan Tubuh*

Pada awal 1920-an, para peneliti menyadari bahwa vitamin A (kebanyakan sebagai asam retinoat) penting untuk fungsi sistem kekebalan. Mereka mengamati bahwa peningkatan insiden infeksi adalah salah satu gejala pertama defisiensi vitamin A. Banyak penelitian sejak itu menunjukkan bahwa orang yang kekurangan vitamin A memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap penyakit dan infeksi. Mungkin, sebagian, karena vitamin A membantu menjaga epitel, penghalang yang melindungi tubuh melawan masuknya patogen penyakit.



## *Penggunaan Analog Vitamin A dalam Dermatologi*

Beberapa senyawa sintesis dengan susunan kimiawi yang mirip dengan vitamin A (disebut analog) telah digunakan dalam pengobatan topikal dan oral (misalnya, Retin A® dan Accutane®) untuk mengobati jerawat dan psoriasis. Obat berbasis retinoid juga telah digunakan secara topikal untuk mengurangi kerusakan akibat paparan sinar matahari dan sinar UV yang berlebihan.

## *Fungsi Karotenoid*

Para ilmuwan telah mengetahui selama bertahun-tahun bahwa beberapa karotenoid makanan dapat diubah menjadi vitamin A di dalam tubuh. Baru-baru ini, bukti dari studi penelitian menunjukkan hal itu karotenoid mungkin memiliki fungsi selain aktivitas provitamin A. Studi ini menunjukkan bahwa diet tinggi buah dan sayuran kaya karotenoid dapat menurunkan risiko mata tertentu penyakit, kanker, dan penyakit kardiovaskular. Hal ini telah memicu minat pada potensi tersebut manfaat melengkapi diet dengan karotenoid spesifik untuk menurunkan risiko penyakit.

## **Penyakit Kekurangan Vitamin A.**

1. konjungtiva membran mukosa: menutupi permukaan depan mata dan lapisan kelopak mata.
2. xerophthalmia : Kondisi ditandai dengan kekeringan pada kornea dan mata membran yang dihasilkan dari vitamin A. defisiensi dan dapat menyebabkan kebutaan.

Ada beberapa kelompok populasi dianggap berisiko. miskin dan orang dewasa yang lebih tua, orang dengan alkoholisme atau penyakit hati (yang membatasi penyimpanan vitamin A), dan individu dengan malabsorpsi lemak parah, seperti enteropati sensitif gluten (penyakit celiac), diare kronis, insufisiensi pankreas, penyakit Crohn, fibrosis kistik, dan AiDS, dapat mengembangkan defisiensi vitamin A. Bayi prematur juga

berisiko mengalami defisiensi karena dilahirkan dengan kondisi yang rendah simpanan vitamin A.

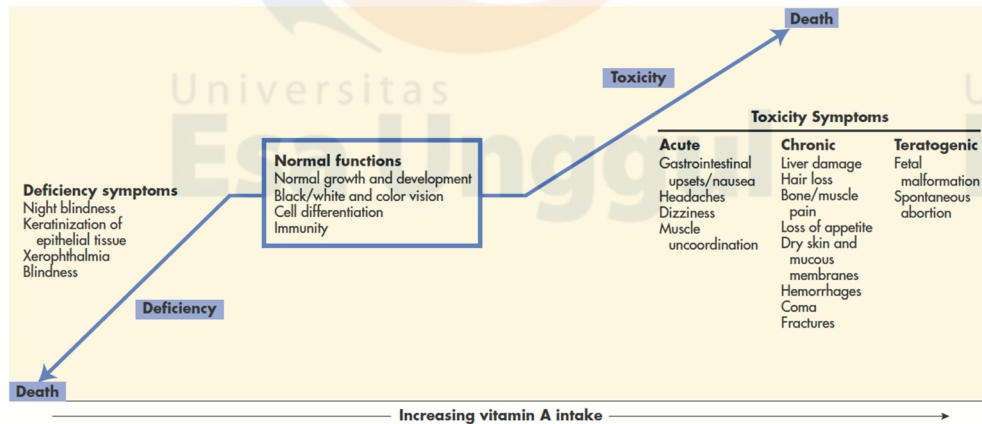


Figure 12-9 Consuming the right amount of vitamin A is critical to overall health. A very low (deficient) or very high (toxic) vitamin A intake (as retinoids) can produce harmful symptoms and can even lead to death.

### Gambar 6. Kelebihan dan Kekurangan Vitamin A

Sumber: Byrd-Bredbenner et.al. 2007

### VITAMIN D

Kelainan bentuk tulang yang kemungkinan besar disebabkan oleh penyakit kekurangan vitamin D, rakhitis, telah dijelaskan sejak zaman kuno. Itu tidak sampai 1918, ketika para ilmuwan menyembuhkan anjing rachitic (anjing yang terkena rakhitis) dengan memberi mereka minyak ikan cod, itu diet dikaitkan dengan penyakit ini. Segera setelah itu, vitamin D ditemukan pada minyak hati ikan cod menjadi suplemen harian bagi jutaan anak.

Kebanyakan ilmuwan mengklasifikasikan vitamin D sebagai vitamin. Namun, di hadapan sinar matahari, sel kulit dapat mensintesis pasokan vitamin D yang mencukupi dari turunan kolesterol. Karena sumber makanan tidak diperlukan jika sintesis cukup untuk memenuhi kebutuhan vitamin lebih tepat diklasifikasikan sebagai vitamin "bersyarat", atau prohormon (precursor dari hormon aktif). dengan tidak adanya paparan sinar UV, asupan makanan yang memadai Vitamin D sangat penting untuk mencegah penyakit defisiensi rakhitis dan osteomalasia dan untuk menyediakan

kebutuhan seluler. Setelah terpapar sinar matahari, manusia memproduksi vitamin D<sub>3</sub> (cholecalciferol) dari turunan dari kolesterol. Hati dan ginjal masing-masing menambahkan gugus hidroksil (-OH) ke dalamnya untuk menghasilkan bentuk aktif vitamin D (1,25 dihidroksi D<sub>3</sub>, atau kalsitriol).

### **Vitamin D<sub>2</sub> dalam Makanan**

Sumber makanan terbaik vitamin D adalah ikan berlemak (misalnya, sarden, mackerel, dan salmon), minyak ikan cod, susu yang diperkaya, dan beberapa sereal sarapan yang diperkaya (Gambar 5). di Amerika Utara, susu umumnya diperkaya dengan 10 µg (400 iU) vitamin D per liter. Meski telur, mentega, ati, dan beberapa merek margarin mengandung beberapa vitamin D, porsi besar harus dimakan untuk mendapatkan yang cukup jumlah vitamin. Jadi, makanan tersebut dianggap sumber yang kurang signifikan. Sebagian besar makanan yang diperkaya dan suplemen yang mengandung vitamin D ada di dalam bentuk ergocalciferol, atau vitamin D<sub>2</sub>, bentuk yang sama ditemukan secara alami dalam makanan. Ergocalciferol memiliki aktivitas vitamin D pada manusia, tetapi dalam jumlah yang lebih sedikit dari yang disediakan oleh cholecalciferol (vitamin D<sub>3</sub>).

### **Pembentukan Vitamin D<sub>3</sub> di Kulit**

Sintesis vitamin D<sub>3</sub> dimulai dengan senyawa yang disebut 7-dehydrokolesterol, prekursor sintesis kolesterol yang terletak di kulit. Selama terekspos sinar matahari, 1 cincin pada molekul mengalami transformasi kimia, membentuk vitamin D<sub>3</sub> yang lebih stabil (kolekalsiferol). Perubahan ini memungkinkan vitamin D<sub>3</sub> untuk masuk ke aliran darah untuk diangkut ke hati dan ginjal, dimana itu mengalami hidroksilasi (penambahan -OH) dan konversi selanjutnya menjadi bentuk bioaktifnya 1,25 dihidroksi D<sub>3</sub> (kalsitriol).

Bagi banyak orang, paparan sinar matahari menyediakan 80 hingga 100% vitamin D<sub>3</sub> dibutuhkan oleh tubuh. Namun, jumlah paparan sinar matahari yang tergantung pada waktu hari, lokasi geografis, musim tahun, usia seseorang, warna kulit seseorang, dan penggunaan tabir surya.

### **Kebutuhan Vitamin D**

Dewan Pangan dan Gizi telah menetapkan asupan yang memadai, bukan RDA, untuk vitamin D. Tingkat RDA yang lebih tepat tidak dapat disetel karena jumlah vitamin D yang dihasilkan oleh paparan sinar matahari sangat bervariasi antar individu. Asupan vitamin D yang cukup adalah 5 µg/hari (200 iU/hari) untuk orang di bawah usia 51 tahun, 10 µg/hari (400 iU/hari) untuk orang antara 51 dan 70, dan 15 µg/hari (600 iU/hari) untuk orang dewasa yang lebih tua. 3 Orang dewasa yang lebih tua serta orang lain yang memiliki paparan sinar matahari terbatas mungkin perlu 20 sampai 25 µg (800 sampai 1000 iU) dari kombinasi makanan yang diperkuat vitamin D dan suplemen untuk mengurangi risiko keropos tulang dan penyakit kronis lainnya. 15-18 Nilai harian yang digunakan pada label makanan dan suplemen adalah 10 µg.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin D.**

Setelah mengonsumsi makanan yang mengandung vitamin D<sub>2</sub>, sekitar 80% vitamin D<sub>2</sub> adalah (bersama dengan lemak makanan lainnya) ke dalam misel di usus kecil, diserap, dan diangkut ke hati oleh kilomikron melalui sistem limfatik. Pasien dengan penyakit yang dapat menyebabkan sindrom malabsorpsi lemak (misalnya, fibrosis kistik, Penyakit Crohn's, dan penyakit celiac) berada pada peningkatan risiko malabsorpsi dan defisiensi vitamin D<sub>2</sub>.

Ketika vitamin D (baik D<sub>3</sub> disintesis di kulit atau D<sub>2</sub> dikonsumsi dalam makanan atau suplemen) memasuki sirkulasi umum, mereka akan terikat pada protein untuk diangkut ke sel adiposa untuk penyimpanan atau ke hati dan ginjal. di hati, vitamin D terhidroksilasi pada karbon 25, mengubahnya menjadi 25-OH vitamin D<sub>3</sub>. Bentuk tidak aktif ini beredar di darah selama beberapa minggu. Perhentian berikutnya adalah ginjal, tempat utama untuk produksi 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D<sub>3</sub>, juga dikenal sebagai kalsitriol. Ini adalah bentuk aktif dari vitamin itu, sesuai kebutuhan, mengikat reseptor spesifik di jaringan target untuk menginduksi fungsi vitamin D.

Sintesis 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D<sub>3</sub> diatur secara ketat oleh paratiroid kelenjar dan ginjal. Ketika terjadi kekurangan kalsium dalam darah, paratiroid kelenjar meningkatkan produksi hormon paratiroid (PTH). PTH kemudian meningkatkan produksi 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D<sub>3</sub> di ginjal. Vitamin D terutama diekskresikan melalui sejumlah kecil empedu yang hilang selama pencernaan. Sejumlah kecil vitamin D juga diekskresikan melalui urin

### **Fungsi Vitamin D**

Vitamin D memiliki fungsi seperti hormon, yang membantu mengatur konsentrasi tubuh kalsium dan fosfor (Gbr. 6). Efeknya dapat memiliki dampak yang agak berlawanan di tulang. Di satu sisi, vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium di usus dan fosfor dari makanan untuk menjaga kadar mineral dalam darah. Ini membuat kalsium dan fosfor tersedia untuk sel-sel tubuh dan untuk dimasukkan ke dalam tulang. Ketika ada lebih dari yang dibutuhkan untuk fungsi dasar. Di sisi lain, saat kadar darah kalsium dan fosfor mulai turun, vitamin D (dengan PTH dari kelenjar paratiroid) dapat melepaskan kalsium dan fosfor dari tulang ke dalam darah untuk mengembalikan kadar darah mineral ini.

### **Penyakit Kekurangan Vitamin D.**

Tanpa kalsium dan fosfor yang cukup dalam darah tersedia untuk pengendapan di tulang, kerangka gagal untuk termineralisasi secara normal. Ini menyebabkan tulang melemah dan membungkuk di bawah tekanan. Ketika efek ini terjadi pada pertumbuhan tulang seorang anak, penyakit ini disebut rachitis. Tanda-tanda rachitis termasuk kepala yang membesar, persendian, dan tulang rusuk; cacat panggul; dan kaki tertekuk. di negara maju, rachitis paling sering dikaitkan dengan lemak malabsorpsi, seperti yang terlihat pada anak-anak dengan fibrosis kistik. Kekurangan vitamin D pada orang dewasa disebut osteomalacia, yang berarti "tulang lunak". Itu ditandai dengan kalsifikasi yang buruk pada tulang yang baru disintesis, mengakibatkan patah tulang pinggul, tulang belakang, dan tulang lainnya.

### **Toksisitas Vitamin D**

Keracunan vitamin D dapat terjadi karena suplementasi vitamin D yang berlebihan. Hal itu tidak dapat terjadi akibat paparan sinar matahari berlebih (vitamin D di kulit mudah rusak) atau dari sumber alami dalam makanan. Namun, karena berdampak serius, tingkat asupan vitamin D ( $50 \mu\text{g} / \text{hari}$  [ $2000 \text{ IU/hari}$ ]) telah ditetapkan. Ini didirikan karena asupan vitamin D yang tinggi dapat menyebabkan penyakit overabsorpsi kalsium dan hiperkalsemia (peningkatan kalsium dalam darah). Kelebihan kalsium darah, pada gilirannya, menyebabkan timbunan kalsium di ginjal, jantung, dan paru-paru; anoreksia; mual; muntah; demineralisasi tulang; kelemahan; nyeri sendi; dan disorientasi.

## **VITAMIN E**

Dari kata Yunani *toco*, yang berarti "melahirkan" dan *pherein*, yang berarti "melahirkan". Vitamin E dulu tidak sepenuhnya diakui sebagai zat gizi penting pada manusia sampai pertengahan 1960-an, ketika defisiensi vitamin E diamati pada anak-anak dengan penyakit malabsorpsi lemak. RDA pertama untuk vitamin E dibuat pada tahun 1968. Seperti RDA untuk zat gizi lainnya, selanjutnya direvisi menjadi pengetahuan tentang vitamin E telah berkembang.

Vitamin E adalah keluarga dari 8 senyawa alami - 4 tokoferol (alfa, beta, gamma, delta) dan 4 tocotrienol (alfa, beta, gamma, delta) - dengan tingkat aktivitas biologis yang sangat bervariasi. Vitamin E memiliki ekor rantai karbon panjang yang melekat pada struktur cincin. Ekor ini ada dalam banyak kemungkinan bentuk isomer. Bentuk vitamin yang paling aktif adalah *alphatocopherol*.

### **Vitamin E dalam Makanan**

Sumber makanan yang baik untuk vitamin E termasuk minyak nabati (misalnya biji kapas, kanola, safflower, dan minyak bunga matahari), bibit gandum, asparagus, almond, kacang tanah, dan biji bunga matahari.

### **Kebutuhan Vitamin E**

Diktat Dasar-dasar Ilmu Gizi | EYM-September 2020

RDA untuk vitamin E adalah 15 mg/hari alpha-tocopherol untuk pria dan wanita. Rekomendasi tersebut didasarkan pada jumlah vitamin E yang dibutuhkan untuk mencegah kerusakan membran sel darah merah, proses yang disebut hemolisis. 1 Alokasi 15 mg adalah setara dengan 22 iU sumber alami dan 33 iU sumber sintetis vitamin E. Orang dewasa rata-rata mengonsumsi hanya dua pertiga dari RDA untuk vitamin E setiap hari.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin E.**

Tingkat penyerapan vitamin E tergantung pada jumlah yang dikonsumsi dan penyerapannya lemak makanan. Penyerapan dapat bervariasi dari 20 hingga 70% dari asupan makanan. Seperti zat gizi lainnya yang larut dalam lemak, vitamin E harus dimasukkan ke dalam misel di usus kecil, sebuah proses yang bergantung pada empedu dan enzim pankreas. Setelah diambil oleh sel usus, vitamin E dimasukkan ke dalam kilomikron untuk diangkut oleh getah bening dan akhirnya darah.

Saat kilomikron dipecah, sebagian besar vitamin E dibawa ke hati sebagai kilomikron sisa-sisa. Sejumlah kecil dibawa langsung ke jaringan lain. Hati mengemas ulang vitamin E dari sisa kilomikron dengan lipoprotein lain (VIDL, IDL, dan HDL) untuk pengiriman ke jaringan tubuh.

Vitamin E bisa dikeluarkan melalui empedu, urin, dan kulit. Namun karena vitamin E penyerapan seringkali rendah, sebagian besar vitamin E diekskresikan melalui sejumlah kecil empedu yang keluar tubuh di dalam kotoran.

### **Fungsi Vitamin E.**

Vitamin E adalah bagian penting dari jaringan antioksidan tubuh. Ini berfungsi sebagai antioksidan yang menghentikan reaksi berantai yang disebabkan oleh radikal bebas yang berpotensi merusak sel. Radikal bebas adalah senyawa yang sangat tidak stabil

yang memiliki elektron tidak berpasangan. Biasanya, atom tertinggal dengan elektron tidak berpasangan setelah reaksi oksidasi segera berpasangan satu sama lain, menciptakan senyawa yang lebih stabil.

Antioksidan berfungsi dalam berbagai cara untuk mencegah kerusakan akibat radikal bebas. Sebagai senyawa yang larut dalam lemak, vitamin E bertindak terutama di area tubuh yang kaya lipid, di mana radikal bebas dapat memulai rantai reaksi yang dikenal sebagai peroksidasi. Reaksi peroksidasi lipid memecah asam lemak dan membuat radikal bebas yang disebut radikal peroksil lipid (juga disebut reaktif spesies oksigen karena mengandung radikal oksigen).

Vitamin E adalah salah satu mekanisme paling efektif untuk menghentikan rantai peroksidasi lipid reaksi dalam tubuh. Dengan menyumbangkan hidrogen ke radikal lipid, vitamin E menghentikan rantai oksidasi reaksi, yang melindungi lipid dalam tubuh. Misalnya, membran sel yang tersusun dari lapisan ganda fosfolipid. Vitamin E melindungi integritas membran sel dengan menetralkan radikal peroksil lipid dan mencegah peroksidasi lipid. Dengan cara ini, vitamin E mengurangi stres oksidatif (kerusakan protein, lipid, dan DNA yang disebabkan oleh radikal bebas) di tubuh.

Glutathione peroksidase mengkatalisis pemecahan hydrogen peroksida dan peroksida lipid. Senyawa ini bukan radikal, tapi mereka bisa dengan mudah menjadi radikal. Glutathione peroksidase menghilangkan peroksida sebelum ini terjadi. Dengan cara ini, glutathione peroksidase membantu vitamin E mengurangi kerusakan oksidatif pada sel. Aktivitas glutathione peroksidase bergantung pada mineral selenium (bagian fungsional dari ini enzim). Dengan demikian, asupan selenium yang cukup mengurangi kebutuhan untuk vitamin E, sedangkan asupan selenium yang tidak memadai perlu ditingkatkan. Enzim katalase melakukan fungsi yang mirip dengan glutathione peroksidase, tetapi di lokasi sel yang berbeda (peroksisom).

### **Kekurangan Vitamin E.**



Kekurangan vitamin E secara nyata jarang terjadi pada manusia. Individu dengan kondisi malabsorpsi lemak, seperti fibrosis kistik dan penyakit Crohn; perokok; dan bayi prematur berada pada resiko terbesar. Bayi prematur sangat rentan karena mereka dilahirkan dengan keterbatasan menyimpan vitamin E dan kekurangan penyerapan vitamin ini di usus. Perokok berada pada peningkatan risiko defisiensi karena stres oksidatif yang disebabkan oleh asap. Kekurangan vitamin E ditandai dengan kerusakan darah merah dini sel (hemolisis) dan perkembangan anemia hemolitik. Karena resikonya serius Untuk itu, bayi prematur diberikan suplemen vitamin E dan formula khusus yang mengandung vitamin E di awal kehidupan. Kekurangan vitamin E juga dapat merusak fungsi kekebalan dan menyebabkan perubahan neurologis di sumsum tulang belakang dan sistem saraf tepi.

### **Toksisitas Vitamin E.**

Meskipun vitamin E relatif tidak beracun, jumlah yang berlebihan dapat mengganggu peran vitamin K dalam pembekuan darah. Hal ini menyebabkan pembekuan yang tidak mencukupi dan risiko perdarahan. Risiko ini menjadi perhatian khusus pada individu yang mengonsumsi aspirin atau antikoagulasi setiap hari obat-obatan, seperti warfarin (Coumadin®), untuk mencegah pembekuan darah.

### **VITAMIN K**

Penemuan vitamin K berpusat pada perannya dalam pembekuan darah. Seorang peneliti Denmark pertama kali mencatat hubungan antara vitamin K dan pembekuan darah ketika dia mengamati bahwa anak ayam diberi makan dengan lemak yang diekstraksi menyebabkan perdarahan. Karena itu, dia menamai produk baru larut lemak ini faktor "vitamin K" setelah koagulasi, ejaan Denmark untuk koagulasi.

Keluarga senyawa yang dikenal sebagai vitamin K, atau kuinon, termasuk phyloquinones (vitamin K1) dari tumbuhan dan menaquinones (vitamin K2) ditemukan dalam minyak ikan dan daging. Menaquinones juga disintesis oleh bakteri di usus besar

manusia. Senyawa sintetis, disebut menadione, dapat diubah menjadi menaquinone di jaringan tubuh. Phylloquinone, itu bentuk makanan utama dari vitamin, adalah bentuk yang paling aktif secara biologis.

### **Sumber Vitamin K.**

Sekitar 10% vitamin K yang diserap setiap hari berasal dari sintesis bakteri di usus besar. Sisanya berasal dari sumber makanan. Meski vitamin K kandungan makanan individu bervariasi, sayuran berdaun hijau (mis., kangkung, lobak hijau, peterseli, salad sayuran, kubis, dan bayam), brokoli, kacang polong, dan kacang hijau adalah sumber terbaik. Minyak nabati, seperti kedelai dan kanola, juga merupakan sumber yang baik. Vitamin K adalah relatif stabil terhadap pemrosesan panas, tetapi dapat dihancurkan oleh paparan cahaya.

### **Kebutuhan Vitamin K.**

Untuk wanita, Asupan vitamin K yang cukup adalah 90 µg/hari; untuk pria, 120 µg/hari. Asupan yang memadai ini didasarkan pada kecukupan yang tampak dari asupan biasa dan kekurangannya informasi untuk menentukan EAR dan RDA. Nilai Harian untuk vitamin K adalah 80 µg/hari.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin K.**

Sekitar 80% vitamin K dalam makanan seperti phylloquinone dan menaquinone diambil oleh usus kecil dan dimasukkan ke dalam kilomikron. Proses ini membutuhkan empedu dan enzim pankreas. Menaquinones yang disintesis oleh bakteri di usus besar juga diserap, tapi sediakan hanya 10% vitamin K yang kita butuhkan. Vitamin K dapat dimasukkan ke dalam lipoprotein VLDL dan LDL untuk diangkut ke seluruh tubuh atau untuk disimpan di hati. Sebagian besar ekskresi vitamin K terjadi melalui empedu yang keluar dari tubuh di feses, dengan sedikit ekskresi melalui urin.

### **Fungsi Vitamin K**

Vitamin K juga dapat berperan dalam metabolisme tulang. Tiga vitamin K tambahan - protein GLA yang bergantung diketahui disintesis dalam tulang. Fungsi protein tersebut (disebut osteocalcin, protein matriks Gla, dan protein S) tidak dipahami dengan jelas. Vitamin K juga dapat membantu melindungi tubuh dari peradangan, dengan demikian memberikan perlindungan terhadap penyakit kardiovaskular dan osteoporosis.

### **Kekurangan Vitamin K.**

Kekurangan vitamin K jarang terjadi, tetapi dapat terjadi dengan penggunaan antibiotic yang berkepanjangan mengganggu sintesis vitamin K atau dengan gangguan penyerapan lemak. 2 Kekurangan vitamin K juga dapat terjadi pada bayi baru lahir. Penyimpanan vitamin K biasanya rendah saat lahir, sehingga bayi berisiko pembekuan darah dan perdarahan yang rusak. Untuk mencegah kemungkinan defi vitamin k ini - Karena kekurangannya, bayi baru lahir di Amerika Utara diberi suntikan vitamin K dalam waktu 6 jam pengiriman.

### **Toksisitas Vitamin K.**

Sampai saat ini, tidak ada tingkat atas yang ditetapkan untuk vitamin K. Meskipun vitamin K dapat disimpan di hati dan tulang, lebih mudah diekskresikan daripada vitamin larut lemak lainnya. Saat digunakan dalam bentuk alami phyloquinones atau menaquinones, peningkatan jumlah vitamin K tidak menimbulkan efek berbahaya. sebaliknya, menadione dalam jumlah tinggi, suatu bentuk sintetis vitamin K, menyebabkan anemia hemolitik, kelebihan bilirubin dalam darah, dan kematian pada bayi baru lahir.

## **BAB III**

### **VITAMIN LARUT AIR**

#### **Ringkasan Vitamin Larut Air**

Seperti vitamin yang larut dalam lemak, vitamin yang larut dalam air adalah zat organik esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk fungsi normal, pertumbuhan, dan pemeliharaan jaringan tubuh (Gambar 1). Misalnya thiamin, riboflavin, niasin, asam pantotenat, dan biotin sangat penting untuk metabolisme energi. Vitamin B-6, folat, dan vitamin B-12 penting untuk metabolisme asam amino dan sintesis sel darah merah. Vitamin C berpartisipasi dalam sintesis berbagai senyawa, termasuk kolagen. Sebaliknya untuk vitamin yang larut dalam lemak, hanya sejumlah kecil vitamin yang larut dalam air yang disimpan tubuh. Risiko keracunan vitamin yang larut dalam air cenderung rendah karena tidak seperti vitamin yang larut dalam lemak, vitamin yang larut dalam air akan segera dikeluarkan oleh ginjal dan dikeluarkan melalui urin. Faktanya, Level Intake Atas yang Dapat Ditoleransi telah ditetapkan hanya untuk 4 dari vitamin dan kolin yang larut dalam air. Dibandingkan dengan vitamin yang larut dalam lemak, vitamin yang larut dalam air lebih mudah hancur selama memasak.

Kandungan vitamin suatu makanan bisa berkurang dengan paparan panas, zat ringan, udara, dan alkali. Vitamin yang larut dalam air dapat larut ke dalam air masak, sedangkan vitamin yang larut dalam lemak dapat larut menjadi lemak dan minyak goreng. Retensi Vitamin B dan vitamin C terbesar dalam makanan yang disiapkan dengan dikukus, ditumis, dan microwave. Metode memasak ini membatasi paparan panas dan air. Buah dan sayuran merupakan sumber penting dari banyak vitamin.

#### **Koenzim: Peran Umum Vitamin B**

Semua vitamin B membentuk koenzim, yang merupakan molekul organik kecil yang merupakan sejenis kofaktor. Logam (misalnya seng atau magnesium) adalah jenis

kofaktor lain. Kofaktor bergabung dengan enzim tidak aktif (disebut apoenzim) untuk membentuk enzim aktif (disebut holoenzim) yang mampu mengkatalisis reaksi spesifik (Gbr. 2). Tabel 2 mencantumkan contoh koenzim terbentuk dari vitamin B. Semua 8 vitamin B berpartisipasi dalam metabolisme energi; beberapa juga memiliki peran lain di dalam sel. Karena peran vitamin B dalam metabolisme energi, kebutuhan mereka banyak meningkat dengan jumlah aktivitas fisik yang lebih tinggi. Tetap saja, ini bukan jurusan kekhawatiran karena asupan makanan yang lebih tinggi biasanya menyertai peningkatan energi pengeluaran menyumbang lebih banyak vitamin B untuk makanan.

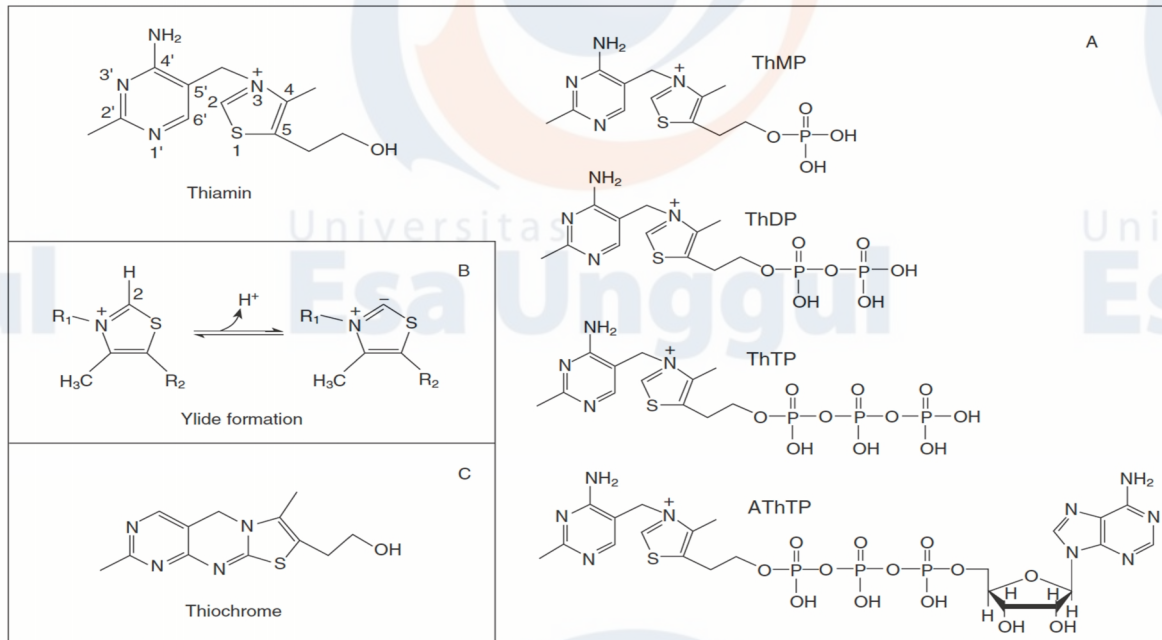
### **Biji-bijian: Salah Satu Sumber Penting Vitamin B**

Biji-bijian merupakan sumber penting dari banyak vitamin B. Namun, saat biji-bijian digiling, benih dihancurkan dan benih, dedak, dan lapisan kulit dihilangkan. Proses pemurnian ini hanya menyisakan endosperma yang mengandung pati, yang merupakan satu-satunya bagian biji-bijian digunakan untuk membuat tepung putih, serta banyak produk roti dan sereal. Karena bagian yang dibuang kaya akan zat gizi, penggilingan menyebabkan hilangnya vitamin dan mineral. Untuk mengatasi hilangnya zat gizi ini, di AS, hampir semua produk roti dan sereal terbuat dari biji-bijian yang digiling diperkaya dengan 4 vitamin B - thiamin, riboflavin, niasin, dan asam folat - dan dengan zat besi mineral. Program pengayaan ini, dimulai pada 1940-an, telah membantu melindungi orang Amerika dari penyakit defisiensi umum yang terkait dengan kekurangan zat gizi ini. Praktik ini, bagaimanapun, masih menyisakan produk dengan lebih sedikit vitamin B-6, kalium, magnesium, seng, serat, dan fitokimia dibandingkan dengan gandum utuh produk karena biji-bijian mengandung kuman dan dedak, serta endosperma (Gambar 4). Oleh karena itu para ahli zat gizi merekomendasikan produk gandum utuh, seperti nasi merah, oatmeal, serta roti dan pasta gandum, dikonsumsi setiap hari. Selengkapnya tentang teks sumber, Diperlukan teks sumber untuk mendapatkan informasi terjemahan tambahan.

## Thiamine

Selama berabad-abad, efek dari penyakit beri-beri diketahui di negara-negara Asia dimana nasi putih adalah makanan utama (atau pokok). Nasi putih digiling dan karenanya tidak lagi mengandung *germ* yang kaya zat gizi. Pada akhir 1800-an, beri-beri menjadi lebih parah umum dan salah satu penyebab utama kematian. Ini terjadi karena penggilingan padi. Teknologi yang diperkenalkan pada saat itu benar-benar menghilangkan dedak dan benih, sehingga menghasilkan dalam nasi putih yang sangat halus tetapi juga menghilangkan kandungan thiamin pada butiran beras.

Namun, para ilmuwan tidak mengaitkan penyakit beri-beri dengan kekurangan zat gizi sampai dini pada tahun 1900-an, ketika ditemukan bahwa faktor vital dalam kuman beras dapat menyembuhkan beri-beri. Bahwa Faktornya adalah vitamin B thiamin, juga dikenal sebagai vitamin B-1. Thiamin terdiri dari karbon pusat yang terikat pada 6 anggota yang mengandung nitrogen cincin dan cincin yang mengandung belerang beranggota 5. Namanya berasal dari thio, yang berarti "belerang", dan amina, mengacu pada gugus nitrogen dalam molekul. Dua gugus fosfat ditambahkan (pada titik merah di struktur thiamin), untuk membentuk koenzim vitamin ini, thiamin pyrophosphate (TPP). Ikatan kimiawi antara setiap cincin dan karbon pusat di thiamin (ditunjukkan dalam warna merah pada struktur) mudah rusak karena paparan panas yang terlalu lama, seperti yang bisa dilakukan terjadi dalam memasak. Saat ini terjadi, vitamin tidak bisa lagi berfungsi di dalam tubuh. Kerusakan ini juga terjadi jika makanan dimasak dalam larutan alkali (basa) ( $\text{pH} \geq 8.0$ ). Kadang-kadang soda kue (bahan dasar) ditambahkan ke dalam air rebusan kacang hijau segar mempertahankan warna hijau cerahnya; praktik ini tidak disarankan.



**FIG. 17.1** Structure of thiamin derivatives. A, Natural derivatives; B, formation of the catalytic ylide intermediate; C, tricyclic fluorescent thiochromes.

### Gambar 7. Struktur Thiamine

Sumber: Erdman et al., 2012

Kebanyakan bakteri, jamur, dan tumbuhan mampu mensintesis thiamin de novo, sedangkan hewan hanya mengandalkan sumber eksogen. Defisiensi zat gizi thiamin menyebabkan beri-beri, sindrom polineuritik. Beri-beri dulunya adalah masalah kesehatan di Asia Timur, khususnya pada abad kesembilan belas abad, karena populasi di negara-negara ini bergantung banyak di atas beras poles (miskin di thiamin) sebagai makanan pokok. Bentuk beri-beri yang jarang terjadi pada kardiovaskular (beri-beri basah, shoshin beri-beri) kadang-kadang menyebabkan gagal jantung kongestif. Bentuk lain yang relatif umum dari defisiensi thiamin, sindrom Wernicke - Korsakoff, mempengaruhi sistem saraf pusat dan umumnya berhubungan dengan alkoholisme kronis.

Tiamin bebas diketahui tidak memiliki peran fisiologis, namun thiamin diphosphate (ThDP, Gambar 5), sebelumnya disebut thiamin pyrophosphate atau cocarboxylase, adalah kofaktor penting dalam metabolisme energi sel. Seperti kasusnya untuk thiamin,

beberapa vitamin B lainnya seperti riboflavin (B2), niacin (B3), dan asam pantotenat (B5) juga merupakan precursor dari kofaktor yang dibutuhkan untuk produksi energi mitokondria. Selain ThDP, dua turunan terfosforilasi lainnya, thiamin monophosphate (ThMP) dan thiamin triphosphate (ThTP), miliknya telah dikenal selama bertahun-tahun. Baru-baru ini, turunan thiamin adenilasi, adenosin thiamin triphosphate (AThTP) dan adenosine thiamin difosfat telah dijelaskan. Peran biologis turunan selain ThDP masih belum jelas terutama pada eukariotik organisme.

### **Thiamin dalam Makanan**

Thiamin ditemukan dalam berbagai macam makanan, meskipun umumnya dalam jumlah kecil. Sebisa mungkin terlihat pada Gambar 6, makanan yang kaya thiamin adalah produk daging babi, biji bunga matahari, dan kacang-kacangan. Biji-bijian dan sereal utuh dan diperkaya, kacang hijau, asparagus, jeroan (mis., hati), kacang tanah, dan jamur juga merupakan sumber yang baik. Di AS, kontributor utama dari thiamin adalah roti dan roti gulung, sereal siap saji, pasta, ham, susu, produk bakery, kentang, nasi, jus jeruk, tomat, dan daging sapi. Makan sesuai dengan variasi makanan Piramida/Tumpeng Gizi Seimbang adalah cara yang dapat diandalkan untuk mendapatkan thiamin yang cukup.

### **Kebutuhan Thiamin dan Batas Atas**

RDA untuk thiamin adalah 1,2 mg per hari untuk pria dewasa dan 1,1 mg per hari untuk wanita. Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 1,5 mg. Asupan harian rata-rata selama thiamin di AS untuk pria muda mendekati 2 mg per hari. Untuk wanita muda, sekitar 1,2 mg setiap hari. Tampaknya tidak ada efek samping dengan asupan berlebih thiamin dari makanan atau suplemen karena mudah dikeluarkan melalui urin. Jadi tidak Batas atas ditetapkan untuk zat gizi ini.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Thiamin**



Thiamin diserap terutama di usus kecil oleh penyerapan aktif yang bergantung pada proses natrium. Ini diangkut terutama oleh sel darah merah dalam bentuk koenzimnya (thiamin pirofosfat). Sedikit thiamin disimpan; hanya sedikit cadangan yang ditemukan di otot dan hati. Setiap asupan berlebih dengan cepat disaring oleh ginjal dan dikeluarkan melalui urin.

### **Fungsi Thiamin**

Koenzim thiamin pirofosfat (TPP) diperlukan untuk metabolisme karbohidrat dan asam amino rantai cabang. TPP diperlukan untuk 2 jenis yang berbeda reaksi. Pertama, ia bekerja dengan enzim khusus untuk menghilangkan karbon dioksida (dikenal sebagai dekarboksilasi) dari senyawa tertentu. Konversi piruvat menjadi asetil-KoA, reaksi kritis dalam metabolisme aerobik glukosa, adalah contoh dekarboksilasi tindakan TPP.

TPP juga berfungsi sebagai koenzim untuk transketolase, enzim dalam pentose jalur fosfat. Dalam jalur ini, glukosa 6 karbon diubah menjadi 5 karbon gula digunakan untuk membentuk DNA dan RNA.

### **Kekurangan Thiamin**

Seperti dijelaskan sebelumnya, penyakit beri-beri akibat defisiensi thiamin telah dikaitkan dengan makanan terutama terdiri dari nasi putih. Misalnya, di tahun 1800-an, 25 hingga 40% dari jumlah tersebut di angkatan laut Jepang mengalami beri-beri karena jatah kapal sudah termasuk nasi putih dan sedikit. Saat daging dan kacang-kacangan ditambahkan ke dalam ransum angkatan laut, beri-beri pun hilang. Meski jauh lebih jarang saat ini, beri-beri masih terjadi pada orang miskin di negara berkembang di mana nasi putih adalah makanan pokoknya. Suatu bentuk beri-beri, disebut Sindrom Wernicke-Korsakoff, ditemukan di negara maju pada beberapa individu dengan alkoholisme.

### **Riboflavin**

Riboflavin, juga dikenal sebagai vitamin B-2, pernah disebut "enzim kuning" karena ia memiliki kemekaran kuning-hijau yang khas. Padahal, namanya berasal dari warnanya (flavin berarti "kuning" dalam bahasa Latin). Riboflavin berisi 3 cincin beranggota 6 yang terhubung, dengan alkohol gula yang menempel di cincin tengah.

### **Riboflavin Pada Makanan**

Hampir seperempat riboflavin dalam makanan kita berasal dari produk susu. Itu sisanya biasanya disuplai oleh roti putih yang diperkaya, roti gulung, dan kerupuk, juga telur dan daging. Makanan yang kaya riboflavin adalah hati, jamur, bayam dan lainnya sayuran berdaun hijau, brokoli, asparagus, susu, dan keju cottage. Paparan cahaya (radiasi ultraviolet) menyebabkan riboflavin rusak dengan cepat. Untuk mencegah kerusakan yang disebabkan cahaya ini, wadah kertas dan plastik - tidak kaca - sebaiknya digunakan sebagai kemasan untuk makanan kaya riboflavin, seperti susu, produk susu, dan sereal.

### **Kebutuhan Riboflavin dan Batas Atas**

RDA untuk riboflavin untuk pria dan wanita dewasa masing-masing adalah 1,3 dan 1,1 mg/hari. Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 1,7 mg. Amerika Utara memiliki asupan sekitar 2,1 mg/hari untuk pria dan 1,5 mg/hari untuk perempuan. Tampaknya tidak ada efek samping dari mengonsumsi dalam jumlah besar riboflavin karena penyerapannya yang terbatas dan ekskresi yang cepat melalui urin, jadi tidak ada batas atas yang telah ditetapkan.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Riboflavin**

Di lambung, asam klorida (HCl) melepaskan riboflavin dari bentuk ikatannya. Riboflavin bebas diserap terutama melalui transpor aktif atau difusi terfasilitasi di usus kecil. Di dalam darah, riboflavin diangkut oleh pembawa protein. Riboflavin diubah menjadi bentuk koenzimnya di sebagian besar jaringan, tetapi ini terjadi terutama di usus kecil, hati, jantung, dan ginjal.

Sejumlah kecil riboflavin disimpan di hati, ginjal, dan jantung. Setiap kelebihan asupan akan dikeluarkan melalui urin. Bagi orang yang meminumnya dalam jumlah berlebihan dalam bentuk suplemen, riboflavin memberikan warna kuning cerah ke urin yang bersinar di bawah sinar hitam.

### **Fungsi Riboflavin**

Riboflavin adalah komponen dari 2 koenzim yang memainkan peran kunci dalam metabolisme energi: flavin mononukleotida (FMN) dan flavin adenine dinucleotide (FAD). Koenzim ini, juga disebut sebagai flavin, memiliki fungsi oksidasi dan reduksi. FAD adalah bentuk teroksidasi dari koenzim. Ketika direduksi (memperoleh 2 hidrogen, setara dengan 2 ion hidrogen dan 2 elektron), ini dikenal sebagai FADH<sub>2</sub>. Koenzim riboflavin terlibat dalam banyak reaksi di berbagai jalur metabolisme. Mereka sangat penting untuk metabolisme energi dan terlibat dalam pembentukan energi lainnya senyawa, termasuk vitamin B dan antioksidan lainnya.

### **Defisiensi Riboflavin**

Defisiensi riboflavin, yang disebut ariboflavinosis, terutama menyerang mulut, kulit, dan warna merah sel darah. Gejalanya antara lain radang tenggorokan, mulut (stomatitis), dan lidah (glossitis); retak jaringan di sekitar sudut mulut (cheilitis sudut); dan kulit lembab, merah, bersisik (dermatitis seboroik). Anemia, kelelahan, kebingungan, dan sakit kepala juga bisa terjadi. Beberapa gejala ariboflavinosis dapat terjadi dari defisiensi vitamin B lain karena mereka bekerja dalam jalur metabolisme yang sama sebagai riboflavin dan sering disuplai oleh makanan yang sama. Ariboflavinosis berkembang setelah 2 bulan dengan diet kekurangan riboflavin dan jarang terjadi

pada orang sehat. Bukti biokimia dari defisiensi (tingkat riboflavin rendah dalam sel darah merah atau penurunan aktivitas enzim glutathione reduktase) paling sering terlihat pada gadis remaja dan orang tua. Penyakit seperti kanker, bentuk tertentu

penyakit kardiovaskular, dan diabetes dapat menyebabkan atau memperburuk defisiensi riboflavin.

## Niacin

Pellagra - penyakit defisiensi vitamin B niacin - adalah satu-satunya defisiensi makanan penyakit pernah mencapai proporsi epidemi di AS Pada awal 1900-an, pellagra menyerang ribuan di negara bagian tenggara sebelum ilmuwan menemukan hubungannya dengan kekurangan asupan niacin. Niacin, atau vitamin B-3, ada dalam 2 bentuk - asam nikotinat (niasin) dan nikotinamid (niacinamide). Kedua bentuk tersebut digunakan untuk mensintesis koenzim niacin: nikotinamida adenine dinucleotide (NAD) dan nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP +).

Beberapa sumber kaya niacin yang telah dibentuk sebelumnya - jamur, dedak gandum, ikan, unggas, dan kacang tanah. Makanan kaya protein juga merupakan sumber niasin yang baik karena mereka menyediakan triptofan. Tidak seperti beberapa vitamin yang larut dalam air lainnya, niasin adalah sangat stabil terhadap panas dan sedikit yang hilang saat memasak. Dalam sintesis niacin dari triptofan, diperlukan 60 mg triptofan makanan untuk membuat sekitar 1 mg niacin. 2 Ribovlavin dan vitamin B-6 juga dibutuhkan. Protein adalah sekitar 1% triptofan, jadi 1 g protein menyediakan 10 mg triptofan.

Kontribusi keseluruhan protein makanan untuk niasin dapat diperkirakan secara kasar seperti yang ditunjukkan berikut ini contoh pola makan yang mengandung 90 g protein:

1 g protein menghasilkan 10 mg triptofan

60 mg triptofan menghasilkan 1 mg niacin

$90 \text{ g protein} \times 10 \text{ mg triptofan} / \text{g protein} = 900 \text{ mg triptofan}$

900 mg triptofan

$60 \text{ mg triptofan} / \text{mg niacin} = 15 \text{ mg niacin}$

### **Kebutuhan Niacin dan Batas Atas**

RDA niacin untuk pria dewasa adalah 16 mg / hari; untuk wanita dewasa, 14 mg/hari. RDA untuk niacin dinyatakan sebagai setara niacin (NE) untuk menjelaskan niacin yang dibentuk sebelumnya dalam makanan dan niacin yang disintesis dari triptofan. Asupan khas niacin di AS melebihi RDA; Faktanya, triptofan adalah sumber utama niacin. Nilai Harian untuk niacin pada label makanan dan suplemen adalah 20 mg. Batas atas untuk niacin, 35 mg/hari, hanya berlaku untuk suplemen niacin dan makanan yang di fortifikasi.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Niasin**

Asam nikotinat dan nikotinamida mudah diserap dari lambung dan usus kecil oleh transpor aktif dan difusi pasif, sehingga umumnya hampir semua niacin yang dikonsumsi diserap. Namun, ketersediaan hayati niacin rendah di beberapa biji-bijian, khususnya jagung. Ini karena niacin terikat erat dengan protein; jadi, kurang dari 30% bisa diserap. Niasin dapat dilepaskan dari protein dan bioavailabilitasnya ditingkatkan merendam jagung dalam larutan kalsium hidroksida yang dilarutkan dalam air (disebut air jeruk nipis).

### **Fungsi Niacin**

Seperti bentuk koenzim riboflavin, koenzim berupa niacin, NAD + dan NADP +, adalah peserta aktif dalam reaksi reduksi oksidasi. Fungsi koenzim niacin dalam setidaknya 200 reaksi di jalur metabolisme seluler, terutama yang menghasilkan ATP. NAD + dibutuhkan terutama untuk katabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. NAD + bertindak sebagai akseptor elektron dan hidrogen dalam glikolisis dan siklus asam sitrat. Dibawah kondisi anaerobik, NAD + dibuat ulang ketika piruvat diubah menjadi laktat. Dibawah kondisi aerobik, NADH + H + menyumbangkan elektron dan hidrogen ke molekul akseptor rantai transpor elektron, sehingga berkontribusi pada sintesis ATP. Metabolisme alkohol juga membutuhkan koenzim niacin.

### **Kekurangan Niacin**

Karena hampir setiap jalur metabolisme menggunakan  $\text{NAD}^+$  atau  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , sebenarnya mengejutkan bahwa kekurangan niacin menyebabkan kerusakan luas di tubuh. Defisiensi Niasin, Pellagra, yang pernah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di AS, sekarang menjadi diberantas di sini, berkat pengayaan biji-bijian dan makanan kaya protein. Penemuan tentang bagaimana pellagra berkembang dari pola makan yang buruk, bukan dari infeksi bakteri (seperti yang diyakini kebanyakan orang sampai awal 1900-an), adalah cerita yang menarik.

## **BAB IV**

### **VITAMIN LARUT AIR (LANJUTAN)**

#### **Asam Pantotenat**

Nama asam pantotenat diambil dari kata Yunani pantothen, yang berarti “dari setiap sisi, ”karena ada di semua sel tubuh dan dipasok oleh berbagai macam makanan. Asam pantotenat adalah bagian dari koenzim A (CoA), yang digunakan di seluruh metabolisme energi di seluruh tubuh. CoA terbentuk ketika asam pantotenat bergabung dengan turunan dari adenosin difosfat (ADP) dan bagian dari asam amino sistein. Sistein menyediakan atom belerang, yang merupakan ujung fungsional koenzim.

#### **Asam Pantotenat dalam Makanan**

Pasokan makanan menyediakan banyak asam pantotenat. Sumber umum termasuk daging, susu, dan banyak sayuran (Gbr. 1). Makanan lain yang kaya asam pantotenik termasuk jamur, kacang tanah, kuning telur, ragi, brokoli, dan susu kedelai. Secara umum, makanan yang tidak diolah merupakan sumber asam pantotenat yang lebih baik daripada makanan olahan makanan karena penggilingan, pemurnian, pembekuan, pemanasan, dan pengalengan dapat mengurangi asam pantotenik dalam makanan.

## **Kebutuhan Asam Pantotenat dan Tingkat Atas**

Untuk orang dewasa, asupan yang cukup untuk asam pantotenat adalah 5 mg/hari. Orang dewasa pada umumnya konsumsi Asupan yang Cukup atau lebih. Nilai Harian pada makanan dan suplemen label adalah 10 mg. Tidak ada toksisitas yang diketahui untuk asam pantotenat, jadi tidak ada Batasan untuk Tingkat Atas (upper level).

## **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi dari Asam Pantotenat**

Porsi asam pantotenat dari koenzim A apa pun dalam makanan dilepaskan selama pencernaan di usus kecil. Ini kemudian diserap dan diangkut ke seluruh tubuh terikat sel darah merah. Penyimpanan minimal dan dalam bentuk koenzim. Ekskresi pantotenik asam melalui urin.

## **Fungsi Asam Pantotenat**

Koenzim A sangat penting untuk pembentukan asetil-KoA dari kerusakan karbohidrat, protein, alkohol, dan lemak. Molekul asetil-KoA paling sering memasuki siklus asam sitrat (dengan produksi ATP akhirnya). Namun, asetil- CoA juga merupakan blok pembangun biosintetik penting yang digunakan untuk membangun asam lemak, kolesterol, asam empedu, dan hormon steroid. Asam pantotenat juga merupakan bagian dari senyawa yang disebut pembawa asil protein. Protein ini menempel pada asam lemak dan mengangkutnya melalui jalur metabolisme yang dirancang untuk meningkatkan panjang rantai mereka. Sebagai koenzim A, asam pantotenat juga menyumbangkan asam lemak ke protein dalam proses yang dapat ditentukan lokasi dan fungsinya di dalam sel.

## **Defisiensi Asam Pantotenat**

Kekurangan asam pantotenat sangat jarang terjadi dan baru diamati hanya jika terjadi defisiensi diinduksi secara eksperimental. Gejalanya meliputi sakit kepala, kelelahan, gangguan otot koordinasi, dan gangguan saluran GI.

## **Biotin**

Penemuan Biotin dikaitkan dengan apa yang disebut oleh para peneliti di tahun 1920 an "Luka putih telur." Tikus yang diberi makan putih telur mentah dalam jumlah besar mengalami ruam parah, kehilangan bulunya, dan menjadi lumpuh. Gejala ini hilang ketika tikus diberi makan ragi, hati, dan makanan lain. Pengamatan ini mengarah pada penemuan vitamin B ini. Biotin adalah sebuah koenzim yang berpartisipasi dalam reaksi yang menambahkan karbon dioksida senyawa. Sumber Biotin: Sintesis Makanan dan Mikroba Biotin umumnya ditemukan dalam 2 bentuk dalam makanan: sebagai vitamin gratis dan sebagai bentuk terikat protein, disebut biosit. Vitamin ini sangat banyak didistribusikan dalam makanan, tetapi konsentrasinya sangat bervariasi. Baik sumbernya meliputi biji-bijian, telur, kacang-kacangan, dan polong-polongan (Gbr.3). Kandungan biotin makanan hanya ditentukan dalam jumlah kecil di dalam makanan, jadi database zat gizi tidak lengkap.

Kita memproduksi lebih banyak biotin daripada yang kita konsumsi; bakteri pada besar usus mensintesis biotin. Namun, belum diketahui sejauh mana biotin disintesis oleh flora di usus besar tersedia secara hayati karena biotin diserap paling efisien dari usus kecil.

## **Kebutuhan Biotin dan Tingkat Atas**

Asupan yang memadai untuk biotin untuk orang dewasa adalah 30 µg/hari. Pola makan orang dewasa pada umumnya memenuhi level Intake yang Memadai. Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 300 µg, 10 kali perkiraan kebutuhan saat ini. Tidak ada Tingkat Atas untuk biotin.

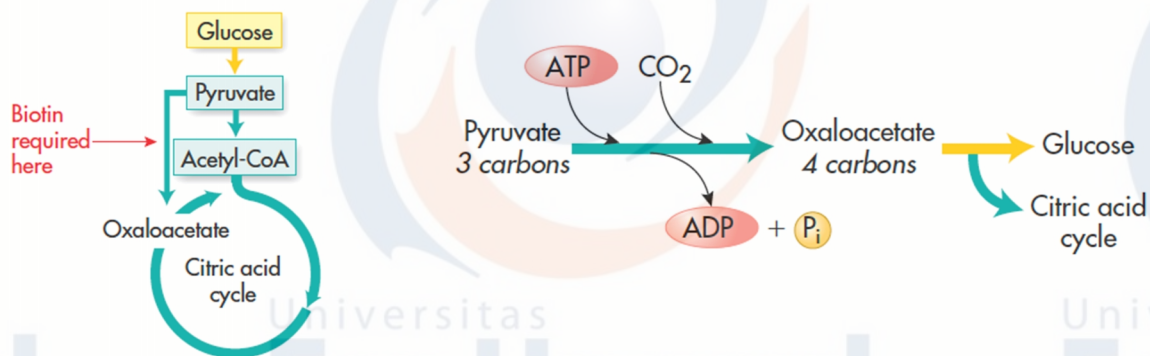


## Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Biotin

Di usus kecil, enzim biotinidase melepaskan biotin dari biocytin dan lainnya enzim yang bergantung pada biotin ditemukan dalam makanan. Biotin gratis diserap di usus kecil melalui pembawa yang bergantung pada natrium. Biotin disimpan dalam jumlah kecil di otot, hati, dan otak, dan sebagian besar ekskresinya melalui urin, meskipun beberapa dikeluarkan melalui empedu.

## Fungsi Biotin

Biotin berfungsi sebagai koenzim untuk beberapa enzim karboksilase yang menambahkan karbondioksida ke berbagai senyawa. Enzim ini dibutuhkan untuk metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. Reaksi yang bergantung pada biotin meliputi:



Gambar 8. Reaksi Biotin

Sumber: Erdman et.al, 2012

- Karboksilasi piruvat untuk membentuk oksaloasetat, perantara siklus asam sitrat. Ingatlah bahwa, ketika persediaan glukosa menipis, oksaloasetat berfungsi sebagai titik awal glukoneogenesis
- Pemecahan asam amino untuk treonin, leusin, metionin, dan isoleusin digunakan sebagai energi.

- Karboksilasi asetil-KoA membentuk malonil-KoA, sehingga asam lemak dapat disintesis

### **Defisiensi Biotin**

Secara keseluruhan, defisiensi biotin jarang terjadi. Sekitar 1 dari 112.000 bayi lahir dengan cacat genetic yang menghasilkan jumlah enzim biotinidase yang sangat rendah. Hasilnya, bayi tidak dapat memecah biosit dalam makanan untuk diserap. Terjadi defisiensi biotin, dan gejala (ruam kulit, rambut rontok, kejang, dan gangguan pertumbuhan) terjadi dalam beberapa kasus minggu sampai bulan setelah lahir. Individu yang terkena biasanya dirawat seluruhnya hidup dengan dosis rutin suplemen biotin. Kekurangan biotin juga disebabkan oleh konsumsi teratur dalam jumlah besar (>12) telur mentah setiap hari. Telur mentah mengandung protein, avidin, yang mengikat biotin, membatasi penyerapan biotin. Memasak telur mengubah sifat avidin, yang mencegahnya mengikat ke biotin.

### **Vitamin B-6**

Hampir semua asam amino membutuhkan koenzim vitamin B-6 dalam metabolisme mereka. Vitamin B-6 adalah keluarga dari 3 senyawa: pyridoxal, pyridoxine, dan pyridoxamine. Semua 3 bentuk dapat difosforilasi (memiliki gugus fosfat ditambahkan) menjadi vitamin aktif Koenzim B-6. Koenzim vitamin B-6 utama adalah fosfat piridoksal (PLP). Vitamin B-6 diubah menjadi PLP dengan menambahkan gugus fosfat ( $PO_4$ ) ke gugus hidroksilnya. Nama generik untuk vitamin ini adalah B-6, atau pyridoxine.

### **Vitamin B-6 dalam Makanan**

Vitamin B-6 disimpan di jaringan otot hewan; jadi, daging, ikan, dan unggas adalah beberapa sumber terkaya. Padahal vitamin B-6 ada dalam makanan hewani sering kali lebih mudah diserap daripada makanan yang berasal dari tumbuhan, biji-bijian juga

adalah sumber vitamin B-6 yang baik. Namun, vitamin B-6 hilang selama pemurnian biji-bijian, dan itu bukan salah satu vitamin yang ditambahkan selama pengayaan. Sebagian besar buah-buahan dan sayur-sayuran bukan sumber vitamin B-6 yang baik, tetapi ada beberapa pengecualian: wortel, kentang, bayam, pisang, dan alpukat (Gbr. 5). sumber vitamin B-6 utama di A.S. adalah sereal siap saji, unggas, daging sapi, kentang, dan pisang.<sup>4</sup> Seperti banyak vitamin yang larut dalam air lainnya, vitamin B-6 bisa hilang saat makanan terkena panas dan proses lainnya.

### **Kebutuhan Vitamin B-6 dan Tingkat Atas**

RDA untuk vitamin B-6 adalah 1,3 dan 1,7 mg/hari pada wanita dan pria dewasa, masing-masing. Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 2 mg. Rata-rata asupan harian vitamin B-6 untuk pria dan wanita dewasa agak di atas RDA. Tingkat Atas untuk orang dewasa ditetapkan pada 100 mg/hari. Asupan 2 sampai 6 g vitamin B-6 setiap hari selama 2 bulan atau lebih dapat menyebabkan kerusakan saraf ireversibel, seperti asupan jangka panjang bisa lebih dari 200 mg/hari. Binaragawan dan wanita mencoba untuk mengobati diri sendiri untuk sindrom pramenstruasi (PMS) telah mengalami gejala seperti kesulitan berjalan dan tangan dan kaki mati rasa. Beberapa kerusakan saraf pada neuron sensorik individu mungkin reversibel, tetapi kerusakan ganglia (di mana banyak serabut saraf bertemu) mungkin permanen.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin B-6**

Penyerapan vitamin B-6 dilakukan dengan difusi pasif. Bentuk koenzim biasanya diubah menjadi bentuk vitamin gratis untuk diserap, tetapi pada konsentrasi tinggi Sebagian koenzim dapat diserap seperti itu. Vitamin B-6 diangkut melalui vena portal ke hati, di mana sebagian besar terfosforilasi. Dari hati, bentuk terfosforilasi (terutama PLP) dilepaskan untuk transportasi dalam darah yang terikat ke albumin protein transpor. Jaringan otot adalah tempat penyimpanan utama vitamin B-6. Kelebihan vitamin B-6 umumnya diekskresikan dalam urin.

## **Fungsi Vitamin B-6**

Koenzim vitamin B-6 berpartisipasi dalam berbagai reaksi metabolisme. Misalnya PLP adalah koenzim di lebih dari 100 reaksi enzimatik, yang hampir semuanya melibatkan senyawa, seperti gugus amino ( $\text{NH}_2$ ).

Homosistein menerima banyak perhatian, terutama tentang perkembangan gangguan otak, tulang gangguan, dan penyakit kardiovaskular. Memenuhi vitamin B (riboflavin, vitamin B-6, folat, dan vitamin B-12) dan kolin kebutuhan memungkinkan untuk metabolisme homosistein untuk zat gizi, seperti asam amino metionin dan sistein. Ini menjaga kadar darah homosistein rendah dan membantu melindungi tubuh dari homosistein konsekuensi yang berpotensi beracun.

### **Metabolisme**

Peran utama PLP adalah berpartisipasi dalam metabolisme asam amino. Fungsi yang sangat penting PLP adalah sebagai koenzim untuk reaksi transaminasi yang memungkinkan transfer gugus amino sintesis asam amino non-esensial. Tanpa PLP, setiap asam amino akan menjadi penting karena harus disediakan oleh. PLP juga membantu mengubah homosistein menjadi asam amino sistein, yang terjadi selama metabolisme dari (metionin) asam amino (lihat Lampiran C untuk rincian tentang metionin dan metabolisme homosistein). PLP juga diperlukan untuk pelepasan glukosa dari glikogen. Dengan cara ini, PLP membantu menjaga konsentrasi glukosa darah.

### **Sintesis Senyawa**

Dalam sel darah merah, PLP mengkatalisis langkah dalam sintesis heme, yang mengandung nitrogen cincin yang dimasukkan ke dalam protein tertentu untuk menahan besi di tempatnya. Yang paling terkenal adalah hemoglobin, yang menggunakan zat besi untuk mengangkut oksigen dalam darah. Asam amino tidak

hanya digunakan untuk membangun protein, tetapi juga digunakan untuk membuat senyawa yang mengandung nitrogen non-protein. Banyak dari senyawa ini adalah neurotransmitter, yang penting untuk fungsi otak. PLP terlibat dalam sintesis beberapa neurotransmitter: serotonin dari triptofan, dopamin (DOPA) dan norepinefrin dari tirosin, histamin dari histadine, dan asam gamma-aminobutyric (GABA) dari asam glutamat.

### **Kekurangan Vitamin B-6**

Jika terjadi defisiensi, gejala mungkin termasuk dermatitis seboroik, anemia mikrositik hipokromik (dari penurunan sintesis hemoglobin), kejang, depresi, dan kebingungan akibat perubahan metabolisme triptofan atau sintesis neurotransmitter. Konsentrasi darah rendah dari PLP telah diamati pada mereka dengan pola makan yang sangat buruk dan pecandu alkohol. Asetaldehida, diproduksi selama metabolisme alkohol, menurunkan pembentukan PLP oleh sel dan mungkin mengurangi aktivitas biologisnya. Sejumlah obat dapat menurunkan jumlah PLP di dalam darah: L-DOPA, digunakan untuk mengobati penyakit Parkinson; isoniazid, anti tuberculosis pengobatan; dan teofilin, digunakan untuk mengobati asma. Orang yang memakai obat ini mungkin membutuhkan suplementasi vitamin B-6.

anemia mikrositik hipokromik : Anemia ditandai dengan sel darah merah kecil, pucat yang kurang mencukupi hemoglobin dan menjadi berkurang kemampuannya membawa oksigen. Bisa juga disebabkan oleh kekurangan zat besi.

### **Penggunaan Farmakologis Vitamin B-6**

Suplemen vitamin B-6 memiliki sejarah yang panjang sebagai pengobatan untuk *carpal tunnel syndrome*, sindrom pramenstruasi, dan mual selama kehamilan. *Carpal tunnel syndrome*, gangguan saraf yang menyakitkan pada pergelangan tangan dan tangan, dapat diobati dengan dosis harian yang besar (biasanya, 50 sampai 300 mg/hari) vitamin B-6. Bagaimana vitamin B-6 mungkin terkait dengan *carpal tunnel syndrome*

tidak jelas; teori termasuk bahwa itu memperbaiki atau mengurangi saraf yang rusak persepsi nyeri. Tinjauan komprehensif studi penelitian di bidang ini menyimpulkan bahwa, Meskipun ada batasan terkait kualitas penelitian di bidang ini, ada beberapa dukungan untuk menggunakan vitamin B-6 dalam pengobatan *carpal tunnel syndrome*. Terapi ini harus diawasi oleh dokter, tidak diberikan sendiri, terutama karena toksisitas vitamin B-6 dapat memperburuk kerusakan saraf.

Bukti bahwa suplementasi vitamin B-6 memperbaiki sindrom pramenstruasi (PMS) lemah. PMS adalah gangguan multi gejala yang terjadi 1 hingga 2 minggu sebelum menstruasi. Gejalanya meliputi retensi cairan, kembung dan penambahan berat badan, nyeri payudara, ketidaknyamanan perut, sakit kepala, mengidam gula dan alkohol, depresi ringan, dan kecemasan. Sebagian besar wanita yang sedang menstruasi mengalami 1 atau lebih gejala ini pada beberapa orang gelar. Karena studi tentang vitamin B-6 dan PMS belum menunjukkan manfaat yang signifikan, vitamin B-6 tidak dapat direkomendasikan sebagai pengobatan untuk gangguan ini. Mual dialami oleh 70 hingga 85% wanita selama trimester pertama kehamilan. Terkadang dokter merekomendasikan suplementasi vitamin B-6, biasanya 30 sampai 75 mg/hari, untuk mengurangi mual. Review dari penelitian tentang perawatan mual selama kehamilan menunjukkan bahwa terapi ini aman dan cenderung membantu mengurangi mual.

### **Folat**

Nama vitamin B folat berasal dari kata Latin folium, yang berarti “daun”. Diberi nama ini karena sayuran berdaun hijau adalah sumber yang sangat baik. Folat adalah nama generik, mengacu pada berbagai bentuk vitamin yang ditemukan secara alami dalam makanan. Itu istilah asam folat mengacu pada bentuk sintetis dari vitamin yang ditemukan dalam suplemen dan makanan yang diperkuat. Folat terdiri dari 3 bagian: pteridine, paraaminobenzoic asam (PABA), dan 1 atau lebih molekul dari asam amino asam glutamat (glutamat).

## **Folat dalam Makanan**

Ketersediaan biologis folat dalam makanan dari diet campuran umumnya dianggap sekitar 50% asam folat, tetapi mungkin mendekati 80%. Makanan yang memiliki jumlah terbesar dan ketersediaan hayati terbanyak folat adalah hati, kacang-kacangan, dan sayuran berdaun hijau.

Sumber folat yang kaya lainnya termasuk alpukat dan jeruk. Roti dan produk sereal dari biji-bijian giling yang diperkuat dengan asam folat, mereka sumber yang baik dari vitamin ini. Sereal, roti, polong-polongan, jeruk dan jus grapefruit, selada, susu, dan kentang juga sumber utama. Meskipun susu dan kentang bukan merupakan sumber folat yang kaya, mereka sangat umum dikonsumsi yang kontribusinya terhadap asupan folat relatif tinggi. Pengolahan dan persiapan makanan dapat menghancurkan 50 hingga 90% folat di dalamnya makanan. Folat sangat rentan terhadap kerusakan oleh panas, oksidasi, dan sinar ultraviolet. (Vitamin C dalam makanan membantu melindungi folat dari oksidatif kehancuran.) Konsumsi rutin buah-buahan segar atau dimasak ringan dan sayuran dapat membantu Anda mendapatkan manfaat penuh dari kandungan folatnya.

## **Kebutuhan Folat dan Diet Setara Folat**

RDA folat untuk orang dewasa adalah 400 µg/hari, seperti Nilai harian untuk makanan dan label suplemen. RDA dinyatakan sebagai makanan yang setara dengan folat (DFE). DFE mencerminkan perbedaan dalam penyerapan folat dan makanan asam folat sintetis. Hubungan antara DFE, folat makanan, dan folat asam adalah sebagai berikut.

1 DFE = 1 µg folat makanan = 0,6 µg asam folat = 0,5 µg asam folat diambil diminum dengan makanan saat perut kosong

DFE dihitung menggunakan persamaan ini:

$DFE = \mu\text{g folat makanan} + (\mu\text{g asam folat} \times 1,7)$

Misalnya, Nilai Harian untuk satu porsi sereal sarapan siap makan tercantum di label sebagai 50%, jadi jumlah asam folat adalah 200  $\mu\text{g}$  per porsi (Nilai Harian 400  $\mu\text{g}$   $\times$  0,50). Karena folat ini terutama asam folat sintetis, 200  $\mu\text{g}$  dikalikan dengan 1,7, menghasilkan 340  $\mu\text{g}$  DFE. Jika makanan juga mengandung 300  $\mu\text{g}$  folat makanan, total asupan DFE adalah 640  $\mu\text{g}$  DFE (300  $\mu\text{g}$  + 340  $\mu\text{g}$ ), yang melebihi AKG dewasa. Database zat gizi laporkan folat dalam makanan tertentu sebagai DFE.

### **Tingkat Atas untuk Folat**

Tingkat Atas untuk asam folat sintetis ditetapkan pada 1000  $\mu\text{g}$  (1 mg); asupan di atas ini dapat menutupi kekurangan vitamin B-12. Tingkat Atas tidak berlaku untuk folat dalam makanan karena penyerapannya terbatas. Menanggapi kekhawatiran itu dengan dosis tinggi asam folat mungkin menutupi kekurangan vitamin B-12, FDA membatasi jumlah asam folat dalam suplemen vitamin non-resep. Kadar ini ditetapkan pada 400  $\mu\text{g}$  untuk individu tidak hamil ketika tidak ada pernyataan usia yang tercantum pada label suplemen. Saat berhubungan dengan usia dosis tercantum, tidak boleh lebih dari 100  $\mu\text{g}$  untuk bayi, 300  $\mu\text{g}$  untuk anak-anak, dan 400  $\mu\text{g}$  untuk dewasa. Suplemen prenatal yang dijual bebas dapat mengandung 800  $\mu\text{g}$ .

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Folat**

Agar dapat diserap, folat poliglutamat harus dipecah (dihidrolisis) di saluran GI ke bentuk monoglutamat. Enzim yang dikenal sebagai konjugase folat, diproduksi oleh penyerap sel, buang glutamat tambahan. Bentuk monoglutamat kemudian aktif diangkut melintasi dinding usus. Dosis asam folat yang sangat besar berasal dari suplemen diserap oleh difusi pasif. Ketika asam folat sintetis dikonsumsi sebagai suplemen dan tanpa makanan, hampir 100% tersedia secara hayati. Dikonsumsi dengan makanan, seperti pada sereal yang diperkaya biji-bijian, penyerapan sedikit berkurang.



Vena porta mengantarkan folat dalam bentuk monoglutamat dari usus kecil ke hati, di mana ia diubah menjadi bentuk poliglutamat sekali di dalam sel. (Ini perubahan memungkinkan folat untuk terperangkap di dalam sel.) Kemudian, folat disimpan di hati atau dilepaskan ke dalam darah atau empedu. Folat dalam empedu diserap kembali oleh sirkulasi enterohepatik. Alkohol mengganggu proses ini, yang merupakan salah satu alasan pecandu alkohol sering menjadi kekurangan folat. Folat diekskresikan melalui urin dan tinja.

### **Fungsi Folat**

Koenzim folat diperlukan untuk sintesis dan pemeliharaan sel baru. Koenzim Folat berfungsi dalam jalur metabolisme di mana gugus karbon tunggal (tercantum dalam margin) dipertukarkan. Koenzim folat terbentuk dari bentuk koenzim pusat disebut asam tetrahidrofolat (THFA). Koenzim folat sangat penting untuk sintesis DNA, dan metabolisme asam amino.

### **Sintesis DNA**

THFA diperlukan untuk sintesis DNA, yang mengandung 4 basa nitrogen: sitosin dan timin (pirimidin) dan adenin dan guanin (purin). Timin pirimidin dibentuk dengan penambahan gugus metilen ( $\text{CH}_2$ ) ke urasil pirimidin. Sebuah folat koenzim memasok  $\text{CH}_2$ . Fungsi folat dan vitamin B-12 terkait erat. Vitamin Koenzim B-12 diperlukan untuk mendaur ulang koenzim folat yang dibutuhkan untuk sintesis DNA. THFA juga dibutuhkan untuk sintesis purin (adenin dan guanin) dalam DNA. Dengan demikian, sintesis dan perbaikan DNA dapat menurun jika terjadi kekurangan folat. Metotreksat obat kanker memanfaatkan peran kunci THFA dalam DNA perpaduan. Methotrexate, disebut sebagai antagonis folat, mengganggu metabolisme THFA, sehingga mengurangi sintesis DNA di seluruh tubuh. Penurunan DNA ini sintesis dapat menghentikan pertumbuhan sel kanker, tetapi juga mempengaruhi perkembangan cepat lainnya sel, seperti usus dan sel darah merah.

## **Metabolisme Asam Amino dan Fungsi Lainnya**

THFA penting dalam metabolisme asam amino, terutama antar-konversi asam amino. Ia menerima gugus 1-karbon dari berbagai asam amino dan bertanggung jawab untuk mengubahnya asam amino glisin menjadi asam amino serin (sumber utama gugus metil untuk THFA) dan mengubah histidin asam amino esensial menjadi asam amino asam glutamat. THFA, bersama dengan vitamin B-12, terlibat dalam jalur yang mengubah asam amino homosistein dengan asam amino metionin. Fungsi kunci folat lainnya adalah pembentukan neurotransmitter di otak. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa melengkapi obat antidepresan dengan asam folat bisa meningkatkan pengobatan depresi.

## **Kekurangan Folat**

Defisiensi folat dapat disebabkan oleh asupan yang rendah, absorpsi yang tidak adekuat (sering dikaitkan dengan alkoholisme), peningkatan kebutuhan (paling sering terjadi pada kehamilan), terganggunya pemanfaatan (biasanya terkait dengan defisiensi vitamin B-12), penggunaan kemoterapi tertentu, obat-obatan, dan ekskresi berlebihan (terkait dengan diare jangka panjang). Orang yang berisiko mengalami defisiensi folat termasuk pecandu alkohol kronis dengan pola makan yang sangat buruk, dan mereka yang mengonsumsi obat-obatan tertentu, termasuk anti-kejang. Di Selain itu, defisiensi folat (selain defek tuba saraf) terkadang terjadi pada wanita hamil wanita karena kehamilan sangat meningkatkan kebutuhan vitamin ini (600 µg DFE/hari). Wanita hamil membutuhkan folat ekstra karena peningkatan kecepatan pembelahan sel, dan karenanya sintesis DNA, dalam tubuh mereka sendiri dan dalam janin yang sedang berkembang. Perawatan pranatal sering kali termasuk multivitamin prenatal dan suplemen mineral yang diperkaya dengan folat sebagai kompensasi kebutuhan ekstra

yang berhubungan dengan kehamilan. Kekurangan folat pertama kali mempengaruhi jenis sel yang secara aktif mensintesis DNA sel-sel ini memiliki masa hidup yang pendek dan tingkat pergantian yang cepat.

gggul

Universitas  
**Esa Unggul**

Universitas  
**Esa Ui**

gggul

Universitas  
**Esa Unggul**

Universitas  
**Esa Ui**

## BAB V

### VITAMIN LARUT AIR (LANJUTAN) DAN KESEIMBANGAN AIR

#### Vitamin B-12

Vitamin B 12 (cobalamin) adalah kobalt yang mengandung kofaktor cincin korin yang dibutuhkan untuk dua enzim pada hewan tingkat tinggi, sintase metionin dan mutase L-metilmalonil-KoA. Ini adalah produk dari sintesis mikroba, dan oleh karena itu mekanisme pengambilan dan transportasi yang rumit telah berevolusi untuk memastikan ketersediaan zat gizi langka ini pada hewan tingkat tinggi. Vitamin B 12 dalam makanan mengikat faktor intrinsik dan diinternalisasi di usus kecil bagian distal oleh reseptor kubam lalu dikirim ke semua sel di tubuh oleh transcobalamin, protein pengikat.

Defisiensi Vitamin B12 pada manusia ini disebabkan oleh kurangnya sumber makanan hewani, atau kurangnya faktor intrinsik karena adanya autoimun penyakit, anemia pernisiiosa, dan sindrom malabsorpsi lainnya. Defisiensi manusia menyebabkan anemia megaloblastik dan/atau sindrom neurologis demielinasi. Kekurangan vitamin B 12 menyebabkan penumpukan asam metilmalonat dan homosistein yang dapat diuji untuk tujuan diagnostik. Pengobatan dengan parenteral atau vitamin B 12 oral dosis tinggi efektif pada sindrom malabsorpsi dan akan memperbaiki anemia megaloblastik sepenuhnya. Kelainan neurologis karena defisiensi B 12 mungkin hanya dapat diperbaiki sebagian, terutama pada bayi. Perkembangan dari makanan murah yang mengandung B 12 yang dapat diterima oleh populasi yang tidak mau makan atau tidak mampu membeli makanan hewani akan diuntungkan karena tingginya prevalensi defisiensi B 12 di seluruh dunia.

#### Vitamin B-12 dalam Makanan

Tumbuhan tidak mensintesis vitamin B-12. Faktanya, semua vitamin B-12 senyawa disintesis secara eksklusif oleh mikroorganisme, terutama bakteri. Hewan memperoleh vitamin B-12 dari tanah yang dicerna saat makan dan merumput. Hewan ruminansia, seperti sapi dan domba, juga mensintesis vitamin B-12 dari bakteri di beberapa kompartemen perut mereka. Pertama, makanan hewani, seperti daging, unggas, ikan, dan produk susu, merupakan satu-satunya sumber terpercaya vitamin B-12. Kedua, itu adalah satu-satunya vitamin yang mengandung mineral (kobalt) sebagai bagian dari strukturnya. Vitamin B-12 memiliki struktur multi-cincin yang kompleks. Cyanocobalamin bentuk vitamin B-12 membentuk 2 koenzim aktif (methylcobalamin dan 5-deoxyadenosylcobalamin) dengan mengganti grup cyano (ditunjukkan dengan warna merah) dengan yang lain kelompok, seperti gugus metil atau gugus hidroksil.

Bagi manusia, sumber vitamin B-12 adalah makanan asal hewan, seperti daging, unggas, makanan laut, telur, dan susu produk. Terutama sumber kaya vitamin B-12 adalah organ daging, seperti hati, ginjal, dan jantung, dan makanan yang difortifikasi, seperti sereal siap saji (Gbr. 1). Meskipun alga dan produk kedelai yang difermentasi, seperti tempe dan miso, terkadang diiklankan sebagai tanaman sumber vitamin B-12 yang baik, vegan seharusnya tidak mengandalkan mereka untuk memenuhi kebutuhan vitamin B-12. Makanan ini sering kali mengandung analog vitamin B-12 (senyawa mirip dengan vitamin B-12) yang tidak berfungsi sebagai vitamin B-12 di tubuh.

### **Kebutuhan Vitamin B-12 dan Tingkat Atas**

RDA vitamin B-12 untuk orang dewasa adalah 2,4 µg/hari. Kebutuhan harian pada label makanan dan suplemen adalah 6 µg. Rata-rata, dewasa pria mengkonsumsi 3 kali AKG dan wanita 2 kali RDA. Asupan tinggi ini memberikan rata-rata penyimpanan vitamin B-12 selama 2 sampai 3 tahun di hati. Tidak ada efek samping yang diamati dengan kelebihan vitamin B-12 asupan dari makanan atau dari suplemen, jadi tidak ada dampak dari kelebihan asupan dari vitamin ini.

## **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin B-12**

Penyerapan vitamin B-12 cukup kompleks. Dalam makanan, vitamin B-12 terikat pada protein. HCl dan pepsin dalam jus lambung melepaskan vitamin B-12 dari protein ini. Di perut, vitamin B-12 bebas mengikat protein-R, yang mana berasal dari kelenjar ludah. Di usus kecil, enzim protease pankreas (misalnya, tripsin) melepaskan vitamin B-12 dari kompleks R-protein/vitamin B-12. Vitamin B-12 kemudian bergabung dengan faktor intrinsik, senyawa mirip protein, yang diproduksi oleh sel parietal di perut, yang meningkatkan penyerapan vitamin B-12. Vitamin B-12 kompleks faktor intrinsik berjalan ke ileum, di mana vitamin B-12 diserap dan ditransfer ke transcobalamin II protein transpor darah. Vitamin B-12/transcobalamin II kompleks memasuki vena portal dan dikirim ke hati. Hati bisa menyimpan cukup vitamin B-12 untuk bertahan beberapa tahun; ini tidak terjadi pada larut air lainnya vitamin. Meskipun vitamin B-12 terus disekresikan ke dalam empedu, sebagian besar diserap Kembali dengan sirkulasi enterohepatik, dengan demikian secara efisien “mendaur ulang” vitamin ini. Sedikit vitamin B-12 diekskresikan dalam urin.

### **Struktur Vitamin B12**

Struktur vitamin B 12 (OH-Cbl) ditunjukkan pada Gambar 2. Ini adalah molekul yang sangat kompleks yang mengandung cincin korin (yang mengoordinasikan molekul kobalt), 5,6-dimethylbenzimidazole, gula, dan kelompok aminopropanol. Ligan aksial atas berkoordinasi dengan kobalt dan dapat berupa hidroksi, siano, glutathione, atau koenzim bentuk, metil (CH<sub>3</sub>) dan adenosil. Sifat kimiawi karbon - kobalt ikatan yang ditemukan dalam bentuk koenzim adalah unik dan memiliki telah dipelajari secara ekstensif. Hanya mikroorganisme yang mempertahankan kemampuan untuk mensintesis cobalamin, dan sintesis mikroba jalur telah dijelaskan dalam serangkaian studi. Sumber Cbl pada semua hewan tingkat tinggi adalah produk dari sintesis

mikroba. Analoginya Cbl dengan basis lainnya dari 5,6-dimethylbenzimidazole banyak ditemukan di alam termasuk dalam saluran usus manusia, tetapi tidak mendukung aktivitas koenzim di hewan tingkat tinggi, meskipun mereka dimanfaatkan oleh berbagai mikroorganisme.

Biasanya, orang dewasa yang sehat menyerap sekitar 50% vitamin B-12 dalam makanan. Namun, penyerapan vitamin B-12 dapat terganggu oleh berbagai kondisi yang tidak baik (cacat), termasuk factor pengikutnya.

- Tidak ada atau rusaknya sintesis protein-R, protease pankreas, atau factor intrinsic
- Defective binding dari faktor intrinsic / vitamin B-12 kompleks ke sel reseptor di dalam ileum
- Tidak adanya (atau operasi pengangkatan) sebagian besar atau seluruh ileum dan perut
- Penyakit di ileum, seperti penyakit Crohn
- Pertumbuhan bakteri berlebih di usus kecil
- Infestasi cacing pita
- Penggunaan obat anti-refluks tertentu yang secara signifikan mengurangi produksi asam sel parietal (misalnya, omeprazole [Prilosec®])
- Penggunaan obat metformin untuk menurunkan gula darah pada diabetes tipe 2
- Sindrom malabsorpsi kronis seperti yang dapat terjadi dengan berbagai gangguan gastrointestinal

Gastritis atrofi, yang menurunkan produksi HCl dan enzim pencernaan dibutuhkan untuk membelah kompleks vitamin B-12 R-protein dalam makanan; 10 hingga 30% lebih tua orang dewasa menderita gastritis atrofi dan, karenanya, disarankan untuk makan makanan yang diperkaya dengan vitamin B-12 dan/atau konsumsi suplemen karena mengandung vitamin B-12 bebas dalam bentuk kristal bentuk, yang mudah diserap.

## **Fungsi Vitamin B-12**

Vitamin B-12 dibutuhkan untuk 2 reaksi enzimatik. Pertama, pembentukan asam amino metionin dari asam amino homosistein dikatalisis oleh metionin enzim sintase, yang membutuhkan vitamin B-12 koenzim methylcobalamin (Gb. 4). Homosistein menerima gugus metil dari methylcobalamin, yang membentuk metionin. Metionin, pada gilirannya, adalah sumber S-adenosyl methionine (SAM). Dalam banyak reaksi, SAM berfungsi sebagai donor metil. Reaksi metilasi penting untuk regulasi DNA dan RNA, regulasi mielin, dan sintesis banyak senyawa biokimia. Metionin Reaksi sintesis juga menjelaskan hubungan erat antara vitamin B-12 dan folat: methylcobalamin memperoleh gugus metilnya dari koenzim folat 5-metil-tetrahidrofolat. Ketika kelompok metil disumbangkan untuk vitamin B-12, koenzim folat THFA dibentuk kembali. Ketika vitamin B-12 kurang, THFA menurun dan gejala kekurangan folat bisa terjadi. Ketika folat atau vitamin B-12 kurang, sintesis metionin dan SAM menurun dan jumlah homosistein dalam tubuh meningkat.

Enzim methylmalonyl mutase membutuhkan koenzim vitamin B-12 kedua, 5-deoxyadenosylcobalamine. Enzim ini dibutuhkan untuk metabolisme asam lemak dengan jumlah molekul karbon ganjil (kebanyakan asam lemak memiliki jumlah molekul karbon genap). Itu memungkinkan asam lemak ini dioksidasi dalam siklus asam sitrat dan menyediakan energi.

## **Kekurangan Vitamin B-12**

Peneliti di pertengahan abad ke-19 Inggris mencatat bentuk anemia yang menyebabkan kematian dalam waktu 2 sampai 5 tahun sejak diagnosis awal. Mereka menyebut penyakit ini anemia pernisiiosa (pernisiiosa berarti "menuju kematian").



Sekarang diketahui bahwa penyakit ini dapat disebabkan oleh produksi yang tidak memadai dari faktor intrinsik yang dibutuhkan untuk penyerapan vitamin B-12. Buruknya status vitamin B-12 masih cukup umum saat ini, dan gangguan penyerapan vitamin B-12 yang ditemukan dalam makanan paling sering disalahkan.

### **Anemia Makrositik**

Ketika kekurangan vitamin B-12 cukup parah, simpanan di tubuh hilang atau hampir habis hilang, hasil anemia makrositik megaloblastik. Anemia yang dihasilkan oleh defisiensi vitamin B-12 ini identik dengan defisiensi folat. Karena kekurangan vitamin B-12 mengganggu metabolisme folat, DNA normal dan sintesis sel darah merah terganggu, mengakibatkan anemia makrositik.

### **Perubahan Neurologis**

Kekurangan vitamin B-12 menghasilkan degenerasi saraf, yang bisa berakibat fatal. Neurologis komplikasi menghasilkan gangguan sensorik di kaki, seperti rasa terbakar, kesemutan, menusuk, dan mati rasa (secara kolektif disebut sebagai paresthesia).

### **Konsentrasi Homosistein Plasma Meningkat**

Status vitamin B-12, folat, dan vitamin B-6 yang buruk masing-masing dapat menyebabkan tingkat sirkulasi yang tinggi dari homosistein asam amino. Banyak penelitian yang menunjukkan tingginya kadar homosistein dalam darah merupakan faktor risiko serangan jantung dan stroke. Para peneliti telah menemukan bahwa kadar homosistein plasma yang tinggi juga berhubungan dengan disfungsi kognitif dan patah tulang osteoporosis. Para peneliti telah lama mengetahui bahwa melengkapi makanan dengan folat, vitamin B-12, dan vitamin B-6 dapat menurunkan kadar homosistein dalam darah. Namun, bukti vitamin ini dapat mengurangi penyakit yang berhubungan dengan darah tinggi kadar homosistein tidak kuat.

### **Kolin (Choline)**

Selama bertahun-tahun, kolin sering dimasukkan dalam suplemen sebagai vitamin B yang "seharusnya", tetapi sebagian besar ahli gizi menyatakan bahwa kolin sama sekali bukan vitamin yang disintesis, hati dapat memenuhi kebutuhan kolin. Namun penelitian terbaru menunjukkan bahwa manusia yang mengonsumsi makanan yang kekurangan kolin mengalami masalah hati dan ginjal. Namun, kolin belum dianggap sebagai vitamin B. Karena tidak memiliki fungsi koenzim dan jumlah kolin dalam tubuh jauh lebih besar dari pada jumlah vitamin B yang khas.

Kolin adalah zat gizi penting untuk berbagai fungsi biologis. Pengalaman berasal dari penelitian tentang kolin telah memelopori cara berpikir baru tentang kebutuhan zat gizi dan kesehatan yang optimal. Badan pengetahuan ini telah menunjukkan bahwa kebutuhan makanan akan kolin sangat individual, dan didasarkan pada beberapa faktor termasuk genetika dan jenis kelamin. Tambahan, Konsekuensi biologis terukur yang terkait dengan asupan kolin yang tidak memadai dapat ditingkatkan dengan intervensi diet pada berbagai tahap kehidupan, dari embrio hingga dewasa. Dalam bab ini, dijelaskan aspek kunci dari fungsi kolin dan metabolisme dalam kesehatan dan penyakit.

Kolin dibutuhkan untuk fungsi normal semua sel karena turunannya berkontribusi pada integritas struktural dan fungsi pensinyalan membran sel. Itu adalah jurusan sumber kelompok metil dalam makanan, secara langsung mempengaruhi kolinergik neurotransmisi, dan dibutuhkan hati untuk homeostasis lipid. Beberapa penelitian telah mengidentifikasi peran penting untuk kolin berbagai proses metabolisme seperti ekspresi gen, karsinogenesis, apoptosis, metabolisme lipid, dan perkembangan awal untuk otak.

Choline - senyawa yang mengandung kepentingan fisiologis termasuk betain, asetilkolin (ACh), fosfatidilkolin (PtdCho), trombosit - faktor pengaktifan, sfingomyelin (SM), lisosfingomyelin, gliserofosfokolin, dan fosfokolin. Kolin (melalui metabolit betaine), adalah donor kelompok metil yang dapat mempengaruhi ekspresi gen (dibahas nanti

dalam bab ini). Juga, betaine adalah osmolit yang digunakan dalam glomerulus ginjal untuk membantu menyerap kembali air. PtdCho (lesitin) adalah yang dominan fosfolipid (>50%) di sebagian besar membran mamalia dan juga penting untuk mengatur lipid hati pengemasan dan ekspor.

### **Kolin dalam Makanan**

Kolin didistribusikan secara luas dalam makanan hewani, sebagian besar dalam bentuk fosfatidilkolin (lesitin) di membran sel dan lipoprotein darah. Susu, hati, telur, dan kacang tanah adalah sumber yang kaya.

Lesitin sering ditambahkan ke makanan selama pemrosesan, jadi ini adalah sumber lain. Data tentang kandungan kolin makanan masih belum lengkap; akan tetapi, data zat gizi meningkat. Karena kolin tersebar luas dalam makanan, defisiensi tidak mungkin terjadi.

### **Kebutuhan Kolin dan Tingkat Atas**

Asupan kolin yang cukup untuk pria dewasa adalah 550 mg/hari; untuk wanita dewasa 425 mg/hari. Sedikit data yang ada untuk menilai apakah pasokan makanan diperlukan di semua tahap kehidupan. Kebutuhan kolin dapat dipenuhi dengan sintesis tubuh pada beberapa atau semua tahap kehidupan. Kita juga mengonsumsi banyak kolin dari makanan, setidaknya 700 hingga 1000 mg/hari, jadi tidak perlu melengkapi diet dengan kolin. Batas Atas untuk orang dewasa adalah 3,5 g/hari. Kolin dosis tinggi telah dikaitkan dengan bau badan (timbul dari produk kerusakan), tekanan darah rendah, muntah, air liur, berkeringat, dan efek saluran cerna.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Kolin**

Kolin diserap dari usus kecil melalui transportasi protein. Hati mengambil kolin dengan cepat dari darah yang dikirim oleh vena portal dari usus kecil. Semua jaringan

mengandung beberapa simpanan kolin. Beberapa kolin diekskresikan dalam urin, tetapi sebagian besar kelebihanannya diubah menjadi donor terkait (betaine) dari kelompok karbon tunggal (misalnya, kelompok metil).

### **Fungsi Kolin**

Kolin adalah komponen fosfolipid, seperti fosfatidilkolin (lesitin), komponen utama komponen membran sel dan lipoprotein darah. Kolin juga berfungsi sebagai precursor untuk asetilkolin, neurotransmitter yang terkait dengan perhatian, pembelajaran, kontrol otot memori, dan banyak fungsi lainnya. Ekspor hati VLDL dikaitkan dengan aksi kolin juga. Gugus kolin metil (-CH<sub>3</sub>) dapat digunakan untuk membentuk metionin dari homocysteine, dan suplementasi dengan kolin pada pria sehat telah ditunjukkan untuk menurunkan konsentrasi homosistein. Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa kolin tinggi asupan dikaitkan dengan konsentrasi plasma yang lebih rendah dari suatu senyawa (protein C-reaktif) yang menunjukkan peradangan. Karena peradangan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, kolin mungkin menawarkan perlindungan terhadap penyakit ini.

### **Penyakit Kekurangan Kolin**

Ketika manusia diberi makan larutan zat gizi parenteral total yang kekurangan kolin, mereka bisa terkena hati berlemak dan kerusakan hati. Berdasarkan pengamatan ini, ditambah penelitian hewan laboratorium, Kolin telah dianggap penting, setidaknya dalam beberapa tahap kehidupan dan kondisi kesehatan.

### **Vitamin C**

Kebanyakan hewan mampu mensintesis vitamin C dan, karenanya, tidak membutuhkan sumber makanan. Namun, manusia, primata, marmot, kelelawar buah, dan beberapa

burung dan ikan tidak dapat mensintesis vitamin yang larut dalam air ini. Vitamin C, juga dikenal sebagai asam askorbat, terlibat dalam banyak proses di tubuh manusia, terutama sebagai donor elektron. Istilah vitamin C sebenarnya merujuk tidak hanya menjadi asam askorbat tetapi juga dalam bentuk teroksidasi, asam dehidroaskorbat. Dengan menambah atau menghilangkan 2 hidrogen (di area kotak pada struktur), vitamin C mengalami reduksi dan oksidasi reversibel. Kedua bentuk vitamin C ditemukan dalam makanan yang kita makan.

Vitamin C adalah agen pereduksi/antioksidan kuat pada spesies hewan dan tumbuhan darat. Manusia mengandalkan vitamin C untuk aktivitas enzim yang terlibat dalam kolagen, karnitin, dan norepinefrin sintesis, dan status vitamin C dapat mempengaruhi kesehatan fisiologis, termasuk risiko infeksi, penyakit kardiovaskular, dan kanker. Asupan harian yang direkomendasikan untuk vitamin C adalah 90 mg/hari untuk pria dewasa dan 75 mg/hari untuk wanita dewasa, dan batas atas yang dapat ditoleransi adalah 2000 mg/hari. Vitamin C tambahan seharusnya tidak menggantikan asupan tinggi buah dan sayuran, tetapi mungkin ada manfaat kesehatan dalam keadaan tertentu bagi beberapa individu. Asupan buah segar dan sayuran rendah, baik karena pilihan atau karena kelangkaan, meningkatkan risiko penyakit sariawan, yang menjadi perhatian populasi terisolasi, pengungsi, pasien kanker, orang sakit kritis, dan orang tua. Perokok, individu dengan diabetes, dan pria dewasa yang hidup sendiri juga berisiko mendapatkan vitamin C yang kurang optimal status; di negara maju, tingkat kekurangan vitamin C saat ini berkisar dari 8% sampai 19%. Orang dengan riwayat pembentukan batu ginjal atau kondisi yang berhubungan dengan kelebihan zat besi harus berhati-hati saat menambah vitamin C.

Chatterjee (1973) menghitung bahwa kadar vitamin C sintesis pada mamalia kecil berkisar antara 150 mg/kg badan berat badan/hari pada tikus mendekati 275 mg/kg berat badan/hari pada kelinci dan tikus. Pada spesies ini, kumpulan vitamin C berkisar antara 30 sampai 100 mg/kg dan konsentrasi vitamin C darah bervariasi dari 0,5 hingga 1,0 mg/dL (28 - 57  $\mu\text{mol/L}$ ). Sebaliknya, Manusia yang bergantung pada Vitamin C

hanya mengonsumsi sekitar 1 mg vitamin C /kg berat badan/hari dan konsentrasi vitamin C plasma 0,5 - 0,7 mg/dL (28 - 40  $\mu$ mol/L). Juga, waktu paruh vitamin C pada manusia (kisaran: 14-40 hari) tampaknya lebih besar dari tikus atau marmot (3 - 6 hari).

### **Vitamin C dalam Makanan**

Sebagian besar buah dan sayuran mengandung beberapa vitamin C, tetapi sumber terkaya adalah jeruk buah-buahan, paprika, dan sayuran hijau (Gbr. 7). Produk hewani dan biji-bijian umumnya bukan sumber yang baik. Asupan 5 porsi buah dan sayur per hari bisa berikan vitamin C yang cukup, tergantung dari makanan yang dipilih. Namun, buah unggulan dan sayuran yang dikonsumsi di AS adalah selada es, tomat, kentang goreng, pisang, dan jus jeruk. Dari jumlah tersebut, hanya jus jeruk yang kaya vitamin C. Kontributor utama vitamin C untuk diet Amerika Utara adalah jeruk dan jus jeruk, grapefruit dan jus grapefruit, tomat dan jus tomat, minuman buah yang diperkaya, jeruk keprok, dan kentang.

Vitamin C, vitamin yang paling tidak stabil, mudah hilang dalam pemrosesan dan pemasakan. Secara normal, memasak dapat menurunkan kandungan vitamin C hingga 40%. Vitamin ini saat sangat tidak stabil saat kontak dengan besi, tembaga, dan oksigen. Jus adalah makanan yang baik untuk memperkuat vitamin C karena keasamannya mengurangi kerusakan vitamin C.

### **Kebutuhan Vitamin C**

RDA untuk vitamin C untuk pria dewasa adalah 90 mg/hari; untuk wanita dewasa, 75 mg/hari dan Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 60 mg. Meskipun asupan rata-rata di AS melebihi jumlah ini, persentase penduduk yang signifikan memiliki asupan vitamin C yang rendah dan status vitamin C yang buruk. Para peneliti telah menemukan bahwa, di AS, 14% dari pria dan 10% wanita memiliki kadar vitamin

C serum yang menunjukkan defisiensi vitamin C. 34% pria dan 27% wanita memiliki level di bawah normal tetapi belum dalam kisaran defisiensi. Kekurangan vitamin C lebih sering terjadi pada orang dewasa muda dan setengah baya daripada pada remaja dan manula, mungkin karena banyak remaja makan sereal yang diperkaya dan banyak lansia mengonsumsi suplemen vitamin.

Perokok memiliki kebutuhan vitamin C yang lebih tinggi; RDA meningkat 35 mg/hari. Merokok menciptakan stres oksidatif, yang mungkin meningkatkan pergantian vitamin C. Vitamin C juga perlu ditingkatkan dalam situasi lain. Wanita yang menggunakan agen kontrasepsi oral mungkin membutuhkan tambahan vitamin C. Kebutuhan vitamin C juga meningkat pada pasien luka bakar dan trauma karena sintesis kolagen meningkat pesat saat membangun kembali jaringan baru. Pasien-pasien ini sering diberikan tambahan 500 sampai 1000 mg vitamin C per hari.

### **Batas Atas untuk Vitamin C.**

Batas atas vitamin C adalah 2 g/hari dan didasarkan pada efek gastrointestinal yang merugikan, seperti kembung, radang lambung, dan diare. Vitamin C dosis tinggi juga dapat sedikit meningkatkan risiko pembentukan batu ginjal dan penyerapan zat besi berlebih, tetapi hanya pada mereka yang cenderung membentuk batu ginjal dan yang telah ada sebelumnya gangguan penyerapan zat besi. Vitamin C dosis tinggi bisa memberikan hasil yang salah dalam tes medis untuk darah di tinja. Orang yang mengonsumsi vitamin C dosis besar harus menghentikan suplemen sebelum tes tersebut.

### **Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Vitamin C**

Penyerapan vitamin C terjadi di usus kecil dengan transpor aktif (untuk askorbat asam) dan dengan difusi terfasilitasi (untuk asam dehydroascorbic). Efisiensi mekanisme daya serap menurun dengan meningkatnya asupan. Sekitar 70 hingga 90% vitamin C diserap setiap hari dari asupan antara 30 dan 200 mg, sedangkan tingkat penyerapan

menurun secara substansial dari dosis yang melebihi jumlah itu. Ekskresi oleh ginjal meningkat dengan meningkatnya asupan makanan. Jumlah vitamin C yang disimpan sangat bervariasi menurut jaringan. Konsentrasi tinggi ditemukan di kelenjar pituitari dan adrenal, sel darah putih, mata, dan otak. Paling rendah konsentrasi dalam darah dan air liur.

### **Fungsi Vitamin C**

Vitamin C menjalankan berbagai fungsi sel yang penting, terutama dengan menyumbang elektron dalam reaksi oksidasi-reduksi. Seperti disebutkan sebelumnya, menyumbangkan elektron menjadi teroksidasi (kehilangan elektron). Sebagai donor elektron, vitamin C memiliki peran kofaktor untuk beberapa metaloenzim dan memiliki fungsi pertahanan antioksidan. Metaloenzim mengandung logam, seperti besi, tembaga, atau seng (biasanya sebagai ion), sebagai bagian dari strukturnya. Ketika metaloenzim mengkatalisasi suatu reaksi, ion logam menjadi teroksidasi. Misalnya, besi tereduksi (besi,  $Fe^{2+}$ ) diubah menjadi bentuk teroksidasi (besi,  $Fe^{3+}$ ) selama aktivitas enzimatik. Asam askorbat, dengan menyumbangkan elektron ke besi teroksidasi, disimpan besi dalam bentuk besi tereduksi. Ini, pada gilirannya, memungkinkan aksi enzimatik berlanjut.

### **Sintesis Kolagen**

Kolagen adalah protein berserat utama yang menyatukan berbagai struktur tubuh dan memberi kekuatan pada jaringan ikat. Serat kolagen sangat penting untuk struktur tulang dan pembuluh darah, dan mereka penting dalam penyembuhan luka. Molekul kolagen adalah seperti tali beruntai-3 - terdiri dari rantai 3-polipeptida yang disatukan membentuk rangkap tiga spiral. Vitamin C dibutuhkan untuk mendapatkan 3 helai dalam bentuk yang tepat untuk membentuk triple helix. Secara khusus, vitamin C membantu mengubah struktur 2 asam amino (lisin dan prolin) kolagen menjadi hidroksisin dan hidroksiprolin.



### **Sintesis Senyawa Vital Lainnya**

Vitamin C diperlukan untuk sintesis banyak senyawa biologis penting. Di setiap kasus, vitamin C menjaga tembaga atau besi dalam metaloenzim dalam keadaan tereduksi (sebagai  $\text{Cu}^+$  atau  $\text{Fe}^{2+}$ ). Beberapa senyawa penting yang membutuhkan vitamin C untuk sintesis adalah tirosin asam amino, hormon tiroksin, senyawa transpor asam lemak karnitin, dan neurotransmitter norepinefrin, epinefrin, dan serotonin.

### **Aktivitas Antioksidan**

Secara *in vitro* (dalam tabung reaksi), vitamin C dapat menjadi antioksidan dengan mendonasikan elektron ke radikal bebas. Ingatlah bahwa radikal bebas memiliki elektron tidak berpasangan. Molekul vitamin C dapat menyumbang elektron ke radikal bebas sehingga menjadi stabil. Peneliti telah mengusulkan vitamin C dalam cairan tubuh berbasis air (mis., Darah) bertindak seperti vitamin E yang kaya lipid lingkungan. Vitamin C juga dapat mendaur ulang vitamin E dan membuatnya berfungsi lebih efektif.

Meskipun tindakan pertahanan antioksidan vitamin C ini berhasil baik di dalam tabung reaksi, tidak diketahui apakah vitamin C memainkan peran antioksidan utama atau kecil dalam tubuh manusia. Faktanya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa vitamin C dapat meningkatkan stres oksidatif, seperti pada penderita diabetes. Meskipun begitu, konsentrasi tinggi vitamin C yang ada di mata mungkin melindungi radikal bebas yang dihasilkan secara fotolitik. Demikian juga, konsentrasi tinggi pada neutrofil, jenis sel darah putih, mungkin untuk perlindungan terhadap radikal bebas yang dihasilkan selama fungsi kekebalan.

### **Penyerapan Besi**

Vitamin C sedikit memfasilitasi penyerapan zat besi non-heme usus (zat besi yang tidak ada di hemoglobin) karena konversi zat besi di saluran GI menjadi besi besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Vitamin C juga melawan kerja komponen makanan tertentu itu menghambat penyerapan zat besi.

### **Fungsi Kekebalan Tubuh**

Sel darah putih, bagian dari pertahanan kekebalan tubuh, mengandung vitamin C tertinggi konsentrasi semua penyusun tubuh. Ini dapat melindungi dari kerusakan oksidatif terkait dengan respirasi seluler. Radikal bebas yang dihasilkan selama fagositosis dan neutrophil aktivasi, meskipun dimaksudkan untuk membunuh bakteri atau jaringan yang rusak, juga dapat merusak sel kekebalan tubuh sendiri. Vitamin C dapat mengurangi kerusakan ini melalui tindakan pertahanan antioksidan. Vitamin C juga mungkin memiliki peran lain dalam fungsi kekebalan; Namun, tingkat vitamin C tambahan yang melebihi kebutuhan tubuh mungkin tidak meningkatkan fungsi kekebalan.

### **Kekurangan Vitamin C.**

Kekurangan vitamin C mencegah sintesis kolagen normal, sehingga menyebabkan meluasnya perubahan signifikan pada jaringan ikat di seluruh tubuh. Tanda pertama dan gejala penyakit sariawan, penyakit defisiensi vitamin C, muncul setelah sekitar 20 sampai 40 hari menjalani diet bebas vitamin C, dan termasuk kelelahan serta perdarahan di sekitar rambut folikel. Perdarahan ini adalah tanda paling khas. Di Selain itu, gusi dan persendian berdarah, tanda klasik kegagalan jaringan ikat. Lain Efek lain meliputi gangguan penyembuhan luka, nyeri tulang, patah tulang, dan diare. Masalah psikologis, seperti depresi, biasa terjadi pada penyakit lanjut.

### **Vitamin C, Kanker, dan Penyakit Jantung**

Karena perannya sebagai antioksidan dan dalam meningkatkan fungsi kekebalan tubuh, itu bagus banyak penelitian telah meneliti kemampuan vitamin C untuk mencegah kanker dan penyakit jantung. Untuk kanker, bukti terbaik untuk kanker mulut, kerongkongan, lambung, dan paru-paru, tetapi, tidak semua penelitian positif dan masih belum diketahui apakah vitamin C, baik sendiri atau dalam makanan, memberikan perlindungan. Banyak peneliti percaya bahwa diet sehat, Bersama dengan gaya hidup sehat, memberikan pencegahan kanker terbaik. Situasinya serupa untuk vitamin C dan

penyakit jantung. Banyak (tapi tidak semua) studi menunjukkan bahwa status vitamin C yang baik memberikan perlindungan terhadap penyakit jantung. Ini perlindungan mungkin hasil dari peran vitamin C sebagai antioksidan. Namun, klinis uji coba suplemen vitamin C dan E (antioksidan lain) telah mengecewakan.

### **Asupan Vitamin C di atas RDA**

Beberapa penulis dan pembicara populer menganjurkan konsumsi vitamin C dalam jumlah tertentu lebih tinggi dari RDA. Anehnya, sedikit penelitian yang membandingkan vitamin yang berbeda tingkat asupannya. Jika asupan vitamin C di atas sekitar 100 mg/hari, banyak vitamin C akan diekskresikan dalam urin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa 200 mg / hari adalah jumlah tertinggi yang dibutuhkan untuk memaksimalkan manfaat kesehatan dari asupan vitamin C. Makan beberapa Makanan kaya vitamin C setiap hari dapat meningkatkan asupan hingga 200 mg/hari.

### **Air**

Masing-masing dari triliunan sel dalam tubuh mengandung dan dikelilingi oleh air (Gbr. 9). Dengan demikian, tidak mengherankan jika menjaga jumlah dan keseimbangan air yang tepat dalam tubuh sangat penting untuk kehidupan. Orang dewasa dapat bertahan hidup selama beberapa minggu tanpa makanan, tetapi hanya beberapa hari-hari tanpa air. Perbedaan waktu bertahan hidup antara makanan dan air ini tidak terjadi karena air lebih penting daripada karbohidrat, lemak, protein, vitamin, atau mineral melainkan karena tubuh tidak memiliki tempat penyimpanan air. Air dalam Tubuh: Cairan Intraseluler dan Ekstraseluler, Air adalah komponen terbesar dalam tubuh manusia, mencapai 50 sampai 75% dari berat badan, tergantung usia dan kandungan lemak tubuh.

Kandungan air tertinggi pada bayi dan anak-anak dan menurun seiring bertambahnya usia. Sekitar 55% dari berat badan orang dewasa adalah air - i40 liter per orang dengan berat 160 pound. Orang kurus memiliki berat persentase air yang lebih besar daripada mereka yang mengalami obesitas karena jaringan tanpa lemak mengandung 73% air,

sedangkan jaringan adiposa hanya mengandung 20% air. Air tubuh ditemukan dalam 2 kompartemen tubuh - intraseluler, atau yang berada di dalam sel, dan ekstraseluler, atau yang berada di luar sel. Hampir dua pertiga dari air tubuh ditemukan di cairan intraseluler. Sisanya dalam cairan ekstraseluler, yang terbagi menjadi 2 kompartemen tambahan: interstisial cairan, cairan antar sel, dan cairan intravaskular, cairan dalam darah dan getah bening.

Cairan di dalam kompartemen ini bukanlah air murni; mengandung yang dikenal sebagai zat terlarut. Zat terlarut yang paling melimpah adalah elektrolit yang terbentuk saat garam, seperti natrium klorida atau kalium fosfat, berdisosiasi dalam larutan dan bentuk ion (partikel bermuatan). Elektrolit bermuatan positif utama (kation) dan negative elektrolit bermuatan (anion) yang ditemukan di setiap kompartemen cairan bervariasi.

Cairan intraseluler mengandung kation kalium dan magnesium, bersama dengan negatifnya bermuatan anion fosfat. Dalam cairan ekstraseluler, kation natrium bermuatan positif dan anion klorida bermuatan negatif, bersama dengan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), mendominasi

### **Pemeliharaan Neraca Air**

Tubuh mengontrol jumlah air di setiap kompartemen terutama dengan mengontrol konsentrasi elektrolit di kompartemen. Penjaga gerbang yang sangat canggih yang melibatkan mekanisme pemompaan menjaga volume air intra dan ekstraseluler dan konsentrasi elektrolit dalam kisaran yang cukup sempit. Misalnya protein tertentu terletak di dalam membran sel dapat memompa ion kalium ke dalam dan ion natrium keluar dari suatu sel. Energi digunakan oleh pompa natrium-kalium ini untuk menggerakkan setiap ion melawannya gradien konsentrasi.

Air tertarik ke elektrolit dan ion lain dan dengan demikian bergerak melalui osmosis dari satu kompartemen fluida ke yang lain karena konsentrasi zat terlarut berubah. Osmosis

adalah difusi pasif air melintasi membran semipermeabel - dalam tubuh, ini adalah sel membran. Ketika konsentrasi zat terlarut (terutama elektrolit) berbeda di 2 sisi dari suatu membran sel, air akan berpindah dari samping dengan konsentrasi zat terlarut yang rendah ke sisi dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi. Contoh osmosis yang mungkin sudah tidak asing lagi adalah mengeluarkan air dari stroberi dengan menaburkan gula - air masuk ke dalam sel seledri yang mengalami dehidrasi.

Gambar 10 a menunjukkan air bergerak dari larutan encer ke dalam sel darah merah yang lebih pekat, yang menyebabkan sel tersebut membengkak dan mungkin meledak. Pada Gambar 10 b, tidak ada pergerakan air bersih karena konsentrasi zat terlarut sama di kedua sisi membran semipermeabel sel. Namun, pada Gambar 10 c, air ditarik melintasi membran sel darah merah ke dalam larutan pekat yang mengelilinginya, menyebabkan sel menyusut. Di dalam tubuh, sebenarnya pergerakan air melintasi membran sel tidak sesederhana itu. Membran sel adalah terutama lipid (dan sulit ditembus air); dengan demikian, di banyak sel, air bergerak saluran air yang terbuat dari protein khusus yang disebut aquaporin.

Menambahkan air - alih-alih ion - ke kompartemen air akan mengencerkan konsentrasi zat terlarutnya, jadi kompartemen cenderung menyumbangkan air dengan memindahkannya melalui osmosis ke lebih banyak kompartemen terkonsentrasi di dekatnya. Ini terjadi ketika kita minum air - beberapa di antaranya air yang terserap bergerak dari aliran darah ke sel-sel tubuh, yang menyamakan konsentrasi zat terlarut di sel dengan yang ada di aliran darah dan di cairan interstisial. Sebaliknya, ketika terjadi kehilangan darah, volume plasma (bagian cairan berair dari darah) bisa dipertahankan sebagian dengan memindahkan cairan keluar dari kompartemen intraseluler ke dalam aliran darah. Pengaturan ketat jumlah air yang masuk dan keluar dari sel sangat penting Karena pergeseran besar volume air dalam sel dapat mengganggu fungsi sel.

## **Fungsi Air**

Karena karakteristik kimia dan fisiknya yang unik, air memainkan beberapa peran kunci di dalam tubuh. Pemeliharaan volume darah dan pengangkutan zat gizi dan oksigen seluruh tubuh bergantung pada air. Air adalah dasar dari air liur, empedu, dan ketuban cairan, cairan yang mengelilingi janin yang tumbuh di dalam rahim wanita. Air tidak bisa dimampatkan, sehingga membantu membentuk pelumas di lutut dan persendian lainnya. Air juga berfungsi sebagai pelarut dalam banyak proses metabolisme dan secara aktif berpartisipasi sebagai reaktan dalam berbagai bahan kimia reaksi. Misalnya, air diperlukan untuk hidrolisis sukrosa disakarida glukosa dan fruktosa monosakarida. Dua fungsi penting lainnya adalah pengaturan suhu dan penghilangan produk-produk sisa.

### **Regulasi Suhu**

Menjaga suhu tubuh dalam kisaran yang sempit memungkinkan tubuh, terutama enzim, untuk berfungsi normal. Suhu tubuh yang hanya beberapa derajat lebih tinggi atau lebih rendah dari biasanya dapat merusak sistem tubuh dan bahkan mengakibatkan kematian. Air dalam tubuh membantu mempertahankan kisaran ini dalam 2 cara. Pertama, air memiliki kapasitas panas yang tinggi (panas tertentu). Hal ini berarti ada perubahan suhu air yang bertahan, jadi suhunya naik perlahan saat dipanaskan. Ini terjadi karena molekul air polar sangat tertarik satu sama lain, dan jumlahnya relatif besar panas diperlukan untuk mengatasi daya tarik ini. Seperti memanaskan jumlah minyak yang sama dan air dalam panci terpisah di atas kompor. Minyak menjadi panas lebih cepat daripada air karena molekul lemak tidak terlalu tertarik satu sama lain - minyak memiliki panas spesifik yang lebih rendah.

Keringat adalah cara kedua air membantu menjaga suhu tubuh normal. Saat berolahraga atau cuaca panas, tubuh mengeluarkan cairan (keringat) yang menguap melalui kulit pori-pori. Energi panas diperlukan untuk menguapkan air, jadi, saat keringat menguap, energi panas juga diperlukan diambil dari kulit, dalam proses mendinginkannya. Ini adalah cara utama tubuh mendingin sendiri.

## **Penghapusan Produk Limbah**

Air merupakan kendaraan penting untuk membersihkan tubuh dari produk limbah. Zat yang paling tidak diinginkan di dalam tubuh larut dalam air dan dapat keluar dari tubuh melalui urin. Selain itu, hati mengubah beberapa senyawa yang larut dalam lemak, seperti obat-obatan dan potensi tertentu zat penyebab kanker, menjadi senyawa yang larut dalam air yang dapat dikeluarkan melalui urin. Produk limbah tubuh utama adalah urea, produk sampingan protein yang mengandung nitrogen metabolisme. Karena kita makan lebih banyak protein untuk melebihi kebutuhan, lebih banyak urea harus dikeluarkan di air seni. Demikian juga, jumlah natrium dalam urin meningkat dengan asupan makanan yang lebih tinggi natrium.

## **Air dalam Makanan**

Minuman dan makanan cair (mis. Sup, kaldu) menyediakan jumlah air paling banyak. Air juga berlimpah dalam buah-buahan dan sayuran, biasanya 75 hingga 95% air menurut beratnya. Sumber lain yang berada di antara 50 dan 75% air adalah kentang, ayam, dan daging panggang. Makanan yang kurang dari 35% air antara lain selai, madu, kerupuk, dan berbagai lemak di dalamnya umum. Minyak nabati biasanya tidak mengandung air. Selain menyuplai air, banyak minuman juga memberikan energi tambahan. Di AS, minuman ringan, minuman buah, minuman energi, dan pemanis lainnya minuman sangat populer sehingga menyediakan 13 hingga 22% dari total kalori. Perlu diperhatikan tentang peningkatan asupan minuman manis karena memberikan sedikit rasa kenyang dan tidak memberi kompensasi kalori.

## **Kebutuhan Air**

Kebutuhan air berbeda dengan faktor-faktor seperti ukuran tubuh, aktivitas fisik, lingkungan kondisi, dan asupan makanan. Terlepas dari variabilitas ini, cukup memadai. Asupan telah ditetapkan untuk memberikan panduan bagi individu untuk asupan air. Asupan yang cukup untuk total asupan air per hari adalah 15 gelas (3,7 liter) untuk pria

dewasa dan 11 gelas (2,7 liter) untuk wanita dewasa. Jumlah ini termasuk air dari cairan (sekitar 80%) dan makanan (sekitar 20%). Mendapatkan 80% air dari cairan berarti asupan cairan harian sekitar 13 gelas (3 liter) untuk pria dan 9 gelas (2,2 liter) untuk wanita. Minimal, orang dewasa membutuhkan 1 sampai 3 liter cairan per hari mengganti kehilangan air harian. Selain cairan atau air yang disediakan oleh makanan dan minuman yang kita konsumsi, air dihasilkan selama metabolisme (ingat bahwa oksidasi karbohidrat, protein, dan lemak menghasilkan air). Air yang dihasilkan dari metabolisme sekitar 1 hingga 1½ gelas (250 hingga 350 ml) per hari.

Output air terdiri dari kehilangan air yang disadari dan tidak dapat disadari. Air yang hilang secara disadari, atau yang kita perhatikan, adalah keluarnya urin dan keringat yang deras. Kebanyakan adalah urin (600 sampai 1000 ml per hari atau lebih). Kehilangan air yang tidak disadari, atau yang biasanya tidak kita perhatikan, termasuk air yang hilang melalui kulit (450 hingga 1900 ml untuk keringat normal), paru-paru (250 sampai 350 ml), dan feses (100 sampai 200 ml). Saluran usus efisien dalam mendaur ulang air - sekitar 32 cangkir (8000 ml) air memasuki saluran usus setiap hari melalui sekresi dari mulut, perut, usus, pankreas, dan organ lainnya, dan makanan memberikan tambahan 8 hingga 13 cangkir (2 hingga 3 liter), tetapi hanya kurang dari ½ cangkir menjadi lebih dari ¾ cangkir (100 sampai 200 ml) yang hilang di kotoran. Ginjal juga menghemat air, menyerap kembali sekitar 97% air yang disaring dari produk limbah. Saat daur ulang terganggu, seperti diare atau penurunan kemampuan urine, kebutuhan air naik.

## **Dehidrasi**

Dehidrasi bisa terjadi akibat serangan diare dan muntah, demam, olahraga berat, panas cuaca, lingkungan kering, atau bahkan dataran tinggi. Dalam semua kasus dehidrasi, asupan tidak sesuai dengan kehilangan cairan. Meskipun rasa haus adalah pertanda bahwa dibutuhkan lebih banyak air, mekanisme haus tidak selalu bekerja dengan baik selama latihan intens, sakit, masa bayi, dan usia tua. Atlet dan orang yang bekerja di



luar ruangan dalam lingkungan yang hangat dan lembab berada dalam kondisi ekstra risiko dehidrasi, kinerja buruk, kelelahan panas, dan kram panas.

Selama berkepanjangan olahraga, kehilangan keringat berkisar antara 3 sampai 8 cangkir (750 sampai 2000 ml) per jam. Orang-orang ini disarankan untuk menimbang diri sebelum dan sesudah berlatih atau bekerja untuk menentukan tingkat penurunan berat badan dan kebutuhan penggantian air mereka. Mengganti setidaknya 75% dari ini penurunan berat badan disarankan, terutama saat penurunan berat badan mendekati 2%. Sekitar 2,5 hingga 3 cangkir (sekitar 750 ml) air direkomendasikan untuk setiap 0,5 kg penurunan berat badan. Anak-anak yang sakit - terutama mereka yang menderita penyakit demam, muntah, diare, dan peningkatan keringat - dan orang lanjut usia seringkali perlu melakukannya diingatkan untuk minum banyak cairan.

Peningkatan konsentrasi darah dan penurunan tekanan darah memberi sinyal pada tubuh bahwa ada kekurangan air, yang memicu serangkaian cairan tindakan konservasi. Kelenjar pituitari melepaskan hormon antidiuretik sebagai sinyal ginjal untuk menghemat air dengan mengurangi keluaran urin. Pada saat yang sama waktu, penurunan tekanan darah memulai rangkaian peristiwa lain yang dimulai pada ginjal. Reseptor tekanan yang sangat sensitif di ginjal memberi sinyal kepada mereka untuk melepaskan enzim renin. Renin, pada gilirannya, mengaktifkan angiotensinogen (protein darah dibuat di hati), membentuk angiotensin I. Angiotensin I diubah menjadi angiotensin II, yang, di antara efek lainnya, menyebabkan pembuluh darah mengerut dan memicu kelenjar adrenal untuk melepaskan hormon aldosteron. Aldosteron, pada gilirannya, memberi sinyal pada ginjal untuk menahan lebih banyak natrium dan klorida, dan karenanya lebih banyak air. (Ingat, air selalu mengikuti elektrolit.) Jadi, tekanan darah rendah, melalui urutan bundaran ini, menyebabkan ginjal meningkatkan konservasi air di dalam tubuh

### **Toksisitas Air**

Minum terlalu banyak air bisa sama berbahayanya dengan mengonsumsi terlalu sedikit. Minum banyak air dapat menyebabkan kondisi yang disebut keracunan air. Jika ini terjadi, konsentrasi elektrolit, terutama natrium, dalam darah diencerkan. Serum rendah natrium dikenal sebagai hiponatremia. Untuk menyeimbangkan elektrolit intraseluler dan ekstraseluler konsentrasi, air dari darah yang diencerkan ditarik oleh osmosis ke dalam sel. Pengenceran elektrolit dan pembengkakan sel dapat menyebabkan sakit kepala, penglihatan kabur, kram otot, kejang, dan, kematian (jarang). Banyak efek samping yang terjadi saat otak membengkak karena terlalu banyak air. Keracunan air jarang terjadi. Secara umum, sangat sedikit orang yang berisiko minum alcohol terlalu banyak air, tetapi masalah dapat terjadi dengan beberapa penyakit dan gangguan mental. Selain itu, bayi di bawah usia 6 bulan diberi tambahan air minum dalam kemasan atau diencerkan secara berlebihan formula dan atlet ketahanan yang mengonsumsi air secara berlebihan, berusaha mencegah dehidrasi, mungkin mengonsumsi terlalu banyak air.

## BAB VI

### MAKRO MINERAL DAN AKG (ANGKA KECUKUPAN GIZI)

Mineral merupakan elemen anorganik esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil dalam makanan normal fungsi, pertumbuhan, dan pemeliharaan jaringan tubuh. Mineral sangat diperlukan manusia karena tidak dapat disintesis di dalam tubuh. Ada jauh lebih banyak mineral daripada yang dianggap zat gizi. Seperti yang Anda ketahui, untuk diakui sebagai zat gizi, bukti harus menunjukkan bahwa kesehatan menurun ketika zat tidak dikonsumsi dan, jika kekurangan zat gizi tidak dalam tahap lanjut, maka Kekurangan dan gejala terkait dapat diatasi dengan meningkatkan asupan zat gizi.

Zat gizi mineral dibagi menjadi mineral utama dan mineral kecil, tergantung pada jumlah yang dibutuhkan setiap hari. Umumnya, jika kita membutuhkan 100 mg atau lebih mineral setiap hari, itu dianggap sebagai mineral utama, atau makromineral; jika tidak, itu dianggap *trace* mineral, atau mikromineral. Mineral utama ditemukan dalam jumlah yang lebih besar di dalam tubuh daripada *trace* mineral (Gbr.1). Menggunakan kriteria ini, kalsium dan fosfor adalah contohnya mineral utama dan besi dan tembaga adalah mineral *trace*.

#### Sumber Mineral pada Makanan

Mineral dalam makanan rata-rata berasal dari sumber tumbuhan dan hewan. Untuk beberapa mineral, makanan hewani adalah sumber terkaya dan terbaik ketersediaan hayati. Misalnya, produk susu kaya akan sumber kalsium yang tersedia secara hayati. Sedangkan daging adalah sumber yang kaya zat besi dan seng yang tersedia secara hayati. Di sisi lain, kalium, magnesium, dan mangan lebih banyak di produk nabati daripada produk makanan hewani, tetapi senyawa dalam tanaman dapat mengurangi ketersediaan hayati mereka.

Jumlah mineral yang ditemukan dalam makanan dipengaruhi oleh banyak faktor pertanian, termasuk variasi genetik yang mempengaruhi kemampuan tumbuhan dan

hewan untuk menyerap dan menyimpan bahan galian, komposisi mineral pakan dan obat-obatan, komposisi mineral tanah dan air, serta kandungan mineral pupuk dan pestisida. Mineral makanan juga dipengaruhi oleh faktor pengolahan makanan. Misalnya, mineral (misalnya besi) dari peralatan memasak dan wadah makanan bisa berpindah ke makanan. Fosfor, kalsium, dan mineral lainnya adalah zat aditif yang digunakan untuk meningkatkan rasa, mempertahankan tekstur, dan mengawetkan makanan. Larutan sanitasi dapat meninggalkan residu yang mengandung mineral, seperti yodium diambil oleh makanan yang disiapkan di peralatan yang dibersihkan. Pemrosesan juga bisa menurunkan kandungan mineral. Biasanya, semakin halus suatu makanan nabati, semakin rendah kandungan mineralnya. Penggilingan biji-bijian, misalnya, menghilangkan zat besi, selenium, seng, tembaga, dan mineral lainnya.

*Catatan:*

Bioavailabilitas: Derajat yang jumlah zat gizi yang tertelan diserap dan tersedia di dalam tubuh.

### **Penyerapan, Transportasi, dan Ekskresi Mineral**

Makanan menawarkan banyak mineral, tetapi tubuh bervariasi dalam kapasitasnya untuk menyerap dan menggunakannya. Kemampuan menyerap mineral dari makanan bergantung pada banyak faktor. Salah satu faktor penting adalah kebutuhan fisiologis mineral pada saat dikonsumsi. Pada umumnya saat kebutuhan akan mineral tinggi, seperti kebutuhan zat besi dalam bertumbuh anak-anak, penyerapan mineral itu meningkat. Sebaliknya, daya serapnya cenderung menurun ketika tubuh memiliki simpanan mineral yang cukup. Ketersediaan hayati adalah faktor penting kedua dalam kemampuan tubuh untuk menyerap mineral. Ketersediaan hayati mineral dapat sangat dipengaruhi oleh jumlah mineral dikonsumsi - karena banyak mineral memiliki berat dan muatan molekul yang serupa (valensi). Misalnya, magnesium, kalsium, besi, dan tembaga masing-masing dapat ada di 2+ keadaan valensi. Mineral-mineral ini dapat bersaing satu sama lain untuk penyerapan mempengaruhi ketersediaan hayati satu

sama lain. Sebagai contoh, dapat terjadi kelebihan seng dalam makanan menurunkan penyerapan dan metabolisme mineral tembaga. Kompetisi penyerapan ini menjadi perhatian kecil bila mineral dipasok oleh makanan yang bervariasi; bagaimanapun, individu suplemen mineral dapat menyebabkan ketidakseimbangan yang serius. Jadi, yang paling aman adalah memilih suplemen mineral yang mengandung 100% atau kurang dari Nilai Harian dan menggunakan mineral individu suplemen hanya di bawah pengawasan medis. Ketersediaan hayati mineral juga sangat dipengaruhi oleh zat non-mineral di dalamnya diet. Komponen serat, terutama asam fitat (fitat) dalam serat biji gandum, bisa batasi penyerapan beberapa mineral dengan mengikatnya secara kimiawi dan mencegahnya rilis selama pencernaan.

Asupan serat jauh di atas Adekuat tingkat 25 sampai 38 g/hari dapat mempengaruhi status mineral secara negatif. Namun, jika biji-bijian diragi dengan ragi, enzim yang diproduksi oleh ragi dapat memutus beberapa ikatan kimianya antara asam fitat dan mineral. Memutuskan ikatan ini meningkatkan ketersediaan hayati mineral. Kekurangan seng ditemukan di antara beberapa populasi Timur Tengah sebagian disebabkan karena ketergantungan mereka yang besar pada roti tidak beragi, yang mengakibatkan rendahnya ketersediaan hayati seng makanan. Asam oksalat adalah zat lain yang ditemukan pada tumbuhan berdaun hijau mengikat mineral dan membuatnya kurang tersedia secara hayati. Bayam, misalnya, mengandung banyak kalsium, tetapi hanya sekitar 5% yang dapat diserap karena sayuran konsentrasi tinggi asam oksalat.<sup>16</sup> Di sisi lain, sekitar 32% dari kalsium makanan diserap dari susu dan produk susu.

Polifenol adalah sekelompok senyawa yang mengandung paling sedikit 2 struktur cincin yang masing-masing memiliki setidaknya 1 gugus hidroksil (OH) yang terikat. Polifenol juga bisa menurunkan ketersediaan hayati mineral, terutama zat besi dan kalsium. Banyak polifenol terjadi secara alami pada tumbuhan, seperti teh, cokelat hitam (biji kakao), dan anggur (anggur). Beberapa tipe polifenol, seperti flavonoid dan tanin, dapat membantu mencegah kanker dan penyakit jantung. Ketersediaan hayati mineral dapat ditingkatkan dengan beberapa vitamin. Vitamin C bisa meningkatkan penyerapan zat besi

saat keduanya dikonsumsi dalam makanan yang sama. Hormon vitamin D. [1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D] meningkatkan penyerapan kalsium, fosfor, dan magnesium.

Keasaman lambung juga meningkatkan ketersediaan hayati banyak mineral. asam hidroklorik (HCl) di perut membuat mineral lebih tersedia secara hayati dengan melarutkannya dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih mudah diserap. Misalnya, HCl menyediakan elektron menjadi besi besi (Fe<sup>3+</sup>) untuk menghasilkan besi besi (Fe<sup>2+</sup>), yang diserap lebih baik daripada besi. Produksi asam lambung yang berkurang di usia tua dan dengan penggunaan antasida, dapat menghambat ketersediaan hayati mineral. Banyak faktor yang mempengaruhi sejauh mana makanan dan mineral tambahan diserap. Jumlah mineral yang tercantum dalam database zat gizi atau pada label makanan tidak mencerminkan jumlah yang benar-benar dapat diserap. Untuk alasan ini, ini penting untuk mempertimbangkan komposisi total diet saat menilai asupan mineral, khususnya melacak asupan mineral, karena makanan mengandung sejumlah kecil zat gizi ini.

Setelah diserap, mineral mengalir dalam darah, baik dalam bentuk bebas atau terikat pada protein. Misalnya, ion kalsium dapat ditemukan bebas di dalam darah atau terikat pada albumin protein darah. *Trace* mineral dalam bentuk bebasnya seringkali sangat reaktif dan beracun jika tidak terikat. Dengan demikian, banyak *trace* mineral memiliki protein pengikat khusus yang mengangkutnya ke dalam aliran darah. Banyak juga yang terikat oleh protein seluler tertentu begitu mereka diambil oleh sel. Ekskresi mineral terjadi terutama melalui urin. Namun, beberapa mineral, seperti tembaga, disekresikan oleh hati ke dalam empedu untuk dikeluarkan melalui tinja. Kapan gagal fungsi ginjal, asupan mineral harus dikontrol untuk menghindari keracunan mineral, seperti dengan fosfor dan magnesium.

Peran metabolisme mineral sangat bervariasi. Keseimbangan air membutuhkan natrium, kalium, kalsium, dan fosfor. Natrium, kalium, dan kalsium membantu dalam transmisi impuls saraf ke seluruh tubuh. Beberapa mineral, seperti magnesium,

tembaga, dan selenium, berfungsi sebagai kofaktor dan memungkinkan enzim untuk membawa reaksi kimia. Mineral juga merupakan komponen dari banyak senyawa tubuh. Misalnya, zat besi merupakan komponen hemoglobin dalam sel darah merah. Pertumbuhan tubuh dan perkembangannya juga bergantung pada mineral tertentu, seperti kalsium dan fosfor. Di semua tingkatan - seluler, jaringan, organ, dan seluruh tubuh - mineral memainkan peranan penting dalam menjaga fungsi tubuh.

### **Natrium (*Sodium*)**

Garam - sumber terpenting dari natrium - dapat ditambang dari endapan garam pedalaman yang dibuat oleh laut purba atau dihasilkan oleh penguapan air laut. Garam sangat dihargai sebagai flavoring makanan dan pengawet selama ribuan tahun.

#### *Natrium dalam Makanan*

Garam, natrium klorida (NaCl), memberikan kontribusi sebagian besar natrium untuk makanan kita. Garam mengandung 40% natrium dan 60% klorida, yang berarti satu sendok teh garam (sekitar 6 g) menyediakan 2300 mg natrium. Namun, sebagian besar natrium yang kita konsumsi tidak datang dari garam meja. Mayoritas - 75 hingga 80% - ditambahkan selama pemrosesan makanan dan di restoran, baik sebagai bahan tambahan makanan yang mengandung garam atau natrium. *Natrium* secara alami hadir dalam makanan menyediakan sekitar 10% natrium yang kita konsumsi, dan garam yang ditambahkan memasak dan di meja menyediakan 10 sampai 15% lagi. Sumber natrium lainnya dilunakkan air ledeng dan obat-obatan tertentu.

#### *Makanan yang sangat tinggi natrium*

termasuk daging yang diawetkan, bumbu, saus botol (mis., kedelai, barbekyu, steak), gravies, acar, mustard, nasi bumbu dan campuran pasta, sup kering dan kalengan, dan makanan pembuka beku. Banyak dari makanan ini sekarang tersedia dalam versi natrium yang dikurangi

### ***Kebutuhan Natrium***

Asupan yang memadai untuk orang dewasa di bawah usia 51 tahun adalah 1500 mg natrium per hari. Menurun hingga 1300 mg per hari untuk mereka yang berusia 51 hingga 70 tahun dan 1200 mg per hari untuk mereka lebih tua dari usia 70. Nilai Harian natrium adalah 2400 mg (2,4 g). Nilai Harian adalah sangat dekat dengan Batas Atas 2300 mg per hari untuk natrium dan, karenanya, harus dipertimbangkan sebagai batas atas asupan natrium. Ini adalah jumlah yang banyak; hanya sekitar 200 mg natrium dibutuhkan setiap hari untuk mempertahankan fungsi fisiologis normal. Selain penunjang kesehatan yang baik, Asupan yang Cukup ditetapkan di atas jumlah yang diperlukan untuk memungkinkan pola makan yang lebih bervariasi, sehingga tidak semua makanan harus rendah natrium

### ***Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Natrium***

Hampir semua natrium yang dikonsumsi diserap di saluran usus. Natrium, seperti kalium dan ion klorida, diserap oleh transpor aktif di usus kecil dan besar. Energi untuk transpor aktif natrium disuplai oleh pompa natrium-kalium. Sebagian besar natrium dalam tubuh ditemukan di kompartemen cairan ekstraseluler (ECF). Jumlah natrium dalam ECF diatur dengan ketat. Saat Asupan natrium tinggi, kelebihan natrium diekskresikan oleh ginjal. Sebaliknya, saat konsentrasi natrium dalam darah rendah, hormon aldosteron menghambat ekskresi natrium ginjal. *Natrium* juga hilang melalui kotoran dan keringat.

### ***Fungsi Natrium***

*Natrium* memiliki 3 fungsi utama: membantu penyerapan glukosa dan beberapa amino asam di usus kecil, diperlukan untuk fungsi otot dan saraf yang normal, dan itu membantu keseimbangan air. Kontraksi otot dan konduksi impuls saraf bergantung pada muatan listrik yang diciptakan oleh pergeseran ion natrium dan kalium melintasi sel selaput. Karena natrium adalah zat terlarut utama dalam ECF, ia mengatur ECF dan volume plasma. Ketika jumlah natrium dalam tubuh meningkat, lebih banyak air yang tertahan tubuh sampai kelebihan natrium dikeluarkan. Pada beberapa penyakit, seperti



sindrom nefrotik dan gagal jantung kongestif, menyebabkan kerusakan ekskresi natrium oleh retensi cairan di ginjal dan edema yang signifikan. Bahkan pada orang sehat, retensi air dapat terjadi, terutama saat berdiri dalam waktu lama dalam cuaca panas. Mengonsumsi lebih sedikit natrium dapat memperbaiki kondisi ini.

### *Kekurangan Natrium*

Kekurangan natrium jarang terjadi karena banyaknya natrium dalam pasokan makanan, ditambah lagi dengan kebutuhan natrium yang relatif rendah. Namun demikian, penipisan natrium bisa terjadi ketika kehilangan melebihi asupan, seperti keringat yang berlebihan. Namun, hanya jika penurunan berat badan dari keringat melebihi sekitar 2% dari total berat badan (atau sekitar 5 sampai 6 lb) jika kehilangan natrium menjadi perhatian. Meskipun demikian, hanya makanan yang asin saja sudah cukup untuk mengembalikan kadar natrium tubuh bagi kebanyakan orang. Atlet, bagaimanapun, mungkin perlu makan minuman olahraga selama kompetisi untuk menghindari penipisan natrium dan elektrolit lainnya. Meskipun keringat terasa asin di kulit, natrium tidak terlalu tinggi terkonsentrasi dalam keringat. Sebaliknya, air yang menguap dari kulit meninggalkan natrium di belakang. (Keringat mengandung sekitar dua pertiga konsentrasi natrium yang ditemukan darah.) Penipisan natrium juga dapat terjadi karena diare atau muntah, terutama pada bayi. Minuman elektrolit digunakan dalam kasus seperti itu untuk menggantikan natrium. Natrium darah rendah, hiponatremia, merupakan salah satu tanda penipisan natrium. Gejalanya hiponatremia termasuk sakit kepala, mual, muntah, kelelahan, dan kram otot. Kejang, koma, dan kematian dapat terjadi pada kasus yang parah. Hiponatremia juga terjadi akibat menelan air berlebih.

### *Kelebihan Natrium dan Batas Atas*

Tingkat atas natrium untuk orang dewasa adalah 2300 mg/hari (2,3 g). Asupan natrium berlebih dapat meningkatkan kemungkinan terkena tekanan darah tinggi (hipertensi), penyakit jantung, dan stroke. Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa risiko jantung penyakit dapat dikurangi hingga 25% dengan pengurangan natrium sekitar

1000 mg/hari. Asupan natrium lebih dari 2 g per hari juga meningkatkan kehilangan kalsium dalam urin dan berpotensi menurunkan kadar kalsium dari tulang. Namun, para ilmuwan belum mampu menghubungkan asupan natrium tinggi dengan osteoporosis.

### **Kalium (Pottasium)**

Kalium, logam abu-abu keperakan, ditemukan pada awal tahun 1800-an. Namanya berasal dari kata kalium, yang berarti "diekstraksi dalam pot dari abu pohon yang terbakar." Makanan nabati merupakan sumber yang kaya akan mineral ini.

#### *Kalium dalam Makanan*

Kalium terjadi secara alami di banyak makanan dan, tidak seperti natrium, makanan yang tidak diolah sumber terbaik. Buah, sayur, susu, biji-bijian, kacang-kacangan kering, dan daging adalah sumber yang baik. Kontributor utama kalium untuk diet dewasa termasuk susu, kentang, kopi, daging sapi, tomat, dan jus jeruk. Sumber kalium lainnya adalah pengganti garam (kalium klorida) dan aditif makanan, semacamnya sebagai acesulfame-k, pemanis buatan; dipotassium guanylate, penambah rasa; kalium aluminium silikat, anti-caking agen; dan kalium propionat, pengawet.

#### *Kebutuhan Kalium*

Asupan kalium yang cukup untuk orang dewasa adalah 4700 mg (4,7 g) per hari. Nilai Harian yang digunakan untuk makanan dan suplemen labelnya adalah 3500 mg. Asupan kalium rata-rata untuk orang dewasa AS termasuk di bawah kedua rekomendasi ini, berkisar dari 2100 sampai 3300 mg setiap hari

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Kalium*

Tubuh menyerap sekitar 90% kalium yang dikonsumsi. Seperti natrium, kalium adalah diserap di usus kecil dan besar. Ion kalium (K<sup>+</sup>) diangkut ke sel-sel tubuh, di mana 95% kalium tubuh ditemukan. Seperti keseimbangan natrium, kalium dicapai terutama melalui ekskresi atau retensi ginjal.

### *Fungsi Kalium*

Kalium adalah kation utama di dalam sel dan melakukan banyak fungsi yang sama seperti natrium. Keduanya terlibat dalam menjaga keseimbangan cairan, mentransmisikan impuls saraf, dan kontraksi otot. (Ingatlah bahwa kontraksi otot dan konduksi impuls saraf bergantung pada muatan listrik yang diciptakan oleh pergeseran ion kalium dan natrium melintasi membran sel.) Seperti natrium, kalium mempengaruhi ekskresi kalsium, tetapi dalam berlawanan arah - ketika kalium makanan tinggi, jumlah kalsium yang dikeluarkan urin menurun. Kalium juga dianggap menumpulkan efek asupan garam yang tinggi dan membantu menjaga tekanan darah normal. Asupan kalium makanan yang tinggi menekan renin system angiotensin dan mempromosikan ekskresi natrium dan air berlebih

### *Kekurangan Kalium*

Kalium darah rendah, yang dikenal sebagai hipokalemia, adalah masalah yang mengancam jiwa. Gejalanya termasuk kelemahan, kelelahan, sembelit, dan detak jantung tidak teratur (aritmia) yang merusak kemampuan jantung untuk memompa darah. Mengonsumsi kalium terlalu sedikit juga bisa meningkatkan tekanan darah dan risiko stroke. Penipisan kalium dari tubuh dan kalium darah rendah paling sering disebabkan oleh kehilangan kalium yang berlebihan melalui urin atau saluran gastrointestinal. Beberapa diuretik yang digunakan untuk mengobati hipertensi menguras kalium dari tubuh dengan meningkatkan jumlah yang diekskresikan dalam urin. Bagi orang-orang ini, makanan kalium tinggi adalah tambahan yang baik untuk diet, seperti suplemen kalium klorida jika direkomendasikan oleh dokter. tidak semua diuretik meningkatkan kalium dalam urin; beberapa diformulasikan untuk menyimpan kalium. Lebih jarang, asupan makanan yang sangat rendah dapat menyebabkan kalium darah rendah. Dengan gangguan makan, asupan makanan rendah, muntah, dan penggunaan pencahar, membuat kalium deplesi dan hipokalemia merupakan masalah yang umum dan sangat serius.

### *Kelebihan Kalium dan Tingkat Atas*

Kalium darah tinggi, yang dikenal sebagai hiperkalemia, adalah masalah yang mengancam jiwa. Hiperkalemia hampir tidak pernah terjadi pada orang sehat. Bahkan ketika asupan kalium diet sangat tinggi, kelebihannya dengan mudah dikeluarkan oleh ginjal. Namun bila ginjal berfungsi buruk, kalium mudah menumpuk di dalam darah dan dapat menyebabkan detak jantung tidak teratur dan bahkan serangan jantung. Kadar kalium dapat dikontrol dalam kasus ini dengan hati-hati memperhatikan kandungan kalium dari makanan.

### **Chlorida (Klor)**

Klorida adalah zat gizi penting - anion utama ( $\text{Cl}^-$ ) dalam cairan ekstraseluler. Ion klorida tidak sama dengan unsur klorin ( $\text{Cl}_2$ ). Klorin adalah oksidan kuat yang banyak digunakan untuk menjernihkan air, mendisinfeksi kolam renang, pemutih, dan menghasilkan banyak produk (misalnya, kertas, plastik). Klorin, bersama dengan klorin gas, beracun.

### *Klorida dalam Makanan*

Hampir semua klorida dalam makanan berasal dari garam meja - natrium klorida. Oleh karena itu, makanan yang sama yang menyediakan natrium dalam makanan juga menyediakan sebagian besar dari makanan klorida. Klorida juga ditemukan dalam rumput laut, zaitun, gandum hitam, selada, beberapa buah, dan beberapa sayuran. Pengganti garam biasanya mengandung kalium klorida

### *Kebutuhan Klorida*

Asupan yang cukup untuk klorida untuk orang dewasa adalah 2300 mg. Jumlah ini didasarkan pada 40:60 rasio natrium terhadap klorida dalam garam (Asupan yang memadai dari 1500 mg natrium disertai oleh 2300 mg klorida). Nilai Harian yang

digunakan pada label makanan dan suplemen adalah 3400 mg. Konsumsi harian rata-rata 9 g garam menghasilkan 5,4 g (5400 mg) klorida.

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Klorida*

Klorida, seperti natrium dan kalium, hampir sepenuhnya diserap di dalam dan usus besar. Penyerapan klorida mengikuti bersama dengan penyerapan natrium. Ini memungkinkan keseimbangan muatan listrik antara ion klorida yang bermuatan negatif ( $\text{Cl}^-$ ) dan ion natrium bermuatan positif ( $\text{Na}^+$ ). Kebanyakan klorida ditemukan dalam cairan ekstraseluler, jika dikaitkan dengan natrium. Seperti natrium dan kalium, ekskresi klorida terjadi terutama melalui ginjal.

#### *Fungsi Klorida*

Klorida adalah anion utama ( $\text{Cl}^-$ ) dalam fluida ekstraseluler yang bermuatan negative menyeimbangkan muatan positif dari ion natrium. Bersama-sama, natrium dan klorida membantu menjaga volume dan keseimbangan cairan ekstraseluler. Mereka juga membantu transmisi impuls saraf. Selain perannya sebagai elektrolit, klorida memiliki fungsi penting lain. Ini adalah komponen HCl yang diproduksi di perut, dan itu digunakan selama respons imun ketika sel darah putih menyerang sel asing. Akhirnya, Klorida membantu menjaga keseimbangan asam-basa dan membuang karbon dioksida dengan cara udara yang dihembuskan

#### *Defisiensi Klorida*

Kekurangan klorida umumnya tidak mungkin karena natrium klorida (garam) makanan kita asupannya sangat tinggi. Muntah yang sering dan lama - jika ditambah dengan kekurangan zat gizi diet - dapat menyebabkan defisiensi karena hilangnya HCl. Gejala termasuk kelemahan, anoreksia, dan kelesuan. Hilangnya HCl dapat mengganggu keseimbangan asam dan basa di dalam tubuh.

#### *Batas Atas untuk Klorida*

Tingkat Atas untuk klorida adalah 3,6 g/hari. Jumlah ini berdasarkan jumlah Klorida yang sejajar dengan Kadar Natrium Atas (2300 mg / hari) dengan rasio 40:60 natrium menjadi klorida dalam garam

### **Kalsium (Ca)**

Kalsium adalah mineral penting untuk perkembangan tulang dan gigi yang normal. Kalsium penyakit defisiensi osteoporosis, atau "tulang keropos", telah dikenal sejak awal sejarah. Kalsium adalah mineral paling melimpah di tubuh, terutama ada di kerangka tempat ia berfungsi sebagai struktur-fungsi tetapi juga berfungsi sebagai cadangan ketika kalsium makanan tidak mencukupi. Semua mekanisme homeostatis dikembangkan untuk mempertahankan kadar kalsium serum yang konstan untuk memastikannya transmisi sinyal sel. Asupan kalsium makanan di seluruh dunia di bawah direkomendasikan asupan. Kekhawatiran atas risiko osteoporosis memiliki pesan kesehatan masyarakat dan pedoman klinis menyerukan penggunaan suplemen kalsium. Akibatnya, asupan kalsium meningkat, tapi penggunaan suplemen meningkatkan kekhawatiran akan peningkatan risiko efek samping. Namun, kejadian osteoporosis terus meningkat, dengan perkembangan massa tulang yang tidak optimal selama pertumbuhan dan keropos tulang di kemudian hari, periode ketika diet dan aktivitas fisik memainkan peranan penting.

#### *Kalsium dalam Makanan*

Produk susu, seperti susu dan keju, menyediakan pasokan kalsium yang kaya secara hayati. Roti putih, roti gulung, kerupuk, dan makanan lain yang dibuat dengan produk susu adalah kontributor lainnya. Sayuran hijau, seperti itu sebagai sawi, kangkung, dan lobak hijau; Brokoli; dan makanan yang diperkuat kalsium, seperti buah-buahan jus dan sereal sarapan memasok mineral ini.

#### *Kebutuhan Kalsium*

Asupan kalsium yang memadai berkisar antara 1000 hingga 1200 mg/hari untuk orang dewasa. Untuk remaja antara usia 9 dan 18 tahun, Asupan Adekuat lebih tinggi - 1.300 mg sampai memungkinkan peningkatan massa tulang selama masa pertumbuhan yang cepat ini. Nilai Harian digunakan pada label makanan dan suplemen adalah 1000 mg. Di AS, asupan kalsium rata-rata berkisar dari sekitar 670 hingga 780 mg/hari untuk wanita dan 800 sampai 1100 mg/ hari untuk pria. Hampir seperempat wanita mengonsumsinya hanya sekitar 500 mg per hari.<sup>17</sup> Separuh dari anak perempuan usia 9 sampai 18 tahun mengkonsumsi kurang dari 840 mg (atau 65% of Adequate Intake) per hari. Jadi, diet asupan kalsium oleh banyak wanita terutama wanita muda, berada jauh di bawah jumlah Asupan Adekuat, sedangkan asupan oleh sebagian besar pria secara kasar setara dengan itu.

#### *Penyerapan Kalsium, Transportasi, Penyimpanan, Peraturan, dan Ekskresi*

Penyerapan kalsium terjadi di sepanjang saluran usus. Namun, penyerapan paling efisien di bagian atas usus kecil karena sedikit pH asam membantu menjaga kalsium larut dalam bentuk ioniknya ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Isi usus menjadi lebih basa saat melewati usus; dengan demikian, penyerapan kalsium menurun di ujung terminal usus kecil dan usus besar, meskipun sebagian masih terjadi melalui difusi pasif. Selain itu, hormon vitamin D aktif -  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D - mempromosikan dan mengatur transpor aktif kalsium yang terjadi di saluran usus bagian atas. Ketika seseorang memiliki status vitamin D yang buruk, penyerapan kalsium berkurang. Orang dewasa menyerap sekitar 25 hingga 30% kalsium yang ada dalam makanan yang mereka makan. Beberapa faktor dapat mempengaruhi penyerapan kalsium. Selama periode pertumbuhan saat tubuh membutuhkan kalsium ekstra - seperti masa bayi dan kehamilan - tingkat penyerapan bisa mencapai 75%. Kalsium diserap lebih tinggi bila sumber kalsium dicerna bersama makanan lain dan bukan dengan perut kosong. Laktosa, gula lain, dan protein dapat meningkatkan penyerapan kalsium. Penyerapan kalsium cenderung menurun seiring bertambahnya usia, terutama setelah usia 70. Pascamenopause wanita umumnya menyerap paling sedikit kalsium. Faktor lain yang membatasi penyerapan kalsium

termasuk asupan besar asam fitat dalam serat, asam oksalat, fosfor makanan, dan polifenol (tanin) dalam teh. Kekurangan vitamin D dan diare juga menghambat. Selain itu, malabsorpsi lemak yang dapat terjadi dengan beberapa gangguan usus dapat menurunkan penyerapan kalsium karena kalsium berikatan dengan asam lemak, membentuk senyawa tidak dapat diserap di lumen usus. Kalsium dalam aliran darah diangkut ke sel baik sebagai kalsium terionisasi bebas atau terikat pada protein. Kerangka dan gigi menampung lebih dari 99% kalsium tubuh. Namun, semua sel, tidak hanya yang ada di tulang, sangat membutuhkan kalsium.

Penyerapan kalsium dapat dihambat oleh beberapa ligan dan ditingkatkan oleh orang lain. Penghambat terkuat dari penyerapan kalsium, oksalat, membentuk garam dengan kalsium itu memiliki kelarutan (0,04 mmol/L) jauh di bawah kisaran kelarutan dibahas di atas. Penghambat sederhana lainnya untuk penyerapan kalsium adalah pembentukan garam yang tidak dapat sepenuhnya dipisahkan dalam usus dan keberadaan terlalu besar untuk diserap secara utuh oleh rute paraseluler. Asam fitat adalah penghambat semacam itu. Perbedaan tiga kali lipat dalam Kandungan asam fitat pada kedelai menurunkan penyerapan kalsium sebesar 25%. Meskipun phytate adalah penghambat penyerapan kalsium yang lebih sederhana daripada oksalat, itu tetap dikonsumsi dalam jumlah yang lebih tinggi. Namun, di negara berkembang, konsumsi phytate kurang merugikan dimana roti diberi ragi dan kompleks fitat dihidrolisis oleh enzim dalam ragi selama fermentasi.

Konsentrasi kalsium dalam aliran darah diatur oleh hormonal yang sangat ketat kontrol. Artinya, kalsium darah normal bisa dipertahankan meski kalsium asupannya buruk, karena kalsium bisa "ditarik" dari tulang untuk menjaga darah dan konsentrasi sel normal. (Situasi ini membuat kadar kalsium darah menjadi buruk.) Ketika kalsium darah turun, paratiroid kelenjar melepaskan hormon paratiroid. Hormon ini meningkatkan kalsium darah tingkat dengan bekerja dengan  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D untuk meningkatkan reabsorpsi kalsium ginjal daripada membuangnya ke dalam urin. Hormon paratiroid juga membantu meningkatkan penyerapan kalsium secara tidak langsung dengan



meningkatkan sintesis  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D. Selain itu, hormon paratiroid sering bekerja bersama dengan  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D untuk meningkatkan kalsium yang dilepaskan dari tulang.

Ketika kadar kalsium darah naik terlalu tinggi, pelepasan hormon paratiroid turun. Hal ini menyebabkan ekskresi kalsium melalui urin meningkat. Sintesis  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D juga menurun, menyebabkan penurunan penyerapan kalsium. Selain itu, kelenjar tiroid mengeluarkan hormon kalsitonin, yang menghalangi hilangnya kalsium dari tulang. Semua ini perubahan metabolisme menjaga kalsium darah dalam kisaran normal.

### *Fungsi Kalsium*

Mengembangkan dan memelihara tulang adalah fungsi utama kalsium dalam tubuh. Kalsium juga diperlukan untuk pembekuan darah, transmisi impuls saraf, kontraksi otot, dan metabolisme sel.

### *Batas Atas untuk Kalsium*

Batas atas kalsium adalah 2500 mg/hari, yang didasarkan pada bukti peningkatan risiko mengembangkan batu ginjal pada asupan yang lebih tinggi. Biasanya, usus kecil mencegah penyerapan kelebihan kalsium. Namun, baik hiperparatiroidisme maupun konsumsi suplemen kalsium dalam kadar tinggi dapat menyebabkan kadar kalsium dalam tubuh darah meningkat dan menyebabkan kalsifikasi pada ginjal dan organ lainnya. Gejala lain adalah iritabilitas, sakit kepala, gagal ginjal, batu ginjal, dan penurunan daya serap mineral lainnya. Biasanya, kalsium dalam makanan dan dosis kalsium biasa suplemen tidak menimbulkan ancaman kesehatan karena mineral ini hadir secara relative jumlah yang sederhana.

### **Phospor (P)**

Fosfor, sebagai fosfat, sangat penting untuk semua kehidupan dan didistribusikan secara luas di kedua tumbuhan dan makanan hewani. Pola makan yang mencukupi zat

gizi lain, terutama kalsium dan protein, akan otomatis adekuat dalam fosfor. ECF [Pi], yang sedikit berbeda dengan fosfor makanan asupan itu sendiri penting untuk fungsi fisiologis normal di semua vertebrata yang lebih tinggi, dan kelainan utama dari metabolisme fosfat terjadi karena terlalu rendah atau berlebihan konsentrasi tinggi dari anion kritis ini. ECF [Pi] diatur oleh loop kontrol umpan balik dimana factor pertumbuhan broblast -23 (FGF-23) adalah hormon efektor. Fosfor serum rendah sering terjadi karena peningkatan klirens fosfor ginjal yang dihasilkan oleh paratiroid tingkat tinggi hormon atau FGF-23. Hasilnya timbul rakhitis atau osteomalasia serta kelemahan otot dan disfungsi metabolik umum dari semua jaringan dan organ tubuh. Fosfor serum tinggi paling sering karena penurunan klirens ginjal akibat gagal ginjal. Hasil termasuk kalsifikasi ekstra -osseous, terutama pada sistem arteri kritis.

#### *Fosfor dalam Makanan*

Susu, keju, daging, produk roti, dan sereal menyediakan sebagian besar fosfor dalam diet orang dewasa. Dedak, telur, kacang-kacangan, dan ikan juga merupakan sumbernya. Zat aditif makanan, seperti sebagai mononatrium fosfat (pengemulsi), monokalsium fosfat (bahan pengental), dan zat gizi yang digunakan untuk memperkuat (misalnya besi fosfat), juga berkontribusi sebanyak 400 mg fosfor per hari untuk makanan. Perhatikan bahwa fosfor dari makanan aditif mungkin tidak disertakan dalam database zat gizi.

#### *Kebutuhan Fosfor*

RDA untuk pria dan wanita dewasa adalah 700 mg/hari. Asupan rata-rata pada orang dewasa berkisar antara 950 sampai 1650 mg per hari. Jadi, fosfor defisiensi tidak mungkin terjadi pada orang dewasa yang sehat, terutama karena sangat efisien terserap. Nilai Harian untuk fosfor yang digunakan pada makanan dan suplemen labelnya adalah 1000 mg.

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Fosfor*

Orang dewasa menyerap hingga 70% fosfor makanan. Penyerapan terjadi terutama di usus kecil bagian atas dan diserap oleh kedua transpor aktif dan difusi. Hormon vitamin D aktif  $1,25(\text{OH})_2$  vitamin D meningkatkan penyerapan. Fosfor dalam biji-bijian dan polong-polongan sebagian besar berbentuk fitat dan sulit diserap karena kita kekurangan enzim yang melepaskan fosfor. Namun, fosfor dalam produk biji-bijian yang disiapkan dengan ragi (misalnya, roti) lebih baik diserap karena pemecahan fitat oleh ragi. Sekitar 80% fosfor dalam tubuh ditemukan di tulang dan gigi sebagai kalsium fosfat (hidroksiapatit). Sisa fosfat ditemukan di setiap sel dalam tubuh dan cairan ekstraseluler sebagai  $\text{PO}_4^{2-}$ . Fosfor diekskresikan oleh ginjal. Tingkat ekskresi adalah mekanisme utama fosfor darah tingkat diatur.

### *Fungsi Fosfor*

Selain menjadi komponen utama tulang dan gigi, fosfor juga penting fungsi setiap sel dalam tubuh. Seperti  $\text{HPO}_4^{2-}$  atau  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , fosfor adalah anion intraseluler utama, mirip dengan klorida dalam cairan ekstraseluler. Sebagai komponen ATP dan kreatin fosfat, fosfor sangat penting untuk produksi dan penyimpanan energi. Ini mineral juga merupakan bagian dari DNA dan RNA, fosfolipid dalam membran sel, dan banyak lagi enzim dan sistem pesan seluler. Banyak hormon bergantung pada fosforilasi untuk aktivasi mereka. Fosfor juga membantu mengatur keseimbangan asam-basa dalam tubuh. Asupan fosfor yang cukup, seperti kalsium, kalium, dan magnesium, dapat membantu melindungi melawan hipertensi.

### *Kekurangan Fosfor*

Kekurangan fosfor jarang terjadi, tetapi defisiensi fosfor kronis dapat berkontribusi keropos tulang, pertumbuhan menurun, dan perkembangan gigi yang buruk. Gejala rachitis dapat terjadi pada anak-anak yang kekurangan fosfor karena mineralisasi tulang yang tidak mencukupi. Gejala defisiensi fosfor lainnya termasuk anoreksia, penurunan berat badan, kelemahan, lekas marah, sendi kaku, dan nyeri tulang. Status fosfor marjinal dapat ditemukan pada bayi premature, pecandu alkohol, lansia yang mengonsumsi makanan rendah gizi, mereka yang menderita serangan jantung jangka

Panjang diare dan penurunan berat badan, dan orang yang sering menggunakan antasida yang mengandung aluminium, yang dapat mengikat fosfor di usus halus.

#### *Toksisitas dan Batas Atas untuk Fosfor*

Seperti defisiensi fosfor, toksisitas dari fosfor jarang terjadi. Konsentrasi darah tinggi fosfor (hyperphosphatemia) dapat menyebabkan terbentuknya endapan kalsium-fosfor di jaringan tubuh. Fungsi ginjal yang buruk adalah penyebab paling umum dari hiperfosfatemia. Selama beberapa dekade, ahli gizi memikirkan rasio kalsium dan fosfor ini berkontribusi pada hiperparatiroidisme ringan dan pengeroposan tulang. Namun, sekarang sudah dipikirkan bahwa peningkatan PTH dan pengeroposan tulang terjadi sebagai respons terhadap tidak terpenuhinya kebutuhan kalsium (seperti yang dapat terjadi ketika minuman ringan diganti dengan susu dan sumber kalsium lainnya), bukan rasio kalsium ke fosfor dalam makanan. Batas Atas untuk fosfor di masa dewasa adalah 3 sampai 4 g/hari, berdasarkan risiko terjadinya konsentrasi darah tinggi.

#### **Magnesium (Mg)**

Magnesium pertama kali ditemukan di Magnesia, wilayah Yunani. Logam berwarna putih keperakan ini berlimpah di tanah dan di air laut. Ini adalah zat gizi penting untuk tanaman dan hewan - beragam makanan memberi kita magnesium. Magnesium adalah mineral dan kofaktor yang dibutuhkan untuk lebih dari 300 reaksi metabolisme dalam tubuh. Tubuh terdiri dari sekitar 25 g magnesium, dengan sekitar 50-60% di tulang dan sisanya di jaringan lunak. Magnesium ( $Mg^{2+}$ ) adalah ion logam divalen. Itu adalah kation keempat yang paling melimpah dalam tubuh setelah kalsium, kalium, dan natrium. Sumber makanan tinggi magnesium termasuk sayuran berdaun hijau, biji-bijian mentah, dan kacang-kacangan. Kekurangan magnesium dapat menyebabkan untuk penyakit kardiovaskular, hipertensi, sindrom metabolik, dan diabetes tipe 2 mellitus.

### *Magnesium dalam Makanan*

Magnesium ditemukan dalam klorofil. Dengan demikian, beberapa sumber magnesium terkaya adalah produk nabati, seperti sayuran berdaun hijau, brokoli, labu, kacang-kacangan, kacang-kacangan, biji-bijian, dan coklat. Produk hewani, seperti susu dan daging, suplai sejumlah magnesium, meski lebih sedikit dari makanan nabati. Sumber magnesium lainnya adalah air keran keras, yang mengandung mineral tinggi (air sadah juga mengandung kalsium). Makanan olahan umumnya rendah magnesium. Bentuk magnesium dalam multivitamin dan suplemen mineral (magnesium oksida) tidak terserap dengan baik. 45% magnesium makanan berasal dari sayuran, buah-buahan, biji-bijian, dan kacang-kacangan, sedangkan sekitar 30% berasal dari susu, daging, dan telur.

### *Kebutuhan Magnesium*

RDA untuk magnesium adalah 400 mg/hari untuk pria berusia 19 hingga 30 tahun usia dan 310 mg/hari untuk wanita usia 19 sampai 30 tahun.<sup>1</sup> Kebutuhan magnesium meningkat sedikit (10 hingga 20 mg/hari) di atas usia 30. Nilai Harian pada makanan dan label suplemen adalah 400 mg. Orang dewasa di AS kekurangan asupan magnesium, dengan asupan rata-rata sekitar 80% dari RDA.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Magnesium*

Sekitar 40 hingga 60% magnesium yang dikonsumsi diserap, tetapi efisiensi penyerapan bisa meningkat menjadi sekitar 80% saat asupan rendah. Magnesium diserap oleh usus halus baik penyerapan pasif maupun aktif. Hormon vitamin D aktif 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D meningkatkan penyerapan magnesium sampai batas tertentu. Sekitar setengah dari magnesium adalah ditemukan di tulang dan sisanya disimpan di jaringan lain, seperti otot. Ginjal utamanya mengatur konsentrasi magnesium dalam darah dan mampu menurunkan magnesium kehilangan ke dalam urin ketika magnesium darah rendah.

### *Fungsi Magnesium*

Magnesium memiliki peran penting dalam berbagai proses biokimia dan fisiologis. Magnesium membantu menstabilkan ATP dengan mengikat gugus fosfat dari molekul ini. Faktanya, magnesium dibutuhkan oleh lebih dari 300 enzim yang memanfaatkan ATP, termasuk yang dibutuhkan untuk energi metabolisme, kontraksi otot, dan sintesis protein. Sistem enzim yang bergantung pada magnesium memompa natrium keluar dari sel dan kalium ke dalam sel - proses ini tampaknya sangat sensitive untuk defisiensi magnesium. Magnesium juga dibutuhkan untuk sintesis DNA dan RNA. Perannya dalam metabolisme kalsium berkontribusi pada struktur tulang dan mineralisasi. Magnesium juga penting untuk transmisi saraf, jantung dan kontraksi otot polos, dari pelepasan insulin pankreas, dan kerja insulin pada sel. Manfaat lain yang mungkin dari magnesium termasuk penurunan tekanan darah dengan melebarkan arteri, mencegah kelainan irama jantung, dan melindungi melawan pembentukan batu empedu.

### *Kekurangan Magnesium*

Kekurangan magnesium menyebabkan detak jantung tidak teratur, terkadang disertai kelemahan, kejang otot, disorientasi, mual, muntah, dan kejang. Gejala ini mungkin terkait terhadap fungsi sel saraf yang tidak normal yang disebabkan oleh gangguan pemompaan natrium dan kalium. Kekurangan magnesium juga dapat menyebabkan penurunan pelepasan PTH, sehingga kalsium darah rendah. Itu Tindakan 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D juga berkurang selama defisiensi magnesium. Kedua faktor tersebut dapat menyebabkan peningkatan risiko osteoporosis pada orang dengan status magnesium yang buruk. Asupan magnesium yang rendah juga dapat meningkatkan risiko Sindrom Metabolik. Kekurangan magnesium berkembang sangat lambat karena tubuh siap menyimpannya. Kehilangan magnesium yang berlebihan baik dari saluran usus atau urin bertanggung jawab untuk sebagian besar defisiensi magnesium. Orang dengan gangguan GI yang mengalami berkepanjangan serangan diare dan muntah berisiko. Mereka yang menggunakan diuretik tertentu, pecandu alkohol, dan mereka dengan diabetes yang tidak terkontrol mengeluarkan lebih banyak magnesium di dalam air seni. Diet rendah magnesium dapat memperburuk situasi ini. Selain itu, keringat berlebih selama berminggu-minggu di iklim panas dapat meningkatkan kebutuhan magnesium.

### *Batas Atas untuk Magnesium*

Batas Atas 350 mg/hari untuk magnesium mengacu pada suplemen dan sumber non-makanan lainnya hanya, seperti antasida dan pencahar tertentu. Asupan melebihi ini jumlah dari sumber non-makanan dapat menyebabkan diare. Toksisitas juga dapat terjadi selama gagal ginjal karena ginjal adalah pengatur utama magnesium darah. Magnesium darah tinggi menyebabkan kelemahan, mual, napas melambat, akhirnya malaise, koma, dan kematian

### **Sulfur (S)**

Sulfur, mineral kuning cerah, terutama disediakan oleh asam amino yang mengandung sulfur metionin dan sistein. Sulfat anorganik juga ditemukan dalam air dan makanan - misalnya, sebagai pengawet yang melindungi warna buah kering dan anggur putih. Tidak ada AI atau RDA ditetapkan untuk belerang, dan Tingkat Atas juga tidak ditetapkan karena kami mampu memperoleh belerang yang cukup dari makanan yang mengandung protein. Belerang diperlukan untuk sintesis dari beberapa senyawa yang mengandung sulfur, ini membantu menstabilkan struktur protein (misalnya, kolagen, rambut, kuku, kulit), dan berpartisipasi dalam mengatur keseimbangan asam-basa di tubuh. tidak ada gejala defisiensi atau toksisitas yang berhubungan dengan sulfur.

## BAB VII

### MIKRO MINERAL

Mineral *trace* adalah zat anorganik penting yang dibutuhkan dalam jumlah kecil dalam makanan (kurang dari 100 mg setiap hari) dan ditemukan dalam jumlah yang relatif kecil di dalam tubuh (kurang dari 5 g). Faktanya, semuanya gabungan membentuk kurang dari 1% dari mineral dalam tubuh. Meskipun jumlahnya kecil, atau "*trace*", trace mineral sangat penting untuk perkembangan normal, fungsi, dan kesehatan secara keseluruhan. Misalnya zat besi dibutuhkan untuk membangun sel darah merah; seng, tembaga, selenium, dan mangan membantu melindungi kita dari efek merusak dari radikal bebas; dan yodium dibutuhkan untuk menjaga metabolisme normal. Dengan pengecualian zat besi dan yodium, esensialitas trace mineral pada manusia hanya ada diakui dalam 50 tahun terakhir. Penelitian trace mineral intensif dimulai pada awal 1960-an dengan ditemukannya sekelompok remaja laki-laki Timur Tengah yang tidak tumbuh secara normal atau dewasa secara seksual karena mereka kekurangan seng. Sejak saat itu, para ilmuwan telah menemukan bahwa banyak trace mineral yang penting untuk fungsi tubuh yang normal dan kelainan fisiologis terjadi ketika mereka kekurangan makanan.

#### Iron (Fe)

Pentingnya zat besi untuk pemeliharaan kesehatan telah diakui selama berabad-abad. Pada 4000 SM, dokter Persia Melampus memberikan suplemen zat besi kepada para pelaut mengkompensasi zat besi yang hilang karena pendarahan selama pertempuran. Mempertahankan status zat besi masih menjadi masalah selama ini dunia saat ini. Di banyak negara berkembang, hampir dua pertiga dari semua anak dan wanita usia subur memiliki kekurangan zat besi. Meskipun kekurangan zat besi lebih sedikit lazim di AS dan negara maju lainnya, itu merupakan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan pada anak-anak dan remaja perempuan.



Besi sangat penting untuk metabolisme energi, sistem oksidasi, perkembangan saraf dan fungsi, sintesis jaringan ikat, sintesis hormon, dan aktivitas antioksidan. Lebih 80% zat besi sistemik terlibat dalam perolehan dan pengiriman oksigen (hemoglobin), atau penyimpanan (mioglobin) untuk mendukung metabolisme sistemik. Karena besi memiliki sifat yang begitu beragam dan peran mendasar, efek defisiensi besi dapat bersifat protean, dan sulit untuk dibedakan kekurangan zat gizi lainnya; namun, anemia dan gangguan kinerja fisik, psikomotor perkembangan, dan fungsi kekebalan adalah konsekuensi penting. Defisiensi zat besi kemungkinan akan disertai dengan defisiensi lainnya. Laporan WHO telah menekankan poin-poin ini dalam kaitannya dengan strategi terapeutik dan pencegahan untuk mengurangi prevalensi defisiensi besi. Jika mereka diberantas, akan ada lebih sedikit kekhawatiran tentang kuantitas dan ketersediaan asupan besi.

#### *Zat Besi dalam Makanan*

Zat besi terjadi dalam beberapa bentuk. Dalam daging hewan (daging sapi, babi, makanan laut, dan unggas), sebagian besar zat besi hadir sebagai hemoglobin dan mioglobin, yang secara kolektif disebut besi heme. Sisa zat besi yang ada dalam makanan ini, serta semua zat besi dalam sayuran, biji-bijian, dan suplemen, disebut zat besi non-heme. Karena besi ditambahkan untuk disuling sebagai bagian dari proses pengayaan, Produk roti (misalnya roti, roti gulung, dan biskuit) juga mengandung zat besi. Jumlah zat besi yang relatif tinggi juga ditemukan di bayam dan sayuran berdaun gelap lainnya dan di ginjal, garbanzo, dan kacang navy. Namun, banyak faktor yang menyebabkan besi diperkaya dan makanan nabati kurang tersedia secara hayati dibandingkan zat besi dari makanan hewani. Selain zat besi dalam makanan, peralatan masak besi dapat berkontribusi pada asupan zat besi. Saat makanan dimasak dalam wajan besi, sedikit zat besi dari peralatan masak tersebut dipindahkan ke makanan. Makanan asam, seperti saus tomat, meningkatkan jumlahnya zat besi yang dipindahkan dari peralatan masak ke makanan dan, pada gilirannya, meningkatkan zat besi total kandungan.

### *Kebutuhan Besi*

RDA untuk wanita dewasa adalah 18 mg/hari dan 8 mg/hari untuk laki-laki dewasa. Setelah usia 51, AKG untuk wanita turun menjadi 8 mg/hari karena kebanyakan wanita memasuki masa menopause dan tidak lagi kehilangan zat besi melalui darah menstruasi. Meskipun penyerapan zat besi dapat sangat bervariasi, nilai RDA didasarkan pada premis bahwa sekitar 18% zat besi diserap setiap hari dari makanan khas kebarat-baratan, seperti yang dimakan di sebagian besar Amerika Utara. Nilai Harian untuk zat besi yang digunakan pada label makanan dan suplemen adalah 18 mg. Makanan kebarat-baratan biasanya mengandung sekitar 6 mg zat besi untuk setiap 1000 kkal. Jadi, rata-rata diet 2000 kkal menyediakan sekitar 12 mg zat besi. Di Amerika Utara, rata-rata zat besi harian asupannya sekitar 17 mg untuk pria dan 12 mg untuk wanita.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Besi*

Besi diserap melintasi membran batas sikat ke dalam usus kecil dengan mekanisme yang dimediasi oleh pembawa. Enterosit (sel penyerap usus) menghasilkan pembawa pengikat besi yang berbeda protein yang berperan penting dalam proses absorpsi dan regulasi status besi secara keseluruhan. Ferritin, kunci pengikat besi protein yang diproduksi di enterosit, mengikat dan menyimpan besi mukosa, sehingga mencegahnya memasuki aliran darah. Jumlah ferritin mukosa yang diproduksi sebanding dengan simpanan zat besi tubuh. Jadi, ketika simpanan zat besi rendah, sangat sedikit ferritin dibuat, yang memungkinkan sejumlah besar zat besi masuk ke cadangan besi mukosa untuk diangkut keluar dari enterosit ke dalam aliran darah.

Jika simpanan besi tinggi atau jenuh, lebih besar sejumlah ferritin dibuat untuk mengikat besi saat memasuki sel usus. Meski porsi zat besi yang terikat ferritin ini tetap berada di kolam besi usus, sebagian besar akan dikeluarkan ketika sel-sel usus mengelupas setelah beberapa hari. Proses ini disebut "*Mucosal Blockage*" karena mencegah zat besi memasuki aliran darah dan, akibatnya, memblokir akumulasi kelebihan zat besi. Namun, zat besi dalam dosis besar dapat membebani mukosa kemampuan melindungi

blok dan meningkatkan risiko toksisitas. Ketika kebutuhan zat besi tinggi, sebagian besar zat besi yang diserap ke dalam enterosit dilepaskan ke dalam kolam besi di usus. Besi ini kemudian diangkut keluar dari enterosit oleh protein, yang disebut ferroportin, ke dalam cairan interstisial untuk dilepaskan ke aliran darah dan distribusi ke sel tubuh. Untuk mengangkut besi yang terserap ke sel-sel tubuh, besi dioksidasi dari bentuk besi ( $Fe^{2+}$ ) ke bentuk besi ( $Fe^{3+}$ ) oleh enzim yang mengandung tembaga (baik hephaestin dalam enterosit atau seruloplasmin dalam darah) dan terikat pada serum protein yang disebut transferin. Setiap molekul transferin dapat mengikat 2 molekul besi untuk transportasi melalui darah ke sel tubuh.

Setelah transferin mengikat reseptor permukaannya, ia ditelan ke dalam sel melalui endositosis. Di dalam lisosom sel, besi dilepaskan dari transferin dan kompleks reseptor-protein dikembalikan ke permukaan sel untuk digunakan kembali. Besi yang dilepaskan dimanfaatkan untuk fungsi seluler atau disimpan dalam bentuk feritin atau hemosiderin. Penyerapan usus, penyerapan sel, dan penyimpanan zat besi diatur dengan ketat karena tubuh memiliki kemampuan terbatas untuk mengeluarkan zat besi yang telah diserap. Sebenarnya, kira-kira 90% dari besi yang digunakan setiap hari dipulihkan dan didaur ulang. Hanya sekitar 10% saja diekskresikan, terutama melalui sejumlah kecil empedu yang hilang dalam tinja.

Catatan:

ferritin Protein pengikat besi di mukosa usus yang mengikat zat besi dan mencegahnya memasuki aliran darah; juga penyimpanan utama bentuk zat besi di hati dan jaringan lainnya. Sel organel lisosom yang mencerna protein, seperti transferin, dan pemecah menurunkan bakteri dan sel tua atau komponen rusak. Protein hemosiderin pengikat besi di hati yang menyimpan zat besi saat kadar zat besi masuk tubuh melebihi kapasitas penyimpanan feritin.

*Faktor yang Mempengaruhi Penyerapan Besi*

Jumlah zat besi yang diserap dipengaruhi oleh kebutuhan dan penyimpanan zat besi tubuh dan oleh makanan. Ketika status zat besi mencukupi, sekitar 14 hingga 18% zat besi makanan diserap. Namun, ketika kebutuhan zat besi tinggi dan disimpan rendah, usus kecil menyerap hingga 35 hingga 40% zat besi. Sebaliknya, saat kebutuhan zat besi rendah dan simpanan jenuh, kurang dari 5% zat besi yang diserap. Selain tingkat penyimpanan zat besi, penyerapan zat besi dipengaruhi oleh bentuk zat besi dalam makanan dimakan, jumlah total zat besi yang ada dalam makanan, komposisi makanan (komponen makanan yang meningkatkan atau menurunkan bioavailabilitas zat besi), dan keasaman isi lambung. Jumlah zat besi yang diserap tergantung pada apakah zat besi tersebut dalam bentuk dari besi heme atau non-heme. Zat besi heme lebih mudah diserap daripada zat besi non-heme dan tidak terlalu dipengaruhi oleh komposisi makanan.

Penyerapan zat besi non-heme nabati terhalang oleh beberapa faktor makanan. Asam fitat dalam biji-bijian dan kacang-kacangan serta asam oksalat dalam sayuran berdaun hijau mengikat besi non-heme dan mengurangi penyerapannya. Untuk alasan ini, biji-bijian dan Sayuran berdaun hijau tidak memberikan kontribusi zat besi yang signifikan, meskipun mengandung jumlah zat besi yang relatif tinggi untuk makanan nabati. Asupan serat makanan tinggi dari pola makan nabati juga mengikat zat besi non-heme dan mengurangi ketersediaan hayati. Polifenol, seperti tanin yang ditemukan dalam teh, dan zat terkait dalam kopi diketahui dapat mengurangi penyerapan zat besi non-heme. Oleh karena itu, individu mencoba membangun kembali simpanan zat besi disarankan untuk mengurangi kopi dan teh, terutama pada waktu makan. Asupan mineral lain yang berlebihan, seperti seng, mangan, dan mungkin kalsium, dapat mengganggu nonheme penyerapan zat besi. Karena interaksi mineral-mineral potensial ini, individu dengan kebutuhan zat besi tinggi harus menghindari konsumsi suplemen zat besi dengan makanan atau suplemen yang mengandung mineral ini dalam jumlah yang signifikan. Penyerapan zat besi non-heme dapat ditingkatkan dengan komponen daging, disebut faktor protein daging (MPF). Makan bahkan sedikit daging dengan nonheme makanan yang mengandung zat besi dapat menjadi cara yang efektif untuk meningkatkan

penyerapan zat besi non-heme. Vitamin C, atau asam organik lainnya, dalam makanan juga meningkatkan penyerapan zat besi non-heme. Vitamin C memberikan elektron ke Fe<sup>3+</sup> untuk menghasilkan Fe<sup>2+</sup>, yang kemudian membentuk kompleks larut dengan vitamin C. Besi besi lebih baik diserap daripada besi besi karena lebih mudah melintasi lapisan mukosa usus kecil dan mencapai batas sikat sel serap usus.

#### *Fungsi zat besi*

Fungsi biologis besi dicapai melalui empat fungsi kategori metaloprotein: (1) globin - heme, non - ferroprotein enzimatis (misalnya hemoglobin, mioglobin, dan neuroglobin); (2) enzim heme yang terlibat dengan transfer elektron (misalnya sitokrom a, b, dan c, sitokrom c oksidase) dan aktivitas oksidase (misalnya sitokrom P450 (fungsi campuran) oksidase, myeloperoksidase, peroksidase, katalase, dan sulfat oksidase); (3) gugus besi - belerang terlibat dalam transfer elektron dalam produksi energi (suksinat, isocitrate dan NAPH dehydrogenases, dan aconitase) dan aktivitas oksidoreduktase (misalnya xantin oksidase); dan (4) aktivitas yang bergantung pada zat besi sebagai kofaktor (misalnya fenilalanin, tirosin, dan hidroksilase triptofan, dan prolin dan lisin hidroksilase).

#### *Kekurangan zat besi*

Kekurangan zat besi adalah kekurangan mineral yang paling umum di seluruh dunia. Di awal tahap defisiensi zat besi (diringkas dalam Tabel 2), gejala mungkin minimal atau tidak terlihat karena tubuh dapat memobilisasi simpanan zat besi dari feritin (zat besi utama penyimpanan protein). Namun, bahkan defisiensi zat besi ringan sampai sedang dapat membahayakan fungsi kekebalan dan kinerja. Saat defisiensi besi berlangsung dan yang disimpan habis, kekurangan zat besi heme dan hasil sintesis hemoglobin dapat menyebabkan anemia defisiensi besi. Ini mengganggu transportasi oksigen dalam darah, menyebabkan kelelahan dan penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas normal. Anemia defisiensi besi juga mengganggu fungsi kekebalan tubuh, merusak metabolisme energi, dan memperlambat perkembangan kognitif. 8-10 anemia defisiensi besi merupakan perhatian khusus pada anak kecil karena kognitif dan

perkembangannya penurunan nilai mungkin tidak dapat dipulihkan. Dokter dapat, sebagian, mendiagnosis anemia dengan melihat eritrosit (sel darah merah) di bawah mikroskop. Pada anemia defisiensi besi, sel darah merah lebih kecil dari normal (disebut mikrositik) dan lebih pucat (disebut hipokromik).

Namun, ini bukan ukuran sensitif status besi karena tetap tidak berubah pada tahap awal defisiensi besi dan dipengaruhi oleh banyak faktor (misalnya, penyakit, peradangan, kehilangan darah, defisiensi zat gizi lain) selain status zat besi. Jadi, banyak ahli merekomendasikan penggunaan nomor reseptor transferin untuk menilai status zat besi karena itu mencerminkan kebutuhan besi seluler dan tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor yang membatasi penggunaan biomarker besi lainnya. Banyak orang berisiko mengalami defisiensi besi dan anemia defisiensi besi. Bayi Prematur (lahir sebelum 37 minggu kehamilan) berisiko lebih tinggi karena simpanan zat besi yang dibutuhkan untuk beberapa bulan pertama kehidupan terakumulasi selama minggu-minggu terakhir kehamilan. Dengan demikian, bayi-bayi ini dilahirkan dengan simpanan rendah, yang dapat habis dengan cepat karena tingginya kebutuhan zat besi. Anak kecil juga berisiko karena mereka tumbuh dengan cepat dan biasanya memiliki asupan rendah daging kaya zat besi dan asupan tinggi susu sapi miskin zat besi.

Di negara kurang berkembang, banyak anak kecil mengalami defisiensi zat besi karena program suplementasi zat besi seringkali tidak tersedia. Gadis remaja dan wanita usia subur berisiko karena kekurangan zat besi kehilangan darah menstruasi bulanan dan rendahnya asupan makanan kaya zat besi. Meski menstruasi berhenti saat hamil, ibu hamil perlu memastikan mengkonsumsi zat besi yang cukup karena volume darahnya sendiri (dan jumlah sel darah merah) meningkat, seperti halnya janin. Vegetarian dan lainnya yang kekurangan sumber makanan zat besi heme juga berisiko tinggi mengalami defisiensi zat besi. Individu yang mendonorkan darah lebih dari 2 sampai 4 kali setahun mungkin akan meningkat risiko kekurangan zat besi. Donasi 0,5 L darah berarti kehilangan 200 sampai 250 mg zat besi.

### *Kelebihan dan Toksisitas Besi*

Meskipun kekurangan zat besi adalah masalah kesehatan masyarakat yang utama, zat besi juga menimbulkan risiko keracunan. Jadi, Batas Atas 45 mg/hari telah ditetapkan untuk zat besi. Intake di atas level ini, terutama dari suplemen dan makanan yang sangat diperkaya, dapat menyebabkan mual dan muntah, iritasi lambung, diare, dan gangguan penyerapan trace mineral lainnya.

Pada orang dewasa, kelebihan zat besi paling sering disebabkan oleh hemochromatosis, kondisi genetic yang mempengaruhi sekitar 1 orang dalam setiap 200 hingga 500. Pada hemochromatosis, blok mukosa yang biasanya melindungi tubuh dari penyerapan zat besi berlebih tidak efektif. Karena cacat pada siklus degradasi normal dari protein transpor ferroportin, jumlah besi diserap lebih tinggi dan diangkut melintasi enterosit untuk mengikat transferin dan distribusi ke jaringan. Karena tubuh kekurangan mekanisme untuk menghilangkan kelebihan zat besi ini, zat besi terakumulasi dalam tubuh, menyebabkan kelebihan zat besi dan cedera jaringan. Hal ini menyebabkan kejenuhan protein pengikat besi dan seiring berjalannya waktu menghasilkan endapan zat besi di hati, jantung, dan organ lainnya. Jika tidak ditangani, ini akhirnya dapat menyebabkan penyakit hati dan gagal jantung.

#### Catatan:

hemochromatosis Gangguan genetic ditandai dengan peningkatan absorpsi besi, saturasi protein pengikat besi, dan deposit zat besi di hati, jantung, pankreas, sendi, dan kelenjar pituitari.

### **Zinc (Zn)**

Seng telah dikenal sebagai zat gizi penting pada hewan sejak tahun 1930-an. Namun, 30 tahun kemudian sebelum menjadi jelas dari penelitian di Timur Tengah bahwa seng

sangat penting pada manusia untuk pertumbuhan dan perkembangan normal. Sejak saat itu, para ilmuwan telah mempelajari bahwa hampir semua sel tubuh mengandung seng, yang dibutuhkan oleh banyak orang fungsi yang berbeda di dalam sel.

Elemen *trace* seng sangat penting untuk beragam struktur, katalitik, dan pengaturan fungsi pada mamalia. Dengan tidak diketahui bentuk penyimpanan elemen ini, defisiensi seng terjadi dengan cepat diinduksi pada model hewan, dan, pada manusia, defisiensi seng berkontribusi pada penurunan pertumbuhan dan fungsi kekebalan. Meskipun defisiensi seng parah tidak umum di negara maju, namun kekurangan zat besi, Kekurangan seng dapat menyebabkan sejumlah penyakit. Fokus penelitian saat ini memahami regulasi seluler dari zinc termasuk transporter intraseluler yang melakukan shuttle seng di dalam organel, dan di antara sel dan ruang ekstraseluler, dan peran seng kesehatan manusia.

#### *Zinc dalam makanan*

Daging dan makanan laut yang kaya protein biasanya merupakan sumber seng yang baik. Amerika Utara mendapatkan sekitar 70% seng dari makanan mereka dari makanan hewani, seperti daging sapi, domba, dan daging babi. Makanan nabati, seperti kacang-kacangan, buncis, bibit gandum, dan biji-bijian, juga dapat memberikan kontribusi seng dalam jumlah yang signifikan untuk makanan kita. Produk tepung olahan merupakan sumber seng yang buruk. Roti dan sereal gandum utuh dapat menyumbangkan seng dalam jumlah yang signifikan untuk diet; Namun, roti gandum tanpa ragi sangat tinggi asam fitat dan faktor lain yang menurunkan ketersediaan hayati seng. Fermentasi ragi (digunakan dalam persiapan roti beragi ragi) mengurangi efek asam fitat hingga sepuluh kali lipat dan dengan demikian meningkatkan penyerapan seng. Asupan tinggi roti tidak beragi dalam pola makan tradisional Timur Tengah, dikombinasikan dengan asupan seng yang relatif rendah, mengakibatkan gejala defisiensi zinc pada remaja laki-laki itu memimpin para ilmuwan untuk mengenali seng sebagai zat gizi penting pada manusia.



### *Kebutuhan Asupan untuk Seng*

RDA untuk seng adalah 11 mg/hari untuk pria dewasa dan 8 mg/hari untuk dewasa Perempuan. RDA didasarkan pada jumlah rata-rata yang dibutuhkan untuk menggantikan Kehilangan kotoran, urin, dan keringat setiap hari dan perkiraan penyerapan makanan dari 40%. Nilai harian seng adalah 15 mg. Data dari survei NHANES menunjukkan itu berarti asupan seng untuk banyak orang dewasa di AS saat ini memenuhi pedoman RDA.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Seng*

Seng diserap ke seluruh usus halus dengan cara difusi sederhana dan aktif mengangkut. Ketika seng diserap ke dalam sel usus, ia menginduksi sintesis metallothionein, protein yang mengikat seng dengan cara yang sama seperti mukosa feritin mengikat besi. Pengaturan penyerapan seng mungkin, sebagian, terkait dengan sintesis metalotionin karena menghambat pergerakan seng ke sel usus.

Seperti zat besi, penyerapan seng dipengaruhi oleh komposisi makanan dan tubuh kebutuhan mineral. Seperti diringkas dalam tabel dibawah, penyerapan seng meningkat bila asupan seng rendah atau marginal, saat asupan protein hewani tinggi, dan saat tubuh membutuhkannya, seng meningkat. Sebaliknya, penyerapan seng menurun bila seng atau zat besi non-heme berlebihan, serat makanan dan asam fitat tinggi, dan status seng cukup. Seng yang diserap ke dalam aliran darah mengikat protein darah, seperti albumin, untuk transportasi ke hati. Hati mengemas kembali dan melepaskan seng ke dalam darah yang terikat alpha-2-macroglobulin, albumin, dan protein lainnya. Meskipun tidak ada tempat penyimpanan untuk seng, tubuh memelihara kumpulan seng yang dapat ditukar di hati, tulang, pankreas, ginjal, dan darah. Hal ini memungkinkan tubuh untuk mendaur ulang seng dan mempertahankan status seng asupan rendah. Untungnya, kelebihan seng (tidak seperti besi) mudah dikeluarkan melalui tinja mengurangi risiko toksisitas. Sejumlah kecil juga dikeluarkan melalui urin dan keringat.

### *Fungsi Seng*

Sebanyak 300 enzim berbeda di dalam tubuh membutuhkan seng. Nyatanya, sulit untuk disebutkan proses tubuh atau struktur tubuh yang tidak terpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung oleh seng. Seng berkontribusi pada sintesis DNA dan RNA, metabolisme alkohol, sintesis heme, tulang pembentukan, keseimbangan asam basa, fungsi kekebalan, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangan, dan jaringan pertahanan antioksidan (sebagai bagian dari enzim Cu/Zn superoksida dismutase [SOD]). Selain itu, seng menstabilkan struktur membran sel protein, jari transkripsi gen (dikenal sebagai "jari seng"), dan reseptor protein untuk vitamin A, vitamin D, dan hormon tiroid. Seng juga mungkin berperan dalam memperpendek durasi umum kembang. Namun, karena penelitian belum secara konsisten menunjukkan seng itu suplementasi efektif dalam mengurangi lama kembang, lebih banyak penelitian dibutuhkan.

### *Kekurangan zinc (Zn)*

Kekurangan seng dapat mempengaruhi banyak sistem, termasuk saraf pusat, reproduksi, integumentary, kerangka, gastrointestinal, dan sistem kekebalan. Kekurangan seng bisa diwariskan dan diperoleh. Seperti yang dinyatakan di atas, kekurangan seng jarang terjadi, diturunkan, dan autosomal penyakit resesif. Peningkatan risiko defisiensi seng yang didapat juga telah dilaporkan untuk pasien yang menerima larutan zat gizi parenteral total (TPN) yang rendah seng, atau yang dirawat dengan pengelat logam divalent agen dan obat-obatan (misalnya penggunaan terapi penicillamine untuk Penyakit Wilson). Selain itu, defisiensi seng bisa menjadi penyebab utama akibat sindrom malabsorpsi, alkoholisme kronis, dan, seperti dibahas di atas, konsumsi makanan tinggi phytate. Ekspresi defisiensi seng pada individu tergantung pada tingkat keparahan defisiensi dan faktor lainnya, tetapi tanda klasik defisiensi seng yang parah termasuk retardasi pertumbuhan, diare, lesi kulit dan mata, neuropsikiatri perubahan, dan alopecia.

Di banyak belahan dunia di mana kemiskinan membatasi pilihan makanan, kekurangan seng adalah masalah kesehatan utama saat ini. Gejala termasuk kehilangan nafsu makan, tertunda pertumbuhan dan pematangan seksual, dermatitis, gangguan fungsi vitamin A, alopecia, sensitivitas rasa menurun, penyembuhan luka yang buruk, disfungsi kekebalan, diare parah, cacat lahir, dan peningkatan kematian bayi. Kekurangan seng yang parah dapat terjadi akibat kondisi genetik langka yang disebut acrodermatitis enteropathica. Kondisi ini berkembang setelah penyapihan dan mengakibatkan gangguan penyerapan usus. Pengobatan dengan seng tambahan efektif dalam memulihkan status seng.

### *Toksisitas Seng*

Tanda-tanda toksisitas seng telah dilaporkan dengan asupan tambahan seng pada 5/lebih kali dari RDA. Jadi, Batas Atas ditetapkan pada 40 mg/hari. Gejala termasuk kehilangan nafsu makan, mual, muntah, kram usus, dan diare. Toksisitas juga telah dilaporkan merusak fungsi kekebalan dan mengurangi penyerapan tembaga dan aktivitas enzim yang mengandung tembaga.

### **Copper (Cu)**

Penggunaan tembaga untuk mengobati penyakit sudah ada sejak sekitar 400 SM. Namun, esensinya tembaga tidak sepenuhnya diakui sampai tahun 1964, ketika bukti konklusif dari manusia defisiensi tembaga dilaporkan. Tembaga memiliki banyak fungsi vital sebagai bagian dari banyak hal penting protein dan enzim dalam tubuh. Penelitian terakhir telah memberikan wawasan baru dan menarik tentang homeostasis tembaga di tingkat sel. Investigasi yang sedang berlangsung menggunakan alat genetika molekuler dan mikroskop confocal pasti untuk mengidentifikasi gen dan protein tambahan yang diperlukan untuk transportasi tembaga melintasi membran dan pemanfaatannya dalam berbagai kompartemen seluler. Penjelasan peran langsung dan tidak langsung tembaga dalam perkembangan dan degenerasi sistem saraf, integritas sistem kardiovaskular dan kerangka, dan aktivitas sistem kekebalan pasti akan difasilitasi oleh

penggunaan teknik molekuler yang bijaksana sebagai knockout gen, ekspresi berlebih, genomik fungsional, dan proteomik.

Teknologi isotop stabil telah memberikan pemahaman tentang metabolisme tembaga seluruh tubuh pada orang dewasa yang sehat. Penerapan lanjutan dari metodologi ini dan peningkatan penggunaan pemodelan matematika diharapkan dapat memberikan informasi baru tentang metabolisme tembaga dan persyaratan yang dipilih populasi, dan terutama mereka yang cenderung berisiko lebih tinggi mengalami defisiensi tembaga. Ini termasuk bayi prematur dan cukup bulan, remaja hamil malnutrisi, yang dilembagakan lansia, dan individu dengan penyakit kronis seperti fibrosis kistik, penyakit Crohn dan sindrom malabsorpsi lainnya. Studi pada hewan menunjukkan kemungkinan tembaga marjinal defisiensi, meskipun sulit untuk didiagnosis, dapat mengganggu kemampuan kita untuk beradaptasi secara metabolik berbagai tekanan fisiologis, patofisiologis, dan emosional. Pengembangan panel indeks biokimia dan fungsional sensitif untuk penilaian akurat status tembaga yang diwakili tantangan penting bagi peneliti yang tertarik pada biologi dan zat gizi tembaga.

#### *Tembaga dalam Makanan*

Tembaga ditemukan dalam berbagai makanan (Gbr. 4). Sumber tembaga yang baik termasuk hati, kerang, kacang-kacangan, biji-bijian, jamur, produk kedelai, dan cokelat hitam. Kacang polong, biji bijian utuh produk, dan air keran di banyak komunitas juga merupakan sumber penting. Meskipun daging hanya merupakan sumber tembaga marjinal, hal itu dapat meningkatkan penyerapan tembaga makanan lain, seperti halnya zat besi.

#### *Kebutuhan Makanan untuk Tembaga*

RDA dewasa untuk tembaga adalah 900 µg/hari. Tunjangan ini didasarkan pada jumlah yang dibutuhkan untuk aktivitas normal enzim dan protein yang mengandung tembaga dalam tubuh. Rata-rata asupan orang dewasa di Amerika Utara berkisar dari sekitar 1000 hingga 1600 µg/hari. Nilai harian pada label makanan dan suplemen adalah 2 mg.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Tembaga*

Penyerapan tembaga terjadi terutama di usus kecil. Seperti seng, tembaga diserap dengan difusi sederhana dan transpor aktif ke dalam sel absorpsi usus dan kemudian diangkut keluar dari sel mukosa ke dalam aliran darah. Di dalam darah, tembaga terikat ke albumin dan protein lain dan bergerak cepat ke hati (tempat penyimpanan utama) dan ginjal. Tembaga diangkut dari hati ke jaringan lain yang terikat terutama ke protein ceruloplasmin. Di dalam jaringan, ceruloplasmin mengikat reseptor tertentu, yaitu melepaskan tembaga ke pengangkut di dalam sel. Sangat sedikit tembaga yang disimpan di dalam tubuh. Namun, kelebihan tembaga dapat mengikat usus metallothionein, yang dapat meningkatkan ketersediaan tembaga dalam jangka pendek. Tembaga diekskresikan terutama melalui empedu ke dalam saluran GI untuk pembuangan tinja. Penyerapan tembaga adalah cara utama untuk mengatur keseimbangan tembaga. Jadi, penyerapan dapat bervariasi dari sekitar 12 hingga 70% dari asupan makanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan tembaga belum sepenuhnya dipelajari seperti pada besi dan seng. Namun, penyerapan tembaga diketahui meningkat ketika jumlah tembaga dalam makanan rendah dan menurun ketika asupan tembaga, besi, dan/atau seng berlebihan.

### *Fungsi Tembaga*

Seperti besi, tembaga merupakan komponen penting dari banyak enzim karena kemampuannya bergantian antara 2 bilangan oksidasi ( $\text{Cu}^{1+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$ ). Memiliki enzim yang mengandung tembaga banyak fungsi dalam metabolisme. Misalnya, 1 enzim, ceruloplasmin (disebut juga ferroxidase I) terlibat dalam pengoksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  untuk penggabungan menjadi transferin dan pengangkutan selanjutnya dari hati ke sel tubuh. Satu efek kadar ceruloplasmin rendah adalah bahwa sedikit zat besi yang diangkut dari penyimpanan, menghasilkan penurunan sintesis hemoglobin dan perkembangan anemia. Jadi, tembaga dan besi metabolisme terkait erat.

Dalam kombinasi dengan seng, tembaga juga berfungsi sebagai bagian dari keluarga enzim dikenal sebagai enzim superoksida dismutase (SOD). Enzim ini menghilangkan radikal bebas superoksida, yang mencegah kerusakan oksidatif pada membran sel. Lain enzim yang mengandung tembaga, sitokrom C oksidase, mengkatalisis langkah terakhir elektron rantai transportasi dalam metabolisme energi. Tembaga terlibat dalam regulasi neurotransmitter (serotonin, tirosin, dopamin, dan norepinefrin) melalui enzim oksidase monoamine. Selain itu, tembaga juga memiliki peran penting dalam penyambung pembentukan jaringan sebagai komponen lisil oksidase.

### *Defisiensi Tembaga*

Kekurangan tembaga yang parah relatif jarang terjadi pada manusia. Defisiensi telah dilaporkan bayi prematur yang diberi susu formula berbasis susu, pada bayi yang baru pulih dari malnutrisi, di pasien dengan zat gizi parenteral total jangka panjang tanpa tambahan tembaga, dan pada individu dengan kelainan genetik penyakit Menkes. Gejala defisiensi tembaga meliputi anemia, penurunan jumlah sel darah putih (leukopenia dan neutropenia), dan skeletal kelainan (osteopenia).

### *Kekurangan banyak mikronutrien bisa menyebabkan anemia.*

- Defisiensi vitamin E dapat menyebabkan hemolitik anemia
- Defisiensi vitamin K, terutama jika digabungkan dengan pemakaian antibiotik tertentu, bisa berujung kehilangan darah dan anemia hemoragik
- Bisa menyebabkan kekurangan vitamin B-6 anemia mikrositik hipokromik
- Defisiensi folat dapat menyebabkan megaloblastik (atau makrositik) anemia
- Malabsorpsi vitamin B-12 dapat menyebabkan anemia makrositik
- Defisiensi zat besi dapat menyebabkan mikrositik anemia hipokromik.
- Kekurangan tembaga dapat menyebabkan besi anemia defisiensi.

### *Toksisitas Tembaga*

Meskipun toksisitas tembaga tidak umum pada manusia, telah dilaporkan terjadi overdosis pada anak-anak yang meminumnya secara tidak disengaja, pada individu

yang mengonsumsi makanan atau air yang terkontaminasi tembaga, dan pada Penyakit Wilson (kelainan genetik yang mengakibatkan penyimpanan tembaga berlebih). Gejala keracunan termasuk sakit perut, mual, muntah, dan diare. Pada kasus sangat parah, penumpukan tembaga di hati dan otak menyebabkan sirosis dan neurologis kerusakan, masing-masing. Batas Atas untuk tembaga ditetapkan 10 mg / hari karena lebih tinggi asupan meningkatkan risiko kerusakan hati

### **Mangan (Mn)**

Mangan telah dikenal sebagai mineral *trace* penting sejak awal 1930-an. Namun, jauh lebih sedikit yang diketahui tentang mangan dibandingkan besi, seng, dan tembaga.

#### *Mangan dalam Makanan*

Sereal gandum utuh, kacang-kacangan, polong-polongan, dan teh adalah sumber mangan terbaik. Daging dan produk susu menyumbang sangat sedikit mangan ke dalam makanan.

#### *Kebutuhan Makanan untuk Mangan*

Data saat ini tidak cukup untuk menentukan kebutuhan makanan mangan. Jadi, Intake Adequate (AI) untuk mangan ditetapkan 2,3 mg/hari untuk pria dewasa dan 1,8 mg/hari untuk wanita dewasa. Nilai Harian untuk mangan pada makanan dan suplemen label adalah 2 mg.

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi dari Mangan*

Mangan diserap di usus halus melalui difusi sederhana dan aktif mengangkut. Setelah absorpsi, mangan terikat pada transferin dan alfa-2-makroglobulin untuk diangkut ke hati dan pengiriman berikutnya ke hati lainnya jaringan, seperti pankreas, ginjal, dan tulang (kemungkinan tempat penyimpanan). Pengeluaran terjadi terutama melalui empedu dan merupakan sarana utama untuk mengatur mangan tingkat dalam tubuh. Sekitar 10% mangan dalam makanan diserap. Penyerapan dipengaruhi oleh jumlah mangan dalam makanan dan status zat besi. Penyerapan meningkat rendah asupan

mangan dan status zat besi yang cukup dan dikurangi dengan asupan mangan yang tinggi dan mungkin kalsium, zat besi, dan fitat.

### *Fungsi Mangan*

Mangan memiliki beberapa kesamaan fungsional dengan seng dan tembaga. Misalnya, seperti seng dan tembaga, berfungsi sebagai kofaktor untuk banyak enzim dalam tubuh. Ketergantungan mangan enzim memiliki fungsi penting dalam metabolisme nitrogen dan karbohidrat, dalam sintesis kolesterol dan urea, dalam pembentukan tulang rawan, dan dalam pertahanan antioksidan jaringan (sebagai Mn superoksida dismutase). Seperti tembaga, mangan bisa bergantian bilangan oksidasi yang berbeda ( $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ , dan  $Mn^{7+}$ ). Ini memungkinkannya untuk berpartisipasi dalam berbagai hal reaksi metabolisme.

### *Kekurangan dan Toksisitas Mangan*

Kekurangan mangan belum didokumentasikan dengan baik pada manusia. Nyatanya, hanya sedikit kasus pernah dilaporkan. Gejala yang terkait dengan defisiensi termasuk pertumbuhan buruk, kelainan tulang, metabolisme glukosa terganggu, dan fungsi reproduksi abnormal. Meskipun mangan dianggap kurang beracun daripada kebanyakan mineral, toksisitas telah dilaporkan pada beberapa anak yang menerima zat gizi parenteral jangka panjang dan dari penghirupan emisi industri dan mobil di udara. Penyebab keracunan gangguan neurologis yang parah dan perkembangan gejala yang mirip dengan yang terlihat pada penyakit Parkinson (otot kaku, tremor). Jadi, Batas Atas 11 mg/hari ditetapkan untuk mangan untuk mencegah kemungkinan kerusakan pada sistem saraf.

### **Yodium ( $I_2$ )**

Yodium ( $I_2$ ), hadir dalam makanan sebagai iodida ( $I^-$ ) dan bentuk non-unsur lainnya. Yodium adalah elemen terberat yang dibutuhkan manusia kesehatan dan bertanggung jawab hanya untuk 1 fungsi dalam tubuh, sintesis hormon tiroid. Yodium adalah



komponen penting dari hormon yang diproduksi oleh kelenjar tiroid. Hormon tiroid, dan karena itu yodium sangat penting bagi kehidupan mamalia. Asupan yodium makanan yang optimal untuk orang dewasa sehat adalah 150 –250 µg/hari.

Di daerah di mana yodium di tanah dan air minum rendah, manusia dan hewan mungkin akan mengalami kekurangan yodium. Kekurangan yodium memiliki banyak efek samping pada manusia karena produksi hormon tiroid yang tidak memadai yang disebut gangguan defisiensi yodium. Metode penilaian untuk defisiensi yodium termasuk konsentrasi yodium urin, gondok, hormon perangsang tiroid bayi baru lahir, dan tiroglobulin darah. Secara global, memang diperkirakan bahwa 2 miliar orang kekurangan asupan yodium, kebanyakan di negara berkembang. Namun, kekurangan yodium juga mempengaruhi negara-negara industri: ~50% dari benua Eropa tetap kekurangan yodium ringan, dan asupan yodium di negara industri lainnya, termasuk Amerika Serikat, Britania Raya, dan Australia, telah turun tajam belakangan di tahun ini. Kekurangan yodium selama kehamilan dan masa bayi dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan saraf keturunan dan meningkatkan kematian bayi. Kekurangan selama masa kanak-kanak berkurang pertumbuhan somatik dan fungsi kognitif dan motorik. Di kebanyakan negara, strategi terbaik untuk pengendalian defisiensi yodium dalam populasi adalah memantau secara cermat yodium garam, salah satu cara paling hemat biaya untuk berkontribusi pada pembangunan ekonomi dan sosial.

#### *Yodium dalam Makanan*

Kandungan yodium alami pada sebagian besar makanan relatif rendah. Seafood air asin, rumput laut, garam beryodium, molase, dan produk susu adalah sumber yodium terbaik.

Garam beryodium mengandung 76 µg yodium per gram garam. Secara praktis, ini berarti sekitar setengah sendok teh (sekitar 2 g) garam memasok RDA yodium orang dewasa. Meskipun banyak orang Amerika juga memiliki asupan garam yang signifikan

dari olahan makanan, garam tidak beryodium biasanya digunakan dalam makanan olahan. Ketersediaan hayati yodium berkurang oleh senyawa yang disebut goitrogen dalam sayuran mentah seperti lobak, kubis, kubis Brussel, kembang kol, brokoli, rutabaga, kentang, dan singkong, serta kacang tanah, kedelai, persik, dan stroberi. Goitrogen menurunkan absorpsi yodium dan menghambat penggunaan yodium oleh kelenjar tiroid. Risiko defisiensi meningkat di bagian dunia yang kurang berkembang di mana asupan sayuran mentah tinggi dan asupan yodium rendah. Goitrogen menjadi perhatian kecil di negara maju karena makanan ini biasanya dimasak (yang membantu menghancurkan aktivitas goitrogen) dan Makanan kaya yodium banyak tersedia.

#### *Kebutuhan Diet untuk Yodium*

RDA dewasa untuk yodium adalah 150 µg/hari. Rekomendasi ini berdasarkan jumlah diperlukan untuk mempertahankan penyerapan dan pergantian yang memadai oleh kelenjar tiroid. Nilai Harian untuk yodium yang digunakan pada label makanan dan suplemen adalah 150 µg.

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Yodium*

Sebagian besar yodium yang ada dalam makanan dalam bentuk iodida dan, pada tingkat yang lebih rendah, iodates. Bentuk-bentuk ini diserap dengan sangat efisien di usus kecil. Setelah penyerapan, sebagian besar yodium (istilah umum yang digunakan untuk mineral) diangkut ke kelenjar tiroid. Itu kelenjar tiroid secara aktif mengakumulasi yodium, pada dasarnya "Menjebaknya" untuk mendukung sintesis hormon tiroid. Kelebihan yodium diekskresikan terutama melalui ginjal ke urin.

#### *Fungsi Yodium*

Yodium adalah komponen penting dari hormon tiroid tiroksin (T4) dan triiodothyronine (T3). Sebagian besar hormon tiroid yang beredar di dalam tubuh adalah bentuk dari T4. Di dalam sel tubuh, T4 kehilangan molekul yodium dan diubah menjadi T3, bentuk aktif dari hormon. Itu enzim yang terlibat dalam konversi ini (disebut deiodinase Enzim)

semuanya membutuhkan trace mineral selenium. Jadi, Kekurangan selenium dapat membatasi aktivitas deiodinase enzim, mengakibatkan penurunan kadar T3.

Meskipun yodium memiliki fungsi tunggal, fungsi ini memiliki konsekuensi yang luas karena peran penting hormon tiroid dalam menjaga metabolisme normal. Sebagai komponen T3, yodium terlibat dalam regulasi banyak metabolisme penting dan fungsi perkembangan. Ini termasuk pengaturan pengeluaran energi basal, metabolisme makronutrien, pertumbuhan, perkembangan otak, dan pematangan organ.

#### *Gangguan Akibat Kekurangan Yodium (GAKY)*

Gangguan defisiensi yodium, nama kolektif untuk gondok endemik dan kretinisme endemik, terjadi ketika asupan yodium makanan tidak mencukupi. Saat ketersediaan yodium menurun dan penurunan kadar hormon T4 plasma, kelenjar pituitari mengeluarkan perangsang tiroid hormon (TSH). Menanggapi peningkatan kadar TSH, kelenjar tiroid membesar berupaya meningkatkan efisiensinya dalam memerangkap yodium. Pembesaran karakteristik kelenjar tiroid yang terjadi disebut gondok. Respon adaptif awal ini memungkinkan kelenjar tiroid untuk mempertahankan sintesis hormon tiroid untuk sementara. Meskipun gondok adalah kondisi tanpa rasa sakit, dapat menyebabkan tekanan pada esofagus dan trakea dan merusak fungsinya. Jika kekurangan yodium yang mendasari tidak diperbaiki, penurunan sintesis T4, metabolisme melambat, dan komplikasi yang lebih serius dapat berkembang. Kekurangan yodium menjadi perhatian khusus selama kehamilan karena efek sampingnya yang dapat ditimbulkannya pada janin yang sedang berkembang. Ini termasuk kelainan bawaan, berat badan lahir rendah, gangguan neurologis, gangguan perkembangan fungsi mental, fisik yang buruk, dan kematian. Pembatasan yang dihasilkan dari perkembangan dan pertumbuhan otak, disebut kretinisme, ditandai dengan keterbelakangan mental yang parah, kehilangan pendengaran dan kemampuan bicara, perawakan pendek, dan spastisitas otot.

#### *Toksisitas Yodium*

Batas Atas ditetapkan pada 1100 µg/hari untuk pria dan wanita dewasa untuk mencegah terkait risiko kesehatan. Seperti kekurangan yodium, toksisitas yodium dapat menyebabkan pembesaran kelenjar tiroid dan penurunan sintesis hormon tiroid. Toksisitas telah dilaporkan di Jepang, karena asupan rumput laut kaya yodium yang tinggi, dan di Chili, karena tingginya kadar yodium lingkungan, peningkatan penggunaan yodium dalam pemurnian air, dan penguatan berlebihan -kation garam. Meskipun hipotiroidisme adalah akibat paling umum dari toksisitas yodium, asupan yodium berlebih juga dapat meningkatkan risiko penyakit tiroid autoimun dan kanker tiroid.

### **Selenium (Se)**

Pentingnya selenium dalam kesehatan manusia tidak diakui sampai tahun 1979, ketika ilmuan Cina mencatat bahwa kondisi jantung pada anak-anak dan wanita muda yang tinggal di Provinsi Keshan bisa dicegah oleh selenium. Pemahaman ilmuwan tentang peran tersebut selenium pada penyakit Keshan dan aspek kesehatan manusia lainnya telah berkembang pesat sejak saat itu.

Selenium telah menjadi fokus perhatian karena pengaruhnya terhadap kesehatan, dengan ada konsekuensi baik kekurangan maupun kelebihan. Meskipun ada cukup banyak pengetahuan tentang jalur metabolisme selenium, cara mempengaruhi imunitas, dan kerentanan terhadap infeksi virus dan sejumlah penyakit manusia, semuanya masih dalam penyelidikan. Banyak konsekuensi biologis dari status selenium cenderung dimediasi oleh perannya sebagai penyusun protein yang mengandung selenium, salah satu golongannya termasuk selenium sebagai asam amino selenocysteine, yang dikodekan oleh kodon UGA dalam mRNA selenoprotein.

Upaya masa depan untuk lebih menghargai bagaimana selenium berdampak pada kesehatan dan penyakit kemungkinan besar akan terjadi dalam pemahaman yang lebih

baik tentang biologi selenium dan dasar yang lebih baik untuk membuatnya merekomendasi tentang jumlah optimal yang harus dimasukkan dalam makanan.

### *Selenium dalam Makanan*

Kandungan selenium makanan sangat bervariasi dalam kaitannya dengan kandungan tanah tempat tanaman tumbuh atau tempat hewan dibesarkan. Misalnya, selenium kandungan biji-bijian yang ditanam di tanah kaya selenium akan lebih besar dari pada biji-bijian ditanam di tanah selenium rendah. Secara umum sumber selenium terbaik adalah seafood, daging, sereal, biji-bijian, dan kacang-kacangan

### *Kebutuhan Makanan Selenium*

RDA dewasa untuk selenium adalah 55 µg/hari. AKG didasarkan pada jumlah selenium dibutuhkan untuk memaksimalkan aktivitas glutathione peroksidase dalam darah. Nilai Harian pada label makanan dan suplemen adalah 70 µg.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Selenium*

Sebagian besar selenium dalam makanan terikat pada asam amino metionin (sebagai selenomethionine) dan sistein (sebagai selenocysteine). Kedua bentuk tersebut terserap dengan baik di usus kecil, dengan penyerapan mulai dari 50 hingga 100% dari asupan makanan. Tidak seperti mineral *trace* yang lainnya, penyerapannya tidak dipengaruhi oleh penyimpanan dan penyerapan selenium tubuh tidak berperan dalam mempertahankan homeostasis. Keseimbangan selenium dicapai terutama melalui ekskresi urin, bukan penyerapan usus. Setelah terserap, selenium didistribusikan ke jaringan target dengan konsentrasi tertinggi ditemukan di darah, hati, otot, ginjal, dan kerangka. Di dalam jaringan, selenomethionine menyediakan "cadangan penyimpanan" selenium, sedangkan selenocysteine berfungsi sebagai bentuk mineral yang aktif secara biologis.

### *Fungsi Selenium*

Selenium adalah komponen dari setidaknya 25 enzim dan protein yang berbeda di dalam tubuh. Satu fungsinya yang paling dikenal adalah dalam jaringan pertahanan antioksidan, sebagai bagian dari glutathione enzim peroksidase (GPX), enzim reduktase thioredoxin, dan selenoprotein P. Sebagai bagian dari jaringan pertahanan antioksidan, selenium membantu mencegah peroksidasi lipid dan kerusakan membran sel. Kemampuannya untuk menghancurkan radikal bebas peroksid yang sangat reaktif dapat menghemat vitamin E untuk digunakan dalam fungsi antioksidan lainnya. Fungsi penting lainnya dari selenium berada dalam metabolisme tiroid sebagai bagian dari enzim iodothyronine deiodinase. Ingat dari pembahasan yodium bahwa enzim deiodinase yang mengubah tiroksin (T4) menjadi triiodotironin (T3) membutuhkan selenium. Sepertinya selenium juga memainkan peran penting dalam fungsi kekebalan tubuh. Ilmuwan percaya bahwa selenium dapat mencegah penyakit Keshan dengan menonaktifkan virus yang terkait dengan perkembangannya. Selain itu, selenium dapat menurunkan risiko kanker prostat, paru-paru, atau kanker lainnya. meskipun penelitian terbaru memberikan hasil yang bertentangan.

#### *Kekurangan Selenium*

Asupan selenium yang tidak memadai tidak diketahui menyebabkan penyakit defisiensi spesifik. Seperti yg disebutkan sebelumnya, kekurangan selenium dikaitkan dengan perubahan hormon tiroid metabolisme dan kemungkinan peningkatan risiko kanker tertentu.

#### *Toksisitas Selenium*

Suplementasi selenium yang berlebihan dapat menyebabkan toksisitas. Faktanya, toksisitas selenium memiliki telah diamati dalam asupan serendah 1 sampai 3 mg setiap hari yang diminum selama berbulan-bulan. Gejalanya Toksisitas meliputi mual, diare, kelelahan, rambut rontok, perubahan kuku, dan kulit ruam. Batas Atas untuk selenium adalah 400 µg/hari.

#### **Chromium (Cr)**

Kira-kira 50 tahun yang lalu, kromium trivalen adalah dilaporkan sebagai komponen aktif dari "faktor toleransi glukosa" yang mengurangi toleransi glukosa pada tikus yang diberi ragi torula - diet sukrosa" (Moukarzel, 2009). Penemuan ini diterima sebagai bukti esensialitas kromium untuk yang lebih tinggi hewan. Ketika dilaporkan antara 1977 dan 1986 suplementasi kromium mengurangi intoleransi glukosa dan/atau neuropati ditunjukkan oleh tiga pasien dalam jangka Panjang zat gizi parenteral. Sejak itu, tidak ada lagi laporan suplementasi kromium membantu pasien dengan zat gizi parenteral jangka panjang yang muncul. Sebagai tambahan, upaya untuk menginduksi tanda-tanda defisiensi kromium yang konsisten pada hewan belum menghasilkan temuan yang meyakinkan. Stresor zat gizi, metabolik, fisiologis, atau hormonal umumnya harus digunakan untuk menginduksi eksperimen hewan untuk menanggapi kekurangan kromium. Jadi, setelah puluhan tahun upaya itu dilakukan, tidak menghasilkan tanda-tanda deprivasi yang konsisten atau konklusif, spesifik, jelas. Fungsi biokimia, esensialitas kromium telah menjadi tidak pasti dan menjadi isu kontroversial. Cr<sup>3+</sup> adalah bilangan oksidasi paling stabil dari unsur ini dan besar kepentingannya dalam system biologis. Dalam larutan air, kompleks Cr<sup>3+</sup> relative inert kinetik sehingga ligan - reaksi perpindahan memiliki waktu paruh dalam kisaran beberapa jam. Oleh karena itu, kromium tidak mungkin terlibat sebagai logam katalis di situs aktif enzim tempat laju pertukaran harus cepat.

#### *Kromium dalam Makanan*

Kromium didistribusikan secara luas dalam berbagai makanan. Namun, informasi mengenai kandungan kromium makanan kurang. Jadi, banyak database zat gizi yang belum menyertakan nilai untuk kromium. Daging olahan, hati, telur, produk biji-bijian, brokoli, jamur, kacang kering, kacang-kacangan, dan cokelat hitam cenderung menjadi sumber yang baik dari mineral. Chromium digunakan untuk memproduksi baja; dengan demikian, sejumlah kecil kromium ditransfer ke makanan melalui peralatan pemrosesan makanan.

### *Kebutuhan Diet untuk Chromium*

Asupan kromium yang memadai pada orang dewasa berusia 19 hingga 50 tahun adalah 35 µg/hari untuk pria dan 25 µg/hari untuk wanita. Setelah usia 50 tahun, Asupan adekuat menurun menjadi 30 µg/hari untuk pria dan 20 µg/hari untuk wanita. Asupan yang memadai didasarkan pada jumlah biasanya ditemukan dalam makanan bergizi. Nilai Harian untuk kromium adalah 120 µg.

### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Chromium*

Sangat sedikit kromium yang diserap dari sumber makanan. Absorpsi tampaknya meningkat ketika asupan rendah, meskipun ketersediaan hayati mineral sulit untuk dinilai. Setelah diserap, kromium diangkut oleh transferin melalui aliran darah dan terakumulasi di tulang, hati, ginjal, dan limpa. Konsentrasi di jaringan manusia sangat tinggi rendah karena sebagian besar chromium makanan diekskresikan dalam tinja.

### *Fungsi Chromium*

Fungsi kromium belum sepenuhnya diketahui. Chromium dapat meningkatkan kerja insulin, meningkatkan pengambilan glukosa ke dalam sel, dan menormalkan kadar gula darah. Namun, suplementasi kromium pada pasien dengan diabetes tipe 2 belum terbukti efektif dalam mengontrol glukosa darah. Banyak atlet menggunakan suplemen kromium untuk meningkatkan massa dan kekuatan otot, meskipun kurangnya bukti penelitian yang mendukungnya efektivitas.

### *Kekurangan dan Toksisitas Chromium*

Defisiensi kromium sulit untuk dinilai karena kurangnya pengukuran sensitive status kromium. Beberapa kasus defisiensi kromium telah dilaporkan pada individu yang menerima larutan parenteral bebas kromium. Gejalanya termasuk penurunan berat badan, intoleransi glukosa, dan kerusakan saraf. Beberapa efek serius telah dilaporkan dari asupan chromium makanan berlebih.

## **Fluorida (F)**



Fluorida, bentuk ionik fluor, mungkin bukan zat gizi penting karena bersifat basa dan fungsi tubuh dapat terjadi tanpanya. Namun, pada awal tahun 1930-an, diamati pada individu yang tinggal di AS barat daya, di mana air secara alami mengandung tinggi konsentrasi fluoride, memiliki lebih sedikit karies gigi (gigi berlubang). Banyak orang di daerah ini juga memiliki bintik-bintik kecil pada gigi mereka (dikenal sebagai bintik-bintik, atau fluorosis) karena kelebihan fluorida

#### *Fluorida dalam Makanan*

Saat ini, di Amerika Utara, sumber utama fluorida adalah air berfluoride. Air berfluoride mengandung sekitar 0,2 mg fluoride per 8 ons, atau 0,7 sampai 1,2 mg/liter

#### *Kebutuhan Diet untuk Fluorida*

Asupan yang cukup untuk fluoride adalah 3 mg/hari untuk wanita dewasa dan 4 mg/hari untuk pria dewasa. Untuk bayi sampai usia 6 bulan, Asupan yang Adekuat adalah 0,01 mg/hari. Ini meningkat menjadi 0,5 mg/hari untuk bayi usia 6 sampai 12 bulan dan berkisar dari 0,7 sampai 3 mg/hari untuk anak kecil dan remaja. Rekomendasi yang Adekuat didasarkan pada jumlah yang dibutuhkan untuk memberikan ketahanan terhadap karies gigi tanpa menyebabkan bintik-bintik pada email gigi

#### *Penyerapan, Transportasi, Penyimpanan, dan Ekskresi Fluorida*

Penyerapan fluorida makanan terjadi dengan cepat melalui lambung dan usus kecil difusi pasif. Secara keseluruhan, sekitar 80 hingga 90% fluorida yang dikonsumsi diserap. Fluorida yang diserap diangkut dalam aliran darah dan terkonsentrasi di gigi dan kerangka. Jumlah fluorida yang tersimpan di gigi dan tulang paling banyak selama bayi, masa kanak-kanak, dan remaja. Deposisi jaringan terkalsifikasi dan ekskresi urin cara utama untuk menghilangkan fluorida dari sirkulasi.

#### *Fungsi Fluorida*

Meskipun fungsi yang benar-benar penting untuk fluorida belum dijelaskan, fluorida dikenali karena peran manfaatnya dalam mendukung pengendapan kalsium dan fosfor di gigi dan tulang dan untuk melindungi dari perkembangan karies gigi.

#### *Kekurangan dan Toksisitas Fluorida*

Kekurangan fluorida dikaitkan dengan peningkatan insiden karies gigi. Namun tidak ada gangguan atau penyakit defisiensi spesifik lainnya yang tampaknya disebabkan oleh asupan fluorida yang tidak mencukupi. Sebaliknya, toksisitas fluorida telah dilaporkan pada anak kecil yang menelan tablet atau larutan fluoride. Meskipun jarang, toksisitas akut dapat terjadi dengan cepat dan mengancam nyawa. Oleh karena itu, pasta gigi yang mengandung fluoride, obat kumur, dan suplemen perlu dijauhkan dari jangkauan anak-anak. Tanda-tanda keracunan antara lain mual, muntah, diare, berkeringat, kejang, kejang, dan koma. Bintik-bintik, atau fluorosis, pada email adalah hasil dari asupan kronis fluorida yang berlebihan selama perkembangan gigi.

## Daftar Pustaka

American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Fat replacers . J Am Diet Assoc. 2005 ;105: 266.

Brown JE, et al. (2011). Nutrition through in the life cycle. fourth edition. Wadsworth. USA.

Byrd-Bredbenner et.al. 2007. Wardslaw Perspective in Nutrition eight edition. McGraw-Hil: America. P.190-202.

Erdman JW, Jr, Macdonald IA, Zeisel SH. 2012. Present Knowledge in Nutrition Tenth Edition. Willey-Blackwell. UK. P.58.