

Sunarno Basuki, Drs.,M.Kes

# **ILMU GIZI**

(Untuk Atlit, Pelatih, dan Praktisi Olahraga)

Editor : DR. Retno Pudji Rahayu, drg., M.Kes

**JPOK-FKIP  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARMASIN**

**2014**

**Ilmu Gizi** (Untuk Atlit, Pelatih, dan Praktisi Olahraga)

Sunarno Basuki, Drs., M.Kes

x + 156 halaman, 16 x 24 cm

ISBN: 979-17198-3-7

Editor : DR. Retno Pudji Rahayu, drg., M.Kes

Layout : Achmad

Disain sampul : Achmad

Cetakan II : 2014

**Diterbitkan oleh:**

JPOK - FKIP Universitas Lambung Mangkurat  
Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia

**Percetakan:**

PT. LKiS Printing Cemerlang  
Salakan Baru No.1, Sewon, Bantul  
Jl. Parangtritis Km. 4,4 Yogyakarta  
Telp.: (0274) 387194  
e-mail: lkis.printing@yahoo.com

## **KATA PENGANTAR**

Penulis mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah swt atas selesainya penulisan buku Ilmu Gizi: untuk atlit, pelatih, dan praktisi olahraga ini.

Buku ini diperuntukan berbagai kalangan praktisi olahraga yang berkeinginan mendalami pengetahuan yang berhubungan dengan Ilmu Gizi. Selain itu buku ini dapat juga dijadikan rujukan bagi siapa saja yang berkeinginan untuk menambah pengetahuannya tentang gizi olahraga.

Dalam buku ini disajikan uraian pengetahuan tentang pengertian ilmu gizi, gizi, vitamin, mineral, air, dan beberapa hal penting yang berhubungan dengan olahraga seperti perhitungan kalori untuk aktivitas jasmani dan olahraga.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai kalangan yang berminat mendalami pengetahuan tentang gizi olahraga.

Akhirnya dengan rendah hati, penulis bersedia menerima semua saran dan kritik yang berupa apapun demi perbaikan buku ini.

Penyusun



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
<b>BAB I ILMU GIZI, GIZI DAN MAKANAN .....</b>	<b>1</b>
Ilmu Gizi dan Perkembangannya .....	1
Pengertian Gizi .....	3
Gizi Salah (Malnutrition) .....	4
Zat Makanan .....	6
<b>BAB II KELOMPOK ZAT MAKANAN .....</b>	<b>11</b>
Karbohidrat .....	11
Protein .....	14
Lemak .....	16
Vitamin .....	19
Air .....	27
Mineral .....	28
<b>BAB III RENTAN GIZI .....</b>	<b>31</b>
Masalah Gizi di Indonesia .....	31
Terapi Penyakit Gizi .....	35
<b>BAB IV POLA PENYAJIAN MAKANAN .....</b>	<b>39</b>
Pola Makanan di Dunia .....	39
Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS) .....	40
<b>BAB V PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN</b>	
<b>KALORI .....</b>	<b>49</b>
Status Gizi .....	49
Penentuan Status Gizi Secara Langsung .....	50
Penentuan Status Gizi Secara Tidak Langsung .....	52
Penentuan Kebutuhan Kalori .....	56
Pengukuran Energi .....	58
Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi .....	63

BAB VI PERANAN GIZI PADA OLAHRAGA .....	65
Karbohidrat sebagai bahan bakar .....	66
Lemak sebagai bahan bakar .....	67
Protein dalam penampilan fisik .....	68
Vitamin dan mineral .....	71
Makanan sebelum olahraga .....	77
Makanan saat olahraga .....	81
Makan setelah olahraga .....	86
Pengisian glikogen otot .....	89
Sarapan .....	91
 BAB VII ENERGI UNTUK OLAHRAGA .....	 95
Pengertian Energi .....	95
Basal metabolic rate (BMR) .....	96
Siklus Energi Biologi .....	98
Sumber-sumber ATP .....	100
Sumber Anaerobik ATP ( Metabolisme Anaerobik) ..	101
Glikosis anaerobik (sistem asam laktat) .....	104
Sumber Aerobik ATP (Metabolisme Aerobik) .....	107
 BAB VIII ERGOMETRI .....	 123
Energi, Kerja dan Kekuatan .....	124
Pengukuran Langsung Energi: Produksi Panas .....	126
Pengukuran Energi Tidak Langsung: Konsumsi	
Oksigen .....	127
Pengukuran Pengeluaran Energi saat Olah Raga .....	132
Modifikasi Metode untuk Mengukur Pengeluaran	
Energi .....	140
 PUSTAKA .....	 145
 GLOSSARIUM .....	 147
 INDEKS .....	 151
 BIODATA PENULIS .....	 155

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Perkiraan pengeluaran energi per menit yang berhubungan dengan pekerjaan .....	63
Tabel 6.1. Perkiraan kalori setiap makan .....	77
Tabel 7.1 Perkiraan Total Energi yang Digunakan Tubuh pada Sistem Phosphagen (ATP – PC). .....	103
Tabel 7.2 Perkiraan Penggunaan Energi Dalam Tubuh pada Sistem Glikolisis Anaerobik (Sistem Asam Laktat) .	106
Tabel 7.3 Power Maksimal Dan Kapasitas Maksimal Sistem Energi .....	113
Tabel 8.1 Nilai equivalents R kalori dan persentase total kalori dari karbohidrat dan lemak. ....	129



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. A. Konsumsi glukosa darah selama latihan .....	79
B. Level insulin selama latihan .....	79
Gambar 6.2. A. Penggunaan glukosa selama latihan .....	85
B. Penggunaan glukosa selama latihan selama 120 menit .....	85
Gambar 6.3. Efek dari diet karbohidrat tinggi dan karbohidrat rendah terhadap glikogen otot selama olahraga ....	88
Gambar 6.4. Prosedur glikogen loading .....	90
Gambar 7.1 Siklus energi kehidupan .....	99
Gambar 7.2 A. Struktur ATP yang menunjukkan ikatan posfat berenergi tinggi .....	101
B. Penguraian ATP menjadi ADP dan posfat inorganik (Pi) yang menghasilkan energi .....	101
Gambar 7.3 A. Struktur phosphocreatine (PC) yang menunjukkan ikatan pospat berenergi tinggi .....	102
B. Penguraian PC menjadi C dan pospat inorganik (Pi) yang menghasilkan energi untuk mensentesis kembali ATP .....	102
Gambar 7.4. Glikolisis anaerobik .....	105
Gambar 7.5 Glikolisis Aerobik dan Anaerobik .....	108
Gambar 7.6 Metabolisme asam laktat dan jumlah ATP yang dihasilkannya .....	111
Gambar 7.7 A. Penurunan glikogen otot .....	115
B. Konsumsi oksigen pada saat kerja .....	115
Gambar 7.8 Persentase sistem aerobik dan anaerobik untuk beberapa nomor atletik .....	121



# **BAB I**

## **ILMU GIZI, GIZI DAN MAKANAN**

### **Ilmu Gizi dan Perkembangannya**

**P**ermasalahan gizi tidak bisa ditangani oleh para ahli gizi dan sarjana gizi saja, tetapi harus kolaborasi oleh berbagai ahli di berbagai bidang ilmu pengetahuan, sehingga dirasa perlunya ilmu tentang gizi, yang sekarang disebut ilmu gizi. Ilmu gizi merupakan ilmu terapan yang berkolaborasi dengan berbagai disiplin ilmu dasar, seperti biokimia, biologi, fisiologi, patologi, dan mikrobiologi. Pada mulanya ilmu gizi merupakan bagian dari Ilmu Kesehatan Masyarakat, tetapi kemudian mengalami perkembangan yang sangat pesat, sehingga memisahkan diri menjadi disiplin ilmu tersendiri. Namun demikian ilmu gizi masih dianggap tetap sebagai bagian dari rumpun Ilmu Kesehatan Masyarakat.

Ilmu gizi merupakan ilmu yang relatif baru. Pengakuan pertama ilmu gizi sebagai cabang ilmu yang berdiri sendiri terjadi pada tahun 1926, ketika Mary Swartz Rose dikukuhkan sebagai Profesor Ilmu Gizi pertama di Universitas Columbia, Amerika Serikat. Namun perhatian mengenai berbagai hal yang berkaitan dengan makanan sesungguhnya sudah terjadi sejak lama.

Pertama kali dikukuhkan menjadi ilmu. Ilmu gizi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari peran makanan sejak ditelan sampai diubah menjadi bagian tubuh dan energi atau dieksekresikan sebagai zat sisa. Definisi ini diperkirakan bersandar pada Biokimia dan Fisiologi. Tujuan akhir dari definisi ini adalah mencapai, memperbaiki dan mempertahankan kesehatan tubuh melalui konsumsi makanan. Dalam pelaksanaan, pencapaian untuk memperbaiki dan mempertahankan kesehatan tubuh ini, dirasakan bahwa ruang lingkup studi terlalu sempit. Maka ruang lingkup diperlebar dan diberi definisi yang lebih luas, sehingga muncul definisi lain, yaitu Ilmu Gizi adalah ilmu yang mempelajari segala sesuatu tentang makanan dalam hubungannya dengan kesehatan

seseorang secara optimal, namun definisi ini juga masih dianggap belum sempurna.

Definisi Ilmu Gizi yang berlaku di Indonesia adalah ilmu yang mempelajari hal ihwal makanan, dikaitkan dengan kesehatan tubuh. Pemahaman dan pengertian definisi ini memungkinkan bergerak lebih luas di dalam mencapai tujuannya.

Perhatian Ilmu Gizi dimulai dari cara produksi pangan (agronomi dan peternakan). Berbagai perubahan yang terjadi pada tahap pascapanen dari mulai penyediaan pangan, distribusi dan pengolahan pangan; konsumsi makanan; berbagai cara pemanfaatan makanan oleh tubuh dalam keadaan sehat dan sakit. Dengan demikian maka terdapat dua komponen penting yang menjadi dasar perhatian dalam ruang lingkup ilmu gizi yaitu makanan dan kesehatan tubuh.

Di Indonesia perhatian pemerintah terhadap gizi sangat besar, sehingga perkembangan Ilmu gizi di Indonesia cukup pesat. Kegiatan penelitian gizi di Indonesia mulai dikembangkan sejak pertengahan abad ke-19. Tetapi baru dilembagakan pada tahun 1934 dengan nama Institut voor Onderzoek der Volksvoeding (IOVV) yang berlokasi di Bogor dan pada tahun 1939 berganti nama menjadi Institut voor Volksvoeding (IVV). Penelitian gizi selama masa penjajahan lebih ditujukan pada kepentingan pemerintah Hindia Belanda. Penelitian gizi yang mengarah pada kepentingan Nasional baru dikembangkan sejak tahun 1950, setelah pengelolaan IVV diambil alih pemerintah Republik Indonesia. IVV kemudian berganti nama menjadi Lembaga Makanan Rakyat (LMR) dan pimpinan dipercayakan kepada Prof. Dr. Poerwo Soedarmo (pada kongres pertama Persatuan Ahli Gizi Indonesia tahun 1967), dan pada saat itu pula Prof. Dr. Poerwo Soedarmo ditetapkan sebagai Bapak Gizi Indonesia. Pada kurun waktu 1950-2010, perkembangan ilmu gizi di Indonesia sangat pesat, sehingga teori gizi baru hasil dari penelitian bermunculan.

Menurut WHO perkembangan ilmu gizi di Indonesia maupun di dunia, dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Kelompok gizi biologi dan metabolik
2. Kelompok gizi perorangan, sepanjang siklus hidup
3. Kelompok gizi masyarakat.

Menurut sifat dan kajian keilmuannya, ada dua ruang lingkup sifat dan kajian ilmu gizi, yaitu

1. Ilmu Gizi yang berkaitan dengan kesehatan perorangan atau disebut Gizi kesehatan perorangan (*clinical nutrition*) yaitu; Gizi Klinik, yang lebih menitikberatkan pada kuratif daripada preventif serta promotifnya dan penanganannya berhubungan dengan dokter, sehingga dapat ditanggulangi lebih tuntas oleh profesi medik.
2. Ilmu Gizi yang berkaitan dengan kesehatan masyarakat yang disebut Gizi Kesehatan Masyarakat (*Public Health Nutrition*). Gizi Kesehatan Masyarakat berkaitan dengan gangguan gizi pada kelompok masyarakat. Oleh sebab itu, sifatnya lebih ditekankan pada pencegahan (preventif) dan peningkatan (promotif), melibatkan lintas sektoral secara multidisipliner. Pada level ini dibutuhkan kerjasama diantara berbagai keahlian yang dikoordinasikan dan dilaksanakan secara sinkronisasi dari tingkat nasional sampai tingkat lokal di berbagai daerah di Indonesia.

### **Pengertian Gizi**

Di Indonesia kata gizi banyak diartikan makanan. Sesungguhnya, kata “gizi” berasal dari bahasa Arab *ghidza* yang berarti “makanan”. Zat gizi (nutrients) adalah ikatan kimia yang diperlukan tubuh untuk melakukan fungsinya.

Mula-mula kata gizi hanya dihubungkan dengan kesehatan tubuh, yaitu untuk menyediakan energi, membangun, dan memelihara jaringan tubuh, serta mengatur berbagai proses kehidupan dalam tubuh. Tetapi sekarang kata gizi mempunyai pengertian lebih luas, disamping untuk kesehatan, gizi dikaitkan dengan potensi ekonomi seseorang, karena gizi berkaitan dengan perkembangan otak, kemampuan belajar, dan produktivitas kerja. Oleh karena itu, di Indonesia, faktor gizi disamping faktor lain dianggap penting untuk memacu pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan pengembangan sumber daya manusia berkualitas.

### **Gizi atau Zat Gizi**

Gizi dapat diartikan sebagai zat yang diperlukan oleh tubuh, atau identik dengan zat gizi. Di dalam tubuh manusia gizi berfungsi:

1. Penghasil energi (sumber energi), yaitu karbohidrat, lemak dan protein. Zat penghasil energi ini sebagian besar dihasilkan oleh bahan makanan pokok.
2. Pembangun sel, yaitu protein, lauk pauk tergolong dalam bahan makanan sumber zat pembangun.
3. Pengatur atau penyeimbang, yaitu vitamin, mineral, dan air.

Setiap orang memerlukan gizi untuk mempertahankan kehidupannya. Kebutuhan akan gizi setiap orang berbeda, hal ini tergantung pada :

- 1) Umur
- 2) Jenis kelamin
- 3) Macam pekerjaan yang dilakukan
- 4) Iklim
- 5) Tinggi dan berat badan serta keadaan individu.

### **Gizi Salah (Malnutrition)**

Manusia sehat memiliki tubuh yang dapat berfungsi dengan baik, dan dalam jaringan tubuhnya tersimpan cadangan zat-zat gizi yang cukup untuk mempertahankan kesehatannya. Cadangan zat gizi akan dipergunakan oleh tubuh apabila zat gizi sehari-hari tidak terpenuhi. Sebaliknya, bila konsumsi zat berlebihan, maka kelebihan tersebut akan tertimbun dalam jaringan tubuh dalam batas-batas tertentu. Apabila jaringan-jaringan tubuh telah terlalu jenuh akan zat gizi, maka kelebihan zat gizi tersebut tidak dapat lagi ditampung dan akan mengganggu proses-proses dalam tubuh. Dengan demikian, kekurangan maupun kelebihan zat gizi akan dapat menyebabkan kelainan. Keadaan semacam ini disebut gizi salah, baik berupa gizi kurang maupun gizi lebih. Gizi baik terletak di tengah-tengahnya.

Keadaan patologis akibat kekurangan atau kelebihan gizi relatif maupun absolut satu atau lebih zat gizi dinamakan malnutrition (malnutrisi). Ada empat bentuk malnutrisi, yaitu :

1. *Under Nutrition*. Kekurangan konsumsi pangan secara relatif atau absolut untuk periode tertentu.

2. *Specific Deficiency*. Kekurangan zat gizi tertentu, misalnya kekurangan vitamin B<sub>1</sub>.
3. *Over Nutrition*. Kelebihan konsumsi pangan untuk periode tertentu.
4. *Imbalance*; karena disproporsi zat gizi, misalnya kolesterol terjadi karena tidak seimbangnya LDL (Low Density Lipoprotein), HDL (High Density Lipoprotein), dan VLDL (Very Low Density Lipoprotein).

Berbagai penyakit yang berhubungan dengan keadaan gizi dapat dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu :

1. Penyakit gizi lebih (obesitas)
2. Penyakit gizi kurang (malnutrition, undernutrition)
3. Penyakit metabolik bawaan (inborn errors of metabolisme)
4. Penyakit keracunan makanan (food intoxication).

#### *1. Penyakit gizi lebih.*

Penyakit gizi lebih berkaitan dengan kelebihan energi di dalam hidangan yang dikonsumsi relatif terhadap kebutuhan atau penggunaannya (energy expenditure). Ada tiga zat makanan penghasil energi utama, ialah karbohidrat, lemak dan protein. Kelebihan energi di dalam tubuh, diubah menjadi lemak dan ditimbun pada tempat – tempat tertentu. Jaringan lemak ini merupakan jaringan yang relatif inaktif, tidak langsung berperan serta dalam kegiatan kerja tubuh. Orang yang kelebihan berat badan, biasanya karena kelebihan jaringan lemak yang tidak aktif tersebut.

#### *2. Penyakit gizi kurang*

Penyakit gizi salah di Indonesia yang terjadi cukup banyak termasuk gizi kurang, yaitu susunan hidangan yang tidak seimbang maupun konsumsi keseluruhannya yang tidak mencukupi kebutuhan badan. Gejala subyektif yang diderita adalah perasaan lapar, sehingga gizi salah ini disebut juga keadaan gizi lapar (undernutrition).

Penyakit gizi salah terutama diderita oleh anak – anak yang sedang tumbuh. Penyakit yang menonjol pada anak – anak yang mengalami gizi kurang adalah penyakit kurang kalori dan protein (KKP). Nama asingnya ialah Protein Calorie Malnutrition (PCM) atau akhir – akhir ini disebut Protein Energi Malnutrition (PEM).

Penyakit KKP pada orang dewasa memberikan oedema sebagai gejala yang menonjol, sehingga penyakitnya disebut *Honger Oedema (HO)*.

### *3. Penyakit Metabolisme Bawaan*

Kelompok penyakit ini diturunkan dari orang tua kepada anaknya secara genetic (melalui gen), yang bermanifestasi sebagai kelainan dalam proses metabolisme zat tertentu. Metabolisme zat gizi diatur oleh sistem enzim dan enzim termasuk kelompok protein yang disintesa di dalam tubuh (sel tubuh).

### *4. Penyakit keracunan makanan*

Keracunan karena konsumsi makanan masih sering terjadi di Indonesia. Pada keracunan makanan gejala akan timbul dengan segera setelah mengkonsumsi makanan tersebut. Pada umumnya gejala yang terjadi mengenai saluran pencernaan seperti mual, rasa sakit di perut, mual dan muntah, serta diarrhoea.

Keracunan makanan terjadi karena ada bahan beracun yang ikut tertelan bersama makanan tersebut. Racun yang terdapat di dalam makanan dapat berupa racun yang secara alamiah sudah terdapat di dalam makanan tersebut seperti singkong, jengkol, dan lain – lain.

Selain berbagai penyakit yang berhubungan dengan gizi, juga akan disajikan berbagai perubahan dalam tubuh akibat gizi salah (kurang gizi).

Perubahan-perubahan dalam tubuh akibat gizi salah (kurang gizi) :

- 1) Pengurangan cadangan
- 2) Perubahan biokimiawi
- 3) Perubahan fungsi
- 4) Perubahan anatomik

Selain perubahan tersebut kekurangan gizi dapat menyebabkan menurunnya daya kerja, daya tahan, dan menurunnya pertumbuhan jasmani dan mental.

## **Zat Makanan**

Makanan adalah bahan selain obat yang mengandung zat – zat gizi dan atau unsur – unsur / ikatan kimia yang dapat diubah menjadi

zat gizi oleh tubuh, yang berguna bila dimasukkan ke dalam tubuh. Makanan yang dikonsumsi di dalam alat pencernaan, maka bahan makanan akan diurai menjadi berbagai zat makanan atau zat gizi atau nutrient. Zat makanan inilah yang diserap melalui dinding usus dan masuk ke dalam cairan tubuh. Di dalam jaringan, zat – zat makanan memenuhi fungsinya masing – masing. Zat makanan, merupakan bahan dasar penyusun bahan makanan. Lima fungsi zat makanan adalah :

1. Sumber energi. Jika fungsi ini terganggu, maka orang menjadi berkurang gerakannya atau kurang giat dan merasa cepat lelah.
2. Menyokong pertumbuhan badan, yaitu penambahan sel baru pada sel yang sudah ada.
3. Memelihara jaringan tubuh, mengganti jaringan tubuh yang rusak atau aus terpakai, yaitu mengganti sel yang tampak pada luka tubuh yaitu terjadinya jaringan penutup luka.
4. Mengatur metabolisme dan berbagai keseimbangan dalam cairan tubuh (keseimbangan air, asam basa, dan mineral)
5. Berperan dalam mekanisme pertahanan tubuh terhadap berbagai penyakit sebagai zat anti.

Pada kondisi kekurangan gizi, fungsi sebagai penghasil energi yang mula – mula dikorbankan. Tubuh akan berusaha menyesuaikan diri dengan mengurangi pemakaian energi baik secara sadar maupun tidak sadar. Orang dengan sadar akan mengurangi gerakan atau aktivitas tubuh yang tidak perlu, kemudian secara tidak sadar orang itu akan menjadi kurang giat. Orang yang demikian tampak seperti malas, tidak mau bekerja, karena merasa cepat lelah dan tidak sanggup mengeluarkan energi. Gambaran malas ini sering terlihat di kalangan masyarakat kurang mampu.

Fungsi menyokong pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, pada dasarnya sejenis, yaitu pembentukan sel baru, atau bagian – bagiannya. Pada masa pertumbuhan dibentuk berbagai sel baru yang ditambahkan kepada sel yang telah ada, sedangkan pada pemeliharaan jaringan dibentuk sel baru untuk menggantikan sel lama yang rusak. Fungsi pertumbuhan terdapat pada bayi dan anak – anak sebelum mencapai umur dewasa (berusia sekitar 20 tahun), setelah mencapai umur dewasa pertumbuhan sangat lambat sehingga praktis diabaikan.

Fungsi pemeliharaan jaringan berjalan berdampingan dengan fungsi pertumbuhan, tetapi setelah fungsi pertumbuhan selesai, fungsi pemeliharaan jaringan berjalan terus sampai saat meninggal.

Pengaturan metabolisme dilakukan melalui beberapa mekanisme. Mekanisme yang langsung mempengaruhi dan mengatur sintesa berbagai ikatan organik di dalam tubuh, pengaturannya melalui sistem enzim. Pada gilirannya enzim – enzim ini diatur oleh sistem hormon dan sebagian oleh sistem saraf. Semua sistem pengaturan ini memerlukan zat makanan sebagai bahan dasar.

Sistem pertahanan tubuh juga sangat dipengaruhi oleh kondisi zat makanan. Mekanisme pertahanan tubuh terdiri atas sistem seluler dan sistem humoral. Sistem seluler dilaksanakan oleh sel seperti leucocytes, sel reticulo endothelial sistem (RES), sedangkan sistem pertahanan humoral dilakukan diantaranya melalui bahan anti (antibodies). Bahan anti umumnya berbentuk protein.

Ditinjau dari segi fisiologis, psikologis, dan sosial budaya, makanan memiliki berbagai macam fungsi, yaitu:

1. Fungsi fisiologis. Dari segi fisiologis fungsi makanan berkaitan dengan peran makanan dalam tubuh. Makanan menjadi sumber energi untuk melakukan kegiatan/aktivitas. Selain itu, makanan berperan dalam pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh. Zat-zat tersebut diperlukan untuk membentuk berbagai sel baru, memelihara, dan mengganti sel yang rusak. Makanan juga berperan dalam membangun struktur jaringan dalam tubuh. Misalnya protein bertujuan mengatur keseimbangan air di dalam sel, bertindak sebagai buffer dalam upaya memelihara netralitas tubuh dan membentuk antibodi sebagai penangkal organisme yang bersifat infeksi dan bahan asing yang dapat masuk ke dalam tubuh. Vitamin dan mineral sebagai pengatur dalam proses oksidasi, fungsi normal saraf dan otot, seperti dalam darah, cairan pencernaan, jaringan, mengatur suhu tubuh, peredaran darah, pembuangan sisa-sisa/ ekskresi dan lain-lain.
2. Fungsi psikologi. Dari segi psikologi makanan harus dapat memberikan kepuasan secara emosional, termasuk rasa perlindungan, kasih sayang dan perhatian. Aspek ini penting untuk mendukung penerimaan konsumen misalnya perencanaan menu keluarga agar tidak hanya memenuhi kebutuhan gizi saja, tapi juga dapat dinikmati dengan rasa senang dan puas.

3. Fungsi sosial budaya. Dari segi sosial budaya. Pangan menjadi topik utama dalam persoalan eksistensi suatu masyarakat. Hal ini berkaitan dengan kehidupan sosial, kebudayaan dan kehidupan beragama. Makanan bisa dijadikan sebagai ungkapan rasa cinta, persahabatan, dan juga simbol kebahagiaan keluarga.



## **BAB II**

### **KELOMPOK ZAT MAKANAN**

**S**etiap hari tubuh memerlukan berbagai unsur sebagai gizi. Berbagai unsur kimia yang diperlukan oleh tubuh jumlahnya tidak kurang dari 60 macam. Semuanya dapat dipenuhi oleh keenam golongan (kelompok) zat makanan seperti; karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin dan air. Dalam tubuh zat makanan tersebut mempunyai fungsi sendiri-sendiri. Disamping zat-zat makanan tersebut masih ada zat yang diperlukan oleh tubuh yaitu Oksigen ( $O_2$ ).

#### **1. Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan salah satu gizi yang mempunyai struktur molekul yang berbeda-beda, meskipun terdapat persamaan-persamaan dari sudut kimia dan fungsinya.

Karbohidrat terdiri atas unsur-unsur Carbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), yang pada umumnya mempunyai rumus kimia  $C_n(H_2O)_n$ . Rumus umum ini memberi kesan zat carbon yang diikat dengan air (dihidrasi), sehingga diberi nama karbohidrat. Persamaan lain adalah terdapatnya ikatan-ikatan organik yang menyusun kelompok karbohidrat ini berbentuk polialkohol. Karbohidrat merupakan penghasil utama enersi dalam makanan maupun di dalam tubuh.

Karbohidrat yang terdapat di dalam makanan pada umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu: monosakarida, disakarida dan polisakarida. Monosakarida dan disakarida terasa manis, sedangkan polisakarida tidak mempunyai rasa (tawar). Di dalam bahan makanan nabati terdapat dua jenis polisakarida, yaitu yang dapat dicerna dan yang tidak dapat dicerna. Yang dapat dicerna ialah zat tepung (amylum) dan dekstrin. Yang tidak dapat dicerna ialah selulosa, pentosan dan galaktan.

## **Sumber Karbohidrat**

Sumber utama karbohidrat di dalam makanan berasal dari tumbuh-tumbuhan, dan hanya sedikit saja yang termasuk bahan makanan hewani. Di dalam tumbuhan karbohidrat mempunyai dua fungsi utama. ialah sebagai simpanan enersi dan sebagai penguat struktur tumbuhan tersebut. Karbohidrat sebagai sumber energi terutama terdapat dalam bentuk zat tepung (*amylum*) dan zat gula (mono dan disakarida). Timbunan zat tepung terdapat di dalam biji, akar dan batang. Zat gula terdapat di dalam daging buah atau di dalam cairan tumbuhan di dalam batang.

Karbohidrat sebagai penguat struktur tumbuhan terdapat sebagai selulosa di dalam dinding sel Perbedaan khas antara sel tumbuhan dan sel khewan, ialah bahwa pada sel tumbuhan terdapat dinding sel yang mengandung selulosa, sedangkan sel hewan tidak mempunyai dinding sel, melainkan terdapat selaput sel (*membrana sel*), yang terdiri atas *protoplasma*.

Karbohidrat nabati terutama yang berasal dari biji, batang dan akar tumbuhan yang merupakan makanan pokok yang dikonsumsi manusia setiap hari. Karbohidrat hewani berbentuk glikogen, terutama terdapat di dalam otot (*daging*) dan hati hewan. Karbohidrat hewani jumlahnya terbatas dan setelah hewan mati glikogen mengalami penguraian sehingga karbohidrat di dalam daging praktis menjadi hilang.

Bahan-bahan makanan pokok merupakan sumber utama karbohidrat, karena selain tinggi kadar *amylumnya*, juga dapat dimakan dalam jumlah besar oleh seseorang tanpa menimbulkan keluhan. Bahan makanan pokok di Indonesia dapat berupa beras (*sereal*), akar dan umbi, serta ekstrak tepung. seperti sagu. Kacang-kacangan juga mengandung banyak karbohidrat tetapi biasanya tidak sanggup dikonsumsi dalam jumlah besar karena memberikan keluhan-keluhan. Buah-buahan juga banyak yang tinggi kandungan karbohidratnya seperti pisang, nangka, durian. sawo dan sebagainya.

Karbohidrat yang tidak dapat dicerna, tidak menghasilkan energy, jadi tidak memberikan kontribusi terhadap nilai energy pada seluruh susunan hidangan. Selulosa, galaktan dan pentosan tidak dapat dicerna jadi tidak termasuk kelompok penghasil energy, sehingga tidak usah dikhawatirkan akan menambah gemuk badan.

Namun demikian, jenis karbohidrat ini masih berguna bagi tubuh, yaitu memberikan rasa kenyang dan melancarkan pembuangan tinja (defaecation). Semua hidangan yang mengandung karbohidrat yang tidak dicerna dalam jumlah sangat rendah, diduga dapat menimbulkan kesulitan pembuangan tinja dan terjadi sembelit (obstipasi).

Karbohidrat yang tidak dapat dicerna dapat dipergunakan sebagai bahan pembuatan makanan rendah kalori, misalnya untuk menurunkan berat badan atau makanan bagi para penderita penyakit diabetes mellitus. Pada makanan buatan ini, akan memberikan rasa kenyang yang cukup tanpa disertai kandungan energi tinggi. Bahan makanan yang tidak dapat dicerna ini digolongkan sebagai makanan berserat.

Bahan makanan hewani pada umumnya sedikit sekali kandungan karbohidratnya dan pada umumnya dalam bentuk glikogen. Glikogen di dalam daging dipecah setelah hewan tersebut mati sehingga kadar karbohidratnya diabaikan.

Pada daun singkong dan ubi jalar cukup kandungan karbohidratnya, tetapi jumlah yang dikonsumsi biasanya sangat terbatas. Buah sukun dan nangka muda merupakan sayur buah yang cukup kandungannya akan karbohidrat. Di sinipun jumlah yang dikonsumsi di dalam hidangan di Indonesia masih terbatas.

Agar-agar tidak merupakan sumber karbohidrat yang dapat dicerna, tetapi memberikan volume kepada makanan, sehingga dapat dipergunakan sebagai pengisi dalam makanan rendah kalori. Penambah kalori pada agar-agar ialah gula, krim atau susu yang ditambahkan pada saat makanan itu diolah, atau saat agar – agar tersebut dihidangkan.

### ***Fungsi Karbohidrat.***

Manusia selalu melakukan aktivitasnya, dimana aktivitas bisa dilaksanakan dengan baik bila tubuh memiliki energi yang cukup. Di dalam tubuh karbohidrat merupakan salah satu sumber utama enersi. Dari tiga sumber utama energi yaitu karbohidrat, lemak dan protein; karbohidrat merupakan sumber enersi yang paling murah. Karbohidrat yang tidak dapat dicerna, memberikan volume kepada isi usus, dan rangsangan mekanis yang terjadi adalah melancarkan

gerak peristaltik yang melancarkan aliran bubur makanan (chymus) melalui saluran pencernaan serta memudahkan pembuangan tinja.

Fungsi karbohidrat adalah sebagai sumber energi. Karbohidrat yang berlebih akan disimpan sebagai glikogen dalam otot dan hati, yang dapat digunakan tubuh bila tubuh memerlukan banyak energi.

Karbonidrat juga merupakan bagian dan struktur sel dalam bentuk glycoprotein. Reseptor selular yang terdapat pada permukaan membrana sel, di antaranya merupakan reseptor bagi hormon.

Karbohidrat di dalam tubuh yang tidak dipergunakan akan disimpan. Penyimpanan energi tersebut ditempatkan di dalam otot dan hati dalam bentuk glikogen. Salah satu bentuk karbohidrat adalah mudah dimobilisasi bila tubuh memerlukan banyak energi. Cadangan karbohidrat ini tidak begitu besar, sehingga cepat habis.

## **2. Protein**

Protein berasal dari bahasa Yunani “*proteios*” yang berarti “yang pertama’ atau “yang terpenting” .

Protein merupakan zat gizi yang sangat penting karena paling erat kaitannya dengan proses kehidupan. Molekul protein mengandung unsur, C, H, O, dan unsur-unsur yang tidak dijumpai pada karbohidrat dan lemak.

Protein mengandung 20 – 24 jenis asam amino. Tubuh manusia mensintesis suatu protein tertentu bila semua asam amino yang diperlukan untuk struktur protein tersebut tersedia lengkap dalam jumlah masing-masing yang cukup. Bila ada yang kurang tetapi dari jenis non esensial, maka asam amino ini akan disintesis lebih dahulu agar menjadi lengkap dan baru protein itu dapat disusun. Jika tidak ada asam amino esensial, maka tubuh tidak dapat mensintesisnya dan protein tersebut tidak dapat disusun. Dapat tidaknya dibentuk sesuatu protein tubuh, tergantung dari ada tidaknya semua asam amino esensial yang lengkap dan jumlah yang dibutuhkan masing-masing individu. Untuk meningkatkan kualitas protein dalam hidangan sehari-hari dapat dilakukan dengan cara suplementasi. Suplementasi dapat dilakukan dengan cara mencampurkan dua atau lebih sumber protein yang berbeda jenis asam aminonya.

Protein di dalam sel pada tubuh manusia, protein sebagai protein struktural maupun sebagai protein metabolik. Protein struktural

merupakan bagian integral dari struktur sel dan tidak dapat diekstraksi tanpa menyebabkan dis-integrasi sel tersebut. Protein metabolik ikut serta dalam reaksi-reaksi biokimiawi dan mengalami perubahan bahkan juga destruksi atau sintesa protein baru. Protein metabolik dapat diekstraksi tanpa merusak integritas struktur sel itu sendiri.

Molekul protein mengandung unsur-unsur C, H, O, dan unsur khusus yang terdapat di dalam protein dan tidak terdapat di dalam molekul karbohidrat dan lemak ialah nitrogen (N). Unsur nitrogen ini di dalam makanan mungkin berasal pula dari ikatan organik lain yang bukan jenis protein, misalnya urea dan berbagai ikatan amino, yang terdapat dalam jaringan tumbuhan. Nitrogen yang berasal dari non protein dan ikatan yang bukan protein, disebut non protein nitrogen (NPN), sebagai lawan dan protein nitrogen (PN).

Berdasarkan sumbernya, protein dikelompokkan menjadi:

- a) Protein hewani, yaitu protein dalam bahan makanan yang berasal dari binatang, seperti protein dari daging, protein susu, dan sebagainya.
- b) Protein nabati, yaitu protein yang berasal dari bahan makanan tumbuhan, seperti protein dari jagung (zein), dari terigu, dan sebagainya.

### ***Sumber Protein.***

Dalam pengelompokkan protein berdasarkan sumbernya yaitu; protein hewani dan protein nabati. Sumber protein hewani dapat berbentuk daging dan alat organ dalam seperti hati, pancreas, ginjal, paru, jantung dan jerohan. Susu dan telur termasuk pula sumber protein hewani berkualitas tinggi. Ikan, kerang-kerangan dan jenis udang merupakan kelompok sumber protein yang baik, karena mengandung sedikit lemak, tetapi ada yang alergi terhadap beberapa jenis sumber protein hasil laut ini. Kelompok sumber protein hewani ini mengandung sedikit lemak, sehingga baik bagi komponen susunan hidangan rendah lemak. Kerang-kerangan mengandung banyak kholesterol, sehingga tidak baik untuk dipergunakan di dalam diet yang harus rendah kholesterol.

Ayam dan jenis burung lain serta telurnya, juga merupakan sumber protein khewani berkualitas baik. Pada telur bagian

merahnya mengandung banyak kolesterol, sehingga sebaiknya ditinggalkan pada diet rendah kolesterol.

### ***Fungsi Protein***

Di dalam tubuh fungsi protein sangat erat kaitannya dengan kehidupan sel. Setiap kehidupan sel selalu bersangkutan dengan fungsi protein. Telah diuraikan bahwa di dalam sel terdapat protein struktural dan protein metabolik. Protein struktural merupakan bagian integral dari mikrostruktur sel, yang merupakan bagian dan struktur membrane, cytoplasma dan organel subselular lainnya. Dalam penyuluhan dan pendidikan gizi ditekankan fungsi protein sebagai zat pembangun. Selain itu protein berfungsi dalam pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, menggantikan sel-sel yang mati dan aus terpakai, sebagai protein struktural.

Protein sebagai zat anti, berfungsi dalam mekanisme pertahanan tubuh melawan berbagai mikroba dan zat toksik lain yang datang dari luar dan masuk ke dalam tubuh. Sedangkan sebagai zat pengatur, protein bertugas mengatur proses-proses metabolisme dalam bentuk enzim dan hormon. Semua proses metabolik (reaksi biokimiawi) diatur dan dilangsungkan atas pengaturan enzim, sedangkan aktivitas enzim diatur lagi oleh hormon, agar terjadi hubungan yang harmonis antara proses metabolisme yang satu dengan yang lain.

Protein juga berfungsi sebagai sumber energi, bersama-sama dengan karbohidrat dan lemak. Tetapi energi yang berasal dari protein termasuk mahal, sehingga tidaklah ekonomis bila sebagian besar energi yang diperlukan oleh tubuh disediakan di dalam makanan yang terdapat dalam bentuk protein. Energi yang berasal dari karbohidrat jauh lebih murah dan lebih mudah didapat.

### **3. Lemak**

Lemak adalah sekelompok ikatan organik yang terdiri atas unsur-unsur Carbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O), yang mempunyai sifat dapat larut dalam berbagai zat pelarut tertentu (zat pelarut lemak), seperti petroleum benzene, dan ether.

Lemak yang memegang peranan penting di dalam makanan disebut lemak netral, atau triglycerida, yang molekulnya terdiri atas satu molekul glycerol (glycerin) dan tiga molekul asam lemak, yang

dikaitkan pada glycerol tersebut dengan ikatan ester. Ketiga asam lemak tersebut bisa sama semua, tetapi dapat juga dua sama atau ketiganya tidak ada yang sama.

Menurut sumbernya, lemak berasal dari nabati dan hewani. Lemak nabati berasal dari bahan makanan tumbuh-tumbuhan yang mengandung lebih banyak asam amino tidak jenuh sehingga menyebabkan titik cair lebih rendah dan lazim disebut minyak. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi bersifat padat pada suhu kamar, sedangkan yang mempunyai titik lebur rendah, bersifat cair.

Jaringan lemak di dalam tubuh dianggap tidak aktif, jadi tidak ikut di dalam proses-proses metabolisme sehari-hari (rutin), tetapi merupakan simpanan atau cadangan energi yang kelebihan dan tidak terpakai. Pada seorang yang mengalami kegemukan (obesitas), sejumlah lemak dalam tubuhnya merupakan beban yang harus dibawa terus tanpa memberikan manfaat yang langsung.

### ***Sumber lemak***

Menurut sumbernya lemak dibedakan menjadi lemak nabati dan lemak hewani. Lemak nabati berasal dari bahan makanan tumbuh-tumbuhan, sedangkan lemak hewani berasal dari binatang termasuk ikan, telur dan susu. Kedua jenis lemak ini berbeda dalam hal, jenis asam lemak yang menyusunnya. Lemak nabati mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh, yang menyebabkan titik cair yang lebih rendah, dan dalam suhu kamar lemak tersebut berbentuk cair sehingga disebut minyak. Lemak hewani mengandung asam lemak jenuh, khususnya mempunyai rantai karbon panjang, yang mengakibatkan dalam suhu kamar berbentuk padat. Lemak berbentuk padat inilah yang biasa disebut lemak atau gajih.

Pada daging, sel-sel yang mengandung lemak ada yang menyelip tersebar di antara sel-sel otot, dan ada pula yang terkumpul membentuk jaringan lemak yang jelas terlihat. Karena itu dibedakan lemak tak terlihat (*invisible fat*) dan lemak terlihat (*visible fat*). Keduanya tidak terdapat perbedaan dalam susunan kimia.

Dalam hidangan masyarakat yang kurang mampu, jumlah lemak di dalam hidangan sangat rendah, terutama lemak yang berasal dari nabati minyak kelapa. Pada masa sekarang terakhir ini minyak kelapa sawit (*red palm oil*) semakin mengambil peran sebagai minyak makan di samping minyak kelapa. Di Indonesia *red palm oil* (*Crude Palm*

Oil = CPO) dimurnikan lagi menjadi minyak makan (minyak goreng) yang bening, tidak berwarna merah. Minyak kacang tanah semakin kurang dipergunakan di dalam hidangan atau mengolah (menggoreng) makanan di Indonesia. Di negara-negara maju, banyak minyak yang dikonsumsi berasal dari biji-bijian, seperti kacang tanah, biji jagung, biji kacang kedele, biji kapas. dan sebagainya. Lemak hewani yang tertimbun dalam tubuh menjadi cadangan energi.

### ***Fungsi Lemak***

Di dalam makanan fungsi lemak memberikan rasa gurih, memberikan kualitas renyah, terutama pada makanan yang digoreng, memberi kandungan kalori tinggi dan memberikan sifat empuk (lunak) pada kue yang dibakar. Di dalam tubuh lemak berfungsi sebagai cadangan energi dalam bentuk jaringan lemak yang ditimbun di tempat-tempat tertentu. Jaringan lemak berfungsi juga sebagai bantalan organ-organ tubuh tertentu, yang memberikan fiksasi organ tersebut, seperti biji mata dan ginjal.

Lemak yang berupa jaringan di bawah kulit melindungi tubuh dari hawa dingin, sedangkan pada wanita memberikan kesan feminin, seperti jaringan lemak di daerah gluteus dan di daerah bahu dan dada.

Asam lemak polyunsaturated fatty acid (PUFA) merupakan zat gizi yang esensial bagi kesehatan kulit dan rambut. Pada binatang percobaan yang menderita defisiensi PUFA timbul gejala-gejala kulit sejenis eczema bersisik, tetapi belum pernah dilaporkan terjadi pada penderita manusia. Namun demikian ada sejenis eczema di daerah kulit muka dan kepala pada anak-anak yang dapat disembuhkan dengan pemberian PUFA dalam bentuk minyak. Jumlah minyak sumber PUFA yang dapat memberikan penyembuhan atau perbaikan sangat sedikit, hanya beberapa tetes saja sehari.

Secara umum fungsi lemak di dalam tubuh adalah :

- 1) sebagai sumber energi,
- 2) sebagai sumber asam lemak polyunsaturated fatty acid (PUFA) yaitu zat gizi yang esensial bagi kesehatan kulit dan rambut,
- 3) sebagai pelarut vitamin-vitamin yang larut dalam lemak.

#### 4. Vitamin

Vitamin adalah zat organik kompleks yang dibutuhkan dalam jumlah sangat kecil dan pada umumnya tidak dapat dibentuk oleh tubuh. Oleh karena itu, harus didatangkan dari makanan. Vitamin merupakan kelompok zat pengatur pertumbuhan dan pemeliharaan kehidupan. Tiap vitamin mempunyai tugas spesifik di dalam tubuh. Karena vitamin adalah zat organik maka vitamin dapat rusak karena penyimpanan.

Vitamin berasal dari istilah *vitamine*, pertama kali digunakan pada tahun 1912 oleh Cashimir Funk di Polandia. Dalam upaya menemukan zat di dalam dedak beras yang mampu menyembuhkan penyakit beri – beri, ia menyimpulkan bahwa penyakit tersebut disebabkan oleh kekurangan suatu zat di dalam makanan sehari – hari. Zat ini dibutuhkan untuk hidup (*vita*) dan mengandung unsur nitrogen (*amine*), oleh sebab itu diberi nama *vitamine*. Penelitian selanjutnya membuktikan bahwa ada beberapa jenis *vitamine* yang ternyata tidak merupakan *amine*. Oleh sebab itu, istilah *vitamine* kemudian diubah menjadi vitamin.

Vitamin merupakan senyawa organik yang sangat diperlukan tubuh, untuk proses metabolisme dan pertumbuhan yang normal. Vitamin tidak termasuk kelompok karbohidrat, protein, maupun lemak dan terdapat dalam jumlah sedikit tetapi sangat penting peranannya bagi beberapa fungsi tertentu tubuh untuk menjaga kelangsungan dan pertumbuhan. Vitamin merupakan senyawa kompleks yang berperan sebagai regulator, vitamin juga berfungsi sebagai koenzim, atau berperan bersama enzim untuk proses reaksi di dalam tubuh. Vitamin tidak dapat dibuat oleh tubuh manusia dalam jumlah yang cukup sehingga harus di peroleh dari makanan yang dikonsumsi. Kecuali vitamin D yang dapat dibuat di kulit apabila tubuh cukup mendapat sinar matahari pagi.

Vitamin diberi nama menurut abjad (A, B, C, D, E, dan K). Vitamin B ternyata terdiri dari beberapa unsur vitamin. Berdasar laporan dari berbagai hasil penelitian, vitamin dibedakan dalam dua kelompok:

1. Vitamin larut dalam lemak (vitamin, A, D, E, dan K), dan
2. Vitamin larut dalam air (vitamin B dan C).

Vitamin berperan dalam beberapa tahap reaksi metabolisme energi, pertumbuhan, dan pemeliharaan tubuh, pada umumnya sebagai koenzim atau sebagai bagian dari enzim. Sebagian besar koenzim terdapat dalam bentuk apoenzim, yaitu vitamin yang terikat dengan protein.

### **Vitamin Larut Dalam Lemak**

Vitamin yang larut dalam lemak adalah A, D, E, dan K mempunyai peranan faali tertentu di dalam tubuh. Sebagian besar vitamin larut lemak diabsorpsi bersama lipida lain. Absorpsi membutuhkan cairan empedu dan pankreas. Vitamin larut lemak diangkut ke hati melalui sistem limfe sebagai bagian dari lipoprotein, disimpan di berbagai jaringan tubuh dan biasanya tidak dikeluarkan melalui urin.

Vitamin yang larut dalam lemak mempunyai sifat – sifat, yaitu :

- Larut dalam lemak dan pelarut lemak
- Kelebihan konsumsi dari yang dibutuhkan disimpan dalam tubuh
- Dikeluarkan dalam jumlah kecil melalui empedu
- Gejala defisiensi berkembang lambat
- Tidak selalu perlu ada dalam makanan sehari – hari
- Mempunyai precursor dan provitamin
- Hanya mengandung unsur – unsur C, H, dan O
- Disabsorpsi melalui sistem limfe
- Hanya dibutuhkan oleh organisme kompleks
- Beberapa jenis bersifat toksik pada jumlah relatif rendah.

#### *Vitamin A*

Pada tahun 1918, ditemukan sifat mengatur pertumbuhan yang sama dari makanan yang mengandung pigmen berwarna kuning berasal dari sayuran. Pada tahun 1928 karoten, salah satu pigmen berwarna kuning dari tumbuh – tumbuhan, diidentifikasi sebagai precursor vitamin A.

Pada tahun 1932 susunan kimia vitamin A diketahui. Pada tahun 1937 vitamin A dapat diisolasi dari minyak hati dalam bentuk Kristal, dan pada tahun 1947 dapat disintesis.

Vitamin A adalah vitamin larut lemak yang pertama ditemukan. Secara luas, vitamin A merupakan nama generic yang menyatakan semua retinoid dan precursor / provitamin A. Vitamin A esensial untuk pemeliharaan kesehatan dan kelangsungan hidup.

Vitamin A berperan dalam berbagai fungsi faali tubuh seperti; penglihatan, disferensial sel, kekebalan tubuh, pertumbuhan dan perkembangan tulang dan sel epitel, reproduksi, dan pencegahan kanker dan penyakit jantung.

Sumber vitamin A adalah hati, kuning telur, susu (di dalam lemaknya), mentega, sayuran berwarna hijau tua, buah – buahan berwarna kuning jingga.

Kekurangan vitamin A terutama terdapat pada anak – anak balita, yang berakibat pada terganggunya fungsi penglihatan (buta senja), perubahan pada kelopak mata (pengeringan selaput mata), kekebalan tubuh menurun (mudah terserang infeksi), kulit menjadi kering dan kasar, menghambat pertumbuhan sel, dan lain – lain.

Kelebihan vitamin A hanya bisa terjadi bila memakan vitamin A sebagai suplemen dalam takaran tinggi yang berlebihan. Gejala pada orang dewasa antara lain sakit kepala, pusing, rasa nek, rambut rontok, kulit mengering, tidak ada nafsu makan atau anoreksia, dan sakit pada tulang.

### *Vitamin D*

Vitamin D ditemukan pada tahun 1922 oleh Mac Collum.

Vitamin D mencegah dan menyembuhkan riketsia, yaitu penyakit di mana tulang tidak mampu melakukan klasifikasi. Vitamin D dapat dibentuk tubuh dengan bantuan sinar matahari. Bila tubuh cukup mendapat sinar matahari konsumsi vitamin D melalui makanan tidak dibutuhkan. Karena dapat disintesis di dalam tubuh, vitamin D dapat dikatakan bukan vitamin, tapi suatu prohormon. Bila tubuh tidak mendapat cukup sinar matahari, vitamin D perlu dipenuhi melalui makanan.

Vitamin D berfungsi membantu pembentukan dan pemeliharaan tulang bersama vitamin A dan vitamin C, hormon paratiroid dan kalsium, protein kolagen, serta mineral – mineral kalsium, fosfor, magnesium dan fluor. Fungsi khusus vitamin D dalam hal ini adalah membantu pengerasan tulang dengan cara mengatur agar kalsium

dan fosfor tersedia di dalam darah untuk diendapkan pada proses pengerasan tulang.

Kekurangan vitamin D menyebabkan kelainan pada tulang yang dinamakan riketsia pada anak – anak dan osteomalasia pada orang dewasa. Kekurangan pada orang dewasa juga dapat menyebabkan osteoporosis. Riketsia terjadi bila pengerasan tulang pada anak – anak terhambat sehingga menjadi lembek. Kaki membengkok, ujung – ujung tulang panjang membesar (lutut dan pergelangan), tulang rusuk membengkok, gigi terhambat keluar, bentuk gigi tidak teratur dan mudah rusak. Riketsia jarang dapat disembuhkan. Osteomalasia adalah riketsia pada orang dewasa. Biasanya terjadi pada wanita yang konsumsi kalsiumnya rendah, tidak banyak mendapat sinar matahari dan mengalami banyak kehamilan dan menyusui.

Kelebihan vitamin D akan menyebabkan keracunan. Gejalanya adalah kelebihan absorpsi vitamin D yang pada akhirnya menyebabkan kalsifikasi berlebihan pada tulang dan jaringan tubuh, seperti ginjal, paru – paru, dan organ tubuh lain. Tanda – tanda khas adalah akibat hiperkalsemia, seperti; lemah, sakit kepala, kurang nafsu makan, diare, muntah – muntah, gangguan mental dan pengeluaran urin berlebihan. Bayi yang diberi vitamin D berlebihan, menunjukkan saluran cerna, rapuh tulang, gangguan pertumbuhan dan kelambatan perkembangan mental.

### *Vitamin E (Tokoferol)*

Pada tahun 1922, ditemukan suatu zat larut dalam lemak yang dapat mencegah keguguran dan sterelitas pada tikus. Semula zat ini dinamakan antisterelitas dan kemudian vitamin E. vitamin E kemudian pada tahun 1936 dapat diisolasi dari minyak kecambah gandum dan dinamakan tokoferol, berasal dari bahasa Yunani dari kata *tokos* berarti *kelainan* dan *pherein* berarti *yang menyebabkan*.

Vitamin E berfungsi sebagai antioksidan yang larut dalam lemak dan mudah memberikan hydrogen dari gugus hidroksil (OH) pada struktur cincin ke radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul – molekul reaktif dan dapat merusak, yang mempunyai electron tidak berpasangan.

Vitamin E mungkin mempunyai fungsi penting lain yang tidak berkaitan dengan fungsi sebagai antioksidan, yaitu; fungsi struktural dalam memelihara integritas membran sel, sintesis DNA,

merangsang reaksi kekebalan, mencegah jantung koroner, mencegah keguguran dan sterilisasi, dan mencegah gangguan menstruasi.

Sumber utama vitamin E adalah minyak tumbuh – tumbuhan, terutama minyak kecambah gandum dan biji – bijian.

Penyakit kekurangan vitamin E pada manusia jarang terjadi, karena vitamin E terdapat banyak di dalam bahan makanan. Kekurangan biasanya terjadi karena adanya gangguan absorpsi lemak seperti pada cistis fibrosis dan gangguan transport lipida seperti beta-lipoproteinemia. Kekurangan vitamin E pada manusia menyebabkan hemolisis eritrosit, yang dapat diperbaiki dengan pemberian tambahan vitamin E. Akibat lain adalah sindroma neurologic, sehingga terjadi fungsi tidak normal pada susunan tulang belakang dan retina. Tanda – tandanya adalah kehilangan koordinasi dan reflex otot, serta gangguan penglihatan dan berbicara.

Penggunaan vitamin E secara berlebihan dapat menimbulkan keracunan. Namun akibatnya tidak terlalu merugikan seperti halnya dengan kelebihan vitamin A

### *Vitamin K*

Pada tahun 1935, Dam dari Denmark menemukan penyakit pendarahan parah pada ayam percobaan yang diberi makanan cukup zat gizi yang telah diketahui. Perbaikan terjadi setelah tepung ikan yang telah busuk. Faktor aktif yang dapat menyembuhkan itu dinamakan vitamin koagulation. Dengan bantuan Karre, seorang ahli kimia dari Swiss, pada tahun 1939 ia berhasil mengisolasi vitamin larut dalam lemak yang dinamakan vitamin K (dari koagulation).

Fungsi utama vitamin K adalah dalam pembekuan darah, walaupun mekanismenya belum diketahui dengan pasti.

Sumber utama vitamin K adalah hati, sayuran berwarna hijau, kacang buncis, kacang polong, kol dan brokoli. Semakin hijau daun –daunan semakin tinggi kandungan vitamin K nya. Bahan makanan lain yang mengandung vitamin K dalam jumlah lebih kecil adalah susu, daging, telur, dan buah – buahan.

Kekurangan vitamin K menyebabkan darah tidak dapat menggumpal, sehingga bila ada luka atau operasi terjadi pendarahan. Kekurangan vitamin K terjadi bila ada gangguan absorpsi lemak. Gangguan vitamin K bisa juga terjadi bila seseorang mendapat

antibiotika sedangkan tubuhnya kurang mendapat vitamin K dari makanan.

Kelebihan vitamin K hanya bisa terjadi bila vitamin K diberikan dalam bentuk berlebihan berupa vitamin K sintetik menadion. Gejala kelebihan vitamin K adalah hemolisis sel darah merah, sakit kuning (jaundice) dan kerusakan pada otak.

### **Vitamin Larut Dalam Air.**

Vitamin larut dalam air dikelompokkan menjadi vitamin C dan vitamin B kompleks. Vitamin B kompleks terdiri atas sepuluh faktor yang saling berkaitan fungsinya di dalam tubuh dan terdapat di dalam bahan makanan yang hampir sama. Fungsinya terkait dalam proses metabolisme sel hidup, baik pada tumbuh – tumbuhan maupun hewan sebagai koenzim atau kofaktor.

Vitamin yang larut dalam air mempunyai sifat – sifat, yaitu :

- Larut dalam air
- Simpanan sebagai kelebihan kebutuhan sangat sedikit
- Dikeluarkan melalui urin
- Gejala defisiensi sering terjadi dengan cepat
- Harus selalu ada dalam makanan sehari – hari
- Umumnya tidak mempunyai precursor
- Selain C, H, dan O mengandung N, kadang – kadang S dan Co
- Diabsorpsi melalui vena porta
- Dibutuhkan oleh organisme sederhana dan kompleks
- Bersifat toksik hanya pada dosis tinggi/megadosis.

### *Vitamin C*

Penyakit scurvy telah dikenal sejak abad ke 15, yaitu penyakit yang banyak diderita oleh para pelaut yang berlayar selama berbulan – bulan serta bertahan dengan makanan yang dikeringkan dan biscuit. Penyakit ini menyebabkan pucat, rasa lelah berkepanjangan diikuti oleh pendarahan gusi, pendarahan di bawah kulit, edema, dan akhirnya kematian.

Pada tahun 1750, Lind adalah seorang dokter dari Skotlandia menyatakan bahwa skorbut dapat dicegah dan diobati dengan memakan jeruk. Baru pada tahun 1932 Szent-Gyorgyi dan C. Glenn King berhasil mengisolasi zat antiskorbut dari jaringan adrenal, jeruk, dan kol yang dinamakan vitamin C. Zat ini kemudian berhasil disintesis pada tahun 1933 oleh Haworth dan Hirst sebagai asam askorbat.

Vitamin C mempunyai banyak fungsi di dalam tubuh, sebagai koenzim atau kofaktor. Yang berfungsi membantu sintesa kolagen, membantu absorpsi dan metabolisme zat besi, membantu absorpsi kalsium, mencegah infeksi, mencegah penyakit kanker dan jantung.

Vitamin C pada umumnya hanya terdapat di dalam pangan nabati, yaitu sayur dan buah terutama yang asam, seperti; jeruk, nenas, rambutan, papaya, dan tomat. Vitamin C juga banyak terdapat di dalam sayuran daun dan jenis kol.

Skorbut dalam bentuk berat sekarang jarang terjadi, karena sudah diketahui cara mencegah dan mengobatinya. Tanda awal antara lain lelah, napas pendek, kejang otot, otot dan persendian sakit, kurang nafsu makan, kulit menjadi kering, kasar, dan gatal, warna merah kebiruan di bawah kulit, pendarahan di gusi, kedudukan gigi menjadi longgar, mulut dan mata kering, dan rambut rontok. Disamping itu luka sukar sembuh, terjadi anemia, kadang – kadang jumlah sel darah putih menurun, serta depresi dan timbul gangguan saraf.

Kelebihan vitamin C yang berasal dari makanan tidak menimbulkan gejala. Tetapi konsumsi vitamin C berupa suplemen secara berlebihan setiap hari dapat menimbulkan hiperoksaluria dan resiko lebih tinggi terhadap batu ginjal. Dengan konsumsi 5 – 10 gram vitamin C hanya sedikit asam askorbat dikeluarkan melalui urin, yang berarti mempunyai kecenderungan pembentukan batu ginjal.

### *Vitamin B1 (Tiamin)*

Ada bermacam - macam vitamin B, namun dalam buku ini hanya akan dibicarakan vitamin B1 (tiamin).

Tiamin dalam bentuk koenzim Tiamin Pirofosfat (TPF) atau Trifosfat (TTF) memegang peranan esensial dalam transportasi energi, konduksi membran dan saraf serta dalam sintesis pentosa dan bentuk koenzim tereduksi dari niasin.

Pada abad ke 19 ditemukan penyakit beri – beri secara endemis di Jepang, Cina, dan Asia Tenggara. Takaki (1906) dari hasil pengamatannya menyimpulkan bahwa penyakit yang menyerang pelaut Jepang ini dapat dikurangi dengan menggantikan sebagian dari nasi putih yang dimakan, dengan roti yang terbuat dari gandum. Eykman (1897) di Batavia menyimpulkan bahwa ayam yang memakan sisa – sisa nasi putih dari penjara mengalami kelebihan berat. Funk (1911) kemudian berhasil mengisolasi faktor antiberi – beri dari dedak beras dan menamakannya vitamin. Jansen dan Donat (1926) di laboratorium Eykman berhasil mengisolasi bentuk Kristal tiamin dan melakukan uji coba pada berbagai burung. Struktur kimia dan sintesis tiamin untuk pertama kali berhasil dilakukan oleh Williams dan Cline pada tahun 1936.

Tiamin dalam bentuk TPF berfungsi sebagai koenzim berbagai reaksi metabolisme energi. Walaupun tiamin dibutuhkan dalam metabolisme lemak, protein, dan asam nukleat, namun peranan utamanya adalah dalam metabolisme karbohidrat.

Sumber utama tiamin adalah sereal tumbuk / setengah giling atau yang difortifikasi dengan tiamin. Di Indonesia sereal yang dimakan sebagai makanan pokok adalah beras. Sumber tiamin lain adalah kacang – kacangan, termasuk sayur kacang – kacangan, semua daging organ, daging tanpa lemak, unggas, ikan dan kuning telur.

Kekurangan tiamin dapat terjadi karena kurangnya konsumsi, gangguan absorpsi, ketidakmampuan tubuh menggunakan tiamin, ataupun karena meningkatnya kebutuhan misalnya karena kebutuhan energi yang meningkat. Kekurangan tiamin terlihat pada masyarakat miskin yang menderita gangguan gizi, pada penyakit kronis dan anoreksia (kurang nafsu makan), kecanduan alkohol kronis, dan gangguan absorpsi.

Gejala klinik kekurangan tiamin terutama menyangkut sistem saraf dan jantung, yang dalam keadaan berat dinamakan penyakit beri – beri. Penyakit beri – beri dapat disembuhkan dengan pemberian tiamin bila kerusakan belum terlalu parah. Gejala awal adalah nafsu makan berkurang, gangguan pencernaan, sukar ke belakang, lelah, rasa semutan, berdebar – debar dan refleks berkurang.

## **Pengelolaan vitamin**

Semua jenis makanan yang dikonsumsi manusia memiliki kontribusi di dalam penyediaan vitamin. Kontribusi suatu jenis makanan terhadap kandungan vitamin sehari – hari bergantung pada jumlah vitamin yang semula terdapat dalam makanan tersebut, jumlah yang rusak pada saat panen, penyimpanan, pemrosesan, dan pemasakan. Pada saat panen dan penyimpanan sejumlah vitamin akan hilang, bergantung pada suhu, penyingkapan terhadap udara dan matahari, dan lama penyimpanan. Semakin tinggi suhu, semakin lama tersingkap terhadap udara dan matahari, semakin lama disimpan, akan semakin banyak vitamin yang hilang.

Ada vitamin yang langsung didapat oleh manusia tanpa mengalami pemrosesan dan pemasakan sebelum dimakan, seperti vitamin yang bersumber dari buah-buahan segar. Adapula vitamin yang baru dapat digunakan oleh tubuh melalui tahap pemrosesan dan pemasakan sebelum dimakan. Pada tahap pemrosesan dan pemasakan banyak vitamin hilang bila menggunakan suhu tinggi, air perebus dibuang, permukaan makanan bersentuhan dengan udara dan menggunakan alkali. Vitamin yang terpengaruh dalam hal ini adalah yang rusak oleh panas, oksidasi, atau yang larut dalam air.

Pada tahap pemrosesan dan pemasakan. Kehilangan vitamin dalam pemasakan dapat dicegah dengan cara:

1. Menggunakan suhu tidak terlalu tinggi.
2. Waktu memasak tidak terlalu lama.
3. Menggunakan air pemasak sedikit mungkin.
4. Memotong dengan pisau tajam menjadi potongan yang tidak terlalu halus.
5. Dicuci terlebih dahulu baru dipotong-potong.
6. Panci memasak ditutup.
7. Sisa air perebus digunakan untuk masakan lain.

## **5. Air**

Tubuh dapat bertahan selama berminggu – minggu tanpa makanan, tetapi hanya beberapa hari tanpa air. Air atau cairan tubuh merupakan bagian utama tubuh, yaitu 55 – 60% dari berat badan orang dewasa atau 70% dari bagian tubuh tanpa lemak (lean body mass).

Angka ini lebih besar untuk anak – anak. Pada proses menua manusia kehilangan air. Kandungan air bayi pada waktu lahir 75% dari berat badan, sedangkan pada usia tua menjadi 50%. Kehilangan ini sebagian besar berupa kehilangan cairan ekstraselular.

Seorang yang mempunyai berat badan 70 kg mengandung kurang lebih 45 liter air, 30 liter diantaranya merupakan cairan intraseluler dan 15 liter cairan ekstraselular. Seperlima dari cairan ekstraselular (3 liter) adalah cairan intravaskular dan selebihnya (12 liter) cairan interselular (termasuk cairan serebrospinal, sekresi saluran cerna, cairan dalam mata dan telinga).

Cairan interseluler memasok bahan – bahan yang diperlukan setiap sel dan membawa keluar produk akhir hasil reaksi kimia yang terjadi di dalam setiap sel.

Air di dalam tubuh selain berfungsi sebagai zat pengatur yakni sebagai pelarut berbagai hasil pencernaan, sehingga berbagai zat yang diperlukan tubuh dapat diserap melalui dinding usus. Selain itu, air berfungsi dalam pengaturan panas tubuh, dengan jalan mengalirkan panas yang dihasilkan ke seluruh bagian tubuh. Air juga berfungsi sebagai katalisator dalam berbagai reaksi biologik dalam sel, termasuk di dalam saluran cerna. Fungsi lain air adalah sebagai pelumas di daerah persendian, sebagai fasilitator pertumbuhan yakni sebagai bagian jaringan tubuh yang diperlukan untuk pertumbuhan (berperan sebagai zat pembangun), dan air berfungsi sebagai peredam benturan yaitu air dalam mata, jaringan saraf tulang belakang, dan dalam kantung ketuban.

Sumber air adalah air minuman dan makanan. Sebagian besar buah dan sayur – sayuran mengandung sampai 95% air, sedangkan daging, ayam, dan ikan sampai 70 - 80%. Air juga dihasilkan di dalam tubuh sebagai hasil metabolisme energi.

## **6. Mineral**

Pada tubuh manusia terdiri atas mineral sekitar 4%, yang dalam analisa bahan makanan tertinggal sebagai kadar abu, yaitu sisa yang tertinggal bila suatu sampel bahan makanan dibakar sempurna di dalam suatu tungku (muffle furnace). Kadar abu ini menggambarkan banyaknya mineral yang tidak terbakar menjadi zat yang dapat menguap.

Mineral merupakan zat gizi yang cukup penting bagi tubuh manusia, sekitar 4% dari tubuh manusia terdiri atas mineral. Berdasarkan analisis tubuh manusia, ada dua kelompok besar mineral berdasarkan jumlahnya, yaitu :

- 1) Mineral makro, terdapat dalam jumlah besar dan diperlukan oleh tubuh dalam jumlah besar, yaitu lebih dari 100 mg sehari, seperti; Kalium (K), Natrium (N), Calsium (Ca) Magnesium (Mg), Phosphor (P), Sulfur (S), dan Chlorium (Cl). Mineral makro berfungsi sebagai bagian dari zat yang aktif dalam metabolisme atau sebagai bagian penting dari struktur sel dan jaringan. Ada pula yang memegang fungsinya di dalam cairan tubuh baik intra-selular maupun ekstraselular. K. Na. S dan Cl berfungsi dalam menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit, sedangkan Ca, Mg, dan P yang terdapat sebagai bagian penting dari struktur sel dan jaringan.
- 2) Mineral mikro, terdapat dalam jumlah yang relatif sedikit dan diperlukan kurang dari 100 mg sehari, seperti Ferrum; (Fe), Cuprum (Cu), Cobalt (Co), Selenium (Se), Yodium (J), dan Flour (F). Mineral mikro pada umumnya mempunyai fungsi yang berkaitan erat dengan kegiatan enzim, bahkan Jodium merupakan bagian dari struktur suatu hormon. Sejumlah besar enzim memerlukan mikro elemen dan trace elemen untuk dapat berfungsi secara maksimal.

### **Calsium**

Calsium merupakan bahan terbanyak pada tulang dan gigi, dan juga mempunyai peranan yang sangat penting dalam memacu aktivitas *neuromuskuler* (saraf-otot). Kemampuan memompa jantung dan paru-paru, gerakan tangan dan kaki, semuanya bergantung pada Calsium dan magnesium.

Melalui proses elektrokimia yang kompleks, Calsium memacu kontraksi otot, sedangkan magnesium menyebabkan otot mengendor.

### **Phosphor**

Phosphor berperan pada hampir semua kegiatan reaksi metabolisme, termasuk penggunaan karbohidrat, lemak, dan pro-

tein untuk pertumbuhan, serta memelihara dan memperbaiki sel-sel.

## **Magnesium**

Magnesium mudah terbawa oleh keringat pada waktu latihan olahraga. Keluarnya magnesium dari badan menyebabkan rasa lelah, meskipun pada atlet yang kondisinya baik sekali. Kekurangan magnesium dapat menyebabkan *spasme* otot, kejang dan *tremor*.

## **Natrium dan kalium**

Kedua mineral ini penting dalam menciptakan keseimbangan *elektrokimia* di luar dan di dalam sel yang memungkinkan terjadinya *transmisi* dari impuls sistem saraf. Aktivitas otot sangat bergantung pada keseimbangan yang baik. Kekurangan mineral ini dapat menyebabkan kejang-kejang, dan melemahkan aktivitas otot.

## **Zat besi**

Zat besi adalah komponen hemoglobin yang esensial. Hemoglobin terdapat dalam butir darah merah dan berfungsi sebagai pengangkut oksigen ke jaringan-jaringan. Zat besi juga merupakan bagian dari mioglobin, suatu substansi yang terdapat di otot-otot yang menyimpan oksigen untuk reaksi kimia yang terjadi pada kontraksi otot. Zat besi penting untuk semua atlet dalam olahraga daya tahan. Gejala kekurangan zat besi adalah cepat lelah dan lambat masa pemulihannya. Zat besi mudah hilang melalui keringat. Kopi dan teh, yang biasanya diminum setelah selesai makan, ternyata mengurangi absorpsi zat besi.

Pemasukan tablet besi secara berlebihan seringkali menimbulkan komplikasi atau kadang-kadang murus (diare). Lagi pula pemasukan zat besi secara berlebihan dalam waktu lama akan menyebabkan penimbunan zat besi secara abnormal dan merugikan di dalam hati dan berbagai organ lain.

## **BAB III**

### **RENTAN GIZI**

#### **Masalah Gizi di Indonesia**

**P**ermasalahan gizi merupakan gangguan kesehatan yang berkaitan dengan kesejahteraan seseorang, kelompok orang atau masyarakat sebagai akibat adanya ketidakseimbangan antara asupan (*intake*) dengan kebutuhan tubuh akan makanan dan pengaruh interaksi penyakit (infeksi). Ketidakseimbangan ini bisa mengakibatkan gizi kurang maupun gizi lebih.

Saat ini, kondisi gizi masyarakat dunia menunjukkan dua kondisi yang ekstrem. Mulai dari kelaparan sampai pola makan yang mengikuti gaya hidup yaitu rendah serat dan tinggi kalori, serta kondisi kurus dan pendek sampai kegemukan. Hal yang sama juga terjadi di Indonesia. Saat sebagian besar bangsa Indonesia masih menderita kekurangan gizi terutama pada ibu, bayi dan anak secara bersamaan timbul masalah gizi lain yaitu gizi lebih yang berdampak pada obesitas. Hal ini akan menghambat laju pembangunan, karena status gizi suatu masyarakat berperan penting terhadap kualitas sumber daya manusia, dan daya saing bangsa. Kemiskinan menjadi faktor utama penyebab kekurangan gizi.

Konsumsi makanan yang beragam, bergizi seimbang dan aman dapat memenuhi kecukupan gizi individu untuk tumbuh dan berkembang. Gizi pada ibu hamil sangat berpengaruh pada perkembangan otak janin, sejak dari minggu keempat pembuahan sampai lahir dan hingga anak berusia 3 tahun (*golden age*).

Data riset kesehatan dasar (*riskesdas*) tahun 2010 menunjukkan bahwa rata-rata asupan kalori dan protein anak balita Indonesia masih di bawah Angka Kecukupan Gizi (AKG). Sekitar sepertiga anak masih mengalami status gizi pendek (termasuk sangat pendek) dan seperenam anak balita masih mengalami gizi kurang (termasuk gizi buruk). Akibatnya tinggi badan rata-rata balita Indonesia lebih pendek daripada standar rujukan WHO 2005 dan mempunyai risiko kehilangan tingkat kecerdasan.

Gizi buruk pada anak masih menjadi masalah di Indonesia, bahkan sampai 2011 ada sekitar satu juta anak yang mengalami gizi buruk diantara 240 juta penduduk Indonesia. Kasus tersebut mayoritas berada di daerah timur Indonesia, seperti di Nusa Tenggara Timur dan Maluku. Salah satu faktor penyebabnya adalah letak geografis yang jauh dari fasilitas kesehatan. Penyebab lainnya adalah faktor perilaku, seperti pengolahan pangan yang tidak benar, hal ini akibat faktor pendidikan yang rendah di masyarakat.

### **Pengertian Rentan Gizi**

Rentan gizi yang dimaksud disini adalah mudah menderita akibat kelainan gizi. Kelompok rentan gizi adalah kelompok masyarakat yang paling mudah menderita kelainan gizi, bila suatu masyarakat terkena kekurangan penyediaan bahan makanan. Pada umumnya kelompok ini berhubungan dengan proses pertumbuhan yang relatif pesat, yang memerlukan zat – zat gizi dalam jumlah relatif besar.

Kelompok – kelompok rentan gizi adalah :

1. Kelompok bayi (0 – 1 tahun)
2. Kelompok balita (1 – 5 tahun)
3. Kelompok anak – anak (6 – 13 tahun)
4. Kelompok remaja (14 – 20 tahun)
5. Kelompok ibu hamil dan menyusui
6. Kelompok manusia usia lanjut (manula)

#### *1. Kelompok bayi (0 – 1 tahun)*

Kebutuhan gizi pada bayi sangat tinggi, bila dinyatakan dalam satuan berat badan, karena bayi sedang ada dalam periode pertumbuhan yang sangat pesat. Bayi sehat yang dilahirkan dengan berat badan cukup sekitar 2,5 – 3,5 kg akan mencapai kelipatan berat badannya dalam waktu enam bulan.

Kebutuhan bayi akan energi adalah 100 – 110 kalori/kg berat badan sehari dan kebutuhannya akan protein adalah 3 – 4 gram/kg berat badan sehari.

Untuk pertumbuhan tulang kerangka, kebutuhan Ca dan P harus sangat diperhatikan. Di daerah tropik dimana sinar matahari cukup

berlimpah, kebutuhan vitamin D bagi pertumbuhan bayi tidak masalah, asal bayi tersebut cukup terkena sinar matahari.

Pada saat dilahirkan bayi tidak cukup dibekali vitamin A dan vitamin K sehingga harus diberi kedua vitamin tersebut sejak umur dini postnatal. Disamping itu unsur Fe juga cepat menyusut.

Derajat penguapan cairan badan bayi relatif tinggi sehingga pemberian air pada bayi harus diperhatikan. Makanan bayi alamiah adalah ASI (air susu ibu). Air susu ibu tidak pernah sama dengan susu buatan pabrik. Salah satu sifat yang tidak terdapat pada susu kaleng adalah adanya kandungan immunoglobulin yang memberi daya tahan kepada bayi, yang berasal dari ibunya.

## *2. Kelompok balita (1 – 5 tahun)*

Balita merupakan kelompok yang mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, memerlukan zat gizi yang sangat tinggi per kg berat badannya. Balita merupakan kelompok yang paling sering menderita akibat kekurangan gizi (KKP).

Di Indonesia kelompok balita menunjukkan angka paling tinggi untuk penyakit KKP dan defisiensi vitamin A serta anemia defisiensi Fe. Kelompok balita ini sulit dijangkau oleh beberapa upaya kegiatan perbaikan gizi dan kesehatan lainnya, karena tidak dapat datang sendiri ke tempat berkumpul yang ditentukan tanpa diantar.

Perbaikan gizi kelompok balita dicoba dijangkau melalui Taman Balita dengan program pemberian makanan tambahan (PMT) dan usaha perbaikan gizi keluarga (UPGK). Di Taman Balita diadakan upaya rehabilitasi para penderita KKP dan melatih para ibu dan mereka yang bertanggung jawab atas pengurusan Balita di dalam keluarga.

## *3. Kelompok anak – anak (6 – 13 tahun)*

Kelompok anak-anak pada umumnya memiliki keadaan gizi yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok balita, karena kelompok anak – anak ini sudah mudah dijangkau oleh berbagai upaya perbaikan gizi yang dilakukan oleh pemerintah melalui Usaha Kesehatan Sekolah (UKS), maupun oleh pihak swasta berupa program suplementasi makanan tambahan yang dilaksanakan di sekolah (karena kelompok anak – anak umumnya sekolah).

Kelompok anak – anak sekolah pada umumnya kurang vitamin C, kurang mineral Fe dan di daerah tertentu di Indonesia kekurangan yodium.

#### *4. Kelompok Remaja*

Kelompok remaja menunjukkan fase pertumbuhan yang pesat, sehingga memerlukan zat gizi yang relatif besar jumlahnya. Pada remaja laki – laki kegiatan jasmaniah sangat meningkat, karena biasanya pada umur inilah perhatian untuk aktif bergerak sedang tinggi – tingginya.

Pada remaja putri mulai terjadi menarche dan mensis disertai pembuangan sejumlah Fe. Remaja putri kelompok ini sering sangat sadar akan bentuk badannya, sehingga banyak yang membatasi konsumsi makanannya. Oleh karena itu bimbingan dan penyuluhan gizi yang benar dan jelas sangat diperlukan. Terutama penyuluhan yang dikaitkan dengan bentuk tubuh atau kecantikan akan sangat menarik perhatian para remaja putri, sedangkan para remaja laki – laki akan lebih tertarik bila penyuluhan gizi ini dikaitkan dengan prestasi berbagai jenis olahraga.

#### *5. Kelompok ibu hamil*

Ibu yang sedang hamil berkaitan dengan bayi yang dikandungnya. Untuk mendukung proses pertumbuhan bayi diperlukan energi yang besar, kebutuhan energi meningkat sekitar 300 – 350 kalori terutama pada pertengahan kedua pada kehamilan.

Peningkatan metabolisme berbagai zat gizi membutuhkan pula peningkatan kebutuhan suplai vitamin, terutama thiamin dan riboflavin serta vitamin A dan vitamin D, serta vitamin yang mendukung hemopoiesis seperti asam folat dan vitamin B12. Disamping itu kebutuhan akan mineral Ca dan Fe juga meningkat.

Pengeluaran ASI rata – rata 800 – 850 ml sehari dan mengandung kalori 60 – 65 kalori, protein 1 – 1,2 gram, dan lemak 2,5 – 3,5 gram setiap 100 ml-nya. Berbagai komponen tersebut diambil dari tubuh ibu, dan harus digantikan dari suplai makanan ibu. Sampai batas waktu tertentu, kebutuhan anak diambil dari tubuh ibunya, tidak memperhatikan apakah ibunya sendiri mempunyai persediaan gizi yang cukup atau tidak.

Khusus untuk protein, meskipun konsumsi ibu tidak mencukupi, ASI tetap akan memberikan jatah yang diperlukan oleh anaknya, yang diambil dengan mengorbankan jaringan ibunya,

Bila cadangan Ca ibunya berkurang, Ca akan diambil dari cadangan Ca jaringan ibunya, sehingga berakibat terjadi osteoporosis dan kerusakan gigi pada ibu.

#### 6. Kelompok manusia usia lanjut (manula)

Manula dimasukkan ke dalam kelompok rentan gizi, meskipun tidak ada hubungannya dengan pertumbuhan, bahkan sebaliknya sudah terjadi degenerasi jaringan dan sel – selnya. Timbulnya kerentanan terhadap gizi disebabkan kondisi fisik, baik anatomis maupun fungsionalnya.

Pada manula kebutuhan akan energi sudah menurun. Ada baiknya bila manula dijaga jangan sampai menjadi gemuk, karena akan lebih mudah menderita berbagai kelainan seperti: *diabetes mellitus*, *cardiovascular diseases*, dan kanker.

### Terapi Penyakit Gizi

Sebagian besar kasus penyakit gizi di Indonesia merupakan penyakit defisiensi, terutama penyakit KKP dan defisiensi vitamin. Terapi defisiensi vitamin sebaiknya diberikan vitamin B kompleks, karena defisiensi gizi biasanya bersifat multiple. Di samping vitamin B kompleks diberikan vitamin yang khusus sesuai indikasi medis berdasar pada gejala – gejalanya.

Perbaikan terhadap pola konsumsi merupakan suatu keharusan untuk memenuhi kebutuhan gizi seimbang. Dalam memberikan nasihat perbaikan menu tertentu, harus dalam batas – batas kesanggupan daya beli keluarga penderita. Sering nasihat perbaikan menu tidak dapat dilaksanakan karena daya beli penderita sangat minim, sehingga tidak sanggup membeli bahan makanan yang dianjurkan.

Harus pula dijelaskan, perbaikan kondisi defisiensi memerlukan waktu, jadi harus bersabar dalam menanti hasilnya.

Pada kondisi obesitas terapi harus dirancang lebih teliti dan lebih bersabar. Pada dasarnya obesitas terjadi karena input energi melebihi outputnya, dan kelebihan energi itu disimpan di dalam tubuh sebagai

lemak. Maka terapi ditujukan untuk memperkecil input energi harus dikurangi dan pembakaran energi harus ditingkatkan melalui olahraga. Banyak faktor ikut berpengaruh dalam kondisi obesitas, sehingga penanganannya harus dirancang secara menyeluruh. Pola konsumsi pangan harus diubah dan diadaptasi menjadi pola konsumsi permanen, tidak berupa diet yang mungkin dianggap dapat dihentikan bila penurunan berat badan telah dicapai.

Dalam pelaksanaan, terapi obesitas ternyata tidak semudah itu, karena banyak faktor tambahan yang mendukung terjadinya obesitas. Kalau faktor tambahan ini tidak diperbaiki dan termasuk dalam pertimbangan upaya terapi, maka cenderung upaya tersebut tidak memberikan hasil yang diharapkan.

Motivasi untuk menurunkan berat badan, kesabaran dan ketekunan melaksanakan upaya pengurusan, kondisi kejiwaan, kondisi gaya hidup keluarga, dan lain – lain merupakan faktor tambahan yang sering menghambat keberhasilan dalam upaya penurunan berat badan tersebut. Pada defisiensi skunder harus dicari faktor penyebabnya dan harus pula ditanggulangi, disamping energi langsung terhadap gejala – gejala defisiensi yang menonjol itu. Infeksi memberikan kenaikan suhu yang berarti ekpenditure energi meningkat, sehingga meningkatkan kebutuhan berbagai zat gizi.

Terapi diet diberikan dengan susunan hidangan yang khusus, sesuai dengan jenis penyakitnya. Disamping itu penderita juga harus disiplin terhadap waktu konsultasi yang telah disepakati dengan dokter.

### **Konsumsi perorangan**

Konsumsi perorangan dapat dipelajari dengan tiga metode, yaitu: metode recall, metode menimbang, dan metode inventaris. Metode mana yang akan dipergunakan tergantung pada tujuan, ketelitian, dan obyek yang akan diteliti. Disamping itu; dana, tenaga, dan waktu yang tersedia juga menjadi pertimbangan dalam memilih metode.

#### *Metode recall*

Metode ini adalah metode wawancara, dimana pewawancara menanyakan apa yang telah dikonsumsi oleh responden. Biasanya dipergunakan recall tiga hari berturut – turut, yaitu menanyakan

semua makanan yang dikonsumsi responden selama tiga hari berturut – turut.

Wawancara dilakukan dengan suatu daftar pertanyaan atau kuesioner yang telah dipersiapkan lebih dahulu. Pewawancara mengajukan pertanyaan, dan langsung dijawab oleh responden. Sebaiknya responden dibiarkan menjawab sendiri tanpa dipengaruhi oleh orang lain, meskipun demikian wawancara harus berusaha agar responden tidak memberikan jawaban terlalu panjang dan menyimpang.

Daftar pertanyaan yang disusun dan harus dicoba terlebih dahulu sebelum penelitian yang sebenarnya dimulai, hal ini untuk melihat kesulitan dan kekurangan yang mungkin akan dijumpai pada penggunaannya. Percobaan dilakukan dengan sejumlah responden yang setaraf dengan responden sebenarnya, tetapi tidak termasuk di dalam kelompok yang akan diteliti.

Pertanyaan dan pencatatan jawabnya dilakukan untuk hari kemarin, dua hari yang lalu dan tiga hari yang lalu. Akan lebih baik lagi jika responden dapat memperlihatkan setiap contoh makanan yang telah dikonsumsinya, baik jenis maupun jumlah porsinya.

Hasil penelitian wawancara kemudian diolah, dikembalikan kepada bentuk bahan mentah dan dihitung zat – zat gizinya. Jumlah masing – masing zat gizi dijumlahkan dan dihitung rata – rata konsumsi setiap harinya.

#### *Metode menimbang*

Pada metode ini peneliti mengunjungi responden siang hari untuk selama beberapa hari berturut – turut untuk menimbang semua bahan makanan yang akan dikonsumsi oleh responden. Akan lebih baik bila penimbangan dilakukan pada bahan makanan yang telah dimasak. Metode ini akan berguna untuk meneliti konsumsi seluruh keluarga sekaligus.

#### *Metode inventaris*

Pada metode ini responden dibekali buku catatan, dan setiap makanan yang dikonsumsi langsung dicatat di dalam buku, baik macam, jumlah, tempat, dan waktu makannya. Pencatatan dilakukan beberapa waktu (seminggu atau sebulan).

Pada akhir penilaian buku catatan diserahkan kepada peneliti untuk dianalisa. Untuk mengetahui variasi harian dalam satu minggu atau satu bulannya.

Penelitian konsumsi perorangan dapat dilakukan mengenai seluruh konsumsi zat – zat gizi, tetapi dapat pula dilakukan parsial terhadap konsumsi zat gizi tertentu. Kalau diambil sejumlah responden sekaligus dalam satu wilayah, maka hasil penelitian perorangan dapat memberikan data konsumsi di wilayah bersangkutan.

Hasil perhitungan dan analisa berbagai zat gizi dapat dilakukan penilaian apakah pola konsumsi yang didapat mencukupi atau tidak.

## **BAB IV**

### **POLA PENYAJIAN MAKANAN**

#### **Pola Makanan di Dunia**

**P**ola makanan di dunia berubah sesuai dengan perkembangan ekonomi dan industrialisasi. Manusia purba terutama hidup dari tumbuh – tumbuhan. Sejak ditemukannya alat untuk berburu, manusia kemudian belajar memakan makanan hewani. Penemuan api sekitar 300.000 tahun yang lalu, diikuti penemuan bahwa memasak makanan akan mempermudah pencernaannya dan merusak sebagian besar berbagai bahan racun yang terkandung di dalamnya.

Sepuluh ribu tahun yang lalu manusia membudidayakan hewan dan tumbuh – tumbuhan. Pembudidayaan tumbuh – tumbuhan menghasilkan dua golongan sistem pertanian, yaitu pertanian jenis padi – padian, dan pertanian jenis umbi – umbian. Oleh karena itu saat ini telah berkembang pola pangan di berbagai belahan dunia yang didasarkan atas makanan pokok gandum, beras, jagung, dan sebagainya. Makanan pokok ini merupakan sumber energi, tetapi kekurangan kandungan protein dan vitaminnya, terutaman umbi – umbian, sehingga bila tidak disertai memakan makanan sumber protein dan vitamin akan menimbulkan penyakit defisiensi gizi.

Perdagangan, peperangan, dan migrasi menyebabkan penyebarluasan makanan dari bagian yang satu ke bagian yang lainnya di dunia. Jagung, kentang, dan singkong disebarkan dari Amerika, sedangkan beras dari Asia, sehingga hal ini banyak berpengaruh terhadap pola makan di dunia.

Pembudidayaan hewan seperti sapi dan ternak lainnya lebih cepat berkembang di daerah empat musim. Hal ini kemungkinan disebabkan penduduk di daerah itu secara naluri merasakan kebutuhannya untuk memakan lebih banyak lemak yang terdapat pada hewan, untuk menjaga diri agar tetap hangat di musim dingin. Peternakan domba atau biri – biri memberi hasil samping berupa

wol. Oleh karena itu pola pangan di daerah empat musim disamping makanan pokok, mengandung lebih banyak unsur makanan berasal dari hewan seperti; daging, telur, dan susu dari pada pola pangan di daerah tropis. Akibatnya penduduk di daerah tropis seperti di Afrika, Amerika Selatan, dan Asia lebih banyak menderita kekurangan protein (salah satu alasan mengapa penduduk di Negara – Negara tropis umumnya lebih pendek daripada penduduk di daerah empat musim).

Saat ini pengaruh industrialisasi membawa banyak perubahan pada pola pangan berbagai penduduk di dunia. Penduduk daerah industri tidak lagi mengandalkan pada makanan yang dihasilkan sendiri sebagai usaha tani, akan tetapi pada penghasilan dan makanan yang diolah secara industri. Pola pangan berangsur berubah, menjadi makanan beraneka ragam. Makanan pokok tidak menjadi hal yang utama. Daging, ayam, ikan, susu, sayuran dan buah – buahan menjadi bagian yang tak terpisahkan dari makanan sehari – hari. Perkembangan teknologi pangan menyebabkan berbagai pangan diperoleh sepanjang musim, melalui teknik pengeringan, pengalengan, pendinginan, dan radiasi.

### **Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS)**

Pada awalnya Gizi Seimbang berkembang di Amerika Serikat seiring dengan perkembangan ilmu gizi. Pada tahun 1930, USDA (*United States Department of Agriculture*) atau Departemen Pertanian Amerika menyusun *food guide* dengan 12 kelompok makanan, kemudian sekitar tahun 1940 diperkecil menjadi 7 kelompok makanan, dan tahun 1956 menjadi 4 kelompok yang dikenal sebagai *Basic Four Food Guide*.

Di Amerika Serikat pola makanan masyarakatnya terus mengalami perubahan, hasil riset pada tahun 1970 menunjukkan bahwa pola makan penduduk Amerika cenderung mengarah kepada makanan yang tinggi lemak jenuh, tinggi kolesterol, tinggi garam yang dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit degeneratif. Pendekatan pendidikan gizi dengan *Basic Four* dianggap kurang relevan dengan perubahan pola makan masyarakat Amerika pada saat itu. Oleh karena itu, USDA memodifikasi *Basic Four* menjadi *Food Pyramid* (Piramida Makanan).

Pedoman piramida makanan bukan resep kaku sehingga penggunaannya bisa disesuaikan dengan gaya hidup dan pilihan jenis

makanan dan bisa digunakan oleh pria, wanita, tua dan muda, mulai usia 2 tahun. Bahan pangan apapun termasuk dalam salah satu kelompok dalam piramida makanan. Piramida makanan tersusun dari 5 kelompok makanan yang tersusun pada tiga tingkat piramida. Kelompok makanan ini kaya nutrisi termasuk fitonutrien. Masing-masing kelompok makanan diperlukan oleh tubuh dan tidak bisa saling menggantikan. Misalnya susu kaya akan kalsium dan vitamin B12 tetapi tidak mengandung vitamin C, sedangkan jeruk mengandung vitamin C, asam folat dan fitonutrien (flavonon) tetapi tidak mengandung kalsium dan folat.

Pada piramida makanan mengandung tiga pesan mengenai makan yang sehat yaitu keberagaman, keseimbangan dan kewajaran (tidak berlebihan). Mengkonsumsi makanan yang beragam meliputi sayuran, buah-buahan dan sereal untuk memperoleh nutrisi. Tidak ada satu makanan yang dapat mensuplai semua kebutuhan nutrisi, serat dan zat lain. Makan makanan beragam juga dapat meningkatkan citarasa dan kenikmatan makan.

*Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS)* yang dikeluarkan oleh Direktorat Gizi Departemen Kesehatan pada tahun 1995, merupakan alat penyuluhan pangan dan gizi kepada masyarakat luas dalam rangka memasyarakatkan gizi seimbang. Pedoman ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu rekomendasi Konferensi Gizi Internasional di Roma pada tahun 1992 menyarankan untuk mencapai dan memelihara kesehatan dan kesejahteraan gizi (nutritional well-being) semua penduduk harus sehat sebagai prasyarat pembangunan Sumber Daya Manusia di Indonesia. PUGS merupakan penjabaran lebih lanjut dari pedoman 4 sehat 5 sempurna yang memuat pesan – pesan yang berkaitan dengan pencegahan baik masalah gizi kurang, maupun masalah gizi lebih yang selama 20 tahun terakhir telah mulai di Indonesia.

Dalam PUGS susunan makanan yang dianjurkan adalah yang menjamin keseimbangan zat – zat gizi. Hal ini dapat dicapai dengan mengkonsumsi beraneka macam makanan tiap hari. Tiap makanan dapat saling melengkapi dalam zat – zat gizi yang dikandungnya. Pengelompokan bahan makanan disederhanakan, yaitu didasarkan pada tiga fungsi utama zat – zat gizi, yaitu sebagai; 1) sebagai energi/tenaga, 2) sumber zat pembangun, dan 3) sumber zat pengatur. Untuk mencapai gizi seimbang hendaknya susunan makanan sehari terdiri dari ketiga campuran kelompok bahan makanan tersebut.

PUGS memuat tiga belas pesan dasar yang diharapkan dapat digunakan masyarakat luas sebagai pedoman praktis untuk mengatur makanan sehari – hari yang seimbang dan aman guna mencapai dan mempertahankan status gizi dan kesehatan yang optimal. Ketiga belas pesan dasar tersebut adalah;

1. Makan aneka ragam makanan.
2. Makan makanan untuk memenuhi kebutuhan energi.
3. Makan makanan dengan sumber karbohidrat, setengah dari kebutuhan energi.
4. Batasi konsumsi lemak dan minyak sampai seperempat dari kebutuhan energi.
5. Gunakan garam beryodium.
6. Makan makanan yang mengandung sumber zat besi.
7. Berikan ASI saja kepada bayi sampai umur 4 bulan.
8. Biasakan makan pagi (sarapan)
9. Minum air bersih, aman yang cukup jumlahnya.
10. Lakukan kegiatan fisik atau olahraga secara teratur.
11. Hindari minum minuman beralkohol.
12. Makan makanan yang aman bagi kesehatan.
13. Baca label pada makanan yang dikemas.

Masing-masing pesan dari pedoman gizi seimbang di atas dapat diuraikan, seperti berikut:

### **1. Makan aneka ragam makanan.**

Pada dasarnya setiap orang perlu mengkonsumsi aneka ragam makanan; kecuali bayi umur 0-6 bulan yang cukup mengkonsumsi Air Susu Ibu (ASI) saja. Bagi bayi 0-6 bulan, ASI adalah satu-satunya makanan tunggal yang penting dalam proses tumbuh kembang dirinya secara wajar dan sehat.

Memakan makanan yang beraneka ragam sangat bermanfaat bagi kesehatan karena dapat mencukupi kebutuhan gizi yaitu terpenuhinya kecukupan sumber zat tenaga, zat pembangun dan zat pengatur. Berbagai jenis bahan makanan mempunyai kandungan gizi masing-masing. Jika terjadi kekurangan atas kelengkapan salah satu

zat gizi tertentu pada satu jenis makanan, akan dilengkapi oleh zat gizi serupa dari makanan yang lain. Misalnya beberapa makanan mengandung tinggi karbohidrat tetapi kurang vitamin dan mineral. Sedangkan beberapa makanan lain kaya vitamin tetapi miskin karbohidrat. Sehingga, untuk mencapai masukan zat gizi yang seimbang tidak mungkin dipenuhi hanya oleh satu jenis bahan makanan, melainkan harus terdiri dari aneka ragam bahan makanan. Masing-masing bahan makanan akan saling memenuhi kebutuhan akan zat gizi.

Pada penerapan prinsip penganekeagaman yang minimal adalah menyediakan hidangan sehari-hari yang berasal dari satu jenis makanan sumber zat tenaga (beras, jagung, gandum), satu jenis makanan sumber zat pembangun (tempe, telur, ikan) dan satu jenis makanan sumber zat pengatur (sayur, buah). Idealnya adalah jika setiap kali makan siang dan makan malam, hidangan tersebut terdiri dari 4 kelompok makanan (makanan pokok, lauk pauk, sayur dan buah). Dengan makanan yang seimbang dan serat yang cukup (25 - 35 gram/hari) dapat mencegah atau memperkecil kemungkinan terjadinya penyakit degeneratif seperti jantung koroner, darah tinggi, diabetes melitus, dan sebagainya.

## **2. Makan makanan untuk memenuhi kebutuhan energi**

Apabila kecukupan energinya terpenuhi. Seseorang dapat menjalankan aktivitasnya seperti bekerja, belajar, berpikir berolahraga karena mempunyai energi. Energi ini didapatkan dari makanan khususnya dari karbohidrat, protein dan lemak. Jumlah makanan yang dimakan harus cukup, jika berlebihan akan menambah berat badan sehingga meningkatkan resiko penyakit jantung, stroke dan lainnya. Jika kurang, seseorang akan kekurangan energi sehingga menjadi lemas atau kurang bersemangat dan dapat menurunkan produktivitas kerja.

Kelebihan energi dapat mengakibatkan kenaikan berat badan. Energi yang berlebih disimpan sebagai cadangan di dalam tubuh berbentuk lemak atau jaringan lain. Apabila keadaan ini berlanjut akan menyebabkan kegemukan, yang biasanya disertai berbagai gangguan kesehatan. Tetapi apabila konsumsi energi kurang, maka cadangan energi dalam tubuh yang berada dalam jaringan otot/lemak akan digunakan untuk menutupi kekurangan tersebut. Apabila hal ini berlanjut, maka dapat menurunkan daya kerja, prestasi belajar

dan kreativitas. Kemudian diikuti oleh menurunnya produktivitas kerja, merosotnya prestasi belajar, prestasi olah raga, dan lain-lain.

### **3. Makan makanan dengan sumber karbohidrat setengah dari kebutuhan energi.**

Makanan pokok sebagai sumber karbohidrat akan menimbulkan rasa kenyang. Rasa kenyang akan terasa lebih lama jika mengkonsumsi bahan makanan sejenis padi-padian ataupun umbi-umbian dibandingkan mengkonsumsi gula, karena karbohidrat sederhana dalam gula langsung dapat diserap dan digunakan tubuh sebagai energi.

Makanan sumber karbohidrat kompleks merupakan sumber energi utama bagi masyarakat Indonesia, seperti nasi, jagung, ubi atau sagu. Tetapi karbohidrat kurang memberikan zat gizi lain yang diperlukan tubuh. Oleh karena makanan sumber karbohidrat ini harus dibatasi konsumsinya sekitar 50-60% dari kebutuhan energi. Dengan demikian, kekurangan zat gizi yang lain dapat dipenuhi dari sumber zat pembangun dan pengatur. Apabila energi yang diperoleh dari makanan sumber karbohidrat kompleks melebihi 60%, maka kebutuhan protein, vitamin dan mineral sulit dipenuhi.

### **4. Batasi konsumsi lemak dan minyak sampai seperempat dari kebutuhan energi.**

Lemak dan minyak yang terdapat di dalam makanan berguna untuk meningkatkan jumlah energi, membantu penyerapan vitamin-vitamin A, D, E, dan K, serta menambah lezatnya hidangan. Konsumsi lemak dan minyak dalam makanan sehari-hari sebaiknya 15 – 25% dari kebutuhan energi. Potensi lemak dan minyak sebagai sumber energi terhitung lebih tinggi daripada karbohidrat dan protein. Tiap gram lemak menghasilkan 9 kalori, sedangkan karbohidrat dan protein masing-masing hanya 4 kalori.

Masyarakat perkotaan di Indonesia pada umumnya mengkonsumsi lemak/minyak lebih tinggi daripada masyarakat pedesaan. Kebiasaan mengkonsumsi lemak hewani yang berlebihan dapat menyebabkan penyempitan pembuluh darah arteri dan penyakit jantung koroner. Membiasakan makan ikan dapat mengurangi risiko penyakit jantung koroner, karena lemak ikan mengandung asam lemak *omega* 3 yang berperan mencegah terjadinya penyumbatan lemak pada dinding pembuluh darah.

Konsumsi lemak yang dianjurkan adalah dua bagian makanan mengandung sumber lemak nabati, dan satu bagian mengandung sumber lemak hewani.

## **5. Gunakan garam beryodium**

Garam beryodium adalah garam yang telah diperkaya dengan  $KIO_3$  (kalium iodat) sebanyak 30-80 ppm atau 30 mg dalam 1 kg garam. Sesuai Keppres No. 69 tahun 1994, semua garam yang beredar di Indonesia harus mengandung yodium. Kebijakan ini berkaitan erat dengan masih tingginya kejadian gangguan kesehatan akibat kekurangan yodium. Kekurangan yodium dapat menyebabkan penyakit gondok dan kretin (kerdil) serta dapat menurunkan tingkat kecerdasan seseorang.

Kelebihan konsumsi garam beryodium pun dapat memicu timbulnya penyakit tekanan darah tinggi, karena terkandung natrium di dalamnya. Tekanan darah tinggi merupakan faktor risiko terjadinya stroke, yaitu pecahnya pembuluh darah otak. Oleh karena itu, anjuran konsumsi garam tidak lebih dari 6 gram atau  $2\frac{1}{2}$  % gram tiap 1.000 kalori, atau satu sendok teh setiap hari.

## **6. Makan makanan yang mengandung sumber zat besi**

Zat besi (Fe) merupakan salah satu unsur pembentuk dari *sel darah merah (eritrosit)* yang bertanggung jawab pada transport oksigen dan karbondioksida. Kekurangan zat besi dapat menimbulkan *anemia gizi besi* atau dikenal dengan *penyakit kurang darah*.

Sumber utama Fe adalah bahan pangan hewani dan kacang-kacangan serta sayuran berwarna hijau tua. Fe yang berasal dari hewani (*heme*) lebih mudah diserap dari pada Fe yang berasal dari nabati (*non heme*), sumber Fe nabati hanya diserap 1-2%, sedangkan tingkat penyerapan Fe hewani mencapai 10-20%.

Kebutuhan zat besi pada wanita lebih tinggi dibanding kelompok lain karena berbagai fungsi kodratinya seperti haid, hamil, melahirkan dan menyusui sehingga lebih rawan mengalami anemia gizi besi (AGB).

Anemia Gizi Besi (AGB) dapat mengakibatkan gangguan kesehatan dari tingkat ringan sampai berat. Anemia pada ibu hamil akan menambah risiko: mendapatkan Bayi Berat Lahir Rendah

(BBLR), risiko pendarahan sebelum dan pada saat persalinan, dan bahkan dapat menyebabkan kematian ibu dan bayinya, jika ibu hamil tersebut menderita anemia berat. Anemia sedang dan ringan dapat menimbulkan gejala lesu, lelah, pusing, pucat dan penglihatan sering berkunang-kunang. Bila terjadi pada anak sekolah, anemia gizi akan mengurangi kemampuan belajar, sedangkan pada orang dewasa akan menurunkan produktivitas kerja.

### **7. Berikan ASI saja kepada bayi sampai umur 4 bulan.**

Air Susu Ibu (ASI) adalah makanan terbaik untuk bayi. Komposisi gizi dalam ASI sangat lengkap dan dapat memenuhi kebutuhan bayi untuk tumbuh sehat. Selain itu efek psikologis yang ditimbulkan baik terhadap bayi maupun ibunya. ASI harus diberikan kepada bayi segera setelah dilahirkan (sekitar 30 menit setelah lahir) karena kandungan kolostrum yang mengandung zat kekebalan dan vitamin A tinggi.

Pada usia 0-4 bulan, bayi hanya diberi ASI saja, karena produksi ASI pada periode tersebut sudah menjadi kebutuhan bayi untuk tumbuh kembang yang sehat. Pemberian makanan selain ASI sangat tidak dianjurkan karena bayi belum mampu memproduksi enzim untuk mencerna makanan.

### **8. Biasakan makan pagi (sarapan).**

Makan pagi sangat penting untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Makan pagi dapat mendukung produktivitas kerja karena meningkatkan daya tahan kerja. Bagi anak sekolah makan pagi penting untuk meningkatkan konsentrasi dalam belajar sehingga lebih mudah untuk menerima pelajaran. Kebiasaan makan pagi juga membantu seseorang untuk memenuhi kecukupan gizinya sehari-hari. Kebiasaan seseorang menghindari makan pagi dengan tujuan untuk menurunkan berat badan merupakan kekeliruan yang dapat mengganggu kondisi kesehatan misalnya berupa gangguan pada saluran pencernaan.

Kebiasaan tidak makan pagi memiliki risiko menderita gangguan kesehatan berupa menurunnya kadar gula darah dengan tanda-tanda antara lain: lemah, keluar keringat dingin, kesadaran menurun bahkan pingsan. Bagi anak sekolah, kondisi ini menyebabkan menurunnya konsentrasi belajar yang mengakibatkan

menurunnya prestasi belajar. Bagi pekerja akan menurunkan produktivitas kerja.

### **9. Minumlah air bersih, aman yang cukup jumlahnya.**

Air di dalam tubuh merupakan penyeimbang. Fungsi air dalam tubuh adalah melancarkan transportasi zat gizi dalam tubuh; mengatur keseimbangan cairan dan garam mineral dalam tubuh, mengatur suhu tubuh, melancarkan dalam proses buang air besar dan kecil. Oleh karena itu, air minum harus dididihkan terlebih dahulu agar aman yang berarti bersih dan bebas kuman.

Konsumsi air yang cukup dapat mencegah dehidrasi atau kekurangan cairan tubuh, dan dapat menurunkan risiko penyakit batu ginjal.

### **10. Lakukan kegiatan fisik atau olahraga secara teratur**

Untuk mencapai kebugaran jasmani tidak ada cara lain selain berolahraga atau melakukan aktivitas fisik secara teratur. Seseorang dapat melakukan aktivitas fisik tanpa kelelahan yang berarti. Olahraga teratur juga dapat menjaga kelebihan berat badan serta meningkatkan fungsi jantung, paru dan otot. Disamping itu olahraga juga dapat memperlambat proses penuaan.

Ketidakseimbangan antara konsumsi makanan dan aktivitas fisik dapat mengganggu kesehatan terutama berhubungan dengan kelebihan berat badan. Hal ini sering terjadi pada orang yang dalam pekerjaannya lebih banyak di dalam ruangan sehingga tidak punya waktu untuk melakukan aktivitas fisik yang lebih banyak sedangkan mereka mengkonsumsi makanan tidak sesuai dengan kebutuhannya.

### **11. Hindari minum minuman beralkohol.**

Kebiasaan minum minuman beralkohol dapat mengakibatkan:

1. Terhambatnya proses penyerapan zat gizi.
2. Hilangnya zat-zat gizi yang penting, meskipun orang tersebut mengkonsumsi makanan bergizi dalam jumlah yang cukup.
3. Kurang gizi
4. Penyakit gangguan hati.
5. Kerusakan saraf otak dan jaringan.

## **12. Makan makanan yang aman bagi kesehatan.**

Makanan yang aman adalah makanan yang bebas dari kuman dan bahan kimia berbahaya, serta tidak bertentangan dengan keyakinan masyarakat (halal). Makanan yang aman harus memenuhi syarat “*wholesome*”. Artinya, zat-zat gizi tidak banyak yang hilang, dan bentuk fisiknya masih utuh, kecuali apabila makanan yang akan diolah sengaja diubah bentuk fisiknya.

Tanda-tanda umum bagi makanan yang tidak aman bagi kesehatan antara lain: berlendir, berjamur, aroma dan rasa atau warna makanan berubah. Khusus untuk makanan olahan pabrik, bila melewati tanggal kadaluwarsa, atau terjadi karat / kerusakan pada kemasan, makanan kaleng tersebut harus segera dimusnahkan.

## **13. Baca label pada makanan yang dikemas.**

Pada makanan kemasan selalu diberikan label oleh produsernya. Label pada kemasan berfungsi untuk memberikan informasi yang dibutuhkan kepada konsumen.

## **BAB V**

### **PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI**

#### **Status Gizi**

**S**tatus gizi merupakan keadaan tubuh yang merupakan hasil akhir dari keseimbangan antara zat gizi yang masuk ke dalam tubuh dan penggunaannya. Status Gizi (Nutrition Status) adalah ekspresi dari keadaan keseimbangan dalam bentuk variabel tertentu, atau perwujudan dari nutrisi dalam bentuk variabel tertentu.

Status gizi seseorang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Asupan makanan (jumlah dan jenis makanan) .
2. Akseptabilitas (daya terima), menyangkut penerimaan atau penolakan terhadap makanan yang terkait dengan cara memilih dan menyajikan makanan.
3. Prasangka buruk pada bahan makanan tertentu, seperti anggapan yang keliru bahwa kelapa muda dapat berdampak buruk karena menyebabkan tubuh lemas.
4. Pantangan pada makanan tertentu.
5. Kesukaan terhadap jenis makanan tertentu.
6. Keterbatasan ekonomi.
7. Kebiasaan dan selera makan.
8. Kebersihan makanan.
9. Pengetahuan Gizi.

Secara umum status gizi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu; gizi baik, gizi kurang, dan gizi lebih.

#### **a. Gizi baik.**

Gizi baik sangat dipengaruhi oleh kesimbangan antara asupan gizi dengan kebutuhan gizi tubuh. Apabila asupannya seimbang

dengan kebutuhan tubuh, maka akan ditemukan gizi baik atau seimbang. Asupan gizi harus seimbang dengan kebutuhan gizi seseorang yang bersangkutan. Kebutuhan gizi ditentukan oleh: kebutuhan gizi basal, aktivitas, keadaan fisiologis tertentu, misalnya dalam keadaan sakit.

b. Gizi Kurang.

Gizi kurang merupakan keadaan tidak sehat (patologis) yang timbul karena tidak cukup makan atau konsumsi energi dan protein kurang selama jangka waktu tertentu.

c. Gizi Lebih.

Keadaan patologis (tidak sehat) yang disebabkan kebanyakan makan. Kegemukan (obesitas) merupakan tanda pertama yang dapat dilihat dari keadaan gizi lebih. Obesitas yang berkelanjutan akan mengakibatkan berbagai penyakit antara lain: diabetes mellitus, tekanan darah tinggi, dan lain-lain.

Status gizi seseorang ditentukan oleh makanan yang dimakan. Hal tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan pangan di masyarakat, sistem pengolahan makanan, baik modern atau tradisional, distribusi pangan hingga sampai di masyarakat. Asupan gizi menentukan kesehatan masyarakat terkait imunitas tubuh terhadap suatu penyakit. Faktor lain yang mempengaruhi status gizi masyarakat adalah pelayanan kesehatan, kemiskinan, pendidikan sosial budaya, gaya hidup, yang dapat mempengaruhi produktivitas atau kualitas sumber daya dan daya beli masyarakat. Perubahan iklim akibat pemanasan global pun turut mempengaruhi ketahanan dan keamanan pangan, terutama bagi Indonesia sebagai negara agraris. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan rusaknya tanaman pangan maupun kurangnya kandungan gizi di dalam makanan sehingga mempengaruhi kondisi gizi masyarakat.

### **Penentuan Status Gizi Secara Langsung**

Keadaan gizi adalah keadaan akibat dari keseimbangan antara konsumsi dan penyerapan zat gizi dan penggunaan berbagai zat gizi tersebut, atau keadaan fisiologik akibat dari tersedianya zat gizi dalam tubuh.

Penentuan status gizi secara langsung dapat dibagi menjadi empat cara yaitu: antropometri, klinis, biokimia, dan biofisik. Masing – masing cara tersebut akan dibahas secara umum sebagai berikut :

### 1. *Antropometri*

Antropometri artinya ukuran tubuh. Ditinjau dari sudut pandang gizi, maka antropometri berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan konsumsi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi.

Antropometri secara umum digunakan untuk melihat ketidakseimbangan asupan protein dan energi. Ketidakseimbangan ini terlihat pada pola pertumbuhan fisik dan proporsi jaringan tubuh seperti lemak, otot dan jumlah air dalam tubuh.

### 2. *Klinis*.

Pemeriksaan klinis adalah metode yang sangat penting untuk menilai status gizi masyarakat. Metode ini didasarkan atas perubahan – perubahan yang terjadi yang dihubungkan dengan ketidakcukupan zat gizi. Hal ini dapat dilihat pada jaringan epitel (supervicial epithelial tissues) seperti kulit, mata, rambut dan mukosa oral atau pada organ – organ yang dekat dengan permukaan tubuh seperti kelenjar tiroid.

Penggunaan metode klinis umumnya untuk survei klinis secara cepat (rapid clinical surveys). Survei ini dirancang untuk mendeteksi secara cepat tanda – tanda klinis umum dari kekurangan salah satu atau lebih zat gizi. Disamping itu digunakan untuk mengetahui tingkat status gizi seseorang dengan melakukan pemeriksaan fisik yaitu tanda – tanda (sign) dan gejala (symptom) atau riwayat penyakit.

### 3. *Biokimia*.

Penilaian status gizi dengan biokimia adalah pemeriksaan specimen yang diuji secara laboratorium yang dilakukan pada berbagai macam jaringan tubuh. Jaringan tubuh yang digunakan antara lain : darah, urin, tinja, dan juga beberapa jaringan tubuh seperti hati dan otot.

Metode ini digunakan untuk suatu peringatan bahwa kemungkinan akan terjadi keadaan malnutrisi yang lebih parah lagi. Banyak gejala klinis yang kurang spesifik, maka penentuan kimia faali

dapat lebih banyak menolong untuk menentukan kekurangan gizi yang spesifik.

#### *4. Biofisik*

Penentuan status gizi secara biofisik adalah metode penentuan status gizi dengan melihat kemampuan fungsi (khususnya jaringan) dan melihat perubahan struktur dari jaringan.

Umumnya dapat digunakan dalam situasi tertentu seperti kejadian buta senja epidemik (epidemic of night blindness). Cara yang digunakan adalah tes adaptasi gelap.

### **Penentuan Status Gizi Secara Tidak Langsung**

Penentuan status gizi secara tidak langsung dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: konsumsi makanan, statistik vital, dan faktor ekologi. Masing – masing cara tersebut akan dibahas secara umum sebagai berikut :

#### *1. Survei Konsumsi Makanan*

Survei konsumsi makanan adalah metode penentuan status gizi secara tidak langsung dengan melihat jumlah dan jenis zat gizi yang dikonsumsi.

Penggunaan data konsumsi makanan dapat memberikan gambaran tentang konsumsi berbagai zat gizi pada masyarakat, keluarga dan individu. Survei ini dapat mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan zat gizi.

#### *2. Statistik Vital*

Pengukuran status gizi dengan statistik vital adalah dengan menganalisis data beberapa statistik kesehatan seperti angka kematian berdasarkan umur, angka kesakitan dan kematian akibat kelebihan dan kekurangan zat gizi.

Penggunaan dipertimbangan sebagai bagian dari indikator tidak langsung pengukuran status gizi masyarakat.

#### *3. Faktor Ekologi*

Malnutrisi merupakan masalah ekologi sebagai hasil interaksi beberapa faktor fisik, biologis dan lingkungan budaya. Jumlah makanan yang tersedia sangat tergantung dari keadaan ekologi seperti iklim, tanah, irigasi dan lain – lain.

Pengukuran faktor ekologi dipandang sangat penting untuk mengetahui penyebab malnutrisi di suatu masyarakat sebagai dasar untuk melakukan program intervensi gizi.

### **Pertimbangan Memilih Metode Penentuan Status Gizi.**

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih dan menggunakan metode penentuan status gizi, adalah :

#### *1. Tujuan*

Tujuan pengukuran sangat perlu dipertimbangkan dalam memilih metode, seperti tujuan ingin melihat fisik seseorang, maka metode yang digunakan adalah antropometri.

#### *2. Unit Sampel yang Akan Diukur*

Jenis unit sampel yang akan diukur sangat mempengaruhi penggunaan metode penilaian status gizi. Apabila unit sampel yang akan diukur adalah kelompok atau masyarakat yang rawan gizi secara keseluruhan maka sebaiknya menggunakan metode antropometri, karena metode ini murah dan dari segi ilmiah bisa dipertanggungjawabkan.

#### *3. Jenis Informasi yang Dibutuhkan*

Jenis informasi antara lain; asupan makanan, berat dan tinggi badan, tingkat hemoglobin dan situasi sosial ekonomi. Apabila menginginkan informasi tentang asupan makanan, maka metode yang digunakan adalah survei konsumsi. Apabila menginginkan informasi tingkat hemoglobin maka metode yang digunakan adalah biokimia.

#### *4. Tingkat Reliabilitas dan Akurasi yang Dibutuhkan*

Masing – masing metode penilaian status gizi mempunyai tingkat reliabilitas dan akurasi yang berbeda – beda. Contoh penggunaan metode klinis dalam menilai tingkat pembesaran kelenjar gondok adalah sangat subyektif sekali. Penilaian ini membutuhkan tenaga medis dan paramedis yang sangat terlatih dan mempunyai pengalaman yang cukup dalam bidang ini. Berbeda dengan penilaian secara biokimia yang mempunyai reliabilitas dan akurasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu apabila ada biaya, tenaga dan sarana – sarana lain yang mendukung, maka penilaian status gizi dengan biokimia sangat dianjurkan.

### 5. Tersedia Fasilitas dan Peralatan

Jenis fasilitas dan peralatan yang dibutuhkan dalam penilaian status gizi. Fasilitas tersebut ada yang mudah didapat dan ada pula yang sangat sulit diperoleh. Pada umumnya fasilitas dan peralatan yang dibutuhkan dalam penilaian status gizi secara antropometri relatif lebih mudah didapat dibanding dengan peralatan penentuan status gizi dengan biokimia.

### 6. Tenaga

Ketersediaan tenaga, baik jumlah maupun mutunya sangat mempengaruhi penggunaan metode penilaian status gizi. Penilaian status gizi secara biokimia memerlukan tenaga ahli kimia atau analisis kimia, karena menyangkut berbagai jenis bahan dan reaksi kimia yang harus dikuasai. Penilaian status gizi secara klinis, membutuhkan tenaga medis (dokter).

### 7. Waktu

Ketersediaan waktu dalam penilaian status gizi sangat mempengaruhi metode yang akan digunakan. Waktu yang ada biasanya dalam mingguan, bulanan dan tahunan. Apabila ingin mengetahui status gizi di suatu masyarakat dan waktu yang tersedia relatif singkat, maka sebaiknya menggunakan metode antropometri.

### 8. Dana

Dana merupakan masalah yang sangat mempengaruhi jenis metode apa yang akan digunakan untuk menilai status gizi. Umumnya penggunaan metode biokimia relatif mahal dibanding dengan metode lainnya. Penggunaan metode disesuaikan dengan tujuan yang akan dicapai.

## **Antropometri**

Antropometri berasal dari kata *'anthropos dan metros'*. *Anthropos* artinya tubuh dan *metros* artinya ukuran. Jadi antropometri berarti ukuran tubuh.

Pengertian dari sudut pandang gizi, telah banyak diungkapkan oleh para ahli, Jelliffe (1966) mengungkapkan bahwa : *"Nutritional anthropometry is measurement of the variations of the physical dimensions and the gross composition of the human body at different age levels and degree of nutrition"*. Artinya antropometri gizi adalah

sesuatu yang berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi. Berbagai jenis ukuran tubuh antara lain: berat badan, tinggi badan, lingkaran lengan atas dan tebal lemak di bawah kulit.

Antropometri sangat umum digunakan untuk mengukur status gizi dari berbagai ketidakseimbangan antara asupan protein dan energi. Gangguan ini biasanya terlihat dari pola pertumbuhan fisik dan proporsi jaringan tubuh seperti lemak, otot dan jumlah air dalam tubuh.

Beberapa hal yang mendasari penggunaan antropometri, adalah :

1. Alatnya mudah didapat dan digunakan.
2. Pengukuran dapat dilakukan berulang – ulang dengan mudah dan obyektif.
3. Pengukuran bukan hanya dilakukan oleh tenaga khusus profesional, tetapi dapat juga oleh tenaga lain yang dilatih untuk itu.
4. Biaya relatif murah, karena alat mudah didapat dan tidak memerlukan bahan – bahan lainnya.
5. Hasilnya mudah disimpulkan, karena mempunyai ambang batas (cut off points) dan buku rujukan sudah pasti.
6. Secara ilmiah diakui kebenarannya. Hampir semua negara menggunakan antropometri sebagai metode untuk mengukur status gizi masyarakat, khususnya untuk penapisan (screening) status gizi. Hal ini disebabkan karena antropometri diakui kebenarannya secara ilmiah.

### **Kelebihan dan kelemahan antropometri**

Antropometri merupakan instrumen yang sering digunakan untuk menentukan status gizi, karena beberapa kelebihan yang dimiliki instrumen tersebut. Beberapa hal yang merupakan kelebihan antropometri adalah :

1. Prosedurnya sederhana, aman dan dapat dilakukan dalam jumlah sampel yang besar.
2. Relatif tidak membutuhkan tenaga ahli, tetapi cukup dilakukan oleh tenaga yang sudah dilatih dalam waktu singkat dapat melakukan pengukuran antropometri.

3. Alatnya murah, mudah dibawa, tahan lama, dapat dipesan dan dibuat di daerah setempat.
4. Metode ini tepat dan akurat, karena dapat dibakukan.
5. Dapat mendeteksi atau menggambarkan riwayat gizi di masa lampau.
6. Umumnya dapat mengidentifikasi status gizi sedang, kurang, dan gizi buruk karena sudah ada ambang batas yang jelas.
7. Metode antropometri dapat mengevaluasi perubahan status gizi pada periode tertentu, atau dari satu generasi ke generasi berikutnya.
8. Metode antropometri gizi dapat digunakan untuk penapisan kelompok yang rawan terhadap gizi.

Disamping kelebihan metode penentuan status gizi secara antropometri, terdapat pula beberapa kelemahan, yaitu :

1. Tidak sensitif. Metode ini tidak dapat mendeteksi status gizi dalam waktu singkat. Di samping itu tidak dapat membedakan kekurangan zat gizi tertentu seperti Zn dan Fe.
2. Faktor diluar gizi (penyakit, genetic, dan penurunan penggunaan energi dapat menurunkan spesifikasi dan sentivitas pengukuran antropometri.
3. Kesalahan yang terjadi pada saat pengukuran dapat mempengaruhi presesi, akurasi, dan validitas pengukuran antropometri gizi.
4. Kesalahan yang terjadi karena: pengukuran, perubahan hasil pengukuran baik fisik maupun komposisi jaringan, analisis dan asumsi yang keliru.
5. Sumber kesalahan, biasanya berhubungan dengan: latihan petugas yang tidak cukup, kesalahan alat atau alat tidak ditera, dan kesulitan pengukuran.

### **Penentuan Kebutuhan Kalori**

Seorang olahragawan harus bertitik pangkal pada keadaan gizi yang baik yang dapat diperoleh antara lain dengan makanan yang seimbang. Di era tahun 70 an untuk Indonesia makanan yang seimbang ini disusun dengan menggunakan pedoman 4 sehat 5 sempurna, lebih populer disebut dengan istilah *4 sehat 5 sempurna*,

yang terdiri dari :

1. Makanan pokok sebagai sumber karbohidrat.
2. Lauk pauk sebagai sumber protein dan lemak
3. Sayuran sebagai sumber vitamin dan mineral
4. Buah-buahan sebagai sumber vitamin dan mineral.
5. Susu atau penggantinya sebagai sumber protein tambahan yang bernilai tinggi.

Pada masa sekarang istilah *empat sehat lima sempurna* itu sudah ditinggalkan, diganti dengan istilah *menu seimbang*.

Bahan makanan juga dibagi menurut menu seimbang, yang merupakan kombinasi dari bahan-bahan makanan berasal dari masing-masing golongan itu sebagai dasar dari susunan menu sehari-hari. Pemenuhan menu seimbang dalam kehidupan sehari-hari merupakan syarat terbaik untuk memungkinkan menyusun menu yang berkualitas baik, walaupun demikian untuk setiap macam olahraga sebenarnya perlu diadakan persiapan sedemikian rupa sehingga posisi tubuh (otot-otot, dsb) sesuai dengan macam olahraga masing-masing. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur diet olahragawan sedemikian rupa sehingga tidak saja kualitasnya baik tetapi kuantitasnya juga memenuhi kebutuhan tubuh sesuai macam olahraga yang dilakukan.

Makanan yang baik perlu untuk: mencapai dan mempertahankan kondisi badan yang telah diperoleh dengan latihan, serta menyediakan energi yang diperlukan pada waktu melakukan aktivitas fisik/olahraga

Selain itu olahragawan juga harus memperhatikan beberapa hal yang berhubungan dengan gizi, seperti : frekuensi makanannya, dan penggunaan cairan.

Ditinjau dari segi gizinya susunan menu yang dianggap baik adalah yang mengandung :

1. Protein : 10 – 15 % dari total energi yang dianjurkan sehari.
2. Lemak : 20 – 30 % dari total energi yang dianjurkan sehari.
3. Karbohidrat : 55 – 70 % dari total energi yang dianjurkan sehari.

Atau dengan kata lain protein : lemak : karbohidrat 1:2:5. Sebaiknya protein hewani : protein nabati 1:1. Perlu diketahui bahwa

zat-zat gizi lainnya sudah akan terdapat dalam jumlah cukup bila syarat-syarat tersebut sudah terpenuhi.

Kebutuhan rata-rata akan tenaga dibagi dalam beberapa kategori menurut tingkatan aktivitas, yaitu: ringan sekali (amat ringan), ringan, sedang (cukup), berat, dan berat sekali (amat berat).

## **Pengukuran Energi**

Pengukuran panas dikenal sebagai kalorimetri, dan produksi energi seseorang dapat diukur dengan salah satu dari dua cara : *kalorimetri* langsung atau *kalorimetri* tak langsung.

Kalorimetri adalah pengukuran jumlah panas yang dikeluarkan. Nilai energi bahan makanan dan pengeluaran energi sehari seseorang diukur dengan cara kalorimetri dan diucapkan dalam kilokalori (kcal). Bila jumlah panas yang dihasilkan diukur secara langsung, dinamakan *kalorimetri langsung*, dan bila panas yang dihasilkan diukur secara tidak langsung dinamakan *kalorimetri tidak langsung*.

*Kalorimetri langsung*. Orang yang akan diperiksa dimasukkan ke dalam ruang yang disekat khusus dimana panas yang dikeluarkan oleh tubuh orang tersebut dikumpulkan melalui pipa berisikan aliran air dan kemudian diukur. Setiap kerja mekanis yang dilakukan diukur pula dan dinyatakan dalam satuan joule untuk kemudian ditambahkan kepada produksi panas sehingga dihasilkan pengeluaran energi keseluruhan (*total energy expenditure*). Metode ini amat akurat dan cocok untuk eksperimen yang berlangsung lama tetapi peralatannya mahal serta rumit.

*Kalorimetri tak langsung*. Kalorimetri tak langsung merupakan metode pemeriksaan yang lebih sederhana dan berdasarkan kenyataan bahwa karbon dioksida diproduksi ketika makanan teroksidasi. Dalam hal ini, jumlah oksigen yang terpakai dan jumlah karbondioksida yang dihembuskan keluar pada suatu waktu tertentu diukur, dan dari sini dimungkinkan penghitungan jumlah makanan yang teroksidasi dan jumlah energi yang diproduksi.

Satuan energi dinyatakan dalam unit panas atau kilokalori (kcal). Satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg air sebanyak 1°C, sering juga digunakan istilah kalori. Satu kalori adalah 0,001 kcal. Istilah kilokalori digunakan untuk menyatakan jumlah kilokalori tertentu, sedangkan istilah kalori digunakan untuk menyatakan energi secara umum.

Kandungan energi makanan ditentukan dengan kalorimetri langsung dengan menggunakan alat calorimeter bom/bomb calorimeter. Energi yang ditentukan melalui calorimeter bom adalah nilai energi kasar makanan dan mewakili energi kimia total dari makanan tersebut. Angka energi kasar untuk karbohidrat adalah 4,1 kcal/g, untuk lemak 8,87 kcal/g, dan protein 5,65 kcal/g. Berdasarkan hasil-hasil pengukuran / *penentuan* yang diterapkan dengan keadaan yang sebenarnya dalam tubuh dan karena dalam tubuh tidak seluruhnya karbohidrat, lemak, protein dapat dibakar (adanya kehilangan - kehilangan dalam proses pencernaan dan pengeluaran) maka *Atwater* dan *Byant* menyarankan agar untuk karbohidrat direduksi sebanyak 2%, untuk lemak direduksi 5% dan untuk protein direduksi 29,2%. Hal ini dikenal dengan sebutan *Penentuan Atwater* yaitu angka-angka yang biasa digunakan dalam menghitung nilai energi pada bahan makanan sebagai berikut:

- a. 1 gram karbohidrat menghasilkan 4 kalori.
- b. 1 gram lemak menghasilkan 9 kalori.
- c. 1 gram protein menghasilkan 4 kalori.

Jumlah hidrat arang, lemak dan protein yang dipakai untuk memproduksi energi pada suatu waktu tertentu tergantung kepada laju terjadinya metabolisme atau kegiatan jaringan, dan cara pengukuran metabolisme yang paling mudah adalah dengan mengukur energi yang diproduksi sebagai hasil oksidasi makanan.

Tidak seluruh energi yang tersedia dalam makanan dapat dimanfaatkan tubuh. Untuk itu nilai energi kasar makanan perlu dikoreksi dengan nilai energi makanan yang tidak dimanfaatkan tubuh. Nilai energi yang dikoreksi ini disebut nilai energi faali makanan. Nilai energi makanan dapat ditetapkan melalui perhitungan menurut komposisi karbohidrat, lemak dan protein, serta nilai energi faal makanan tersebut.

Contoh : 100 gram beras giling mengandung 79,8 gram karbohidrat, 1,2 gram lemak, dan 6,2 gram protein. Nilai energinya adalah :  $(4 \times 79,8) + (9 \times 1,2) + (4 \times 6,2) = 354,8$  kilokalori.

Kalori merupakan satuan yang dipakai untuk menyatakan jumlah tenaga. Satuan-satuan kalori adalah sejumlah panas yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg air dari 15° C menjadi 16° C.

Kebutuhan energi dapat dibagi atas :

1. kerja dalam (internal work)
2. kerja luar (external work)
3. untuk pertumbuhan, pertahanan dan untuk reparasi jaringan.
4. mempertahankan suhu tubuh
5. untuk mencernakan makanan.

### **Metabolisme Basal**

Satu kalori/kg berat badan/jam (harga normalnya dengan range  $> 20 \% = 0,8 - 1,2$ ). Metabolisme basal merupakan jumlah energi yang diperlukan untuk mengganti kehilangan panas tubuh dalam keadaan istirahat total (tanpa kerja luar) dan pada kerja dalam minimal. Dalam ilmu gizi penting untuk mengetahui tenaga yang diperlukan pada keadaan istirahat (tanpa kerja luar, pada suhu lingkungan rata-rata dan dalam keadaan setelah puasa 12 jam).

Metabolisme basal dapat diartikan sebagai jumlah energi yang diperlukan untuk melaksanakan berbagai proses dasar bagi kehidupan seperti kegiatan seluler, detak jantung dan respirasi.

### **Specific Dynamic Action of Foodstuffs (S.D.A).**

Tiap jenis bahan makanan sedikit banyak mempunyai pengaruh khusus atas metabolisme energi. Bila bahan makanan dikonsumsi sendiri-sendiri maka diperlukan energi yang berlainan jumlahnya untuk mempertahankan keseimbangan tubuh. Bahan makanan tunggal : kenaikan 6 – 7 % untuk karbohidrat. 4 – 14 % untuk lemak, dan 30 – 40 % untuk protein. Makanan campuran, mengalami kenaikan 10 – 17 % dari jumlah total untuk kalori dengan kenaikan rata-rata + 10 %.

Makanan memiliki efek menstimulasi laju metabolisme pada saat makanan tersebut dalam proses metabolisme, sehingga menyebabkan peningkatan pengeluaran energi. Keadaan ini dikenal sebagai kerja dinamik *specific dynamic action* (SDA) makanan yang bervariasi menurut jenis makanan yang dimakan.

Pada diet campuran, nilai SDA adalah jumlah peningkatan pengeluaran energi yang sama dengan kurang lebih 10 persen dari

metabolisme basal. Kalau kebutuhan energi ingin diketahui secara akurat, SDA harus turut diperhitungkan.

**Kerja Luar**

Tiap kali otot berkontraksi makan tenaga yang diperlukan adalah sebanding dengan jumlah pekerjaan yang dilakukan. Jumlah tenaga paling sedikit diperlukan untuk berbaring dan tidur. Begitu kita tidak berbaring tapi duduk, berjalan atau bekerja, maka metabolisme meningkat meskipun belum seberapa, tetapi untuk pekerjaan-pekerjaan yang aktif seperti naik tangga, lari, renang, maka diperlukan tenaga lebih banyak lagi.

Makin banyak otot yang ikut berkontraksi makin besar energi yang diperlukan. Faktor-faktor lain yang turut menentukan antara lain adalah gerakan sebagian atau seluruh tubuh, kecepatan dan kekuatan gerakan tersebut.

**Penentuan Kebutuhan Energi**

Dalam ilmu gizi untuk menghitung kebutuhan total energi (total energy expenditure) secara praktis ada beberapa cara :

1. persentase (%) diatas energi basal
2. kecukupan jumlah kalori/kg berat badan/hari yang dianjurkan, untuk berbagai tingkat aktivitas.
3. perhitungan BM, kerja luar dan S.D.A.

**Contoh 1** :  $BM + \dots\dots\dots\%$  (tambahan sejumlah % tertentu di atas BM untuk macam aktivitas tertentu). Cara ini tidak teliti betul tapi berguna untuk perhitungan cepat.

Macam aktivitas	Energi yang diperlukan (energy expenditure)
Ringan sekali	BM + 30 %
Ringan	BM + 50 %
Sedang	BM + 75 %
Berat	BM + 100 %
Berat sekali	BM + 125 %

- a. energi metabolisme basal itu dapat ditentukan dari tabel yang menyatakan kebutuhan kalori per kg berat badan/jam.

Usia	Kalori/kg bb/jam
0 – 1 tahun	2,33
2 - 5 tahun	lebih 2 – 0
6 – 12 tahun	lebih 1,5
13 – 18 tahun	1,25
dewasa	1,0 – 1,1
atau rata-rata dewasa	25 kalori/kg bb/hari

b. menghitung energy expenditure total. Bila macam aktivitas diketahui maka total expenditure dapat dihitung dengan menambahkan sejumlah % tertentu di atas energi metabolisme basal.

Jadi requirement = b + SDA

**Contoh 1:** BB1 54 kg aktivitas ringan

Maka : BM = 54 x 25 kalori/hari = 1350 kalori/hari.

Kerja luar = 50 % x 1325 = 675.

Jumlah 1350 + 675 = 2025 kalori/hari

SDA = 10 % x 2025 = 202,5 = 2227,5 kalori/hari dibutuhkan.

**Contoh 2:** Tentukan BM per 24 jam yang dapat dilakukan dengan 2 cara :

1. 1 kalori x BB x 24 jam .....a. kalori/hari

2. menggunakan tabel standard metabolisme basal

a. boleh kurangi BM selama jam tidur

b. tambahkan kalori yang perlu untuk kerja luar (BB x kerja luar per jam kalori/hari )

c. ditambah SDA.

Untuk melaksanakan berbagai kegiatan sehari-hari seperti berjalan, naik turun tangga, kerja rumah tangga, kerja di pabrik atau bentuk kegiatan apa pun, diperlukan energi yang lebih banyak dari pada energi yang diperlukan bagi metabolisme basal. Kebutuhan

energi total (*total energy requirement*) untuk banyak kegiatan diukur melalui *kalorimeter* tak langsung, dan sebetulnya jumlah energi yang dipakai semuanya sangat tergantung kepada kondisi lingkungannya.

*Tabel 5.1 Perkiraan pengeluaran energi per menit yang berhubungan dengan pekerjaan*

Kerja amat ringan Kurang dari 10 kj (2,4 kalori)	Kerja ringan 10 – 20 kj (2,4–4,8 kalori)	Kerja cukupan 20 – 30 kj (4,8–7,1 kalori)	Kerja berat 30 – 40 kj (7,1 – 9,5 kalori)	Sangat berat 40 – 50 kj (95 – 11,9 kalori)
<i>Contoh:</i> Menyapu Mengetik Mengemudikan kendaraan Berkuda	<i>Contoh:</i> Merapikan ranjang Membersihkan jendela dengan bawaan yang ringan Main catur, brigde	<i>Contoh:</i> Bersepeda Menari Berkebun Berbelanja dengan Bawaan yang berat Mengebor Bernain voli, tenis meja, panahan	<i>Contoh:</i> Menggali tanah dengan cangkul dan sekop Membelah kayu Berdayung Bernain sepak bola, tenis lapangan, bulu tangkis.	<i>Contoh:</i> Bertinju Bergulat Bekerja dengan kapak, 35 ayunan per menit Marathon

Perkiraan kecukupan energi seperti di atas disusun sebagai pedoman untuk usaha boga (catering) bagi sejumlah besar orang dan tidak boleh diterapkan secara kaku bagi kebutuhan perorangan. Diantara mereka yang melakukan kegiatan serupa pun terdapat keragaman yang luas pada kebutuhan energinya, dan penyimpangan yang cukup banyak dari perkiraan di atas ternyata masih memberikan kesehatan yang baik. Masukan energi yang diperlukan untuk mempertahankan berat badan normal pada seseorang merupakan pedoman terbaik sehubungan dengan kecukupan gizi seseorang.

**Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi**

Sebagaimana terlihat di atas, kebutuhan basal dipengaruhi oleh ukuran badan seseorang sehingga kebutuhan energi basal laki-laki akan lebih besar daripada kebutuhan wanita, dan kebutuhan energi total bergantung kepada derajat kegiatan otot.

Berbagai faktor lainnya tetap harus dipertimbangkan dalam menentukan kebutuhan energi adalah:

1. Usia BMR pada anak–anak lebih tinggi per satuan luas permukaan tubuh dibandingkan orang dewasa. BMR lebih rendah pada usia lanjut.
2. Suhu lingkungan. Metabolisme meningkat pada cuaca dingin karena harus meningkatkan produksi panas untuk membantu mempertahankan suhu tubuh. Karena itu, BMR pada orang-orang yang tinggal di daerah yang beriklim dingin akan lebih tinggi daripada mereka yang hidup di daerah tropis.
3. Penyakit. Pada keadaan demam, laju metabolisme (BMR) akan meningkat sebesar kurang lebih delapan persen untuk setiap kenaikan suhu  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Beberapa penyakit endokrin tertentu juga mempengaruhi BMR, misalnya *hipertiroidisme* yang menaikkan BMR dan *hipotiroidisme* yang menurunkannya.
4. Kehamilan. BMR meningkat pada saat hamil dan menyusui.
5. Masukan energi. Pada keadaan kurang gizi (undernutrisi) yang berlangsung lama, tubuh akan mengadakan kompensasi untuk penyesuaian dengan masukan energi yang tidak memadai dengan cara mengurangi laju metabolisme (BMR).

### **Kelebihan dan Kekurangan Energi**

Kelebihan energi terjadi bila konsumsi energi melalui makanan melebihi energi yang dikeluarkan. Kelebihan energi ini akan diubah menjadi lemak tubuh. Akibatnya terjadi berat badan lebih atau kegemukan. Kegemukan bisa disebabkan oleh kebanyakan makan dalam hal karbohidrat, lemak dan protein, serta karena kurang bergerak. Kegemukan dapat menyebabkan gangguan dalam fungsi tubuh, merupakan resiko untuk menderita penyakit kronis, seperti diabetes mellitus, hipertensi, penyakit jantung koroner, penyakit kanker, dan dapat memperpendek harapan hidup.

Kekurangan energi terjadi bila konsumsi energi melalui makanan kurang dari energi yang dikeluarkan. Tubuh akan mengalami keseimbangan energi negatif. Akibatnya, berat badan kurang dari berat badan seharusnya (ideal). Bila terjadi pada bayi dan anak – anak akan menghambat pertumbuhan dan pada orang dewasa menyebabkan penurunan berat badan dan kerusakan jaringan tubuh. Gejala yang ditimbulkan pada anak adalah kurang perhatian, gelisah, lemah, cengeng, kurang bersemangat dan penurunan daya tahan terhadap penyakit infeksi.

## **BAB VI**

### **PERANAN GIZI PADA OLAHRAGA**

**G**izi merupakan komponen utama dalam olahraga. Penampilan atlet akan meningkat apabila didahului dengan asupan gizi yang bagus dan akan menurun apabila asupan gizinya kurang. Sebagai contoh kekurangan air dalam tubuh atlet akan menimbulkan efek yang serius terhadap penampilan atlet. Penampilan seorang atlet dapat ditingkatkan melalui gizi yang bagus, dan kesalahan mengkonsumsi gizi dapat membahayakan penampilan atlet.

Hasil survei yang disampaikan pada kegiatan pelatihan gizi untuk pelatih di Amerika, responden menyatakan: 78% pelatih merasa perlunya lebih banyak informasi mengenai gizi, bahkan 69% dari para pelatih tersebut jarang membaca tentang gizi. Sebuah penelitian yang lain, ditemukan bahwa mayoritas pelatih yang disurvei harus meng up-to-date informasi mengenai pengganti air, tetapi sama sekali tidak mendapatkan informasi mengenai pemberian gizi yang baik. Situasi seperti ini mungkin merupakan tipikal dari pelatih di seluruh Amerika. Survei diatas dengan jelas menunjukkan bahwa informasi ilmiah mengenai gizi dan efeknya pada olahraga dan penampilan atlet sangat diperlukan.

#### **Gizi**

Kelompok gizi yang esensial untuk diet atlet adalah: karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral dan air. Karbohidrat, lemak dan protein merupakan sumber energi, karenanya kelompok tersebut dinamakan nutrisi energi. Karbon, mineral dan air merupakan nutrisi inorganik. Vitamin berperan pada metabolisme pada setiap sel di dalam tubuh, dimana vitamin B kompleks merupakan vitamin yang sangat penting dalam metabolisme energi.

## **Karbohidrat**

Gula sederhana dan kompleks merupakan senyawa kimia yang berisi kelompok nutrisi yang disebut karbohidrat. Gula sederhana seperti glukosa dan fruktosa (monosakarida), gula ganda seperti sukrosa dan maltose (disakarida) dan gula kompleks seperti starch dan glikogen (polisakarida) merupakan karbohidrat yang penting. Semua gula berkurang menjadi gula sederhana, glukosa, melalui pencernaan sebelum diserap. Starch dan glikogen merupakan gula kompleks yang mengandung molekul glukosa yang sangat banyak. Tanaman menyimpan gula dalam bentuk starch, sedangkan pada manusia, gula dalam jumlah kecil disimpan sebagai glikogen di hati dan di otot. Glikogen berkurang selama aktivitas otot yang intensif.

### ***Struktur karbohidrat***

Semua karbohidrat mengandung atom karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Fitur struktur karbohidrat yang berbeda adalah bahwa ada dua atom hidrogen dalam setiap atom oksigen. Umpamanya, formula kimia dari gula sederhana glukosa, fruktosa dan galaktosa adalah  $C_6H_{12}O_6$ . Meskipun gula-gula ini mempunyai formula yang sama, gula-gula tersebut berbeda karena susunan atomnya berbeda dalam setiap molekul. Masing-masing gula mempunyai jumlah atom karbon, hidrogen dan oksigen yang sama, tetapi susunannya dalam tiap molekul berbeda.

### ***Karbohidrat sebagai bahan bakar***

Karbohidrat merupakan bahan bakar makanan utama untuk produksi metabolisme ATP. Ada dua bentuk karbohidrat yang digunakan untuk memproduksi ATP, yaitu: (1) glukosa darah dan (2) simpanan intramuskular glikogen. Level gula darah diatur melalui glikogen yang tersimpan dalam hati. Umpamanya, ketika gula darah rendah, glikogen dari hati berubah menjadi glukosa melalui sebuah proses yang dinamakan glikogenolisis dan kemudian disalurkan ke aliran darah. Dari sinilah kemudian glukosa dibawa ke otot kecil dan organ yang memerlukannya untuk metabolisme. Hal sebaliknya terjadi apabila kadar glukosa terlalu tinggi, umpamanya glukosa diambil oleh jaringan dengan bantuan hormon yang dinamakan insulin. Jika diambil oleh hati maka glukosa dapat digunakan untuk metabolisme atau diubah menjadi glikogen melalui sebuah proses yang dinamakan glikogenesis. Setelah diubah menjadi glikogen, kemudian disimpan di hati. Jika glukosa diambil oleh otot kecil dan

jaringan yang lain, maka glukosa digunakan untuk metabolisme. Jika simpanan glukosa telah terisi, kelebihan glukosa (gula) diubah menjadi lemak dan disimpan di dalam sel lemak yang terletak di seluruh tubuh.

Simpanan glikogen otot digunakan secara langsung oleh otot untuk metabolisme. Seperti halnya, simpanan ini tidak memberikan kontribusi secara langsung terhadap perawatan tingkat glukosa darah. Tetapi, tingkat glukosa darah dapat dipengaruhi oleh metabolisme glikogen otot secara tidak langsung, dengan cara sebagai berikut: ketika glikolisis aerobik terjadi dalam otot, beberapa asam laktat didistribusikan ke dalam darah. Dari peristiwa itu, beberapa dibawa ke hati untuk diubah menjadi glukosa dan kemudian (1) dialirkan kembali ke dalam darah sebagai glukosa darah, (2) digunakan oleh hati sebagai bahan bakar metabolisme atau (3) diubah menjadi glikogen dan disimpan sebagai glikogen di hati.

### ***Sumber makanan Karbohidrat***

Karbohidrat pada umumnya berasal dari makanan pokok, seperti: nasi, gandum, jagung, sagu, ubi-ubian. Di samping itu beberapa sumber makanan yang umum bagi karbohidrat adalah kacang bakar, bolu, sereal, buah kering, buah segar, madu, kentang, spageti, dan sirup.

### **Lemak sebagai bahan bakar**

Pada umumnya di Indonesia pemasukan lemak adalah 20 – 30% dari total pemasukan energi. 40 – 45% dari total pemasukan energi di Amerika Serikat dibuat dari nutrisi lemak. Tidak dapat disangkal, memakan lemak dalam jumlah besar memberikan kontribusi terhadap obesitas dan penyakit kardiovaskular. Kebanyakan ahli gizi setuju bahwa 25% lemak dalam makanan sehari-hari merupakan jumlah yang cukup.

Lemak atau lipid ditemukan di tubuh terutama adalah trigliserin, fosfolipid, dan kolesterol. Trigliserin disimpan dalam sel lemak yang terletak diseluruh tubuh dan diantara otot kecil. Mereka merupakan perwakilan dari bentuk lemak yang digunakan sebagai bahan bakar makanan pada aerobik energi ATP.

## **Struktur Lemak**

Ketika lemak dimetabolisme, mereka pertama-tama harus diubah dari molekul trigliserin. Struktur dasar dari trigliserin terdiri dari satu molekul senyawa yang disebut gliserol dan tiga molekul free fatty acid (FFA)/asam lemak bebas. FFA merupakan bahan bakar yang dapat digunakan dalam bentuk molekul trigliserin, meskipun terdapat banyak FFA, ada tiga asam lemak yang umum yaitu asam stearik, asam oleik, dan asam palmitik. Perlu dicatat bahwa karbohidrat, FFA mengandung atom karbon, hidrogen dan oksigen. Jumlah dan susunan dari atom tersebut membedakan FFA dari senyawa lain yang mengandung atom yang sama (contohnya karbohidrat).

Sebuah asam lemak bebas yang atom karbonnya diisi oleh atom karbon disebut sebagai saturated fatty acid. Konsumsi lemak saturasi/jenuh yang berlebihan tidak disarankan karena hal tersebut dianggap akan menyebabkan tingkat kolesterol darah yang tinggi, atherosclerosis, penyakit kardiovaskular dan obesitas.

Lemak tak jenuh adalah asam lemak yang atom karbonnya tidak disaturasi dengan atom hidrogen. Sebagai gantinya, beberapa dari atom karbonnya secara kimia berkaitan satu sama lain dengan ikatan ganda, sehingga mengurangi jumlah ikatan untuk atom hidrogen.

## **Sumber makanan asam lemak**

Lemak saturasi biasanya berbentuk solid pada suhu ruang. Pada umumnya hampir semua lemak binatang, contohnya lemak pada daging seperti sapi, babi, dan kambing merupakan lemak saturasi. Telur dan produk dari susu juga mengandung tingkat lemak saturasi yang tinggi. Lemak saturasi berbentuk cairan pada suhu ruang. Lemak ini ditemukan pada minyak sayur seperti minyak kacang, minyak jagung, minyak biji kapas, dan minyak kedelai. Sumber lemak yang lain adalah bacon, mentega, margarin dan minyak salad.

## **Protein dalam penampilan fisik**

Protein mempunyai berbagai fungsi fisiologi yang dianggap penting untuk kesehatan dan penampilan fisik. Meskipun peran protein dalam menyediakan energi tidak dianggap penting untuk hampir semua bentuk kegiatan muskular. Katabolisme protein ditingkatkan oleh kegiatan seperti daya tahan (kegiatan yang lebih dari 60 menit) dan protein memberikan 5 - 15% pasokan energi untuk kegiatan tersebut.

## **Struktur protein**

Protein merupakan molekul yang lebih kompleks dan besar dibandingkan karbohidrat dan lemak. Selain karbon, hidrogen dan oksigen, protein mengandung nitrogen, banyak juga yang mengandung sulfur, fosfor, dan besi. Protein adalah bagian pembentuk ari jaringan dan karenanya merupakan bagian vital dari nukleus dan protoplasma dari semua sel. Perlu diketahui bahwa, semua enzim yang ditemukan di dalam tubuh adalah protein.

Inti struktur dasar protein adalah asam amino. Dalam protein, asam amino secara kimiawi diikat menjadi rantai yang panjang yang disebut *peptide linkages*. Terdapat 22 jenis yang berbeda dari asam amino dalam tubuh. Komponen nitrogen asam amino ( $\text{NH}_2$ ) disebut sebagai amino radikal atau kelompok. Kelompok kimiawi ini ditambah dengan kelompok karbosis ( $\text{COOH}$ ) membedakan asam amino dari senyawa yang lain yang berisi atom yang sama. Dari 22 asam amino yang diketahui, 9 dikatakan sebagai asam amino esensial/penting. Sembilan asam amino tersebut dianggap penting karena mereka tidak dapat disintesa oleh tubuh. Karenanya, satu-satunya sumber mereka adalah makanan. Kesembilan asam amino penting tersebut adalah histadin, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan dan valine.

Asam amino yang lain dikatakan tidak penting karena mereka bisa disintesa oleh tubuh dan bisa juga tersedia dari makanan yang diasup. Beberapa dari asam amino tidak penting termasuk alanine, arginine, aspartic acid, cystine, glutamic acid, glutamine, glycine, hydroxyproline, proline, serine dan tyrosine.

## **Sumber makanan protein**

Sumber makanan yang tersedia di bumi ada yang mengandung asam amino esensial. Makanan yang banyak mengandung asam amino esensial adalah protein hewani dan susu. Protein nabati mengandung beberapa asam amino esensial. Karenanya, untuk memenuhi kebutuhan protein yang lebih, sumber protein bukan hanya berasal dari protein hewani tetapi juga sumber protein nabati, seperti berbagai jenis sayuran. Sumber protein umum adalah sereal, keju, telur, ikan, daging bebas lemak, hati, susu (lebih baik yang rendah lemak), kacang, unggas, kacang kedelai, dan sayuran.

## **Kebutuhan protein pada saat olahraga**

Kebutuhan protein harian untuk orang dewasa normal adalah 0,8 gram untuk tiap kilogram berat badan. Umpamanya, kebutuhan protein harian seseorang dengan berat 60 kilo gram adalah  $60 \text{ kg} \times 0,8 \text{ g} = 48 \text{ gram}$ . Jumlah protein ini bisa dipenuhi dengan mudah dengan makanan yang berimbang dimana 10 sampai 15% kalori yang diasup dalam bentuk sumber protein. Jika orang yang berbobot 60 kg tersebut mempunyai kebutuhan kalori harian sebanyak 2400kcal, makanan yang berimbang adalah dengan mensuplai 60 sampai 90 gram protein.

Kebalikan dari apa yang dipercayai oleh kebanyakan pelatih dan atlit, kebutuhan protein selama latihan berat tidak meningkat secara signifikan pada orang dewasa. Kebutuhan tersebut mungkin 1 sampai 1,5 gram per kilo berat badan. Jumlah protein dapat dengan mudah dipenuhi dengan makanan Amerika pada umumnya. Jika seorang atlit ingin membesarkan otot, satu-satunya stimulus yang diketahui adalah olahraga berat, yang melakukan gerakan menahan (resisten) dengan beban yang berat. Dengan olahraga seperti itu, masa otot maksimal bertambah sekitar setengah kilo per minggu. Sehingga dapat diperkirakan bahwa asupan peningkatan protein yang diperlukan untuk membuat penambahan ini sekitar 15 gram per hari dan tambahan 400 kcal per hari. Mengonsumsi protein melebihi dari apa yang diperlukan untuk metabolisme akan disimpan sebagai lemak dan tidak akan menyebabkan meningkatnya masa otot. Karenanya, jumlah protein yang cukup yang dapat memenuhi kebutuhan tubuh seperti biasanya juga memadai selama kegiatan fisik yang meningkat, bahkan selama latihan angkat beban akan terjadi peningkatan masa otot.

Kebutuhan protein diperkirakan berdasarkan berat tubuh, maka dengan meningkatnya masa otot asupan protein juga semakin meningkat. Umpamanya, seorang pemain sepakbola yang aktif berbobot 115 kg memerlukan asupan protein harian sebanyak 115 gram. Jika kebutuhan kalori hariannya adalah 5000 kcal, diet berimbang yang berisi 10-15% kalori dalam bentuk protein maka protein yang diperlukannya adalah 138-187 gram protein. Pemain sepak bola tersebut dapat memenuhi kebutuhan ini dengan mudah.

Konsumsi protein yang berlebihan, terutama dalam bentuk pil dan bubuk, selama latihan tidak diperlukan dan juga tidak

disarankan. Kenyataannya, hal ini dianggap kontraindikatif untuk berbagai olahraga karena asupan protein yang besar dapat menyebabkan dehidrasi dan sembelit.

### **Protein sebagai sumber energi selama latihan yang lama**

Peran metabolisme protein sebagai sumber energi telah diabaikan dan dinyatakan tidak penting. Tetapi, dengan latihan yang lama (60 menit dengan 60 sampai 70% kapasitas aerobik) beberapa asam amino teroksidasi pada saat latihan untuk menyediakan kelompok amino ( $\text{NH}_2$ ). Enambelas asam amino telah diidentifikasi sebagai glukogenik dengan leucine, isoleucine dan valine yang paling banyak tersedia. Leucine, umpamanya, merupakan degradasi dari  $\text{NH}_2$  dan  $\text{CO}_2$ .  $\text{NH}_2$  radikal berkombinasi dengan asam pyruvic membentuk alanine. Alanine ditransfer dari otot, melalui sirkulasi, ke hati dimana alanine diolah untuk membentuk urea dan asam pyruvic. Asam pyruvic kemudian diubah glikogen hati dan glukosa. Glukosa kemudian disirkulasika ke otot yang sedang bekerja untuk memberikan energi pada kontraksi otot. Proses ini dinamakan siklus 'glukosa-alanine'.

Tiga hal penting pada metabolisme protein:

1. Konversi asam amino menjadi Krebs Cycle meningkatkan tingkat oksidasi dari acetyl-CoA dari glukosa dan asam lemak.
2. Konversi asam amino menjadi glukosa yang meningkat membantu mencegah hypoglemia.
3. Oksidasi beberapa asam amino tertentu dapat memberikan energi untuk kontraksi otot.

### **Vitamin dan mineral**

Kebanyakan vitamin merupakan bagian yang penting dari enzim dan koenzim yang bersifat vital pada metabolisme lemak dan karbohidrat. Karenanya, meskipun vitamin tidak memberikan energi, vitamin sangat penting bagi kehidupan.

Vitamin digolongkan sebagai water-soluble (larut dalam air) atau fat-soluble (larut dalam lemak). Vitamin larut dalam air adalah vitamin C (ascorbic acid) dan vitamin B-komplek. Vitamin ini tidak disimpan dalam tubuh dan karenanya harus disuplai dari makanan secara konstan. Karena vitamin tersebut tidak disimpan dalam tubuh, ketika asupan berlebih (lebih dari yang diperlukan) mereka akan

disalurkan ke urin. Vitamin larut dalam lemak yaitu vitamin A,D,E,dan K disimpan dalam tubuh, pada prinsipnya di hati tetapi bisa juga pada jaringan lemak. Hal ini berarti bahwa vitamin ini tidak harus disuplai tiap hari, dan juga berarti bahwa akumulasi berlebihan dapat menyebabkan efek toksik/beracun.

Kekurangan vitamin dapat menyebabkan penyakit serius, penyakit kronis dan bahkan kematian. Kebutuhan vitamin minimum harian sangat kecil dan dapat dengan mudah dipenuhi melalui makanan yang bervariasi. Meskipun kebanyakan lemak, karbohidrat dan protein mengandung vitamin, yang paling banyak mengandung vitamin adalah sayuran berdaun hijau.

Mineral adalah senyawa inorganik yang ditemukan dalam jumlah kecil dalam tubuh dan penting untuk memfungsikan tubuh dengan baik. Calsium, fosfor, potasium, sodium, besi, dan yodium adalah beberapa mineral yang penting yang diperlukan.

Meskipun yodium ditambahkan tidak secara alami ke tablet gram (garam 'beryodium' adalah hasilnya), kebanyakan mineral terjadi secara alami dari berbagai macam makanan. Contohnya, susu kaya akan calsium, begitu juga produk susu yang lainnya, dan juga potasium seperti di buah kering dan gandum. Kebanyakan protein binatang merupakan sumber fosfor yang bagus dan daging tanpa lemak, terutama hati memberikan kebutuhan zat besi yang diperlukan. Garam juga mensuplai kebutuhan sodium.

## **Zat Besi**

Zat besi merupakan mineral yang penting baik untuk laki-laki maupun perempuan. Zat besi sebagai konstituen hemoglobin, myoglobin dan beberapa enzim yang esensial pada proses metabolisme, kekurangan zat besi bisa memberikan kontribusi terhadap menurunnya kinerja, terutama pada kegiatan ketahanan. Kekurangan zat besi bisa terjadi dengan atau tanpa anemia. Clark mengidentifikasi sekelompok orang yang riskan kekurangan zat besi, yaitu:

1. Wanita yang sedang menstruasi.
2. Mereka yang sedang berdiet
3. Atlet olahraga daya tahan
4. Mereka yang tidak makan daging merah.

5. Vegetarian, dan
6. Mereka yang memakan *makanan-alami*.

Asupan zat besi yang disarankan adalah 18 mg untuk wanita dan remaja yang sedang tumbuh dan 10 mg untuk laki-laki dewasa. Orang-orang Amerika mengkonsumsi sekitar 5 sampai 6 mg zat besi setiap 1000 kcal makanan. Karenanya atlet yang melakukan diet untuk mengontrol berat badan – seperti penari, pemain ice skate, pelari jarak jauh dan pesenam – bisa menderita kekurangan zat besi.

Pada suhu hangat, pelari dan atlet yang lain dapat kehilangan 2 sampai 5 liter air melalui keringat. Keringat mengandung sekitar 0,4 mg zat besi per liter air. Karenanya, atlet bisa kehilangan 0,8 sampai 2 mg zat besi hanya dari keringat.

Apakah penting bagi seorang atlet untuk mengkonsumsi zat besi tambahan? Jawabnya Tidak. Artinya dengan memenuhi asupan makanan yang bervariasi kebutuhan zat besi dapat dipenuhi. Pemenuhan zat besi yang mencukupi dapat dilakukan:

1. Masukan makanan yang kaya vitamin C. Vitamin C membantu tubuh menyerap zat besi.
2. Roti, sereal dan pasta yang sudah difortifikasi atau diperkaya atau dalam komposisinya ada zat besi.
3. Hindari minum teh ketika makan makanan yang kaya zat besi. Kandungan asam tannic pada teh dapat mengurangi penyerapan zat besi.
4. Makan daging, terutama yang non lemak, daging merah dan daging ayam dan kalkun yang berwarna gelap. Protein hewani mengandung hormon yang lebih mudah diserap. Sumber zat besi dari sayuran tidak mudah diserap. Yang menarik, hormon dari daging merah memudahkan penyerapan non hormon.

Suplemen zat besi mungkin diperlukan untuk atlet yang cadangan zat besi berkurang. Tetapi, asupan zat besi yang berlebihan tidak disarankan karena ada dua alasan (1) asupan zat besi yang berlebihan secara kronis bisa menjadi racun dan menyebabkan kerusakan hati, dan (2) asupan zat besi yang berlebihan tidak terbukti meningkatkan penampilan. Jika kekurangan zat besi teridentifikasi oleh atlet maupun pelatih, pemeriksaan medis sangat disarankan

untuk mengkonfirmasi keadaan tersebut. Perawatan medis harus dilakukan jika diperlukan.

## **Calsium**

Calsium ditemukan dalam jumlah besar di dalam tubuh. Sekitar 99% calsium tubuh ditemukan di tulang dan gigi. Sisanya 1% ditemukan dalam darah dan daerah lain dalam tubuh. Calsium mempunyai fungsi penting selain fungsinya dalam struktur tubuh. Calsium berperan penting dalam masa darah, otot, transmisi syaraf, kegiatan jantung normal, dan aktivasi beberapa enzim metabolisme. Asupan calsium yang disarankan adalah sekitar 1 gram tiap hari untuk orang dewasa. Hanya sekitar 20 sampai 40% dari calsium yang dikonsumsi diserap oleh tubuh. Biasanya, kekurangan calsium tidak menjadi masalah pada tubuh. Tetapi asupan calsium yang rendah secara terus-menerus menyebabkan demineralisasi (kekurangan) bertahap dan melemahnya jaringan tulang. Tulang, sebagai jaringan yang hidup dan dinamis, terus-menerus berubah sepanjang hidup. Dengan kombinasi asupan calsium yang rendah dan kebutuhan calsium yang terus-menerus, tingkat calsium secara bertahap akan berkurang. Hal ini benar-benar terjadi, terutama pada wanita postmenopause. Latihan resistan dapat menyebabkan berkurangnya calsium dan meningkatkan masa otot.

Dalam olahraga, ada kasus yang jarang terjadi, atlet wanita merupakan subyek osteoporosis. Kombinasi dari aktivitas ketahanan yang kronis yang menghasilkan tingkat keringat yang tinggi (calsium dikeluarkan melalui keringat) dan asupan calsium yang rendah melalui diet dalam menyebabkan osteoporosis.

Sumber calsium termasuk susu (400cc tiap hari bisa memenuhi kebutuhan calsium), sayuran berdaun hijau, keju, lobak hijau dan buah-buahan yang asam. Baru-baru ini, telah dilaporkan bahwa antasid yang dijual secara komersial juga memberikan calsium (200 mg tiap tablet). Tetapi tingkat penyerapan tidak setinggi calsium yang ditemukan pada makanan yang tinggi calsium.

## **Kegunaan suplemen vitamin dan mineral bagi olahragawan**

Selain olahraga, tidak ada kebutuhan vitamin dan mineral yang berlebihan selama aktivitas fisik yang meningkat. Salah satu pengecualian adalah kebutuhan zat besi, yang ditemukan di sel darah

merah dan bertanggungjawab untuk kemampuan darah membawa oksigen. Tingkat zat besi dalam darah pada wanita ditemukan telah banyak berkurang setelah latihan fisik berat, karenanya, atlet wanita terutama mereka yang kehilangan banyak darah menstruasi, bisa saja memberi suplemen zat besi tambahan. Ada hal yang harus diperhatikan disini: overdosis zat besi bersifat beracun. Karenanya, atlet yang memutuskan untuk mengkonsumsi suplemen zat besi harus konsultasi dengan dokter terlebih dahulu.

Penggunaan suplemen vitamin dan mineral cukup umum dikalangan atlet (begitu juga dimasyarakat luas). Umpamanya, sekitar 85% dari atlet di Olimpiade menggunakan suplemen vitamin dan mineral. Meskipun beberapa dari atlet telah mengindikasikan bahwa suplemen telah meningkatkan performa mereka, tidak banyak bukti ilmiah yang mendukung hal tersebut. Lebih lanjut, pihak berwenang yang merekomendasikan suplemen vitamin untuk atlet hanya berdasarkan teori saja (nilai extra vitamin disimpulkan dari fakta bahwa memenuhi kebutuhan dasar vitamin merupakan hal yang wajib dilakukan dalam kehidupan).

Kesimpulannya adalah memberikan suplemen makanan berupa sejumlah vitamin dan mineral diatas batas minimum kebutuhan harian tidak meningkatkan performa fisik. Lebih lanjut, kebutuhan minimum harian dapat dengan mudah dipenuhi dari makanan yang normal dan bervariasi.

### **Kebutuhan Makanan**

Jumlah makanan yang dibutuhkan setiap harinya bergantung pada kebutuhan energi seseorang. Kebutuhan energi ini secara langsung berkaitan dengan:

1. Periode pertumbuhan cepat.
2. Umur
3. Kegiatan fisik.

Pada saat tahun-tahun pertumbuhan cepat (12-22 tahun untuk laki-laki dan 12-18 untuk perempuan), ada peningkatan secara bertahap kebutuhan makanan harian minimal. Ketika kita semakin tua, kebutuhan energi harian kita berkurang. Perbedaan paling mencolok pada kebutuhan makanan untuk atlet dan non atlet adalah jumlah total kalori yang dikonsumsi; atlet memerlukan lebih banyak.

Prosentase asupan jumlah total kebutuhan kalori untuk masing-masing makanan adalah:

Protein	10 – 15%
Lemak	20 – 30 %
Karbohidrat	55 – 70 %

Umpamanya, atlet memerlukan 4000 kkal tiap hari maka makanan mereka adalah sebagai berikut:

Protein	400 – 600 kkal
Lemak	800 – 1200 kkal
Karbohidrat	2200 – 2800 kkal

### **Memilih makanan**

Memilih makanan hendaknya berhati-hati. Empat kelompok makanan dasar dimana makanan harus diseleksi tiap hari untuk memastikan gizi minimal. Gizi yang dimaksud adalah susu, daging, sereal, sayuran, dan buah-buahan.

Asosiasi Kesehatan, Pendidikan Fisik dan Rekreasi Amerika bekerjasama dengan Yayasan Nutrisi dan Makanan Amerika menerbitkan buku tentang *Gizi* untuk Atlet. Kelompok makanan yang penting pada buku itu adalah: susu, daging (ikan, unggas, keju, atau telur), sayuran hijau gelap dan kuning gelap, buah-buahan asam, sayuran dan buah-buahan yang lain, roti (enriched atau whole grain), sereal atau kentang, dan lemak (mentega, margarin, lemak yang lain).

### **Jumlah Makan**

Jarak dan jumlah makanan yang dimakan tiap hari yang terbukti paling memuaskan telah diteliti secara ilmiah, tetapi hasilnya masih simpang-siur. Disarankan bahwa makan makanan lebih sedikit dan lebih besar (contohnya 2 sampai 3 kali sehari) melemahkan toleransi glukosa dan meningkatkan berat badan dan lemak dalam tubuh. Sebaliknya, sejumlah penelitian yang terkontrol dengan baik tidak juga mengklarifikasi ketidaksepakatan tersebut. Meskipun tidak ada kesimpulan yang pasti mengenai jumlah makan tiap hari, kelihatan makan lebih dari 3 kali sehari tidak akan memberikan efek atau memberikan efek yang menguntungkan pada metabolisme.

Berdasarkan uraian di atas, cemilan bergizi – bukan hanya cemilan – yang disisipkan diantara ketiga waktu makan, tetapi disarankan untuk meningkatkan konsumsi kalori tambahan yang diperlukan oleh hampir semua atlet. Makanan tanpa nilai gizi harus dibatasi. Yang harus menjadi pertimbangan adalah kemungkinan obesitas ketika memakan cemilan menjadi kecanduan.

Seorang yang aktif, seperti seorang atlet memerlukan 4000 atau 5000 kkal tiap hari, mungkin lebih baik makan lima kali sehari, sebagai berikut:

Tabel 6.1. Perkiraan kalori setiap makan

Variasi	Kcal %	Perkiraan kalori
Sarapan pertama	21	840 – 1050
Sarapan kedua	14	560 – 700
Makan siang	27	1080 – 1350
Makan malam	23	920 – 1150
Cemilan	15	600 – 750
Jumlah	100	4000 – 5000

### Makan sebelum olahraga

Persiapan bagi olahragawan untuk menghadapi pertandingan harus dimulai jauh sebelumnya, apalagi masa dekat sebelum pertandingan, karena ditinjau dari segi gizi ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus :

- a. Keseimbangan air : kebutuhan akan garam dapur dapat dipenuhi dengan pemberian kaldu, misalnya paling sedikit 3 jam sebelum pertandingan. Bila timbul rasa haus 1 – 1,5 jam sebelum pertandingan maka pemberian air pada waktu ini masih memungkinkan pengeluaran kelebihan cairan sebelum pertandingan dimulai.
- b. Karbohidrat : untuk olahraga yang berat dan lama, karbohidrat merupakan sumber energi yang lebih baik daripada lemak atau protein dan untuk meningkatkan prestasi diperlukan penatalaksanaan khusus.

- c. Dua (2) hari sebelum pertandingan : mengurangi makanan tinggi protein dan lemak, tapi makanan harus tinggi karbohidrat
- d. Kopi, alkohol : Minuman tersebut hendaknya dihindari. Kopi dapat menimbulkan depresi 3 – 4 jam, sedangkan alkohol dapat mengganggu koordinasi sehingga mengurangi prestasi.

Tidak ada bedanya dengan anjuran makanan untuk orang-orang bukan olahragawan. Hanya jumlah protein harus cukup tinggi terutama bagi mereka dengan olahraga yang memerlukan pertumbuhan otot banyak yaitu 1,2 – 1,5 gram/kg BB per hari atau 10 – 15 % dari total intake energi.

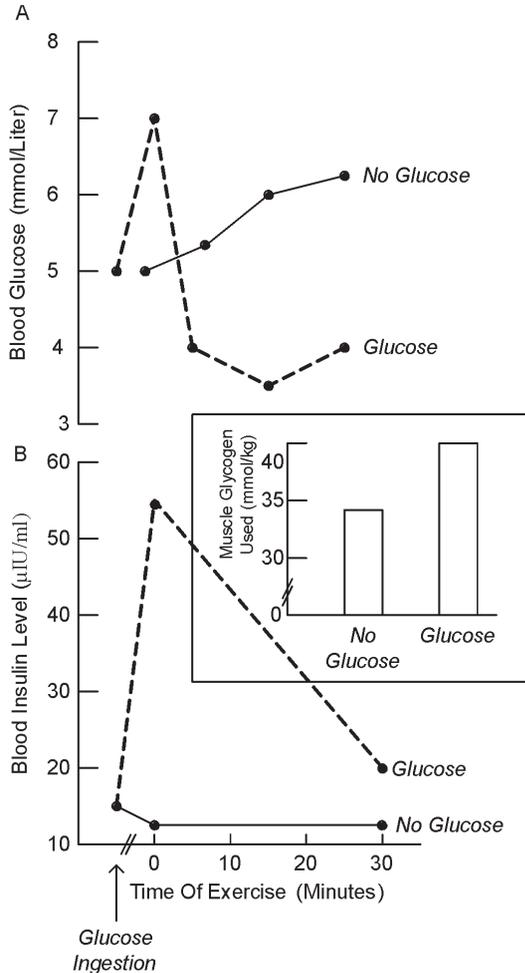
Jumlah lemak 20 – 30 % dari intake total energi. Jumlah kebutuhan energi ditentukan berdasarkan usia, jenis kelamin, berat badan ideal, jenis kegiatannya. Untuk serombongan olahragawan dengan ciri-ciri yang sama dapat dipakai angka-angka kecukupan gizi Indonesia.

Tidak ada makanan yang ketika dikonsumsi beberapa jam sebelum kegiatan fisik akan menyebabkan performa yang 'super'. Nutrisi yang tepat adalah hal yang harus terus-menerus dipenuhi, namun terdapat beberapa makanan yang harus dihindari pada hari bertanding. Contohnya, lemak dan daging biasanya lambat dicerna. Jika dikonsumsi 3 sampai 4 jam atau bahkan kurang dari itu sebelum pertandingan, makanan tersebut akan menyebabkan rasa kenyang sehingga menghambat performa. Kategori makanan yang lain yang harus dihindari adalah makanan yang dapat menimbulkan gas, makanan berminyak dan makanan yang banyak mengandung bumbu.

Jadi makanan sebelum pertandingan harus mengandung apa saja? Karbohidrat harus merupakan kandungan yang ada dalam makanan dan harus dikonsumsi tidak lebih dari 2,5 jam sebelum pertandingan. Alasannya adalah bahwa karbohidrat mudah dicerna dan membantu menjaga level glukosa. Menjaga level glukosa membuat seseorang merasa lebih baik. Makan sebelum pertandingan harus dilakukan dengan porsi secukupnya yang terdiri dari buah-buahan, sayuran yang dimasak, agar-agar, dan ikan (atau daging tanpa lemak).

### Konsumsi Glukosa Dalam Jumlah Besar Sebelum Olahraga

Karbohidrat merupakan makanan utama sebelum pertandingan, sekalipun demikian kita harus mengingat bahwa: konsumsi glukosa dalam jumlah besar terutama dalam bentuk cairan atau pil, kurang dari satu jam sebelum olahraga tidak disarankan. Contoh alasan psikologis untuk ini ditunjukkan pada gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1. A. Konsumsi glukosa darah selama latihan.

B. Level insulin selama latihan

Pada gambar di atas dijelaskan bahwa 75 gram glukosa dikonsumsi 45 menit sebelum melakukan olahraga treadmill selama 30 menit (70% max VO<sub>2</sub>).

Berdasarkan gambar 6.1 ada beberapa hal berikut ini harus diperhatikan:

1. Konsumsi glukosa pada saat istirahat menyebabkan peningkatan tingkat glukosa darah sebesar 38% pada saat mulai olahraga (gambar 6.1A)
2. Konsumsi glukosa pada saat istirahat juga menyebabkan peningkatan tingkat insulin dalam darah sebesar 3,3 fold pada saat mulai olahraga (gambar 6.1 B)
3. Sebagai akibat dari tingginya tingkat insulin, glukosa darah secara bertahap menurun selama olahraga sehingga menyebabkan hypoglycemia atau tekanan glukosa rendah (gambar 6.1 A). Hal menyebabkan rasa lelah dan mengurangi ketersediaan glukosa darah sebagai bahan bakar metabolisme. Pada waktu yang bersamaan, ada penggunaan glikogen otot 17% lebih besar.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil-hasil tersebut adalah bahwa mengkonsumsi gula atau glukosa dalam jumlah besar sebelum olahraga akan menyebabkan berkurangnya glukosa darah, dan karenanya ketergantungan terhadap glikogen otot sebagai bahan bakar otot menjadi lebih besar. Sebagai konsekuensi, glikogen otot berkurang dengan cepat; dalam olahraga daya tahan akan menyebabkan kelelahan otot secara dini.

Jika konsentrasi gula tidak berlebihan (tidak lebih dari 2,5 gram tiap 100 ml cairan), cairan dapat diminum 30 menit sebelum kegiatan fisik sehingga tidak menghambat penampilan atlet. Air merupakan cairan yang paling bagus, tetapi buah-buahan dan sayuran juga tepat, begitu juga minuman berasa buah yang tidak berkarbonasi.

### **Cairan sebelum pertandingan**

Makanan sebelum pertandingan yang semakin populer diantara pelatih dan atlet adalah makanan cair. Ada beberapa formula cair yang tersedia secara komersial yang bisa dijadikan makanan sebelum pertandingan yang sangat bagus. Tersedia dalam berbagai macam rasa dan makanan cair ini mempunyai nutrisi yang seimbang (kebanyakan mempunyai kandungan karbohidrat, lemak dan protein yang tinggi). Selain memuaskan dan bergizi, makanan cair mudah dicerna dan dikeluarkan dari perut dengan cepat. Sebagai

‘cairan’ dan ‘makanan’, makanan cair memberikan kontribusi terhadap asupan energi dan hidrasi.

Berdasarkan sudut pandang psikologis, telah ditunjukkan bahwa makanan cair dapat menggantikan makanan solid yang mengandung kalori yang sama tanpa mengurangi penampilan latihan sehari-hari. Juga terdapat usaha subyektif yaitu atlet yang minum makanan cair akan mempunyai perasaan aman dan lega dari rasa lapar. Paling tidak, rasa tidak nyaman yang berkaitan dengan makan sebelum pertandingan (pencernaan tidak nyaman, diare, mual, muntah, kram perut) dapat diminimalisir ketika makanan cair digunakan.

Dalam mengkonsumsi makanan cair sebelum pertandingan, penting untuk diingat bahwa masa penyesuaian diperlukan, karena, bagi kebanyakan atlet, makanan cair masih merupakan pengalaman baru. Karenanya, pelatih harus mengenalkan makanan cair pada awal musim dan menjelaskan kepada atlet keuntungan akan gizi yang didapatkan. Tentu saja, bagi atlet yang tidak bisa menyesuaikan diri terhadap makanan seperti ini tidak harus dipaksa.

Harus ditekankan bahwa menu sebelum pertandingan tidak sepenuhnya berdasarkan ‘apa yang boleh’ dan ‘apa yang tidak boleh’. Persyaratan dasarnya adalah: makanan atlet pada hari pertandingan tidak boleh berbeda secara drastis dari apa yang biasa dimakannya (tetapi harus juga diingat bahwa kegugupan dan ketegangan selama pertandingan mungkin akan berpengaruh terhadap sistem pencernaan sehingga makanan yang biasanya dimakan tanpa menyebabkan ketidaknyamanan mungkin sekarang bisa menyebabkan masalah). Jika atlet tidak kelebihan makan atau tidak memakan makanan yang menyebabkan ketidaknyamanan pencernaan, penampilan tidak terpengaruh oleh makanan yang dimakan sebelum pertandingan.

### **Makanan saat olahraga**

Selama latihan penatalaksanaan diet sebenarnya harus disesuaikan secara individu apalagi untuk olahragawan pemegang medali. Memang hal ini sering tidak mungkin dilakukan karena menghadapi serombongan olahragawan dari berbagai daerah dengan berbagai cita rasa dan kebiasaan makan.

Pada hari-hari latihan makan sebaiknya tidak kurang dari 3 kali sehari dengan catatan makan pagi juga harus cukup. Dua jam

sebelum latihan janganlah makan banyak–banyak untuk mencegah pengumpulan darah ke alat-alat pencernaan sehingga darah perifer tak cukup.

Pada permulaan masa latihan (1-2 bulan) dianjurkan protein cukup tinggi terutama bagi mereka yang memilih cabang olahraga di mana diharapkan perkembangan otot yang banyak mengingat seringnya olahragawan masuk pusat latihan dalam keadaan gizi yang belum memuaskan. Minuman harus cukup. Teh manis sangat efektif untuk mengurangi rasa haus. Minuman harus diberikan sedikit demi sedikit tak lebih dari 300 cc setiap minum.

Bagi olahragawan yang memerlukan waktu latihan yang lama sebaiknya diadakan persiapan sebagai berikut: kira-kira seminggu sebelum pertandingan otot–otot yang akan digunakan diberikan latihan yang melelahkan sekali. Makanannya hampir seluruhnya terdiri dari lemak dan protein (tinggi lemak dan protein) diberikan selama 3 hari berturut–turut sehingga glikogen otot rendah sekali. Pada hari yang ke 4 sampai waktu pertandingan tiba diberikan makanan tinggi karbohidrat. Untuk semua macam cabang olahraga berlaku 2 hari sebelum pertandingan diberikan makanan yang :

- a. Mengandung lebih banyak karbohidrat daripada sebelumnya (tinggi karbohidrat) dan rendah protein dan lemak disertai banyak istirahat.
- b. Mudah dicerna, tidak banyak berserat
- c. Tidak merangsang

Tiga jam sebelum pertandingan dapat diberikan kaldu untuk menutupi kebutuhan garam dapur. Cairan diberikan tiap jam sekali sampai terakhir kira–kira 1 jam sebelum pertandingan dimulai. Dilarang minum kopi, coca cola atau minuman beralkohol.

Pada hari–hari pertandingan di mana tujuan utama adalah mencapai prestasi setinggi mungkin maka perlu menyusun menu dengan baik mengingat akan tekanan batin yang mungkin dialami olahragawan pada hari pertandingan. Olahragawan mungkin mengalami keluhan sakit perut, mual, muntah. Makanan yang dikonsumsi terlalu dekat dengan latihan mungkin akan sukar dicerna karena kebingungan (cemas) selain itu perut yang penuh dapat mengganggu makan dan waktu mulainya pertandingan. Berdasar hal tersebut maka makanan yang dikonsumsi harus yang:

1. Mudah dicerna, tidak banyak serat
2. Tidak merangsang
3. Tinggi karbohidrat
4. Cukup cairan minum dan mineral
5. Dilarang meminum kopi, cocacola, minuman beralkohol, dan es.

Umumnya berlaku juga ketentuan–ketentuan yang sama seperti untuk masa latihan. Waktu makan harus disesuaikan dengan program pertandingan.

Sebetulnya tidak ada menu khusus untuk sepak bola, renang, sepeda, dan sebagainya. Tetapi ada perbedaan dalam pengaturan makan untuk olahraga sprint dan daya tahan.

Untuk olahraga tim dan olahraga perorangan yang lama secara umum berlaku ketentuan–ketentuan seperti berikut: misalnya pada pertandingan yang dilakukan sore hari maka:

1. Pagi sarapan yang mudah dicerna
2. Snack pagi yang mudah dicerna dan berkualitas baik.
3. Dua sampai tiga jam sebelum pertandingan makan tidak boleh banyak. Tapi tiap jam diberi minuman bergula 1 gelas dengan gula secukupnya, boleh ditambah sedikit makanan ringan yang tinggi karbohidratnya.
4. Selama pertandingan yaitu diwaktu istirahat boleh diberikan minum paling banyak 1 gelas (150 cc) tanpa es, dan boleh sedikit makanan ringan.
5. Sebelum pertandingan diberikan minuman 150 – 300 cc gelas air yang hangat.

Sesudah mandi diberikan 1 gelas susu bergula atau minuman berprotein. Sesuai kegemarannya. Satu jam setelah mandi diberi makan malam. Dekat sebelum atau diwaktu makan malam boleh minum 150 – 300 cc air biasa atau teh manis.

Makan malam lengkap dengan buah-buahan. Sebelum tidur diberi susu 1 gelas dan boleh makan buah-buahan lagi.

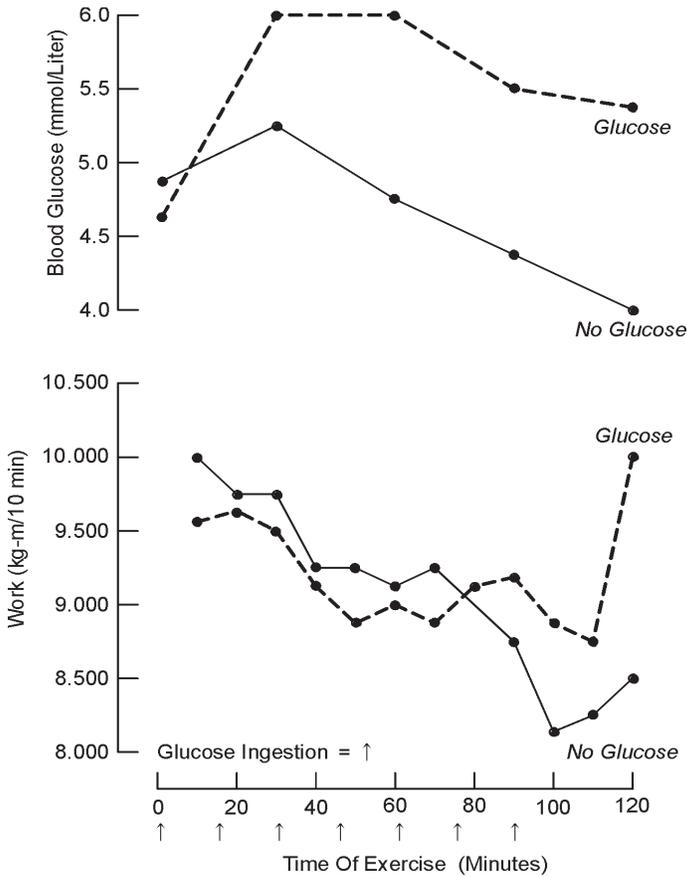
Untuk sprint umumnya tak ada peraturan tertentu. Dalam praktiknya biasanya jarang orang hanya melakukan 1 kali pertandingan dalam sehari, tapi biasanya suatu seri pertandingan

memerlukan waktu lebih lama, sehingga pada dasarnya berlaku pula ketentuan-ketentuan seperti untuk olahraga tim atau yang makan waktu lama.

Untuk olahraga yang makan waktu lebih lama (beberapa jam) seperti pelari jarak jauh, balap sepeda berhari-hari maka umumnya perlu diberi makanan selama pertandingan dalam bentuk snack ringan yang berprotein tinggi dengan minuman bergula setiap 5 – 6 km atau 15 menit).

Pada umumnya atlet olahraga daya tahan (marathon) mengkonsumsi glukosa (biasanya dalam bentuk cair) selama olahraga daya tahan (marathon). Apakah hal ini meningkatkan performa? Umumnya orang setuju bahwa mengkonsumsi glukosa cair selama olahraga fisik yang lama akan membantu memberikan cadangan glikogen otot dan menunda atau mencegah hypoglycemia atau tekanan kadar gula darah rendah.

Efek pemberian cadangan glikogen dan pencegahan hypoglycemia akan mengurangi dan/atau menunda kelelahan. Perhatikan gambar 6.2. berikut ini.



Gambar 6.2. A. Penggunaan glukosa selama latihan.  
 B. Penggunaan glukosa selama latihan 120 menit.

Subyek penelitian ini diberi glukosa cair sebanyak 12,5 gram yang diminum setiap 15 menit selama 90 menit pertama dari olahraga bersepeda selama 2 jam. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.2A, glukosa darah terjaga pada level yang lebih tinggi ketika glukosa dikonsumsi dibandingkan ketika glukosa tidak diberikan. Jumlah total kerja yang ditunjukkan selama 2 jam bersepeda sampai olahraga dilakukan selama 30 menit (gambar 6.2B).

Pada saat ini, total kerja yang dilakukan, secara rata-rata, 11% lebih besar dibandingkan pada saat tidak diberi glukosa. Dapat disimpulkan bahwa pengkonsumsian glukosa cair pada saat olahraga yang dilakukan dalam waktu lama efektif dalam menjaga tingkat glukosa darah tetap tinggi, sehingga dapat mengurangi kelelahan pada saat akhir olahraga.

Perlu diingat, ketika glukosa sudah tersedia bagi seorang atlet pada saat olahraga lama, glukosa tersebut harus disediakan dalam bentuk konsentrasi rendah. Perut dapat mengosongkan glukosa dalam jumlah terbatas dalam waktu yang singkat. Jika terlalu banyak glukosa yang ada, tingkat pengosongan lambung menjadi terganggu, dan glukosa diserap ke dalam darah menjadi lambat. Karenanya pengonsumsi glukosa konsentrasi tinggi menunda kegunaannya sebagai bahan bakar metabolisme. Konsentrasi glukosa yang disarankan adalah 2,0 sampai 2,5 gram setiap 100 ml air.

Dalam hubungannya dengan pengganti cairan, apakah itu cairan glukosa ataupun air biasa, penting untuk diingat bahwa tidak mungkin untuk mengganti cairan secepatnya menghilangnya cairan (terutama dari keringat) selama kegiatan olahraga daya tahan. Contohnya, hanya sekitar 800 ml cairan tiap jam yang dapat dikosongkan dari perut selama lari jarak jauh, sementara jumlah cairan yang dikeluarkan 2,5 lipat dari jumlah tersebut atau 2 liter tiap jam. Karenanya, atlet ketahanan harus hati-hati dan tidak mengonsumsi cairan lebih dari 800 ml tiap jam. Jika tidak, cairan yang tersisa di perut akan menyebabkan ketidaknyamanan dan akan mengganggu penampilan.

### **Makan setelah olahraga**

Setelah kegiatan yang menguras tenaga, harus ada usaha serius untuk menggantikan lemak, protein, karbohidrat, vitamin, mineral dan air yang hilang. Keadaan fisik akan lebih baik jika seorang atlet menunggu selama satu jam atau lebih setelah olahraga sebelum makan makanan besar; tetapi, nutrisi cair bisa dikonsumsi setelah kerja keras yang dilakukan untuk menstabilkan glukosa darah.

Apabila ada pertandingan lagi keesokan harinya, harus benar-benar diperhatikan pengisian kembali simpanan energi – glikogen otot dan hati. Makanan yang mudah dicerna harus diseleksi dan bisa saja termasuk krim dan mentega untuk kandungan lemaknya; karbohidrat diperoleh dari roti, pusing, nasi; protein diperoleh dari ikan, telur rebus, keju dan produk susu lainnya; dan buah-buahan segar dan jus yang merupakan pengganti vitamin C, dan energi yang sangat bagus.

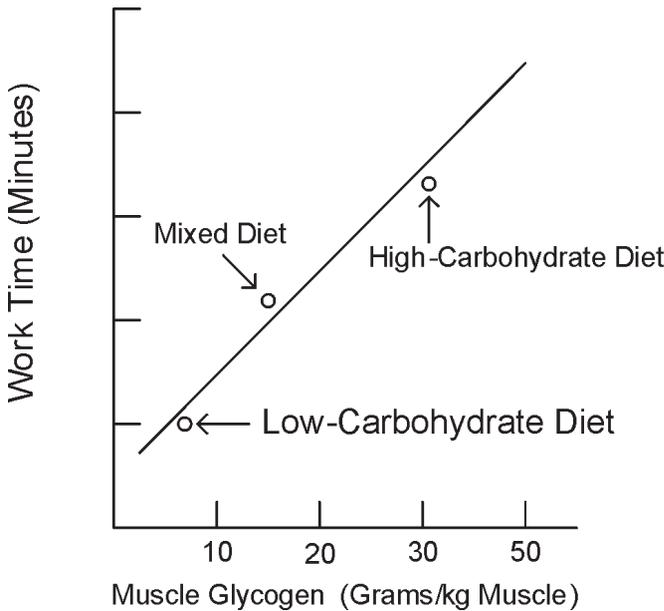
Penyajian makanan sangat penting, agar yang disajikan tidak sia-sia dan bermanfaat harus diingat akan beberapa faktor, dalam penyajiannya :

1. Memenuhi syarat–syarat gizi (menu seimbang)
2. Bersih
3. Tampak menarik
4. Bervariasi
5. Menurut cita rasa konsumen
6. Terdiri dari bahan makanan yang biasa dimakan konsumen
7. Sesuai dengan agama/kepercayaan
8. Sesuai dengan kebiasaan makan konsumen
9. Memberikan rasa puas tanpa mengurangi harga diri konsumen
10. Volume makanan sesuai dengan kapasitas lambung

### **Bisakah makanan mempengaruhi penampilan ?**

Karbohidrat merupakan sumber energi yang utama selama kerja yang melelahkan; baik lemak maupun karbohidrat merupakan sumber energi selama kegiatan yang biasa-biasa saja. Molekul karbohidrat mengandung lebih banyak oksigen daripada lemak. Sebagai tambahan, fakta bahwa karbohidrat merupakan penghasil energi yang lebih efisien daripada lemak (memerlukan lebih sedikit oksigen untuk menghasilkan energi yang sama) membuat karbohidrat sebagai makanan sumber energi yang lebih disukai.

Penelitian telah menunjukkan bahwa makanan yang kurang karbohidrat mempunyai efek yang berbahaya bagi penampilan. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa kerja keras berkurang sebanyak 50% karena makanan berlemak dan meningkat lebih dari 25% dengan makanan normal yang banyak mengandung karbohidrat.



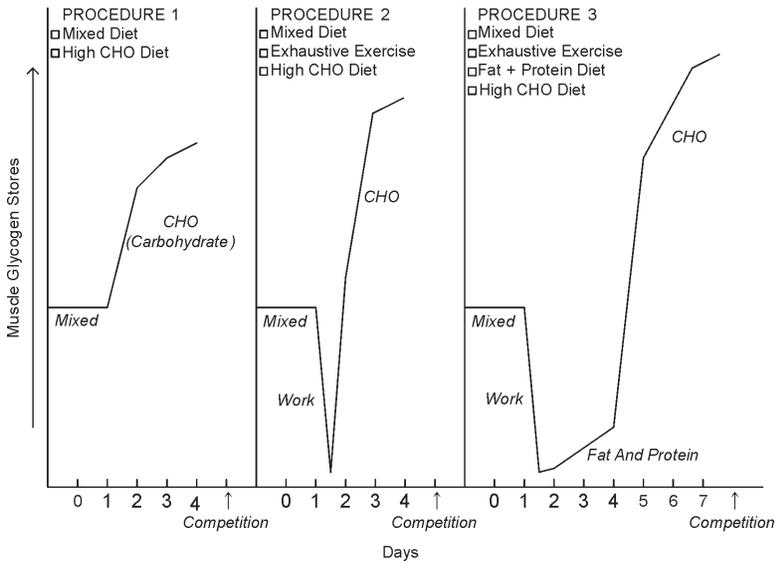
Gambar 6.3. Efek dari diet karbohidrat tinggi dan karbohidrat rendah terhadap glikogen otot selama olahraga.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.3, kandungan glikogen otot berkaitan secara positif dengan penampilan. Penelitian dengan melakukan biosi otot telah digunakan untuk menunjukkan efek makanan pada simpanan glikogen otot. Prosedur yang digunakan adalah jarum khusus yang dimasukkan ke dalam otot. Sedikit otot diambil untuk dianalisa. Salah satu penelitian dilakukan sebagai berikut: Laki-laki diberi tiga jenis makanan, dan setelah itu mereka disuruh bersepeda hingga kelelahan. Jangka waktu untuk merasa kelelahan dengan makanan normal adalah 114 menit; dengan makanan yang tinggi protein waktunya menjadi 57 menit, dengan makanan tinggi karbohidrat waktunya menjadi 167 menit. Kandungan glikogen pada otot *quadriceps femoris* setelah memakan makanan dengan kandungan campuran adalah 17,5 gram per kilo otot basah sebelum olahraga, setelah itu mengkonsumsi makanan bebas karbohidrat beratnya menjadi 6,3 gram, sedangkan dengan waktu yang sama tetapi mengkonsumsi makanan tinggi karbohidrat beratnya menjadi 35,1 gram per kilogram otot.

## **Pengisian glikogen otot**

Jumlah glikogen yang disintesa kembali pada otot kecil dapat ditingkatkan ke nilai yang lebih tinggi dari biasanya dengan menggunakan salah satu atau lebih diet dan prosedur olahraga berikut ini:

1. Prosedur pertama adalah manipulasi makanan sederhana. Atlet untuk olahraga daya tahan yang mengkonsumsi makanan dengan kandungan karbohidrat tinggi selama 3 atau 4 hari akan meningkatkan simpanan glikogen mereka sebanyak 15 sampai 25 gram per kilogram otot. Selama masa diet tinggi karbohidrat, tidak boleh melakukan olahraga yang melelahkan.
2. Prosedur kedua adalah mengisi otot dengan glikogen yang mengkombinasikan diet dengan olahraga. Pada prosedur ini, otot yang akan diisi pertama-tama dikosongkan dari simpanan glikogennya dengan olahraga; orang tersebut kemudian melakukan diet tinggi karbohidrat selama beberapa hari. Rutinitas ini terbukti dapat menggandakan jumlah simpanan glikogen. Contoh dari ini ditunjukkan pada gambar 6.4. Sekali lagi, tidak ada olahraga melelahkan yang harus dilakukan selama melakukan diet tinggi karbohidrat.
3. Prosedur ketiga untuk pengisian glikogen memerlukan olahraga dan dua jenis makanan khusus. Olahraga digunakan untuk menstimulasi pengosongan glikogen. Orang tersebut kemudian melakukan diet makanan yang mengandung karbohidrat sangat rendah tetapi tinggi lemak dan protein selama 3 hari, setelah itu diet makanan tinggi karbohidrat dilakukan selama 3 hari. Olahraga yang melelahkan bisa dilakukan selama diet tinggi lemak dan protein dilakukan tetapi tidak selama diet tinggi karbohidrat. Prosedur ini terbukti telah meningkatkan simpanan glikogen (pada otot yang dikosongkan) hingga ke tingkat 50g/kg, hal ini bisa menghasilkan 700 gram simpanan glikogen, atau 2800 kcal energi yang siap digunakan. Jumlah rata-rata untuk semua otot diseluruh tubuh adalah 400 gram glikogen.



Gambar 6.4. Prosedur glikogen loading.

Berdasar pada prosedur yang dijelaskan diatas, yang ketiga adalah yang paling sulit untuk diikuti, terutama yang dilakukan mingguan. Sebagai tambahan, prosedur ini, dimana diadakan penghilangan glikogen yang diikuti dengan makanan lemak dan protein menyebabkan perasaan lelah. Karenanya, untuk kompetisi mingguan disarankan untuk menggunakan prosedur satu atau dua; metode pengisian glikogen yang lebih sulit bisa digunakan untuk kompetisi seperti kompetisi championship.

Hal lain yang harus diperhatikan mengenai pengisian glikogen yang baru saja diberikan adalah kemungkinan adanya pengurangan asupan niacin selama diet tinggi karbohidrat. Niacin adalah vitamin yang berfungsi dalam tubuh sebagai koenzim untuk sistem oksigen. Pada penelitian yang sama, terdapat penurunan  $VO_2$  yang cukup tinggi. Dapat disimpulkan bahwa asupan niacin yang berkurang selama prosedur pengisian glikogen bisa menjadi penghalang tenaga aerobik yang maksimal. Apapun prosedur yang digunakan, pengisian-glikogen menghasilkan simpanan air otot yang tinggi.

### Efek makanan berlemak pada Olahraga Daya Tahan

Satu hal lagi yang harus diperhatikan mengenai olahraga daya tahan dan diet, yaitu perlu diingat adalah bahwa lemak merupakan bahan bakar yang penting selama olahraga daya tahan. Efek diet

terhadap penyimpanan glikogen otot dan penggunaan lemak selama olahraga daya tahan belum diteliti secara ekstensif. Tetapi, beberapa penelitian penggunaan lemak dalam kaitannya dengan penggunaan glikogen telah dilakukan, dengan hasil yang menarik. Umpamanya, pada salah satu penelitian terdapat tujuh laki-laki yang dianalisa selama 30 menit pada saat menggunakan treadmill untuk menentukan efek meningkatnya ketersediaan FFA pada penggunaan glikogen otot.

## **Sarapan**

Selama 10 tahun diteliti sekitar 7000 pria dan wanita di California, ternyata, menghilangkan sarapan kurang baik bagi kesehatan dan mempertinggi resiko kematian. Dari penelitian ini pula, rata-rata angka kematian 40 % lebih tinggi pada pria, dan 28 % lebih tinggi pada wanita, yang jarang atau kadang-kadang saja makan pagi. Ini dibandingkan dengan mereka yang setiap pagi melakukan sarapan pagi.

Penelitian sebelumnya oleh Universitas Iowa selama 10 tahun menunjukkan, anak-anak dan orang dewasa yang makan sarapan berkualitas baik, ternyata mempunyai penampilan fisik dan mental yang baik. Mereka yang makan sarapan ternyata lebih produktif selama pagi itu dan lebih sedikit lelah pada otot-ototnya dibanding mereka yang tidak sarapan.

Hasil penelitian Roperpoll menunjukkan, menghilangkan sarapan untuk menurunkan berat badan ternyata hasilnya tidak membuat badan lebih cepat terjadi kurus. Mereka yang tidak bisa sarapan ternyata pada umumnya menjadi lekas gemuk. Dari penelitian itu juga terbukti, mereka yang menghilangkan sarapan merupakan sesuatu yang harus dicegah karena hal itu merupakan suatu kebiasaan yang tidak sehat. Banyak sedikitnya energi, penampilan, dan suasana hati berhubungan erat dengan bagaimana dan apa yang Anda makan waktu pagi hari itu.

Dari penelitian yang dilakukan pada tahun 50-an di Universitas Iowa diketahui, mereka yang menghilangkan kebiasaan sarapan ternyata kurang hati-hati, lesu, mudah tersinggung, mudah cemas, kurang perhatian, dan lebih mudah sakit.

Sarapan adalah bahan bakar di dalam tubuh anda yang diperlukan hari itu. Jika tangki bahan bakar itu kosong, ini artinya

akan mengurangi efisiensinya. Mandena Nelson dari Institut of Human Nutrition, Columbia University, menyarankan : Makanlah pagi seperti raja, makan siang seperti pangeran, dan makan malam seperti orang miskin. Ini sebenarnya menggambarkan kebutuhan energi dari badan kita. Sayangnya, banyak yang melaksanakan secara terbalik, pagi tidak makan, bahkan malam banyak makan.

Setiap anda makan, kecepatan metabolisme naik untuk membantu mencernakan makanan. Tetapi tidak semua energi yang didapat dari makanan digunakan oleh badan. Sebagian akan menjadi panas. Energi yang terbuang setelah makan disebut *thermic effect* dari makanan. Ternyata effect ini paling besar setelah sarapan, yaitu lebih kurang 10% dari kalori yang masuk. Begitu makan siang, *thermic effect* terus menurun.

Agar badan berfungsi sebaik-baiknya, maka diperlukan suplai gula darah secara terus-menerus. Untuk memenuhi kebutuhan glukosa (gula) maka hati anda bekerja terus menerus. Setelah puasa semalaman gudang glukosa dalam hati anda hanya tinggal mempunyai persediaan gula darah untuk dua jam. Sarapan perlu untuk mengisi penyusutan tadi.

### **Karbohidrat dan gula**

Pada waktu sarapan, karbohidrat akan memberikan anda penambahan energi yang berlangsung untuk beberapa jam. Sedangkan protein dan lemak dalam sarapan anda akan mengisi seterusnya.

Dari penelitian pada University of Wasington ternyata dengan karbohidrat tinggi (67 gram) dan protein rendah (5 gram) kadar gula darah di atas kadar gula puasa dapat dipertahankan hanya selama dua jam. Jadi, dari penelitian tadi dapat disimpulkan, kita harus makan protein lebih banyak pada waktu sarapan dan pada waktu makan malam.

Dr. Judith Rodin dalam penelitiannya di Yale University, gula yang terdapat pada buah-buahan, yang disebut fruktosa, dapat menghilangkan rasa lapar. Sedangkan glukosa yang biasanya terdapat pada kue-kue dan permen, menambah rasa lapar. Misalnya, bila anda sarapan kopi dan kue, tambahan energi akan segera di dapat, tetapi hanya sebentar karena energinya hilang. Hal ini disebabkan pankreas secara cepat mengeluarkan insulin ke dalam aliran darah

untuk mengatasi naiknya kadar gula yang cepat tadi. Segera setelah itu, kadar gula darah anda akan turun dan di bawah normal. Maka cepatlah energi tadi hilang dan anda akan merasa lebih lapar dari pada sebelumnya.

### **Sarapan sebagai pemulihan energi**

Bila anda tidak merasa lapar pada waktu pagi hari, mungkin sekali anda makan semalam terlalu banyak. Hal ini terjadi biasanya kemarin pagi anda tidak sarapan. Makan, misalnya snack, telalu malam, dapat menghilangkan nafsu makan pada waktu pagi. Hal ini dapat menyebabkan anda bertambah gemuk atau sebaliknya dapat menyebabkan anda kekurangan gizi.

Bila anda tidak merasa lapar pada pagi hari karena anda melakukan latihan-latihan olahraga jogging misalnya, maka beberapa jam kemudian anda akan minta sarapan, terutama karbohidrat untuk menggantikan glikogen yang terbakar selama latihan pagi tadi. Karena otot-otot akan merasa kekurangan karbohidrat pada dua jam pertama, maka sarapan yang banyak mengandung karbohidrat setelah latihan, dapat dengan segera mengganti glikogen yang telah habis.

Makan pagi sebagai makanan pemulihan ini akan lebih penting lagi artinya bila anda pada waktu siangnya akan melakukan latihan lagi. Jadi, kurang benar kalau olahragawan mengatakan tidak perlu makan setelah latihan pagi. Apalagi pada waktu siangnya tidak makan yang cukup karena takut mengganggu latihan. Usahakan makan misalnya pukul 10.00 –11.00. Bila anda melakukan latihan dua kali sehari, maka makanan harus benar-benar sudah tercerna dan akan mengisi kembali bahan bakar otot-otot anda untuk latihan pada waktu siangnya.

### **Sarapan untuk olahragawan**

Dianjurkan makan pagi, makanan yang berasal dari padi-padian, gandum dan jagung. Mengapa? Karena makanan tersebut merupakan sumber karbohidrat kompleks, dan juga mengandung banyak zat kapur (Ca). Karbohidrat merupakan sumber energi yang terbaik untuk otot-otot anda, dan anda dapat mencoba makanan yang 60- 70% kalornya berasal dari karbohidrat. Ditambah dengan minum susu, pisang, dan segelas juice (sari buah) sehingga jumlahnya sekitar

80% karbohidrat. Makan makanan seperti tersebut di atas kadar lemaknya sedikit, yang tentunya baik untuk jantung pula. Maka dari itu mulai sekarang, jangan lupa sarapan secara teratur.

## **BAB VII**

### **ENERGI UNTUK OLAHRAGA**

#### **Pengertian Energi**

**I**stilah yang sering digunakan untuk mewakili energi adalah kekuatan, dorongan, gerakan, kehidupan, dan bahkan semangat. Meskipun demikian istilah-istilah ini tidak memberikan gambaran yang memuaskan tentang makna sesungguhnya dari energi. Selain itu, istilah-istilah itu juga tidak memiliki makna ilmiah. Oleh karena itu para ilmuwan mendefinisikan energi sebagai kapasitas untuk melakukan kerja. Kerja didefinisikan sebagai penerapan kekuatan selama beberapa waktu. Oleh karena itu, energi dan kerja tidak dapat dipisahkan.

Ada enam bentuk energi: (1) kimiawi, (2) mekanis, (3) panas, (4) cahaya, (5) listrik dan (6) nuklir. Masing-masing energi bisa berubah bentuk ke bentuk lainnya. Transformasi energi ini merupakan hal yang sangat menarik dan menakjubkan, terutama ketika diterapkan dalam dunia biologis.

Kebutuhan tubuh akan energi diperlukan untuk:

1. Proses pertumbuhan dan mempertahankan jaringan tubuh. Tubuh memerlukan energi untuk kegiatan yang berlangsung di dalam sel.
2. Proses mempertahankan suhu tubuh.
3. Gerakan otot tak sadar (involunter). Gerakan seperti detak jantung, gerakan saluran pencernaan dan gerakan otot yang terlibat dalam kegiatan respirasi semuanya memerlukan energi.
4. Gerakan otot sadar (volunter). Gerakan seperti kegiatan volunter seperti bekerja, berjalan dan berolahraga, semuanya juga memerlukan energi.

## **Satuan (unit) energi**

Satu kalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1gram air sebanyak 1°C. Satuan yang biasa kita pakai sebenarnya kilokalori (kcal; kilocalorie), untuk memudahkannya lazimnya ditulis kalori (kal).

Dalam Sistem Satuan Internasional yang disepakati pada tahun 1960, istilah kalori digantikan dengan joule. Joule merupakan satuan energi tanpa menghiraukan bentuk perwujudannya. Sebagai contoh, joule dapat menyatakan energi panas, energi listrik ataupun energi mekanis. Satu kalori setara dengan 4.184 joule (4,2 joule).

Apabila jumlah energi yang diperhitungkan cukup kecil seperti jumlah energi pada porsi rata – rata masing–masing makanan, satuan kilojoule (kj) lebih lazim dipakai. Untuk energi dalam jumlah yang lebih besar, misalnya kebutuhan total energi setiap hari, satuannya megajoule (MJ) yang setara dengan 1000 kj.

Di Indonesia sendiri, dalam prakteknya kita masih sering memakai satuan kalori yang disingkat dengan kal. Pada uraian berikut ini akan digunakan kedua satuan tersebut secara bersama–sama.

## **Basal metabolic rate (BMR)**

Metabolisme basal dapat diartikan sebagai jumlah energi minimal yang diperlukan untuk mempertahankan proses-proses hidup utama dan melaksanakan berbagai proses dasar bagi kehidupan seperti kegiatan seluler, detak jantung dan respirasi.

Proses kerja tubuh yang merupakan proses hidup utama yaitu pekerjaan yang terus menerus organ-organ dalam tubuh, yang aktif menjalankan proses hidup bersamaan dengan gerakan sel-sel dan jaringan-jaringan dalam tubuh. Dalam hal ini energi minimal itu hanya sebagian yang digunakan organ-organ tubuh untuk melangsungkan kegiatannya, seperti; gerakan denyut jantung yang teratur dan secara terus menerus, gerakan mengembang-kempiskan paru-paru, gerakan peristalsis makanan dalam usus, aktivitas fungsi hati, ginjal, dan kelenjar-kelenjar sebagaimana mestinya, dan sebagainya. Sebagian lagi energi digunakan untuk melakukan proses oksidasi dalam jaringan untuk mempertahankan tonus otot.

Jadi secara umum energi minimal (energi basal metabolisme) tersebut digunakan untuk:

- a. Mempertahankan tonus otot
- b. Menggerakkan sistem sirkulasi
- c. Mengaktifkan sistem pernapasan
- d. Memfungsikan kelenjar-kelenjar serta aktivitas seluler.

Energi basal metabolisme yang diperlukan untuk mempertahankan proses-proses hidup utama itu dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Jaringan aktif dalam tubuh.
- b. Besar dan luasnya permukaan tubuh.
- c. Komposisi tubuh.
- d. Jenis kelamin.
- e. Usia.
- f. Sekresi hormon.
- g. Tonus pada waktu tidur.
- h. Tonus otot.
- i. Kondisi emosi dan mental.
- j. Kerja luar.
- k. Kondisi tubuh.

BMR diukur melalui suatu bentuk kalorimetri tak langsung ketika orang yang ingin diperiksa berada pada keadaan istirahat total, dengan suhu sekitarnya yang sesuai (sekitar 25) dan dalam keadaan *post absorpsi* dengan kegiatan pencernaan serta metabolik yang menurun hingga taraf seminimal mungkin (paling tidak 12 jam sesudah makan). BMR berhubungan dengan *lean body mass*; untuk laki-laki berukuran rata-rata dengan berat sekitar 65 kg, BMR-nya sebesar 4,8 kJ (1,14 kal) per menit dan untuk wanita berukuran rata-rata dengan berat sekitar 55 kg, BMR-nya 3,8 kJ (0,91 kal) per menit. Keanekaragaman BMR akan terjadi pada keadaan patologik tertentu dan penentuan BMR kadang-kadang mempunyai nilai dalam penegakan diagnosis.

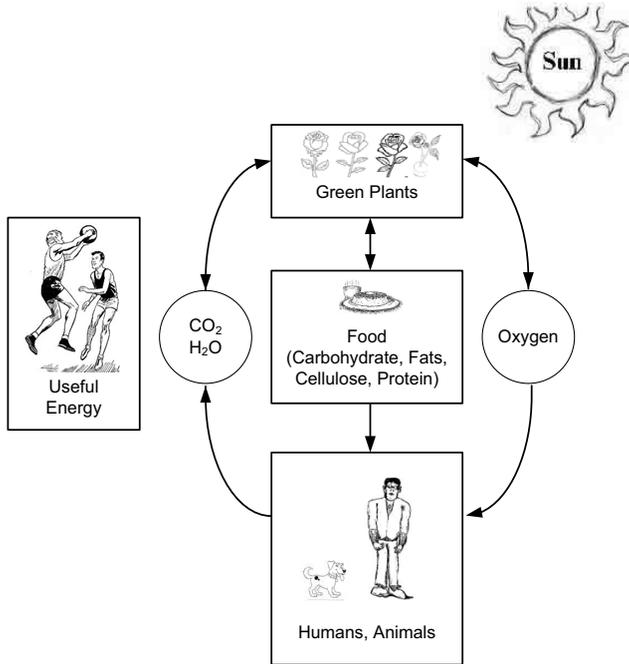
## **Specific dynamic action (SDA) pada makanan**

Makanan memiliki efek menstimulasi laju metabolisme pada saat makanan tersebut dalam proses metabolisme, sehingga menyebabkan peningkatan pengeluaran energi. Keadaan ini dikenal sebagai kerja dinamik *specific dynamic action* (SDA) makanan yang bervariasi menurut jenis makanan yang dimakan.

Pada diet campuran, nilai SDA adalah jumlah peningkatan pengeluaran energi yang sama dengan kurang lebih 10 persen dari metabolisme basal. Kalau kebutuhan energi ingin diketahui secara akurat, SDA harus turut diperhitungkan.

## **Siklus Energi Biologi**

Semua energi dalam sistem tata surya kita berasal dari matahari. Dari mana energi yang dikenal sebagai energi solar ini berasal? Solar energi sebenarnya berasal dari energi nuklir. Sebagian dari energi nuklir ini mencapai bumi dalam bentuk sinar matahari atau energi cahaya. Jutaan tumbuhan hijau yang mengisi bumi menyimpan sejumlah energi dari sinar matahari ini dalam bentuk yang lain yaitu energi kimia. Selanjutnya energi kimia ini digunakan oleh tumbuhan hijau untuk membentuk molekul makanan seperti glukosa, selulosa, protein dan lipida dari karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Proses dimana tumbuhan membuat sendiri makanan mereka ini disebut fotosintesis. Kita tidak mampu melakukan ini; kita harus memakan tumbuhan dan hewan sebagai persediaan makanan kita. Oleh karena itu, secara langsung kita tergantung pada kehidupan tumbuhan dan, pada akhirnya, tergantung pada matahari sebagai sumber energi.



Gambar 7.1 Siklus energi kehidupan

Makanan disertai O<sub>2</sub> dipecah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan pelepasan energi kimia melalui proses metabolisme yang disebut respirasi. Tujuan tunggal dari respirasi metabolisme adalah untuk menyediakan energi yang kita butuhkan untuk melakukan proses biologis seperti kerja kimiawi pertumbuhan dan kerja mekanis kontraksi otot. Seluruh proses ini disebut siklus energi biologis.

### Adenosine Triphosphat (ATP)

Kita sudah tahu apa itu energi, dari mana asalnya, dan bahwa untuk tubuh energi itu berasal dari makanan yang kita makan. Masalah kita selanjutnya adalah memahami bagaimana energi ini digunakan untuk melakukan kerja fisik, terutama kerja mekanis kontraksi otot. Energi yang dilepaskan selama pemecahan makanan tidak secara langsung digunakan untuk melakukan kerja, melainkan digunakan untuk menghasilkan senyawa kimiawi lainnya yang disebut adenosine triphosphate, atau untuk mudahnya disingkat ATP, yang disimpan di semua sel otot. Hanya dari energi yang dilepaskan oleh pemecahan senyawa inilah sel bisa melakukan tugas utamanya.

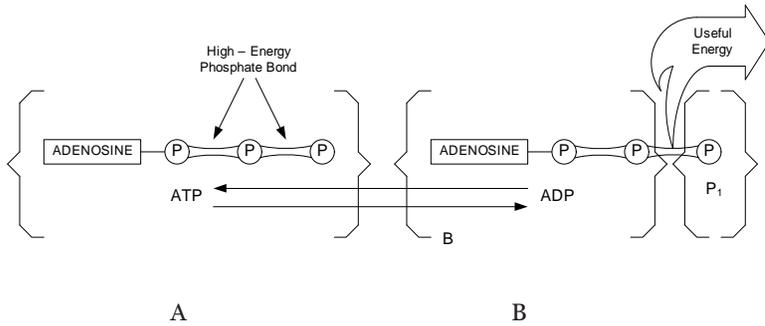
Struktur ATP terdiri dari satu komponen yang sangat kompleks, adenosine dan tiga bagian yang kurang rumit yang disebut kelompok fosfat dimana unsur kimiawinya ada pada kelompok fosfat ini. Ikatan antara dua kelompok fosfat terminal disebut dengan ikatan energi-tinggi. Ketika satu dari ikatan fosfat ini hancur, misalnya dipisahkan dari molekulnya, maka 7 sampai 12 kilokalori energi dilepaskan, dan Adenosine Diphosphate (ADP) plus inorganik phosphate (Pi) terbentuk.

### **Sumber-sumber ATP**

Hidrolisis (pemecahan) ATP menghasilkan energi untuk kontraksi otot, ada satu pertanyaan yang muncul: ‘Bagaimana senyawa penting ini disuplai ke tiap sel otot?’ Pertama, yang harus diketahui adalah bahwa selalu ada sejumlah kecil ATP dalam sel otot dan bahwa ATP secara konstan digunakan dan diregenerasi. Regenerasi ATP memerlukan energi. Ada tiga proses umum yang menghasilkan energi untuk produksi ATP, yaitu:

1. Sistem PC (phosphocreatine) ATP atau phosphogen. Dalam sistem ini energi untuk resintesis ATP berasal hanya dari satu senyawa, yaitu phosphocreatine (PC).
2. Glikosis anaerobik, atau sistem asam laktat, menyediakan ATP dari degradasi parsial glukosa atau glikogen.
3. Sistem oksigen, memiliki dua bagian yaitu: bagian pertama merupakan penyelesaian oksidasi karbohidrat, dan bagian kedua merupakan oksidasi sistem asam lemak. Kedua sistem oksigen tersebut pada akhirnya menuju rute akhir oksidasi yaitu Siklus Krebs. Beberapa protein juga bisa dioksidasi melalui Siklus Krebs, maka siklus ini sering disebut sebagai jalur umum final.

Ketiga suplai energi untuk resintesis ATP secara umum beroperasi dengan cara yang serupa. Energi yang dibebaskan dari pemecahan bahan makanan dan energi yang dilepaskan ketika PC di pecahkan digunakan untuk mengumpulkan kembali molekul ATP. Pemasangan fungsional energi dari serangkaian reaksi ke reaksi lainnya secara biokimiawi disebut reaksi kuplet (berpasangan) dan merupakan prinsip dasar yang terlibat dalam produksi metabolisme ATP.



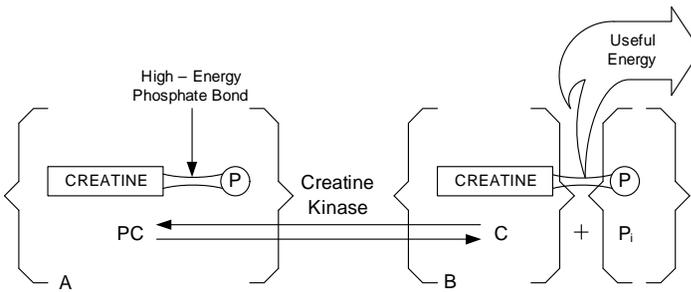
Gambar 7.2 A. Struktur ATP yang menunjukkan ikatan posfat berenergi tinggi.  
B. Penguraian ATP menjadi ADP dan posfat inorganik (Pi) yang menghasilkan energi.

### Sumber Anaerobik ATP ( Metabolisme Anaerobik)

Dua dari tiga sistem metabolisme yang terlibat dalam resintesis ATP yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu sistem ATP\_PC (phosphagen) dan glikolisis anaerobik (sistem asam laktat), yang merupakan anaerobik. Anaerobik artinya tanpa oksigen, dan metabolisme merupakan berbagai rangkaian reaksi kimia yang berlangsung di dalam tubuh (misalnya dalam sel otot). Oleh karena itu, metabolisme anaerobik atau pembentukan anaerobik ATP adalah resintesis ATP melalui reaksi kimia yang tidak memerlukan adanya oksigen.

#### Sistem ATP-PC (phosphagen).

Sistem anaerobik ini yang paling sederhana (bukan berarti tidak penting), maka hal ini akan dibahas terlebih dahulu. Phosphocreatine, seperti ATP, disimpan dalam sel otot. Karena ATP dan PC mengandung kelompok fosfat, secara bersama-sama mereka disebut phosphagens (oleh karena itu namanya sistem phosphagen). PC serupa juga dengan ATP dalam hal ketika kelompok phosphatnya dipisahkan, maka sejumlah energi dilepaskan. Produk akhir dari pemecahan ini adalah creatine © dan phosphate inorganik (Pi).



Gambar 7.3 A. Struktur phosphocreatine (PC) yang menunjukkan ikatan pospat berenergi tinggi.

B. Penguraian PC menjadi C dan pospat inorganik (Pi) yang menghasilkan energi untuk mensintesis kembali ATP.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, energi tersebut segera tersedia dan secara biokimiawi dipasangkan dengan resintesis ATP. Misalnya, persis ketika ATP dipecah selama kontraksi otot, secara kontinyu ATP dibentuk ulang dari ADP dan Pi oleh energi yang dilepaskan selama pemecahan PC yang ada. Pasangan reaksi ini bisa disimpulkan sebagai berikut:



Perlu diperhatikan bahwa persamaan diatas adalah persamaan yang disederhanakan. Dalam tubuh, peristiwa ini lebih rumit dan memerlukan adanya enzim, yang merupakan senyawa protein yang mengakselerasi kecepatan reaksi individual. Sebenarnya, semua reaksi metabolisme yang terjadi dalam tubuh memerlukan kehadiran enzim, termasuk pemecahan ATP.

Ironisnya, satu-satunya cara untuk membentuk kembali PC dari Pi dan C adalah dari energi yang dilepaskan oleh pemecahan ATP. Hal ini berlangsung selama masa istirahat dari kerja otot, dengan sumber utama ATP berasal dari hasil pemecahan bahan makanan. Oleh karena itu, ketika simpanan PC habis digunakan untuk kegiatan intensitas tinggi seperti lari cepat, mereka tidak bisa terbentuk secara efektif tanpa beristirahat atau pulih lebih dulu.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Simpanan PC dalam otot melampaui ATP; hal ini masuk akal karena fungsi PC adalah untuk menyediakan energi untuk resintesis ATP.

2. Singkatan mM adalah milimol, satuan pengukuran yang digunakan untuk menyatakan besarnya senyawa kimia. Satu mol adalah sejumlah senyawa kimia berdasarkan berat, yang tergantung pada banyak dan jenis atom yang menyusun senyawa tersebut. 1000 mM adalah 1 mol, dan ketika 1 mol ATP diuraikan dihasilkan energi sekitar 7 sampai 12 kilokalori.
3. Hanya sekitar 570 sampai 690 mM phosphagen yang tersimpan dalam massa total otot dalam tubuh. Ini sebanding dengan 5,7 dan 6,9 kilokalori energi ATP, energi yang tidak cukup banyak untuk digunakan selama berolahraga. Misalnya. Phosphagen yang tersimpan dalam otot yang sedang bekerja mungkin akan habis setelah berolahraga berat seperti lari cepat sekitar 10 detik. Jumlah total energi ATP yang tersedia dari sistem phosphagen sangatlah terbatas.

Tabel 7.1 Perkiraan Total Energi yang Digunakan Tubuh pada Sistem Phosphagen (ATP – PC).

	ATP	PC	Total Phosphagen (ATP + PC)
1. Kontraksi otot:			
a. mM/kg otot	4 – 6	15 – 17	19 – 23
b. mM/kg massa otot	120 – 180	450 – 510	570 – 690
2. Penggunaan energi			
a. kcal/kg otot	0,04 – 0,06	0,15 – 0,17	0,19 – 0,23
b. kcal total massa otot	1,2 – 1,8	4,5 – 5,1	5,7 – 6,9

Sumber: Fox, Bowers, dan Foss (1988: 17)

Pentingnya sistem phosphagen untuk latihan fisik atlet terutama untuk lari cepat, pemain bola, peloncat tinggi, dan aktifitas lain yang serupa yang memerlukan ketersediaan energi dalam waktu singkat, atau dalam hitungan detik. Tanpa sistem ini, gerakan cepat dan bertenaga tidak bisa dilakukan, karena kegiatan seperti itu membutuhkan suplai yang bisa tersedia dengan cepat dan bukan jumlah energi ATP yang besar. Sistem phosphagen merupakan sumber penyedia ATP tercepat untuk digunakan otot. Hal ini didasari oleh beberapa alasan, yaitu: (1) tidak tergantung pada rangkaian panjang reaksi kimia, (2) tidak tergantung pada pengangkutan oksigen yang kita hirup untuk bisa menggerakkan otot, (3) ATP dan PC keduanya disimpan secara langsung dalam mekanisme kontraktile otot.

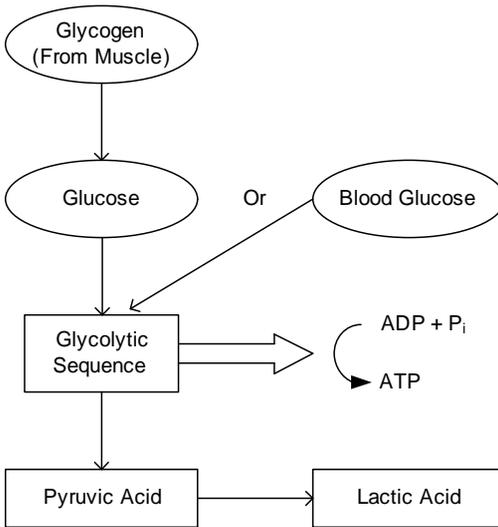
### **Glikosis anaerobik (sistem asam laktat).**

Sistem anaerobik lainnya adalah dimana ATP di resintesis dalam otot yang disebut glikosis anaerobik, yang merupakan penguraian tidak sempurna dari salah satu bahan makanan yaitu karbohidrat (gula) menjadi asam laktat (karena itu disebut sistem asam laktat). Dalam tubuh, semua karbohidrat di ubah menjadi glukosa (gula sederhana), yang bisa digunakan secara langsung dalam bentuk itu atau disimpan di dalam hati dan otot sebagai glikogen untuk digunakan kemudian. Untuk keperluan kita, karbohidrat, gula, glukosa, dan glikogen memiliki arti serupa terkait dengan metabolisme. Asam laktat adalah produk dari glikolisis asam laktat.

Holloszy menyatakan bahwa sepertinya ada batasan untuk jumlah asam laktat yang bisa terkumpul sebelum seseorang yang melakukan kegiatan merasa ototnya sangat kelelahan. Hal ini disebabkan oleh pH intraselular turun ketika asam laktat bertambah di dalam otot, mengakibatkan penyimpanan enzim pembatas-kecepatan phosphofruktokinase (PFK).

Berdasarkan sudut pandang kimia, glikolisis anaerobik lebih rumit dibanding sistem phophagen karena memerlukan 12 reaksi kimia berurutan untuk penyelesaiannya. Rangkaian reaksi ini ditemukan pada tahun 1930an oleh Gustav Embden dan Otto Meyerhof, dua orang ilmuwan Jerman. Oleh karena itu, glikolisis ini disebut juga sebagai siklus Embden-meyerhof, tetapi umumnya lebih sering disebut dengan glikolisis saja.

Bagaimana glikogen digunakan untuk resintesis ATP? Seperti sudah disebutkan sebelumnya, glikogen secara kimia di uraikan menjadi asam laktat oleh serangkaian reaksi. Selama penguraian ini, energi dilepaskan dan, melalui reaksi pasangan selanjutnya, digunakan untuk meresintesis ATP. Beberapa langkah dalam proses glikolisis ditunjukkan secara sistematis pada Gambar 7.4.

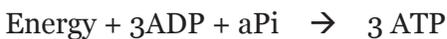
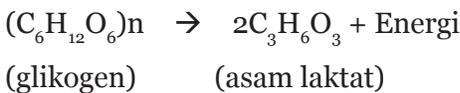


Gambar 7.4. Glikolisis anaerobik

Perlu diperhatikan bahwa rangkaian reaksi yang ditunjukkan di atas sangat disederhanakan, dan hanya meliputi sebagian dari 12 reaksi terpisah yang kita ketahui terlibat dalam glikolisis. Selain itu, tiap reaksi memerlukan adanya enzim-enzim tertentu agar reaksi bisa berlangsung dengan kecepatan yang memadai. Seperti telah disebutkan sebelumnya, salah satu enzim yang paling penting dalam hal ini adalah PFK. Enzim lain yang berperan mengendalikan diantaranya hexokinase, pyruvate kinase, dan dehidrogenase laktat.

Hanya sedikit mol ATP yang bisa diresintesis dari glikogen selama glikolisis anaerobik dibandingkan dengan jumlah yang dihasilkan jika ada oksigen. Misalnya, selama glikolisis anaerobik hanya 3 mol ATP yang bisa diresintesis dari penguraian 1 mol atau 180 gram (sekitar 6 ons) glikogen. Dengan adanya oksigen dalam jumlah yang cukup, penguraian sempurna dengan jumlah glikogen yang sama akan menghasilkan 39 mol ATP.

Persamaan reaksi berpasangan untuk resintesis ATP dari glikolisis anaerobik adalah sebagai berikut:



Selama berolahraga, produksi ATP yang berguna dari glikolisis anaerobik sebenarnya kurang dari 3 mol ATP (3ATP) seperti

ditunjukkan dalam persamaan di atas. Hal ini terjadi karena selama olahraga berat, otot dan darah bisa mentoleransi akumulasi hanya sekitar 60 sampai 70 gram (2 sampai 2,5 ons) asam laktat sebelum kelelahan menyerang. Jika ke 180 gram glikogen diuraikan secara anaerobik selama berolahraga, 180 gram asam laktat (diwakili oleh  $2C_3H_6O_3$  dalam persamaan diatas) akan terbentuk. Oleh karena itu, dari sudut pandang praktis, hanya 1 sampai 1,2 mol ATP bisa diresintesis secara total dari glikolisis anaerobik selama olahraga berat sebelum asam laktat dalam darah dan otot mencapai level fatigue (lelah).

Glikolisis anaerobik, seperti sistem phosphagen, sangatlah penting karena sistem ini menyediakan suplai ATP yang relatif sangat cepat. Misalnya, olahraga yang bisa dilakukan pada laju maksimum untuk 1 sampai 3 menit (seperti lari cepat 400 dan 800 meter) sangat tergantung pada sistem phosphagen dan glikolisis anerobik untuk pembentukan ATP.

Tabel 7.2 Perkiraan Penggunaan Energi Dalam Tubuh pada Sistem Glikolisis Anaerobik (Sistem Asam Laktat).

	Per kg Otot	Total Massa Otot
1. Toleransi maksimal asam laktat	2,0 – 2,3	60 – 70
2. ATP yang terbentuk (mM)	33 – 38	1000 – 1200
3. Penggunaan energi (kcal)	0,33 – 0,38	10,0 – 12,0

Sumber: Fox, Bowers, dan Foss (1988: 19)

Jika otot bisa mentoleransi 2.0 sampai 2.3 gram asam laktat per kilogram otot, atau 60 sampai 70 gram untuk massa otot total, maka jumlah maksimal ATP yang dihasilkan oleh glikolisis sekitar 1.0 dan 1.2 mol (1000 sampai 1200 milimol). Dalam kondisi ini bisa dilihat bahwa sekitar dua kali lebih banyak ATP yang dihasilkan dibanding sistem ATP-PC.

Kesimpulannya, glikolisis anaerobik:

1. Menghasilkan formasi asam laktat, yang menyebabkan kelelahan otot.
2. Tidak memerlukan oksigen.
3. Hanya menggunakan karbohidrat (hydrogen dan glukosa) sebagai bahan bakar makanannya; dan
4. Melepaskan energi yang cukup untuk resintesis beberapa mol ATP.

## **Sumber Aerobik ATP (Metabolisme Aerobik)**

Sebelum mendeskripsikan reaksi sistem aerobik, penting untuk mengetahui sejumlah istilah biokimia seperti: kelompok asetil, NAD<sup>+</sup>, NADH, FAD<sup>+</sup>, dan FADH<sub>2</sub>. Kelompok asetil, untuk kepentingan kita didefinisikan secara sederhana sebagai molekul dua-karbon. Misalnya, asam pyruvic (molekul tiga-karbon) kehilangan CO<sub>2</sub> untuk menjadi kelompok asetil sebelum memasuki Siklus Krebs. Demikian juga dengan metabolisme asam lemak, kelompok dua-karbon dibentuk untuk bisa memasuki Siklus Krebs.

NAD<sup>+</sup> (nicotinamide adenine denucleotide) dan FAD<sup>+</sup> (flavor adenine dinucleotide) berperan sebagai aseptor hydrogen. H<sup>+</sup> dipotong dari karbohidrat selama glikolisis dan kegiatan Siklus Krebs. Pemisahan ion H<sup>+</sup> dari sebuah senyawa merupakan satu bentuk oksidasi. Ketika suatu senyawa “menerima” sebuah ion H<sup>+</sup>, maka senyawa tersebut dikatakan berkurang. Oleh karena itu, NADH dan FADH<sub>2</sub> adalah bentuk pengurangan dari NAD<sup>+</sup> dan FAD<sup>+</sup>. Fungsi FADH dan NADH adalah membawa elektron melalui sistem transport elektron.

Kalau ada oksigen, 1 mol glikogen diuraikan secara sempurna menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) dan melepaskan energi yang cukup untuk meresintesis 39 mol ATP. Ini merupakan produksi ATP terbesar. Hasil tersebut, tentu saja memerlukan banyak reaksi dan sistem enzim, yang masing-masing jauh lebih kompleks daripada dua sistem anaerobik yang dijelaskan sebelumnya. Seperti sistem anaerobik, reaksi sistem oksigen berlangsung dalam sel otot, tetapi tidak seperti sistem anaerobik, sistem oksigen terkunci dalam sub-sel yang khusus yang disebut mitokondria. Cristae memiliki sebagian besar sistem enzim yang dibutuhkan untuk metabolisme aerobik.

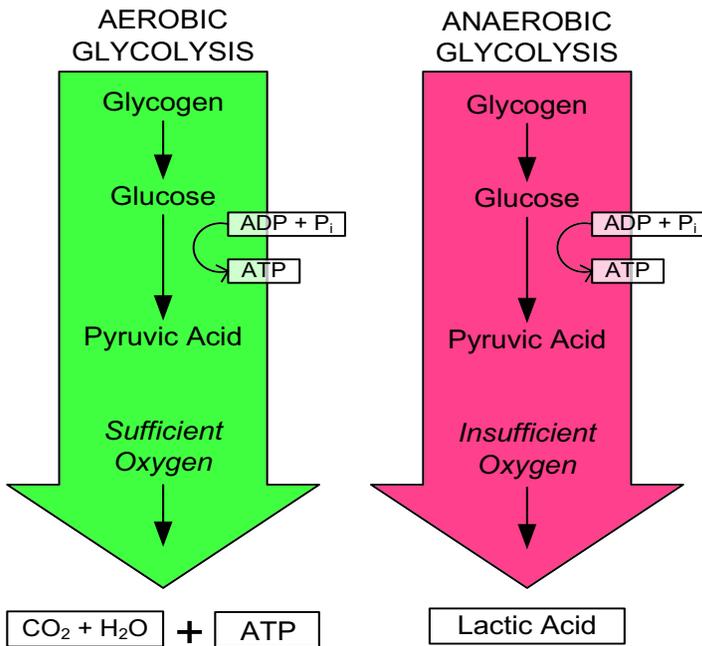
Berbagai reaksi sistem aerobik bisa dibagi menjadi tiga rangkaian utama, yaitu:

1. Glikolisis aerobik.
2. Siklus Krebs.
3. Sistem transport elektron.

### **Glikolisis aerobik.**

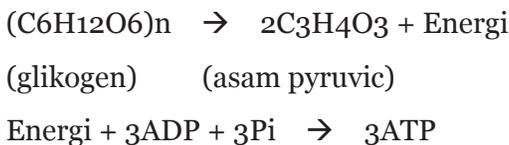
Rangkaian reaksi pertama yang terlibat dalam penguraian aerobik glikogen menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O adalah glikolisis. Ini mungkin

mengejutkan karena karena sebelumnya dikatakan glikolisis merupakan jalur aerobik. Sebenarnya, hanya ada satu perbedaan antara glikolisis anaerobik yang dibahas sebelumnya dan glikolisis aerobik yang terlangsung ketika ada cukup persediaan oksigen yang cukup: asam laktat tidak terakumulasi kalau ada oksigen. Dengan kata lain, kehadiran oksigen menghambat akumulasi asam laktat tetapi tidak meresintesis ATP. Oksigen melakukan hal ini dengan mengubah sebagian besar asam laktat mendahului asam pyruvic, menjadi sistem aerobik setelah ATP diresintesis (Gambar 7.5).



Gambar 7.5 Glikolisis Aerobik dan Anaerobik

Oleh karena itu, selama glikolisis, 1 mol glikogen diuraikan menjadi 2 mol asam pyruvic, melepaskan cukup energi untuk resintesis 3 mol ATP. Reaksi kuplet ini bisa dirangkum sebagai berikut:



Sebagai tambahan, 2 NAD<sup>+</sup> dikurangi menjadi 2 NADH yang diubah menjadi sistem transport elektron dimana 6 ATP tambahan dihasilkan (3 untuk tiap NADH).

## **Siklus Krebs.**

Asam pyruvic yang dibentuk selama glikolisis aerobik melewati mitokondria dan terus diuraikan dalam serangkaian reaksi yang disebut Siklus Krebs yang namanya berasal dari penemunya, Sir Hans Krebs. Karena penemuan pentingnya ini dia memenangkan hadiah Nobel untuk Fisiologi atau Kedokteran di tahun 1953. Siklus ini dikenal juga sebagai siklus tricarbolisyx acid (TCA) dan sebagai siklus asam sitric setelah beberapa senyawa kimia ditemukan dalam siklus tersebut. Sejumlah peristiwa penting terjadi selama Siklus Krebs yang penting untuk kita perhatikan: (1) karbondioksida diproduksi, (2) oksidasi (dan reduksi) berlangsung, dan (3) ATP diproduksi.

Segera setelah  $\text{CO}_2$  dipisahkan dari asam piruvic yang merubahnya dari senyawa 3-karbon menjadi senyawa 2 karbon (kelompok asetil). Kelompok (gugus) asetil ini bergabung dengan co-enzim A membentuk co-enzim asetil A.  $\text{CO}_2$  juga dibentuk dalam Siklus Krebs. Semua  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan berdifusi dalam darah dan dibawa ke jantung yang kemudian dikeluarkan dari tubuh.

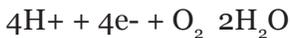
Oksidasi adalah pemisahan electron dari suatu senyawa kimia, elektron dipisahkan dalam bentuk atom Hidrogen (H) dari atom karbon yang sebelumnya merupakan asam pyruvic dan sebelumnya lagi berupa glikogen. Hydrogen, memiliki satu partikel bermuatan positif yang disebut proton (disini disebut ion hydrogen) dan satu partikel bermuatan negatif yang disebut elektron.

Oleh karena itu ketika atom-atom hydrogen dipisahkan dari satu senyawa, maka senyawa itu dikatakan telah teroksidasi.

Produksi  $\text{CO}_2$  dan pemisahan elektron dalam Siklus Krebs memiliki keterkaitan sebagai berikut: asam pyruvic (dalam bentuk modifikasinya) mengandung karbon (C), hidrogen (H) dan Oksigen (O); ketika H dipindahkan, hanya C dan O yang merupakan komponen kimia karbon dioksida, yang tertinggal. Oleh karena itu, dalam Siklus Krebs, asam pyruvic dioksidasi menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Dalam Siklus Krebs itu sendiri, hanya dua unit ATP yang terbentuk untuk tiap unit glikogen. Pada empat lokasi beda di Siklus Krebs, ion  $\text{H}^+$  dipisahkan dan melewati sistem transport elektron dimana hasil akhirnya adalah pembentukan air dan unit ATP.

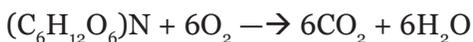
## Sistem Transport Elektron (ETS).

Sistem ini mengikuti penguraian glikogen, hasil akhirnya, H<sub>2</sub>O terbentuk dari ion hydrogen dan elektron yang dipindahkan dari Siklus Krebs dan oksigen yang kita hirup. Rangkaian spesifik reaksi dimana H<sub>2</sub>O terbentuk disebut dengan sistem transport elektron (STE/ETS) atau rantai pernafasan. Intinya yang terjadi adalah ion hydrogen dan elektron memasuki STE/ETS melalui FADH<sub>2</sub> dan NADH dan 'diangkut/ditransportasikan' ke oksigen oleh 'pengangkut elektron' dalam serangkaian reaksi enzimatik yang hasil akhirnya berupa air. Dengan kata lain:

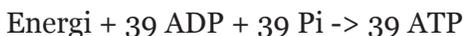


Yaitu, 4 ion hydrogen (4H<sup>+</sup>) ditambah 4 elektron (4e<sup>-</sup>) ditambah 1 mol oksigen (O<sub>2</sub>) menghasilkan 2 mol air (2H<sub>2</sub>O). Ketika electron dibawa sepanjang rantai pernapasan, energi dilepaskan, dan ATP di resintesis dalam reaksi kuplet (berpasangan). NADH memasuki STE/ETS dalam level yang sedikit lebih tinggi dari FADG<sub>2</sub> dan oleh karenanya 'menghasilkan' 3 ATP sekali lewat, sedangkan FADH<sub>2</sub> menghasilkan 2 ATP sekali melewati STE/ETS. Secara keseluruhan, 12 pasang elektron dipindahkan dari 1 mol glikogen, dan oleh karenanya 36 mol ATP dihasilkan. Oleh akrena itu, selama metabolisme aerobik, sebagian besar dari total 39 mol ATP di resintesis dalam sistem transport elektron yang pada saat bersamaan air terbentuk.

Rangkuman persamaan untuk metabolisme aerobik. Rangkuman reaksi kuplet yang terlibat dalam penguraian aerobik 1 mol glikogen adalah sebagai berikut:



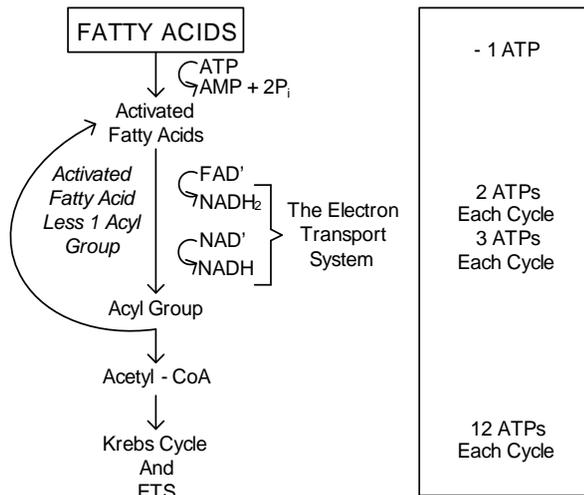
(glikogen) + Energi



Perhatikan bahwa 39 mol ATP diresintesis, 3 ATP dari glikolisis aerobik, 30 ATP dari saluran NADH ke STE/ETS, 4 ATP dari saluran FADH<sub>2</sub> ke STE/ETS, dan 2 ATP dari Siklus Krebs itu sendiri. Perhatikan juga bahwa ketika glukosa darah menjadi sumber bahan bakar karbohidrat, satu ATP tambahan 'dikonsumsi' dalam merubah glukosa menjadi glukosa-1-phosphat. Yang perlu diperhatikan lebih

lanjut lagi adalah bahwa diperlukan 6 mol oksigen ( $6O_2$ ) untuk menguraikan 180 gram (1 mol) glikogen. Karena 1 mol gas (dalam hal ini oksigen) memerlukan 22.4 liter pada suhu dan tekanan standar,  $6 \text{ mol } O_2 = 6 \times 22.4 = 134.4$  liter. Oleh karena itu, 134.4 liter  $O_2$  diperlukan untuk resintesis per mol ATP. Dengan kata lain, tiap kali 3.45 liter  $O_2$  dikonsumsi oleh tubuh, 1 mol ATP disintesa secara aerobik. Pada saat beristirahat, hal ini memerlukan waktu sekitar 10 sampai 15 menit. Saat olahraga berat hal ini berlangsung selama sekitar 1 menit.

**Sistem aerobik dan metabolisme lemak.** Kita sudah membahas tentang penguraian aerobik glikogen, karbohidrat. Dua bahan makanan lainnya, lemak dan protein, juga bisa diuraikan secara aerobik menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ , melepaskan energi untuk resintesis ATP. Lemak (bisaanya berupa rantai karbon 16 atau 18) dalam bentuk trigliserida diuraikan menjadi senyawa dua-karbon (gugus asil) oleh serangkaian reaksi yang disebut beta-oksidasi untuk bisa masuk ke Siklus Krebs dan STE / ETS (electron transport system) (lihat Gambar 7.6).



Gambar 7.6 Metabolisme asam laktat dan jumlah ATP yang dihasilkannya.

Asam lemak harus ‘diaktifkan’ untuk oksidasi beta untuk 1 ATP. Kemudian dalam proses oksidasi beta, satu  $FADH_2$  dan satu  $NADH$  dihasilkan, yang kemudian melewati ETS. Total 5 ATP akan dihasilkan dalam proses awal ini (3 ATP dari  $NADH$  dan 2 ATP dari  $FADH_2$ ). Seperti juga gugus asil dari asam pyruvic, 1 ATP, 3  $NADH$ , dan 1  $FADH_2$  dihasilkan dalam Siklus Krebs untuk tiap gugus asil.

Karena tiap satu NADH meresintesis 3 ATP dan untuk tiap FADH<sub>2</sub> meresintesis 2 ATP, totalnya 12 ATP yang diproduksi dalam Siklus Krebs dan ETS. Produksi bersih ATP dengan aktivasi asam lemak, oksidasi beta dan saluran pertama melalui Siklus krebs adalah 16 ATP (17-1).

Saat melewati oksidasi beta dan Siklus Krebs selanjutnya, 17 ATP akan diresintesis. Pada saluran terakhir yang melibatkan rantai 4-karbon, 17 dan 12 ATP diresintesis (gugus asil terakhir tidak melalui oksidasi beta) asam lemak yang berbeda akan menghasilkan jumlah ATP resintesis yang berbeda pula. Untuk dua asam lemak bisa, asam stearic (molekul 18 karbon) dan asam paltimic (molekul 16 karbon) masing-masing akan menghasilkan 147 dan 130 ATP.

Kita masih ingat bahwa untuk oksidasi 1 mol glikogen diperlukan 6 mol oksigen (atau 6 x 22.4 liter oksigen per mol = 134.4 liter oksigen) dan 3.45 liter oksigen untuk menghasilkan 1 mol ATP. Oleh karena itu untuk memproduksi 1 mol ATP melalui oksidasi asam lemak memerlukan sekitar 15% lebih banyak oksigen untuk menghasilkan 1 mol ATP untuk melengkapi degradasi glikogen. Dengan kata lain, diperlukan lebih banyak O<sub>2</sub> untuk menghasilkan 1 mol ATP dari penguraian aerobik lemak daripada dari glikogen.

### **Peran protein dalam metabolisme aerobik.**

Sejauh ini kita telah membahas tentang karbohidrat dan lemak dalam skema metabolisme. Apa itu protein. Protein sebenarnya sumber ATP tetapi perannya sangat kecil saat beristirahat dan, juga saat berolahraga. Saat kelaparan, kondisi dimana kekurangan karbohidrat dan saat menghadapi situasi yang luar biasa (lomba 6 hari), baru katabolisme protein mungkin diperlukan.

### **Energi aerobik total dalam otot.**

Sulit untuk memperkirakan total energi otot yang bisa dihasilkan melalui sistem oksigen, karena ketiga bahan makanan digunakan. Meskipun demikian, sebagai dasar untuk perbandingan dengan sistem anaerobik, total energi aerobik yang tersedia dalam otot dari glikogen saja. Misalnya, jumlah ATP yang tersedia dari penguraian aerobik semua glikogen di otot berkisar antara 87 dan 89 mol. Ini hampir 50 kali lebih banyak daripada yang disediakan oleh gabungan dua sistem anaerobik. Selain itu, 80 sampai 100 gram glikogen

disimpan dalam hati, dan jika semuanya digunakan untuk metabolisme aerobik, maka akan dihasilkan 17 sampai 22 mol ATP.

Sistem aerobik bisa menggunakan lemak dan glikogen untuk meresintesis sejumlah besar ATP tanpa secara bersamaan menghasilkan efek samping melelahkan. Sistem ini lebih terjadi saat tubuh dalam kondisi beristirahat. Terkait dengan latihan fisik atlet, dengan mudah bisa dilihat bahwa sistem aerobik terutama cocok untuk menghasilkan ATP selama olahraga berat yang memakan banyak waktu. Misalnya, selama lari marathon (42.2 km, atau 26.2 mil), bisa diestimasi bahwa total sekitar 150 mol ATP (kira-kira 1 mol ATP tiap menit) diperlukan. Sejumlah output ATP yang besar tersebut bisa dihasilkan karena sejumlah besar glikogen, lemak dan oksigen telah tersedia untuk menggerakkan otot-otot rangka.

### **Membandingkan Sistem-sistem Energi**

Sebagai pertimbangan terakhir, mari kita bandingkan ketiga sistem energi tersebut, pertama, untuk karakteristik umumnya dan kedua, untuk kapasitas dan kekuatan maksimumnya terkait dengan produksi ATP. Kapasitas merupakan jumlah tanpa tergantung waktu, sedangkan kekuatan mengacu pada tingkat, misalnya jumlah pada waktu tertentu. Dari apa yang sudah dijelaskan tentang sistem energi, kita bisa mengurutkannya berdasarkan kapasitas dan kekuatan relatifnya.

Tabel 7.3 Power Maksimal Dan Kapasitas Maksimal Sistem Energi

System Energi	Power Maksimal (mol ATP per menit)	Capasitas Maksimal (total mol ATP yang tersedia)
Phosphagen (ATP-PC)	3,6	0,7
Glikolisis Anaerobik	1,6	1,2
Aerobik (Oksigen)	1,0	90,0

Sumber: Fox, Bowers, dan Foss (1988: 28)

### **Sistem aerobik dan Anaerobik saat Istirahat dan Berolahraga**

Paling tidak ada tiga hal penting dari sistem aerobik dan anaerobik pada kondisi istirahat dan berolahraga yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut:

1. Jenis bahan makanan yang dimetabolisme.
2. Peran relatif yang dimainkan oleh tiap sistem, dan
3. Kehadiran dan akumulasi asam laktat dalam darah.

### **Istirahat**

Pada saat istirahat sekitar dua pertiga bahan bakar makanan dihasilkan oleh lemak dan sepertiganya oleh karbohidrat (glikogen dan glukosa). Protein tidak ditunjukkan dalam diagram karena, seperti sudah dijelaskan sebelumnya, kontribusinya terhadap bahan bakar makanan sangatlah kecil. Sebagaimana disebutkan juga, sistem aerobik merupakan satu-satunya sistem energi yang beroperasi. Hal ini terjadi karena sistem transport oksigen (jantung dan paru-paru) mampu menyuplai tiap sel dengan oksigen yang cukup, dan karenanya dengan ATP yang memadai untuk mencukupi semua kebutuhan energi dalam keadaan istirahat. Molekul ATP yang ditunjukkan berasal dari sistem anaerobik dianggap sebagai bagian dari produksi aerobik karena seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, mereka juga dibentuk saat ada oksigen. Meskipun sistem aerobik merupakan satu-satunya yang berperan. Ada sedikit asam laktat tapi jumlahnya konstan didalam darah (sekitar 10 mg untuk tiap 100 ml darah). Alasan terjadinya hal ini agak rumit dan pemahaman yang menyeluruh memerlukan ilmu pengetahuan kimia yang banyak tentang reaksi individual yang terlibat. Disini cukup dikatakan bahwa ada sejumlah besar LDH (laktat dehidrogenase), enzim yang mengkatalisa reaksi asam pyruvic menjadi asam laktat. Untuk keperluan kita, fakta bahwa tingkat asam laktat tetap konstan dan tidak bertambah menunjukkan bahwa glikolisis anaerobik tidak beroperasi. Jadi kita bisa lihat bahwa saat beristirahat bahan makanan yang digunakan adalah lemak dan karbohidrat, dan ATP yang diperlukan hanya disuplai oleh sistem aerobik.

### **Olahraga**

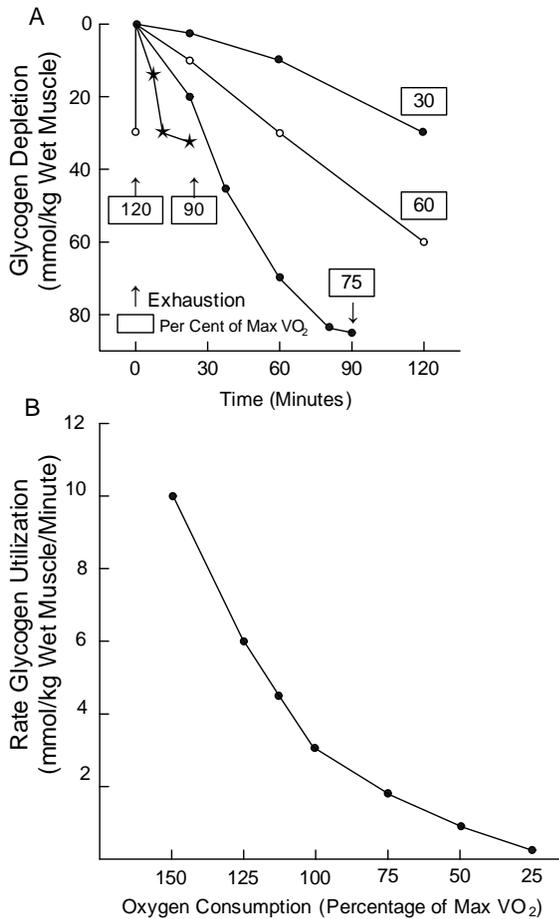
Sistem aerobik dan anaerobik berkontribusi selama berolahraga atau bergerak; meskipun demikian, peran relatifnya tergantung pada:

1. Jenis olahraga yang dilakukan
2. Keadaan olahraganya, dan
3. Diet atlit.

Untuk memulai pembahasan ini, kita bisa membagi berbagai jenis olahraga menjadi dua kategori:

1. Olahraga yang bisa dilakukan hanya untuk periode waktu yang singkat tetapi memerlukan upaya maksimal.
2. Olahraga yang bisa dilakukan untuk periode waktu yang relatif lama.

Selanjutnya kita akan menunjukkan interaksi dan pentingnya peran yang dimainkan oleh ketiga sistem energi saat berolahraga yang mungkin susah untuk dimasukkan dalam salah satu kategori diatas. Pemahaman akan konsep ini sangatlah vital untuk merencanakan program-program latihan.



Gambar 7.7 A. Penurunan glikogen otot  
B..Konsumsi oksigen pada saat kerja

Saltin dan Karlsson telah mendeskripsikan pola pengurangan glikogen untuk aktifitas yang memerlukan 30 sampai 120% konsumsi oksigen maksimum (lihat Gambar 7.7A). Aktifitas yang memerlukan kurang dari 60% atau lebih dari 90% kapasitas aerobik, simpanan glikogen tidak berkurang secara signifikan. Pada gambar 7.7B laju penggunaan glikogen bisa dilihat terkait dengan beban kerja relatifnya. Laju penggunaan glikogen meningkat tajam seiring meningkatnya beban kerja. Pada beban kerja yang sangat tinggi, ketika kelelahan terjadi dengan sangat cepat, masih ada sekitar 70% simpanan glikogen awal yang tersisa. Pada beban kerja yang memerlukan 65 sampai 95% kapasitas aerobik subyek, kelelahan sangat terkait level glikogen yang mendekati nol.

### **Olahraga durasi pendek.**

Olahraga yang termasuk kategori ini meliputi lari cepat seperti 100m, 200m, 400m, dan 800m dan even-even lain dimana laju kerja yang dibutuhkan bisa dipertahankan selama 2 sampai 3 menit.

Peran relatif sistem energi ketika berolahraga. Pada saat olahraga bahan bakar makanan utama adalah karbohidrat, sedangkan sedikit lemak dan protein, sekali lagi, kontribusinya bisa diabaikan. Kita juga melihat bahwa sistem yang dominan adalah anaerobik. Ini tidak berarti bahwa hanya sistem ini yang beroperasi. Sebenarnya hal ini mengindikasikan bahwa energi atau ATP yang diperlukan untuk jenis olahraga tersebut tidak bisa disuplai secara anaerobik oleh sistem phosphagen dan glikolisis anaerobik. Level phosphocreatin (PC), dengan kerja yang intensitasnya tinggi dan singkat akan turun ke level yang sangat rendah dan tetap rendah sampai olahraganya berhenti. PC akan diisi ulang dengan cepat saat beristirahat.

Ada dua alasan kenapa ada batasan sistem aerobik dalam menyuplai ATP dalam jumlah cukup selama melakukan olahraga apapun:

1. Tiap orang memiliki batas kekuatan aerobik atau laju maksimum konsumsi oksigen,
2. Diperlukan paling tidak 2 atau 3 menit untuk konsumsi oksigen untuk meningkatkan atau mencapai level baru yang lebih tinggi. Misalnya, atlet terlatih memiliki kekuatan aerobik antara 3.0 dan 5.0 liter O<sub>2</sub> per menit untuk wanita dan pria, sedangkan maksimum untuk wanita yang tidak terlatih adalah 2.2 liter per

menit dan 3.2 liter per menit untuk pria yang tidak terlatih. Level konsumsi  $O_2$  ini hampir tidak cukup untuk menyuplai semua ATP yang diperlukan untuk olahraga seperti lari cepat 100 meter, yang mungkin membutuhkan lebih dari 45 liter per menit (sekitar 8 liter  $O_2$  per 100 meter atau per 10 detik).

Untuk mengkonsumsi oksigen secara cepat yang diperlukan untuk mencapai kebutuhan energi atau ATP, diperlukan 2 atau 3 menit pertama olahraga untuk mempercepat konsumsi oksigen untuk mencapai level yang diinginkan. Alasan keterlambatan konsumsi oksigen ini berhubungan dengan waktu yang diperlukan oleh penyesuaian biokimia dan fisiologis untuk bisa terbentuk. Hal ini terjadi pada transisi dari istirahat ke olahraga untuk intensitas bagaimanapun dan dari olahraga dengan intensitas rendah ke olahraga dengan intensitas yang lebih tinggi. Periode dimana level konsumsi oksigen dibawah level yang diperlukan untuk menyuplai semua ATP yang dibutuhkan olahraga disebut deficit oksigen. Selama deficit oksigen inilah sistem phosphagen dan glikolisis anaerobik diperlukan untuk menyuplai sebagian besar ATP yang diperlukan untuk olahraga. Ini artinya bahwa selama olahraga jangka pendek tetapi intensitasnya tinggi, akan selalu terjadi defisit oksigen selama masa olahraga, dengan sumber utama ATP dari dua sistem aerobik yang ada.

Akselerasi cepat dalam glikolisis aerobik diikuti oleh akumulasi asam laktat yang cepat. Asam laktat yang terkumpul dianggap memiliki peran signifikan dalam aktivitas yang berlangsung dari sekitar 2 menit sampai 10 menit. Pengurangan PC dan laju resintesis ATP sangat penting dalam aktivitas yang berlangsung kurang dari 3 menit. Untuk mengurangi tekanan kerja yang keras, olahraga harus dihentikan atau dilanjutkan tetapi dengan intensitas yang jauh lebih rendah. Level asam laktat darah sebesar 200 mg % dicatat selama lari cepat dan renang. Level yang tinggi ini sekitar 20 kali lebih besar daripada yang normalnya ditemukan dalam kondisi beristirahat (10 mg %).

Oleh karena itu level asam laktat dalam darah menjadi indikator yang sangat bagus untuk mengetahui sistem energi mana yang dominan yang digunakan selama berolahraga. Jika level asam laktat tinggi, maka sistem digunakan pastilah glikolisis anaerobik; jika levelnya rendah, maka sistem aerobik yang mendominasi.

## **Olahraga durasi lama.**

Semua olahraga yang dilakukan untuk waktu yang relatif lama harus dimasukkan dalam kategori ini. Yang kami maksud dengan periode yang relatif lama adalah 10 menit atau lebih. Dalam kasus ini, bahan makanan utama adalah tetap karbohidrat dan lemak untuk kegiatan yang berlangsung selama 20 menit (misalnya lari/jogging lama) umumnya karbohidrat merupakan sumber bahan bakar dominan untuk resintesis ATP, sedangkan lemak hanya memainkan peran yang relatif kecil.

Level asam laktat yang tinggi, tetapi tidak maksimal akan muncul dalam darah. Ketika kegiatan berlangsung melebihi satu jam, simpanan glikogen mulai menunjukkan penurunan konsentrasi yang signifikan dan lemak menjadi sumber yang lebih penting untuk resintesis ATP. 'campuran' penggunaan glikogen dan lemak akan bervariasi antar atlet karena beberapa alasan diantaranya karena hakikat olahraga, proporsi yang cepat atau lambat dan simpanan glikogen awal.

Dalam olahraga jenis ini, sumber utama ATP disuplai oleh sistem aerobik. Asam laktat dan sistem ATP-PC juga berkontribusi, tetapi hanya di awal olahraga, sebelum konsumsi oksigen mencapai level stabil yang baru; pada saat ini deficit oksigen terjadi. Ketika konsumsi oksigen mencapai level stabilnya (dalam 2 atau 3 menit) cukup untuk menyuplai semua energi ATP yang dibutuhkan untuk olahraga. Karena alasan tersebut, maka asam laktat darah tidak terakumulasi sampai level yang sangat tinggi selama olahraga yang berlangsung lebih dari satu jam. Glikolisis anaerobik dimatikan ketika dicapai kondisi konsumsi oksigen stabil dan sejumlah kecil asam laktat terakumulasi sebelum waktu ini dan akan tetap konstan sampai akhir olahraga. Contohnya adalah lari marathon. Para atlet berlari sejauh 42.2 km (26.2 mil) dalam waktu sekitar 2.5 jam, tetapi diakhir lomba level asam laktat darah mereka hanya sekitar dua sampai tiga kali level asam laktat darah ketika beristirahat. Oleh karena itu, kelelahan yang dialami oleh para pelari ini di akhir lomba disebabkan oleh faktor lain selain level asam laktat darah.

Beberapa faktor penting lain yang menyebabkan kelelahan jenis ini adalah:

1. Level glukosa darah yang rendah karena berkurangnya simpanan glikogen hati.

2. Kelelahan otot lokal karena berkurangnya simpanan glikogen otot.
3. Kehilangan air (dehidrasi) dan elektrolit yang mengakibatkan naiknya suhu tubuh.
4. Kebosanan dan gerakan fisik secara umum yang dilakukan tubuh.

Dalam aktivitas lama dengan intensitas yang sangat rendah seperti berjalan, bermain golf, dan tugas-tugas industrial tertentu, asam laktat tidak bertambah diatas level istirahat normal. Hal ini terjadi karena sistem phosphagen sendiri memadai untuk menyuplai energi ATP tambahan yang diperlukan sebelum mencapai keadaan stabil konsumsi oksigen. Dalam kasus ini, kelelahan bisa diperlambat sampai 6 jam atau lebih, dan sebabnya tidak jelas.

Informasi sebelumnya bisa sangat bermanfaat bagi pelatih olahraga. Misalnya, salah satu aspek terpenting lari jarak jauh dan jarak menengah adalah kecepatan. Jika seorang atlet memulai lari jarak jauh terlalu cepat atau memulai lari sprint akhirnya terlalu cepat maka asam laktat akan berakumulasi dengan sangat cepat dan simpanan glikogen otot akan berkurang cepat dalam lomba. Ketika intensitas olahraga meningkat, maka meningkat pula jumlah energi yang diperlukan dari sistem anaerobik. Akibatnya, atlet bisa kalah lomba karena kelelahan yang lebih cepat ini. Pelatih atau atlet yang tahu tentang hal ini tidak akan membiarkan masalah ini terjadi. Sebaliknya, dari sisi fisiologis, mereka akan menyarankan agar atlet mempertahankan kecepatan yang stabil tetapi memadai selama waktu lomba, dan mengakhiri lomba dengan seluruh usaha. Dengan kata lain, terjadinya kelelahan karena akumulasi asam laktat dan berkurangnya glikogen otot harus ditunda sampai akhir lomba.

Meskipun demikian kita juga harus tahu bahwa dalam kasus khusus pelari jarak menengah ada berbagai strategi lomba. Kadang seorang pelari sepertinya terlihat selalu tertinggal di lapangan sampai 300 yard terakhir sedangkan ada juga pelari yang harus selalu di depan dan terus memperbaiki posisinya. Tiap pelari elit menemukan strategi yang cocok untuknya secara fisiologis. Para 'sprinter' mungkin memiliki serat yang berkonstraksi-cepat yang lebih tinggi (fast glycolitic) sedangkan 'pelari jarak jauh' mungkin memiliki serat yang berkonstraksi lambat (oksidatif lambat).

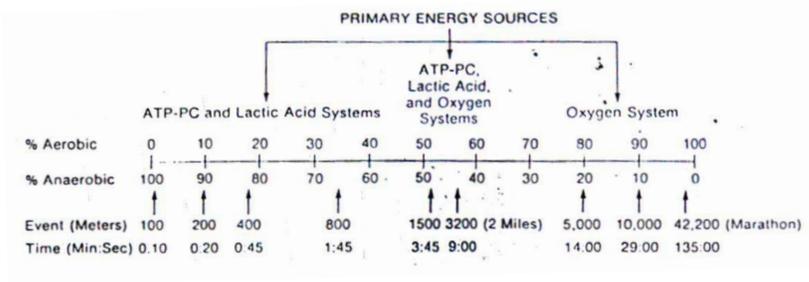
Kekuatan maksimum aerobik merupakan faktor yang signifikan dalam melakukan kegiatan yang lama sama pentingnya seperti

kapasitas aerobik untuk melakukan olahraga yang waktunya pendek. Hal ini karena pada fakta bahwa sistem aerobik mensuplai mayoritas energi yang diperlukan oleh jenis kegiatan ini. Kekuatan aerobik maksimum (disingkat  $\text{max VO}_2$  atau  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) didefinisikan sebagai laju maksimal konsumsi oksigen. Semakin tinggi kekuatan aerobik maksimum seorang atlet, semakin kuat performanya untuk kegiatan yang memerlukan daya tahan, dengan syarat semua faktor lain yang berkontribusi dalam penampilan kerja atlet.

### **Interaksi Sumber Energi Aerobik dan Anaerobik Selama Olahraga**

Sejauh ini, kita telah mendiskusikan sistem energi selama olahraga baik jangka pendek dengan intensitas tinggi (anaerobik) atau jangka panjang dengan intensitas upaya yang rendah (aerobik). Bagaimana dengan olahraga yang berada diantara dua kategori ini? Apakah merupakan aktivitas aerobik atau anaerobik? Kita tidak mungkin untuk mengklasifikasikan kegiatan-kegiatan tersebut sepenuhnya aerobik atau anaerobik. Mereka memerlukan paduan metabolisme aerobik dan anaerobik. Misalnya lari 1500 meter. Dalam kegiatan ini, sistem anaerobik mensuplai sebagian besar porsi ATP selama sprint di awal dan di akhir lomba, dengan sistem aerobik mendominasi selama di pertengahan, atau saat stabil, pada saat lari. Secara keseluruhan, lari ini membutuhkan sekitar separo ATP yang diperlukan dari sumber anaerobik dan separonya dari sumber aerobik.

Untuk lomba lari cepat seperti lari cepat 100m, hampir 100% anaerobik, sedangkan yang paling kanan, seperti marathon, jelas-jelas aerobik. Diantara keduanya yang disebut area abu-abu, dimana berbagai campuran metabolisme aerobik dan anaerobik diperlukan selama performa. Kegiatan-kegiatan ini sering yang paling sulit untuk atlet untuk dilakukan karena semua sistem energi terlibat banyak. Selain itu kegiatan abu-abu ini juga paling sulit untuk disiapkan atlet karena dia harus menghabiskan waktu selama latihan untuk mengembangkan sistem anaerobik dan aerobik sekaligus. Konsep kontinum energi, tentu saja, berlaku untuk semua aktivitas, tidak hanya untuk kegiatan lomba.



Gambar 7.8 Persentase sistem aerobik dan anaerobik untuk beberapa nomor atletik.



## **BAB VIII**

### **ERGOMETRI**

**U**ntuk bisa mengetahui pemakaian energi pada kegiatan fisik dan olahraga, diperlukan alat pengukur energi yang tepat, reliabel dan valid. Alat ukur itu disebut ergometer (ergo = kerja, meter = ukuran). Reliabilitas alat ukur sangatlah penting untuk mengetahui hasil kerja dengan pasti. Kita bisa mengetahuinya secara cepat dan tepat dengan menggunakan alat ukur yang kita yakini memiliki reliabel yang tinggi. Oleh karena itu jika ditemukan respon fisiologis berbeda pada tes-tes berikutnya, kita bisa mengatakan bahwa perbedaan itu disebabkan oleh hal lain, bukan karena ergometer itu sendiri. Misalnya, jika detak jantung lebih rendah pada beban kerja tertentu setelah diberi program latihan selama satu minggu, maka kita bisa mengatakan dengan yakin bahwa program latihannya telah memberi efek terhadap sistem kardiovaskular subyek. Beberapa jenis ergometer yang dapat digunakan untuk mengetahui kerja fisiologis, yaitu: treadmill, stationary bicycle, ergometer renang, dan peralatan lainnya.

#### **1. Treadmill.**

Treadmill yang digerakkan motor terdiri dari permukaan untuk berlari, serupa dengan conveyor belt dan satu alat untuk mengendalikan kecepatan dan kemiringan (elevasi) ketika berlari menaiki bukit. Beberapa model treadmill bisa diatur untuk memberikan simulasi lari seperti menuruni atau menaiki bukit.

#### **2. Stationary bicycle.**

Stationary bicycle (sepeda stationari) adalah alat yang dapat menggambarkan ketahanan seseorang ketika melakukan kerja. Ketahanan kerja seseorang bisa diketahui atau didapatkan melalui muatan mekanis (beban muatan pada platform atau meningkatkan tegangan pada sabuk) dari rantai atau melalui penggantian tahanan elektrik. Calibrasi sepeda harus benar-benar diperhatikan dengan baik.

### **3. Ergometer renang.**

Ergometer renang adalah alat untuk mengetahui kemampuan seseorang saat berenang. Alat renang yang aman telah didesain untuk memberikan tahanan dalam renang sehingga perenang bisa tetap berada di satu lokasi di kolam renang. Alat ini memiliki satu sabuk atau tali yang dilekatkan pada perenang. Sabuk ini tersambung pada sebuah kabel yang berjalan dibelakang pengangkat di punggung perenang. Kabel itu kemudian melewati pengangkat kedua ke platform muatan. Untuk mempertahankan posisinya di air perenang harus menendang dan atau terus bergerak agar platform beban tetap berada di titik yang telah ditentukan.

### **4. Peralatan lainnya.**

Beberapa alat yang disebutkan diatas merupakan yang paling umum ditemukan. Ada beberapa jenis lain seperti ergometer dayung, treadmill tangga, dan tabung renang (tangki air dimana arus air bisa dibuat).

## **Energi, Kerja dan Kekuatan**

Energi, kerja dan kekuatan merupakan suatu istilah yang saling berhubungan. Agar bisa memahami sepenuhnya tentang subyek-subyek tersebut terlebih dahulu dibicarakan makna dan hubungan antara: energi, kerja atau usaha, dan kekuatan atau gaya.

### **Energi**

Energi tidak bisa dilihat atau dipegang, tetapi bisa dirasakan efeknya. Misalnya, ketika jatuh atau dipukul dengan sebuah benda kita merasa sakit. Dengan kata lain, energi dan efeknya ada di sekitar kita, seperti mobil yang bergerak, matahari, dan anak-anak dan atlet yang bermain di lapangan – semuanya merupakan ilustratif energi. Energi bisa dideskripsikan sebagai kapasitas untuk melakukan usaha.

Secara umum, ada enam bentuk energi: mekanis, panas, cahaya, kimia, listrik, dan nuklir. Masing-masing bisa diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Orang yang berolahraga merubah energi kimia (makanan) menjadi energi mekanis dan panas. Setiap gerakan manusia walaupun cuma senyuman atau melempar bola diperlukan energi. Energi yang bersumber dari Adenosin Triposfate (ATP) diperlukan untuk melakukan gerakan tersebut berasal dari

makanan. Tubuh kita juga merubah energi kimia menjadi energi listrik: stimulus untuk menggerakkan otot, misalnya merupakan energi listrik. Electrocardiogram sebenarnya rekaman di atas kertas tentang kegiatan listrik otot jantung, seperti juga elektromiogram merupakan pencatat impuls listrik pada otot kerangka.

Sumber energi dalam reaksi kimia, yang merupakan perhatian utama kita, berasal dari penguraian sebuah molekul atau penggabungan molekul. Apapun yang terjadi, jumlah energi yang sama (panas) akan terlibat dalam reaksinya. Misalnya, jika hidrogen bereaksi dengan oksigen menghasilkan air dan 68.4 kcal, hal ini memerlukan tepat 68.4 kcal untuk menarik molekul air terpisah dari bentuk hidrogen dan oksigen. Ini disebut dengan; hukum pertama 'termodinamika'.

### **Kerja**

Dalam bidang fisika usaha didefinisikan secara terbatas yaitu aplikasi gaya pada jarak tertentu. Misalnya, jika mengangkat buku seberat 1 kilogram (2.2 pon) secara vertikal setinggi 1 meter (3.3 kaki), usaha yang dilakukan sekitar 1 kilogram-meter (kg-m), atau 7.3 kaki-pon (ft-lb). Satu kg-m didefinisikan sebagai gaya yang dilakukan ketika kekuatan konstan 1 kilogram diberikan pada tubuh yang menggerakkan sejauh 1 meter, searah dengan gayanya. Usaha bisa dinyatakan dalam formula berikut:

$$W = F \times D$$

*dimana:*

W = usaha / kerja

F = gaya (ingat bahwa gaya harus konstan)

D = jarak yang harus ditempuh gaya

(jarak adalah panjangnya jalur dimana tubuh bergerak searah dengan gaya ketika gaya bekerja).

Jika seseorang mampu memindah benda seberat 70 kg sejauh 0,75 meter maka usaha / kerja orang itu adalah:

$$W = F \times D$$

$$W = 70 \text{ kg} \times 0,75 \text{ meter}$$

$$W = 52.5 \text{ kg-m}$$

## Power

$$\text{Power} = \frac{\text{Usaha}}{\text{Waktu}}$$

atau

$$\text{Power} = \frac{F \times D}{T}$$

Berdasarkan pembahasan di atas penting bagi kita untuk memahami makna energi, kerja dan power dan bahwa keenam bentuk energi tersebut dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Pentingnya konsep ini dapat ditunjukkan pada saat menjelaskan :

1. Bagaimana kerja yang dilakukan oleh seseorang dapat diukur secara langsung melalui jumlah panas yang dikeluarkan tubuh saat melakukan berbagai kegiatan.
2. Bagaimana pengukuran panas digunakan dalam menentukan nilai energi makanan, misalnya berapa banyak energinya atau, lebih tepatnya lagi, berapa jumlah kilokalori, yang ada dalam minuman ringan, kentang ukuran rata-rata, atau seiris roti (kita akan melihat bahwa informasi yang terakhir merupakan hal yang penting dalam memahami program pengontrolan berat badan.
3. Bagaimana para ahli psikologis menggunakan metode tidak langsung pengukuran energi dengan cara menentukan jumlah oksigen digunakan.

### **Pengukuran Langsung Energi: Produksi Panas**

Pada saat energi dikeluarkan oleh badan manusia saat melakukan kerja, panas dihasilkan dari otot-otot yang sedang bekerja. Dalam hal ini, metabolisme bahan makanan (nilai kalori) harus ekuivalen dengan jumlah panas badan yang dihasilkan. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini menunjukkan bahwa hukum pertama thermodynamic: *Ketika energi mekanik diubah menjadi energi panas atau energi panas menjadi energi mekanik, rasio dua energi tersebut adalah dalam jumlah konstan (prinsip energi konservasi).*

Pengeluaran jumlah energi yang tetap akan selalu menghasilkan produksi jumlah panas yang sama. Mendemostrasikan melalui binatang hukum thermodynamic pertama ini, seorang ilmuwan

bernama Max Rubber pada akhir tahun 1800 an membuat rongga yang berisi sirkulasi air dibagian luar. Seekor anjing ditempatkan di dalam rongga tersebut untuk mengukur produksi metabolisme dan panas binatang. Metabolisme secara tidak langsung ditentukan dengan mengukur oksigen yang di konsumsi oleh anjing dalam mengurai makanan. Produksi panas oleh anjing dalam rongga (yang disebut calorimeter bom) diukur dengan cara mencatat perubahan (peningkatan) dalam suhu dalam sirkulasi air. Tiap peningkatan dalam suhu air 1°C per kilogram air ekuivalen dengan 1 kcal energi. Istilah bom berasal dari bentuk rongga (bom) dan calorimeter berarti pengukuran panas (dinyatakan dalam kalori).

Hasil dari eksperimen awal ini menunjukkan unequivocally bahwa energi yang dihasilkan melalui metabolisme makanan sama dengan panas yang dihasilkan. Kita biasa menyimpulkan bahwa energi yang dikeluarkan oleh seseorang yang melakukan berbagai pekerjaan sama dengan energi yang dikeluarkan melalui metabolisme tubuh. Contohnya, jika kita mengukur konsumsi oksigen dari seseorang yang menaiki sepeda atau berlatih dalam calorimeter bom manusia dan kemudian diubah oksigen yang digunakan ekuivalen panas atau kilokalori.

### **Pengukuran Energi Tidak Langsung: Konsumsi Oksigen**

Banyak ilmuwan telah mendemostrasikan bahwa jumlah oksigen yang dihirup pada waktu istirahat atau pada saat melakukan kerja di ungkapkan dalam ekuivalen panas (kcal) akan sama dengan panas yang dihasilkan oleh badan seperti yang ditentukan secara langsung dalam calorimeter. Pengukuran konsumsi oksigen merupakan ukuran tidak langsung energi, karena panas tidak diukur secara langsung.

Untuk mengungkapkan jumlah energi yang dikonsumsi dalam ekuivalen panas (misalnya kilokalori), akan menjadi perlu untuk mengetahui jenis makanan apa (karbohidrat, lemak, atau protein) yang akan dimetabolisasi. Hal ini berkaitan dengan ekuivalen energi makanan tertentu yang akan dimetabolisasi. Sebagai contoh, pada saat makanan ini ditempatkan dalam calorimeter bom dan 1 liter oksigen digunakan dalam mengurai makanan, ekuivalen energi panas yang mengikuti akan didapatkan. Karbohidrat (contohnya glikogen dan glukosa), 5,05 kcal; protein (contohnya daging), 4,46 kcal; dan lipid (lemak), 4,74 kcal. Untuk kcal per gram makanan yang

dimetabolisasi, ada perbedaan nilai dalam hasil pada saat makanan (secara physiology) dalam badan dibandingkan dengan calorimeter bom. Kehilangan energi seperti yang telah dicantumkan pada bagian terakhir tabel karena pencernaan dan kehilangan protein dalam urin.

### **Ekuivalen Kaloris Oksigen: Rasio Pertukaran Respiratori (R)**

Nilai kaloris 1 liter oksigen yang dikonsumsi tergantung pada jenis makanan yang sedang dimetabolisasi. Rasio volume karbon dioksida yang hilang per menit (VCO) terhadap volume oksigen yang dikonsumsi selama interval waktu yang sama ( $VO_2$ ) disebut dengan **respiratory exchange ratio (R)**. R hanya dapat ditentukan dibawah keadaan sedang berolah raga atau istirahat.

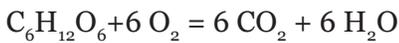
Tabel 8.1 Nilai equivalents R kalori dan persentase total kalori dari karbohidrat dan lemak.

R	Kcal/L O <sub>2</sub>	Persentase keseluruhan dari kalori	
		Karbohidrat	Lemak
0.707.	4.686	0.0	100.0
0.71	4.690	1.02	98.88
0.72	4.702	4.44	95.6
0.73	4.714	7.85	92.2
0.74	4.727	11.3	88.7
0.75	4.739	14.7	85.3
0.76	4.751	18.1	81.9
0.77	4.764	21.5	78.5
0.78	4.776	24.9	75.1
0.79	4.788	28.3	71.7
0.80	4.801	31.7	68.3
0.81	4.813	35.2	68.4
0.82	4.825	38.6	61.4
0.83	4.838	42.0	58.0
0.84	4.830	45.4	54.6
0.85	4.862	48.8	51.2
0.86	4.875	52.2	47.8
0.87	4.887	55.6	44.4
0.88	4.899	59.0	41.0
0.89	4.911	62.5	37.5
0.90	4.924	65.9	34.1
0.91	4.936	69.3	30.7
0.92	4.948	72.7	27.3
0.93	4.961	76.1	23.9
0.94	4.973	79.5	20.5
0.95	4.985	82.9	17.1
0.96	4.998	86.3	13.7
0.97	5.010	89.8	10.2
0.98	5.047	93.2	6.83
0.99	5.035	96.6	3.41
1.00	5.047	100.0	0.00

## Karbohidrat

Karbohidrat merupakan zat makanan yang mengandung hidrogen dan oksigen dalam proporsi yang tepat untuk membentuk air dalam molekul (dua atom hidrogen untuk tiap atom oksigen). Semua oksigen yang dikonsumsi dapat digunakan dalam oksidasi karbon. Pada saat yang bersamaan, volume gas yang berimbang pada suhu dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang berimbang (Hukum Avogadro). Oleh karena itu, pada diet murni karbohidrat kita akan mendapatkan R sama dengan 1 atau kesatuan.

Contohnya:



Glukose

$$R = \frac{VCO_2}{VO_2} = \frac{6 CO_2}{6 O_2} = 1$$

Terlihat dengan tepat bahwa 6 mole dari  $CO_2$  diproduksi sebagai akibat dari 6 mole  $O_2$  yang digunakan dalam oksidasi glukosa.

$$\text{Ratio } \frac{6 CO_2}{6 O_2} = 1$$

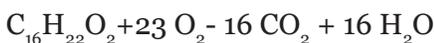
Satu liter oksigen akan melepaskan 5.047 kcal energi (panas), hal ini termetabolisasi dalam tubuh atau terbakar dalam calorimeter bom.

## Lemak

Pada saat lemak dioksidasi, oksigen tidak hanya menggabungkan dengan karbon untuk membentuk karbon dioksida tetapi juga menggabungkan dengan hidrogen untuk membentuk air. Oleh karena itu, kita akan mendapatkan R menjadi lebih kecil dari satu dan menjadi:



Atas oksidasi:



$$R = \frac{16 CO_2}{23 O_2} = 0,70$$

Meskipun lemak mengandung lebih dari dua kali energi kimia dari karbohidrat per gram, lemak memerlukan lebih banyak oksigen untuk melepas tiap kalori energi.

## **Protein**

Protein secara keseluruhan dibakar dalam calorimeter bom, menghasilkan 5,65 kkal per gram. Namun, ketika termetabolisasi dalam tubuh, nitrogen dan sejumlah kecil endapan sulfur dikeluarkan dalam urin dan tinja, seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Akibatnya, sedikit energi tersedia ketika protein di metabolisasi dalam tubuh daripada ketika terbakar dalam calorimeter, dimana oksidasi nitrogen dan sulfur terjadi. Sebagai dampaknya, produksi energi dalam tubuh sekitar 5,20 kkal per kilo gram protein, sedangkan dalam calorimeter rata-rata 5,65 kkal per gram protein. Karena faktor ini, keputusan khusus harus diambil ketika menggunakan R sebagai representatif jenis makanan yang dimetabolisasi. Hal ini merupakan salah satu signifikan tambahan ketika menggunakan R untuk menentukan nilai kalori tiap liter oksigen tubuh yang digunakan.

Jika tubuh yang memetabolisasi hanya dengan lemak dan karbohidrat maka akan lebih mudah, kemudian R akan merepresentasikan proporsi relative makanan yang digunakan, karena hanya ada kehilangan energi yang disebabkan oleh pencernaan. Sebagai contoh, R dari 1,00 akan menunjukkan kepada kita bahwa hanya karbohidrat yang dibakar, R dari 0,71, hanya lemak; dan rasio antara dua nilai ini akan menghasilkan kombinasi relatif dua makanan yang dimetabolisasi. Dalam hal ini, kita bisa memberikan nilai kalori yang tepat terhadap tiap liter oksigen yang dikonsumsi oleh individu.

Para ilmuwan telah mengukur ekskresi nitrogen dan telah menentukan jumlah protein yang dioksidasi. Mengurangi oksigen yang diperlukan dan karbon dioksida yang dihasilkan ketika protein teroksidasi dari konsumsi oksigen total menghasilkan nilai R yang sering disebut sebagai nonprotein R.

Untuk mengukur jumlah energi yang digunakan dalam melakukan usaha, jelas bahwa kita harus mengetahui nilai R jika kita harus menentukan nilai kalori untuk jumlah oksigen yang dikonsumsi. Untuk ilustrasi, mari kita asumsikan bahwa 2 liter oksigen per menit dikonsumsi selama selama 15 menit bersepeda

(total 30 liter  $O_2$ ). Jika diet seseorang adalah karbohidrat ( $R=1.0$ ), nilai kalori 30 liter oksigen yang dikonsumsi akan dijabarkan  $30 \times 5.05 = 151,5$  kcal energi yang digunakan. Dalam kasus dimana  $R$  tidak diketahui, dapat diasumsikan menjadi 0.83, yang berarti seliter oksigen yang dikonsumsi ekuivalen dengan 4.83 kcal.

### **Faktor Lain yang Mempengaruhi R**

Ada saat-saat dimana  $R$  dapat dipengaruhi oleh faktor lain disamping oksidasi makanan. Faktor berikut ini perlu diperhatikan pada saat menginterpretasikan  $R$ :

1. Hyperventilation (overventilasi paru-paru), yang kemungkinan terjadi pada saat adanya tekanan psikologis, yang mengakibatkan hilangnya karbon dioksida yang berlebihan. Dalam situasi yang seperti itu  $R$  akan melebihi satu (kesatuan).
2. Selama menit pertama atau olah raga (aerobik) sub-maksimal dampak stimulasi yang jelas mengakibatkan hiperventilasi pada kondisi dimana seseorang mengeluarkan lebih banyak karbon dioksida daripada mengkonsumsi oksigen, yang menyebabkan  $R$  mendekati satu.
3. Selama lari jarak pendek (50 m, 100 m, dan 200m),  $R$  akan melebihi 1 ketika keluarnya asam laktat menyebabkan  $CO_2$  dalam jumlah besar dikeluarkan.
4. Selama pemulihan dari olah raga,  $CO_2$  tetap, yang mengakibatkan  $R$  rendah.

### **Pengukuran Pengeluaran Energi saat Olah Raga**

Pengukuran pengeluaran energi pada saat berolah raga, maka hal yang pertama kita perlukan adalah mengetahui apakah olah raga yang dilakukan itu adalah anaerobik atau aerobik. Jika olah raga tersebut adalah anaerobik, atau yang tergolong aerobik dan anaerobik sistem energi selama berolah raga, jadi kita perlu mengukur konsumsi oksigen ( $VO_2$ ) pada saat istirahat, selama olah raga, dan selama pemulihan. Jika olah raga dapat dilakukan secara aerobik, maka hanya konsumsi oksigen pada saat istirahat dan selama waktu diam yang perlu diukur.

Konsumsi oksigen yang diperlukan harus diukur selama berolah raga dan pemulihan untuk menentukan nilai oksigen pada saat berolah raga. Hal ini dinamakan dengan pengeluaran oksigen bersih

olah raga. Oksigen pemulihan diperlukan karena jumlah oksigen yang dikonsumsi selama berolah raga hanya mencerminkan energi yang tersedia melalui sistem aerobik. Oksigen pemulihan, sebaliknya, digunakan sebagai indikator jumlah energi yang tersedia selama berolah raga melalui sistem anaerobik. Oleh karena itu: pengeluaran bersih  $O_2$  olah raga merupakan perpaduan (jumlah)  $VO_2$  dan pemulihan  $VO_2$  dikurangi waktu istirahat  $VO_2$  dikalikan waktu.

### *Pengeluaran Oksigen Bersih saat Olah Raga Anaerobik*

Dalam berolah raga intensitas maksimal dimana pengeluaran bersih  $O_2$  dari olah raga yang akan dicari. Kantong Douglas atau balon meteorologi adalah alat yang paling sering digunakan untuk mengumpulkan gas yang dihirup dengan tujuan untuk mengukur volume dan analisis.

Kantong Douglas berupa garis yang terbuat dari karet dan di tutup dengan kanvas dan dinamai oleh ahli fisiologis C. G. Douglas. Atlet disuruh menghirup udara, udara yang dihirup dikumpulkan selama masa istirahat, berolahraga, dan pemulihan. Beberapa kantong dapat digunakan untuk menampung periode olah raga dan pemulihan. Contoh gas diambil dari tiap kantong dan dianalisa konsentrasi  $CO_2$  dan  $O_2$ . Setelah di analisa, volume tiap kantong ditentukan dengan mengalirkan gas melalui gas meter (sebagian kecil yang dianalisa untuk  $CO_2$  dan  $O_2$  ditambahkan). Pengukuran ini diperlukan untuk menghitung jumlah oksigen yang dikonsumsi dan karbon dioksida yang diproduksi.

Sejumlah alat pengukuran metabolik telah dikembangkan yang dipadukan dengan teknologi komputer. Semua variabel input termasuk tekanan barometer, suhu, volume ventilasi, dan konsentrasi  $CO_2$  dan  $O_2$  dapat dimonitor secara terus menerus dalam jangka waktu yang diinginkan, yang mencakup analisis nafas-per-nafas. Keuntungan dari tipe sistem ini adalah hasil dapat diketahui pada saat orang tersebut masih melakukan olah raga atau pemulihan.

Pada saat analisis gas dalam balon, sebagai contoh, misalnya selama periode 5 menit istirahat seseorang mengkonsumsi 1,5 liter oksigen (0,3 liter per menit), selama periode 5 menit kelelahan berolahraga, 17,0 liter oksigen dikonsumsi; dan selama periode 45 menit pemulihan, 25,0 liter oksigen dikonsumsi. Bagaimana kita menghitung harga berat bersih  $O_2$  pada saat berolah raga?

Umpama, selama periode 5 menit olah raga seseorang mengkonsumsi 17 liter oksigen. Dari jumlah ini harus dikurangi dengan jumlah yang telah dikonsumsi selama periode yang sama jika seseorang sedang beristirahat; dengan kata lain, konsumsi bersih oksigen melebihi jumlah oksigen yang dikonsumsi selama istirahat. Sehingga,  $17,0 \text{ liter} - 1,5 \text{ liter} = 15,5 \text{ liter}$  jumlah oksigen bersih yang dikonsumsi selama berolahraga.

Oleh karena itu, net oxygen cost of the exercise akan sama dengan jumlah olah raga ditambah oksigen pemulihan setelah oksigen pada saat subyek istirahat telah dikurangi, atau

$$\text{VO}_2 \text{ saat berolahraga} = 15,5 \text{ liter}$$

$$\text{Cadangan O}_2 = 11,5 \text{ liter}$$

$$\text{Total O}_2 = 27,0 \text{ liter}$$

Jika  $R = 0,96$ , maka berapa banyak kilokalori yang akan dikeluarkan?

*Nilai Pengeluaran Oksigen Bersih saat Olah Raga Aerobik ( Net Oxygen Cost of Aerobic Exercise)*

Pada olah raga dengan intensitas submaksimal dan dapat dilakukan dalam keadaan aerobik, pengukuran oksigen bersih dapat disederhanakan. Anda akan mengulang kembali bahwa selama olah raga submaksimal, konsumsi jumlah oksigen tetap akan terjadi. Ini menunjukkan bahwa pada saat itu, semua energi diperlukan dalam berolahraga tersedia secara aerobik. Oleh karena itu, jumlah oksigen bersih pada saat dalam keadaan berolah raga dapat ditentukan dengan cara mengukur sisa  $\text{VO}_2$  dan, selama 1 menit, oksigen yang dikonsumsi selama olah raga dilakukan.

Setelah mengetahui pertimbangan fisiologis dasar ini, dilanjutkan dengan penentuan aktual nilai bersih oksigen pada saat berlari selama 10 menit di treadmill pada kecepatan 9,6 per jam (6 mil per jam) yang dapat dilakukan dalam keadaan tetap.

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui pengeluaran  $\text{O}_2$  bersih pada saat olahraga aerobik, yaitu:

1. Sisa  $\text{VO}_2$  ditentukan seperti sebelumnya.
2. Subyek mulai berolahraga. Tidak ada pengukuran konsumsi oksigen pada masa ini karena periode tetap belum tercapai.

3. Pada saat keadaan tetap sudah didapat (biasanya dalam waktu 3 sampai 4 menit setelah mulai berolahraga), konsumsi oksigen diukur dalam periode 1 menit (kadang-kadang periode 2 menit). Kantong Douglas atau balon meteorological digunakan untuk mengumpulkan gas yang dikeluarkan subyek untuk menentukan volume gas dan konsentrasi  $O_2$  dan  $CO_2$ .
4. Nilai sisa  $VO_2$  kemudian di kurangi dari keadaan tetap nilai  $VO_2$  untuk menentukan nilai oksigen bersih dalam basis per menit.
5. Akhirnya, untuk jumlah nilai oksigen bersih, jumlah bersih per menit dikalikan dengan jumlah waktu, dalam menit, pada saat olah raga dilakukan.

Sebagai contoh, misalnya masa stabil  $VO_2$  ditentukan selama 9,6 km/jam berlari dengan treadmill yang telah disebutkan sebelumnya adalah 2,8 liter per menit dan sisa  $VO_2$  adalah 0,3 liter per menit. Nilai oksigen bersih per menit adalah  $2,8 - 0,3 = 2,5$  liter. Karena durasi olah raganya adalah 10 menit, nilai oksigen bersih olah raga adalah  $2,5$  liter per menit x 10 menit = 25 liter.

Dalam menentukan  $O_2$  bersih, ada dua hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Mengetahui bahwa nilai oksigen bersih ketika dinyatakan dalam per menit adalah ukuran power. Dengan patokan yang sama, ketika nilai oksigen bersih dinyatakan untuk periode total olah raga, hal ini adalah ukuran usaha. Sebagai contoh, dalam olah raga anerobik, total nilai oksigen bersih adalah 27 liter. Karena olah raganya berlangsung selama 5 menit, power bersih yang dihasilkan adalah  $27 \div 5 = 5,4$  liter  $O_2$  per menit.
2. Konsumsi oksigen maksimal biasanya diukur dengan basis per menit. Oleh karena itu, istilah yang tepat dalam mengungkapkan hal ini adalah power aerobik maksimal.

### **Konsep MET**

Salah satu cara untuk mengetahui energi dan nilai oksigen saat olah raga adalah METsingkatan dari "Metabolic Equivalen T." Satu MET didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan per menit dibawah keadaan tenang. Setara dengan 3,5 ml oksigen yang dikonsumsi per kilogram dari berat badan per menit (ml/kg-min), dan waktu. MET dinyatakan dengan unit power. Olah raga yang

memerlukan 10 METS berarti bahwa nilai oksigen adalah 10 kali 3,5 atau 35 ml.kg-min. Bagi orang yang berat badannya 70 kg, maka akan menunjukkan  $VO_2$  2,45 liter per menit ( $70 \times 35 = 2450$  ml, atau 2,45 liter).

Bagaimana menghitung METS ? perhatikan juga pertanyaan berikut, Berapa banyak METS yang diperlukan selama berlari menggunakan treadmill ? Kita akan mengingat kembali bahwa  $VO_2$  berjumlah 2,8 liter per menit. Misalnya subyek mempunyai berat badan 70 kilogram, nilai oksigen per kilogram berat badan akan menjadi  $2800 \text{ ml} \div 70 \text{ kg} = 40 \text{ ml/kg-min}$ . Karena 1 MET sama dengan 3,5 ml/kg-min, maka akan menunjukkan nilai oksigen  $40 \div 3.5 = 11,4$  METS.

### **Perhitungan Efisiensi**

Efisiensi persen didefinisikan sebagai rasio kerja luar terhadap kerja dalam (pengeluaran energi) dikali 100, atau ditulis dengan persamaan:

$$\% \text{ EFF} = \frac{\text{kerja luar}}{\text{kerja dalam}} \times 100$$

Dalam makna fisiologi (metabolik), pada umumnya kinerja usaha yang dinyatakan dalam kilokalori yang diproduksi dan energi yang dikonsumsi dalam kilokalori.

Jadi:

$$\% \text{ EFF} = \text{Kerja yang dilakukan (kcal)} \times 100$$

### **Energi yang dikeluarkan (kcal)**

Kita bisa mengkonversi berbagai unit kerja menjadi unit energi. Jadi kerja, yang dinyatakan dalam ft-lb, kp-m, atau kg-m, dapat dikonversi menjadi kilokalori seperti halnya juga pengeluaran energi yang biasanya dinyatakan dalam liter per menit.

Semua mesin selalu mengalami gesekan, sehingga efisiensinya selalu berkurang. Bisa dikatakan bahwa, kerja luar yang bermanfaat akan selalu kurang dari kerja dalam. Doktrin konservasi energi menyatakan bahwa meskipun mungkin mengubah satu bentuk energi ke bentuk lainnya, tak ada yang dapat menciptakan dan menghancurkan energi. Ingat, mesin tidak menciptakan atau menghancurkan energi, mesin semata-mata hanya mengubah energi,

mesin semata-mata hanya mengubahnya dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Selama pengubahan, energi selalu ada yang hilang (terbuang). Jika hal ini bukanlah masalahnya, kita dapat menciptakan mesin gerak yang terus menerus. Pabrik uap, misalnya, dapat beroperasi dalam 5% atau kurang efisien dari itu karena panas dihilangkan asap dan melalui radiasi konduksi dan uap jenuh. Mesin turbin dan automobile beroperasi sekitar 20 sampai 25% efisiensi, sementara mesin diesel memproduksi input-output rasio sekitar 30%-35%.

Bagaimana efisiensi manusia? Biasanya kinerja aktivitas otot, seperti berjalan, berlari dan bersepeda menghasilkan efisiensi 20 sampai 50%. Tentu saja ada perbedaan individu yang dipengaruhi oleh ukuran badan, tingkat kesehatan, dan keahlian dalam melakukan tugas yang diperlukan. Pada kegiatan yang berhubungan dengan air misalnya ice-skating, mendayung dan berenang, efisiensi biasanya kurang dari 20%.

Efisiensi berenang gaya bebas biasanya kurang dari 10%. Efisiensi juga tergantung pada kecepatan dari kerja yang dilakukan. Juga harus disebutkan disini bahwa ada perbedaan dalam efisiensi berlari antara jarak menengah dan jarak jauh. Efisiensi direpresentasikan dengan nilai oksigen bersih pada saat berlari dengan berbagai kecepatan dan dinyatakan dalam ml oksigen per horizontal meter (m) dan per kg berat badan (ml/kg).

Semakin tinggi nilai oksigen bersih, semakin rendah efisiensinya.

Cavanagh dan Kram membahas faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan pergerakan ekonomi. Mereka mengidentifikasi faktor struktural dan fenomena optimal. Faktor struktural mencakup massa tubuh total, distribusi massa tubuh, variasi dalam jarak penyelipan otot utama dari pusat gabungan dan variasi dalam orientasi fiber otot dan panjangnya.

Observasi telah dilakukan pada beberapa tipe pergerakan manusia dimana variabel bio mekanis telah dimanipulasi. Manipulasi ini menghasilkan kurva nilai energi yang memiliki poin nilai energi terendah. Cavanagh dan Kram menamai poin-poin ini sebagai "fenomena optimal". Beberapa kegiatan yang melibatkan fenomena optimal ini mencakup:

1. Kekuatan menaiki sepeda dalam output power konstan dipengaruhi oleh tinggi tempat duduk.
2. Power output maksimal juga dipengaruhi oleh tinggi tempat duduk.
3. Frekuensi kayuh mempengaruhi penggunaan energi dalam output power konstan. Nilai rata-rata 91 RPM “dipilih” oleh pengendara sepeda yang kompetitif.
4. Jarak langkah yang dipilih sendiri dalam lari dengan kecepatan yang telah ditentukan mempengaruhi penggunaan energi.
5. Analisis lari dan berjalan dalam berbagai tingkat menunjukkan penggunaan energi minimal dalam tingkat 5%.
6. Kecepatan berjalan muncul pada saat energi yang diperlukan untuk berjalan dalam jarak yang telah ditetapkan diminimalkan.

### **Mengukur Efisiensi Ergometer Sepeda**

Pada sepeda rem mekanis. Sabuk beroperasi sekitar roda dan dapat memberikan tekanan yang lebih besar melalui kecepatan yang bisa disesuaikan. Dengan meningkatkan tekanan roda lebih banyak gesekan, dan tahanan yang lebih besar, terjadi. Gear sepeda dan perputaran roda telah dirancang sehingga satu kali putaran pedal akan bergerak dalam rim 6 meter (rim ini 1,6 meter dalam putaran). Dengan serangkaian metronome dalam hitungan 100 per menit (50 RPM) sebuah skala diberikan dengan ukuran kiloponds (kp). Satu kp adalah daya yang dilakukan dalam massa 1 kg pada akselerasi normal gravitasi. Power rem, dalam kp, dikalikan dengan jarak kayuh dalam meter menghasilkan kerja dalam kiloponds-meters (kp-m). jika jarak “berpergian” terkait dengan waktu maka power dapat dinyatakan dengan wats dan kg-m/min.

Hubungan antara berbagai unit kerja, pada 50 rpm adalah: 1 kp = 300kp-m (= 300kg-m) = 723 ft-lb. Unit kerja dapat dikonversi menjadi unit energi kilokalori (kcal) atau kilojoule (kJ). 1 kcal = 3086 ft-lb = 486 kg-m = 4.1855 kJ.

Ada beberapa ergometer sepeda yang tersedia dimana remnya dirancang secara elektronik dan memudahkan variasi dalam frekuensi kayuh. Yaitu, jika subyek mengayuh lebih cepat, tahanan akan rendah sehingga output kerja total akan konstan.

Dalam contoh berikut, subyek berolah raga selama 10 menit dengan ergometer sepeda dalam tingkat tahanan 3 kp. Kegiatan ini untuk menentukan efisiensi selama 10 menit bersepeda.

1. Kerja luar. Untuk menentukan kerja luar kita perlu mengetahui tahanan (3 kp), waktu total (10 menit) kecepatan mengayuh (50 rpm), dan jarak perjalanan (6 meter per revolusi)

- a. Besarnya kerja luar adalah:

$$W = F \times D$$

$$W = (3kp) \times 50 \text{ rpm} \times 10 \text{ min} \times 6 \text{ m per-rev}$$

$$W = (3kp) \times (3000 \text{ m})$$

$$W = 9000 \text{ kp-m}$$

$$W = 9000 \text{ kg-m}$$

Atau

- b. Kalori yang diperlukan adalah:

$$1 \text{ kcal} = 426,8 \text{ kg-m}$$

$$\text{Total Kcal} = 9000 \text{ kg-m} \div 426,8 \text{ kg-m/kcal}$$

$$\text{Kcal} = 21,09$$

2. Kerja dalam. Untuk menentukan kerja dalam, kita perlu mengetahui nilai R (untuk mendapatkan ekuivalen kalori atau liter oksigen) dan total oksigen yang dikonsumsi. R bisa ditentukan hanya dalam keadaan tetap, jadi kerja harus submaksimal.

- a. Total oksigen yang dikonsumsi adalah:

$$\text{Total VO}_2 = (2 \text{ L/min}) \times (10 \text{ min})$$

$$= 20 \text{ liter oksigen}$$

- b. Total kalori yang dikonsumsi = (20 L) x (4,865 kcal per liter)

$$= 97,3 \text{ kcal}$$

- c. Efisiensinya kerja selama 10 menitnya adalah:

$$\% \text{ EFF} = 21,09 \text{ kcal} \times 100 = 21,7 \%$$

$$97,30 \text{ kcal}$$

## **Mengukur Efisiensi pada Treadmill**

Jika seseorang berjalan atau berlari secara horizontal pada treadmill dia tidak akan melakukan kerja yang “bermanfaat” dan oleh karena itu efisiensi tidak dapat dihitung. Kadang hal ini sulit bagi siswa untuk memecahkan masalah ini karena kita mengetahui bahwa memerlukan energi untuk berjalan atau berlari—tetapi menurut ahli fisika, kita tidak melakukan kerja apapun. Perlu diingat bahwa kerja adalah menggerakkan benda dalam jarak tertentu.

## **Modifikasi Metode untuk Mengukur Pengeluaran Energi**

Banyak ilmuwan olah raga yang menggunakan pendekatan yang berbeda dalam mengukur pengeluaran energi. Ada tiga metode yang dapat digunakan untuk mengukur pengeluaran energi, yaitu:

### **1. Pengukuran Penggunaan Energi untuk Lari Cepat 100 Meter**

$VO_2$  ditentukan, selama lari cepat, subyek menahan nafasnya sampai selesai, pada saat mereka memegang hidung mereka dan secara langsung mengeluarkan udara kedalam kantong Doglas.

Metode ini juga dilakukan untuk mengukur kemampuan atlet renang. Enam perenang laki-laki di uji dalam keadaan postabsortive (12 jam setelah makan), konsumsi oksigen yang tersisa ditentukan, kemudian perenang berenang 70 kaki, melakukan gerakan tanpa menghirup udara. Segera setelah selesai berenang, mereka menghembuskan udara ke kantong Douglas selama 15 menit. Penggunaan energi bersih ditentukan dengan cara mengurangi oksigen yang dikonsumsi selama 15 menit. Data menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara dua pergantian yang berkaitan dengan oksigen pemulihan, tetapi giliran tertutup dilakukan lebih cepat.

### **2. Pengukuran Penggunaan Energi untuk Lari Cepat 400 meter**

Untuk mengetahui penggunaan energi pada pelari 400 m. Apakah atlet dapat menahan nafasnya selama 400 meter? Dalam hal ini, pemulihan oksigen sendiri digunakan sebagai petunjuk relatif intensitas olah raga. Setelah  $VO_2$  ditentukan, tahapan ditentukan sehingga segera dapat mengikuti pertandingan lari, semua nafas yang dihembuskan di kumpulkan. Sebagaimana sebelumnya, nilai rehat

yang dikurangkan dari nilai pemulihan menunjukkan oksigen pemulihan.

Metode ini digunakan dalam membandingkan sisa oksigen yang diakumulasi dalam perlombaan renang 400 m gaya bebas. Subyeknya adalah lima perenang Ohio State University yang berpartisipasi aktif dalam perlombaan renang. Setelah memasuki area renang, perenang berdiam diri selama 20 menit. Selama 5 menit terakhir, nafas yang dihembuskan dimasukkan dalam kantong Douglas. Subyek kemudian memasuki kolam renang dan berenang sejauh 400 m dalam waktu 4 menit 50 detik, ditambah atau dikurangi 5 detik. Selama pemulihan, udara yang dikeluarkan dikumpulkan selama 30 menit setelah berolahraga. Rata-rata pemulihan oksigen untuk pergantian buka dan tutup adalah 4,7 dan 5,1 liter oksigen secara berturut-turut. Meskipun pergantian buka menghasilkan oksigen yang lebih kecil, perbedaan secara statistik tidaklah signifikan.

### **3. Pengukuran Penggunaan Energi menggunakan Telemetry**

Ilmuwan dari the National Aeronautics and Space Administration (NASA), sebelum mengawali program yang dirancang untuk mengetahui reaksi physiological organisme untuk ruang angkasa, mengembangkan alat yang dapat memancarkan kembali ke ruang angkasa informasi berupa respirasi, detak jantung dan tekanan darah. Sekarang ini, bidang transmisi radio physiological, contohnya telemetry. Metode ini berkembang pesat hingga laboratorium-laboratorium universitas dilengkapi dengan telemetering variable physiological. Telemetering pada detak jantung, untuk dibawah beban kerja submaksimal variabel ini secara linier berkaitan dengan kerja atau power dan jumlah oksigen yang dikonsumsi per menit ( $VO_2$ ).

Penggunaan telemetry memudahkan kita untuk menghitung  $VO_2$  berbagai aktivitas fisik dan olah raga yang sebenarnya sulit ditentukan. Tentu saja, telemetry ini memudahkan untuk mengukur detak jantung selama aktivitas tersebut dilaksanakan, yang mana dapat bermanfaat untuk para pendidik, pelatih, dan yang lainnya yang berkaitan dengan mengevaluasi intensitas aktivitas tersebut. Secara umum, semakin tinggi intensitas detak jantung, semakin besar intensitas olah raganya.

Untuk mengevaluasi pengeluaran energi saat bermain bola raket, atau kegiatan olah raga lain yang menyenangkan, kita akan melangkah ke hal-hal berikut ini:

1. Subyek berjalan di treadmill pada beban-kerja yang perlahan-lahan terus meningkat.
2. Pada tiap beban kerja, ukurlah detak jantung dan konsumsi oksigen.
3. Dengan menggunakan regresi statistik, gambarkan hubungan ini dalam sebuah grafik.

Subyek dipakaikan alat transmitter. Alat ini, yang dipakaikan di pinggang dan dada subyek, memancarkan kecepatan detak jantung ke sebuah alat perekam. Kapanpun selama aktivitas berlangsung detak jantung dapat diukur. Pada kegiatan ini,  $VO_2$  dapat diukur secara tidak langsung. Sebagai contoh, jika detak jantung untuk subyek 1 adalah 142 detakan per menit, maka  $VO_2$  akan sama dengan 1,6 liter per menit dalam waktu tertentu.

### **Pertimbangan Tambahan dalam Mengukur Pengeluaran Energi**

Pengukuran physiological tidak langsung dari energi sudah cukup terstandarisasi di laboratorium. Metode-metode yang telah dibahas dapat diterapkan dalam banyak hal. Namun, ada beberapa pertimbangan tambahan yang harus diperhatikan ketika mengukur dan mengintegrasikan pengeluaran energi dari suatu kegiatan.

### **Ukuran Badan dan Pengeluaran Energi**

Orang yang bertubuh besar dalam menggerakkan tubuhnya pada jarak tertentu akan mengeluarkan lebih banyak energi dari mereka yang memiliki badan yang kecil. Akibatnya, lebih tepat jika pengeluaran energi memperhatikan berat badan, khususnya pada saat membuat perbandingan.

*Contohnya:*

Kerja : kilogram-meter per kilogram berat badan (kg.m/kg)

Energi : kilokalori per kilogram berat badan (kcal/kg)

Power ; kilogram-meter per kilogram berat badan per menit (kg-m/kg-min-1)

Energi :  $VO_2$  dalam milliliter per kilogram berat badan per menit ( $ml/kg\text{-min}^{-1}$ ), kilokalori per kilogram berat badan per menit ( $kcal/kg\text{-min}^{-1}$ )

Berat badan biasanya dinyatakan dalam kilogram. Satu pound sama dengan 0,4535 kilogram atau satu kilogram sama dengan 2,205 pound. Area permukaan tubuh digunakan dalam menyatakan energi per unit ukuran badan daripada berat badan. Hal ini terjadi ketika menyatakan pengeluaran energi dalam ekuivalen panas ( $kcal$ ) selama penelitian keseimbangan panas. Oleh karena itu jumlah panas yang didapatkan dan/atau yang dikeluarkan oleh tubuh lebih merupakan fungsi area permukaan tubuh dari berat badan. Area permukaan tubuh dihitung dari berat badan dan tinggi badan. Contohnya, orang yang memiliki berat badan 70 kg (154 pound) dan yang memiliki tinggi 180 cm (5 kaki, 11 inch) memiliki area permukaan tubuh 1,87 meter persegi. Maka area permukaan tubuh dapat dihitung dari nomograph.

### **Nilai Rata-rata Energi dan Kerja**

Dalam fisiologi olah raga, nilai energi tertentu untuk berbagai level olah raga harus benar-benar diingat. Misalnya, seseorang harus ingat bahwa duduk dan membaca buku ini, jumlah oksigen yang dikonsumsi adalah antara 250 dan 300  $ml/min$ , atau antara 3,5 sampai 4,5  $ml/kg\text{-min}$ , dan produksi panas adalah antara 1,2 dan 1,5  $kcal/min$ . Pada saat yang bersamaan, sekitar 6 sampai 8 liter udara yang akan dihirup per menit. Kecepatan detak jantung antara 70 dan 80 detak per menit.

Hal itu akan menjadi dasar dalam memahami intensitas kerja. Contohnya, olah raga yang memerlukan konsumsi oksigen 4,5 liter/min akan tidak ada artinya jika seseorang tidak memiliki 0,3 liter (300 ml) yang diperlukan pada waktu istirahat. Olah raga yang memerlukan konsumsi oksigen yang begitu tinggi adalah 15 kali lebih intensif daripada saat istirahat. Jadi seseorang yang menghirup 140 liter udara per menit akan bergerak sekitar 20 kali lebih banyak udara ke paru-paru daripada yang dibutuhkan pada saat metabolisme istirahat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Djaeni, 2000, *Ilmu Gizi: Untuk Mahasiswa dan Profesi*. Jakarta : Dian Rakyat.
- Albert M Hutapea, 1996. *Menuju Gaya Hidup Sehat*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Depkes RI, 1994. *Pedoman Praktis Memantau Status Gizi Orang Dewasa*. Jakarta.
- Depkes RI, 1999. *Pedoman Tata Laksana Kurang Energi Protein Pada Anak di Puskesmas dan di Rumah Tangga*. Jakarta: Direktorat Bina Gizi Masyarakat.
- Djiteng Roedjito, 1989. *Kajian Penelitian Gizi*. Jakarta : Pt. Mediyatama Sarana Perkasa.
- Dewi Cakrawati dan Mustika NH, 2012. *Bahan Pangan, Gizi, dan Kesehatan*. Bandung: Alfabeta.
- Fox, Bowers, Foss, 1988. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. Saunders Company.
- Garrow JS dan WPT James, 1993. *Human Nutrition and Dietetics*. Edin burgh: Churchill Livingstone.
- Gibson RS, 1990. *Principles of Nutritional Assseemen*. New York : Oxford University Press.
- Guthrie HA, 1986. *Introduction to Nutrition*. St Louis: Mosby Coll.
- I Dewa Nyoman Supariasa, Bachyar Bakri, Ibnu Fajar, 2002. *Penilaian Status Gizi*. Penerbit Buku kedokteran.

Jelliffe DB dan Jellife EFP, 1989. *Community Nutritional Assessment*. New York : Oxford University Press.

Kartasapoetra dan Marsetyo, 2008. *Ilmu Gizi: Korelasi Gizi, Kesehatan dan Produktivitas Kerja*. Jakarta: Rineka Cipta

Mu'rifah dan Hardianto Wibowo, 1992. *Pendidikan Kesehatan*. Jakarta : Depdikbud.

Poerwo Soedarmo, 1977. *Ilmu Gizi*, Jakarta : Dian Rakyat.

Soegeng Santoso, 1999. *Kesehatan dan Gizi*. Jakarta : Kerja sama Depdikbud dengan Rineka Cipta.

Soehardjo,1990. *Petunjuk Laboratorium: Penilaian Keadaan Gizi Masyarakat*. Bogor: IPB.

Solon Florentino dan Rodolfo F, 1977. *Physician's Manual on Malnutrition*. Nutrition Center at the Philippines.

Soekirman, 1978. *Dasar Perencanaan Program Gizi di Indonesia*. Jakarta: Akademi Gizi, Depkes.

Sunarno Basuki, 2012. *Kesehatan Olahraga*. Surakarta: UNS Press

Sunita Almatsier, 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

## GLOSSARIUM

Aerobik	: kondisi tubuh pada saat kerja cukup O <sub>2</sub>
Anaerobik	: kondisi tubuh pada saat kerja kekurangan O <sub>2</sub> atau tidak ada O <sub>2</sub>
Anthropometri	: ukuran tubuh, suatu alat yang digunakan untuk menggambarkan ukuran tubuh.
Anthropometri gizi	: sesuatu yang berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi.
Asupan gizi	: jumlah dan macam gizi yang masuk ke dalam tubuh.
Asupan makanan	: jumlah dan jenis makanan yang masuk ke dalam tubuh.
Aktivitas tubuh	: kegiatan tubuh seseorang yang memerlukan energi.
Atlit	: pelaku olahraga terukur, seperti: atletik, balap sepeda, dayung, menembak, panahan, renang.
Energi	: kapasitas untuk melakukan kerja. Kerja didefinisikan sebagai penerapan kekuatan selama beberapa waktu. Oleh karena itu, energi dan kerja tidak dapat dipisahkan.
Ergometri	: alat yang digunakan untuk mengukur pemakaian energi pada saat olahraga dan aktivitas fisik.
Gizi	: ikatan kimia yang diperlukan oleh organ - organ tubuh untuk menjalankan fungsinya dengan baik.

Gizi olahraga	: kebutuhan zat-zat gizi yang dibutuhkan olahragawan, sehingga dapat meningkatkan kinerja sebagai olahragawan.
Gizi salah	: suatu keadaan dimana tubuh mengalami kelebihan atau kekurangan gizi, baik secara keseluruhan (over nutrisi dan under nutrisi) maupun kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu (spesifik).
Glikolisis	: penguraian glukosa dalam tubuh.
Ilmu gizi	: ilmu yang mempelajari makanan (minuman) yang dikaitkan dengan kesehatan manusia.
Kalori, kilokalori	: satuan energi secara umum (k, kcal)
Kalorimetri	: pengukuran jumlah panas yang dikeluarkan.
Kerja dalam	: aktivitas organ-organ tubuh dimana tubuh dalam keadaan statis (pasif)
Kerja luar	: aktivitas organ-organ tubuh dimana tubuh dalam keadaan dinamis (aktif), seperti: saat olahraga, mencuci, mencangkul, dan lain sebagainya.
Menu seimbang	: pola penyusunan makanan yang seimbang sesuai dengan norma yang ditetapkan, terutama untuk karbohidrat, lemak, dan protein dengan perbandingan 5 : 2 : 1.
Metabolisme	: proses-proses dalam tubuh untuk mempertahankan hidup.
Olahraga daya tahan	: olahraga yang dilakukan dalam waktu yang lama
PUGS	: Pedoman Umum Gizi Seimbang, adalah suatu pedoman yang dianjurkan oleh Pemerintah dalam rangka menyajikan dan mengkonsumsi makanan, sesuai dengan kebutuhan tubuh agar bermanfaat bagi tubuh.
Rentan gizi	: mudah menderita akibat kelainan gizi.

- Status Gizi : gambaran dari keadaan keseimbangan dalam bentuk variabel tertentu, atau perwujudan dari nutrisi dalam bentuk variabel tertentu.
- Vo<sub>2</sub> Max : kemampuan paru-paru untuk menampung O<sub>2</sub> secara maksimal



## INDEKS

### A

Aerobik 67, 71, 90, 107,108,109,  
110, 111, 112, 113, 114, 116, 117,  
118, 119, 120, 121, 132, 133, 134,  
135, 147  
Air 4, 7, 8, 11, 19, 24, 27, 28, 33, 42,  
46, 47, 51, 55, 58, 59, 65, 71,73,  
77, 80, 83, 86, 90, 96, 98, 107,  
109, 110, 119, 124, 125, 127,130,  
137  
Alat 7, 15, 39, 41, 55, 56, 59, 82,123,  
124, 133, 141, 142,  
Alkohol 26, 78  
Anthropometri 147  
Anaerobik 101, 106, 108, 113, 120,  
133, 147  
Analisis 29, 56, 133  
Asam laktat 67, 100, 101, 104, 105,  
106, 108, 111, 114, 117, 118, 119,  
132  
Asupan 31, 49, 51, 53, 55, 65, 70, 71,  
73, 74, 76, 81, 90  
Atletik 121  
Atlit 30, 65, 70, 73, 74, 75, 76, 77,  
80, 81, 84, 86, 103, 113, 116, 118,  
119, 120, 124, 140, 147  
Aktivitas 7, 8, 13, 16, 29, 30, 46, 47,  
50, 57, 58, 61, 62, 66, 74, 96, 97,  
117, 119, 120, 137, 141, 142

### B

Basal 50, 60, 61, 62, 63, 96, 97, 98  
Biokimia 1, 51, 53, 54, 107, 117  
Biologi 1, 2

### C

Cadangan 4, 6, 17, 18, 35, 43, 73, 84

### D

Diagnosis 97

### E

Energi 1, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 16,  
17, 18, 20, 25, 26, 28, 32, 34, 35,  
36, 39, 41, 42, 43, 44, 50, 51,  
55, 56, 57, 58, 59, 60, 61,  
62,63, 64, 65, 67, 68, 71, 75, 77,  
78, 81, 86, 87, 89, 91, 92, 93,  
95, 96, 97, 98, 99, 100, 101,  
102, 103, 104, 106, 107, 108, 110,  
111, 112, 113, 114, 115, 116, 117,  
118, 119, 120, 123, 124, 125,  
126, 127, 128, 130, 131, 132, 133  
134, 135, 136, 137, 138,140,142,  
143, 147  
Enzim 6, 8, 16, 19, 20, 29, 46, 69,71,  
72, 74, 102, 104, 105, 107, 109,  
114  
Ergometri 147

**F**

Fisik 35, 42, 47, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 68, 70, 74, 75, 76, 78, 80, 84, 86, 91, 99, 103, 113, 119, 123, 141  
Fungsi 6, 7, 8, 11, 12, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 29, 41, 45, 47, 52, 64, 68, 74, 96, 102, 143

**G**

Garam 40, 42, 45, 47, 72, 77, 82  
Genetic 6, 56  
Gizi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 18, 23, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 76, 77, 78, 81, 82, 87, 93, 147  
Gizi olahraga 148  
Glikolisis 67, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 114, 116, 117, 148  
Glukosa 66, 67, 71, 76, 78, 79, 80, 84, 85, 86, 92, 98, 100, 104, 106, 110, 114, 118, 127, 130  
Glikogen 12, 13, 14, 66, 67, 71, 80

**H**

Hewani 12, 13, 15, 17, 18, 39, 44, 45, 57, 69, 73

**I**

Ilmu gizi 1, 2, 3, 40, 60, 61, 148

**J**

Jaringan 3, 4, 5, 7, 8, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 25, 28, 29, 35, 43, 47, 51,

52, 55, 56, 59, 60, 64, 66, 69, 72, 74, 95, 96, 97,  
Joule 58, 96

**K**

Kadar gula darah 46, 84, 92, 93  
Kalium 29, 30, 45  
Kalori 5, 13, 18, 31, 32, 34, 44, 45, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 70, 75, 76, 77, 81, 92, 96, 126, 127, 129, 131, 139  
Kalsium 21, 25, 29, 41, 72, 74, 148  
Kalorimetri 58, 59, 97, 148  
Karbohidrat 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 26, 29, 42, 43, 44, 57, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 100, 104, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 127, 129, 130, 131, 132  
Kebutuhan 4, 5, 8, 24, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 92, 95, 96, 98, 114, 117  
Kelompok 2, 3, 6, 11, 12, 15, 19, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 49, 53, 56, 65, 66, 69, 71, 72, 76, 100, 101, 107, 109  
Kerja 3, 5, 6, 43, 44, 46, 47, 58, 60, 61, 62, 85, 86, 87, 95, 96, 97, 98, 99, 102, 115, 116, 117, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143  
Kerja otot 102  
Kesehatan 1, 2, 3, 18, 21, 31, 32, 33, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 63, 68, 76, 91, 137  
Kinerja 72, 136, 137

- Kolesterol 5, 40, 67, 68
- Kurang 4, 5, 6, 7, 11, 14, 17, 18, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 34, 40, 41, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 56, 60, 62, 64, 65, 78, 79, 81, 87, 91, 92, 93, 98, 100, 105, 116, 117, 135, 136, 137
- L**
- Latihan 30, 56, 57, 70, 71, 74, 75, 79, 81, 82, 83, 85, 93, 103, 113, 115, 120, 123
- Lebih 1, 2, 3, 4, 5, 14, 16, 17, 23, 25, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 98, 102, 104, 106, 107, 110, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 123, 126, 130, 131, 132, 138, 140, 141, 142, 143
- Lemak 4, 5, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 29, 34, 36, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 51, 55, 57, 59, 60, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 80, 82, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 100, 107, 111, 112, 113, 114, 116, 118, 127, 129, 130, 131
- M**
- Magnesium 21, 29, 30
- Makanan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 102, 104, 111, 112, 114, 116, 118, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132
- Makro 29
- Maksimal 29, 90, 106, 113, 115, 118, 120, 132, 133, 135, 138
- Menu seimbang 57, 87, 148
- Metabolisme 5, 6, 7, 8, 16, 17, 19, 20, 24, 26, 29, 34, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 74, 76, 80, 86, 92, 96, 97, 98, 99, 101, 104, 107, 110, 111, 112, 113, 120, 126, 127, 143, 148
- Metabolisme basal 60, 61, 62, 96, 98
- Mikro 29
- Mineral 4, 7, 8, 11, 21, 28, 29, 30, 34, 43, 44, 47, 57, 65, 71, 72, 74, 75, 83, 86
- N**
- Nabati 11, 12, 15, 17, 25, 45, 57, 69
- Natrium 29, 30, 45
- O**
- Olahraga 134, 146
- Otot 8, 12, 14, 17, 23, 25, 29, 30, 43, 47, 51, 55, 57, 61, 63, 66, 67, 70, 71, 74, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 112, 115, 119, 125, 137,

**P**

Patologi 97  
Pernapasan 97, 110  
Produksi 2, 46, 58, 64, 66, 100, 105,  
107, 109, 112, 113, 114, 126, 127,  
131, 143,  
Protein 4, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 16,  
19, 20, 21, 26, 31, 32, 34, 35, 39,  
40, 43, 44, 50, 51, 55, 57, 59, 60,  
64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76,  
77, 78, 80, 82, 86, 88, 89, 90,  
92, 98, 100, 102, 111, 112, 114,  
116, 127, 128, 131, 145

**R**

Rentan gizi 31, 32, 35, 148  
Respirasi 60, 95, 96, 99, 141

**S**

Satuan 32, 58, 59, 64, 96, 103  
Sel 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 21, 22, 24,  
25, 28, 29, 30, 35, 45, 65, 67, 69,  
74, 95, 99, 100, 101, 107, 114,  
Seluler 8, 60, 96, 97  
Senyawa 19, 66, 68, 69, 72, 99, 100,  
102, 103, 107, 109, 111  
Sinar matahari 19, 21, 22, 32, 33, 98  
Status 31, 42, 49, 50, 51, 52, 53, 54,  
55, 56, 145  
Suhu tubuh 8, 47, 60, 64, 95, 119  
Sumber energi 4, 7, 8, 12, 14, 16, 39,  
44, 65, 71, 77, 87, 93, 98, 120, 125  
Sumber tenaga

**T**

Tubuh 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14,  
16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25,  
26, 27, 28, 29, 31, 34, 35, 41, 43,  
44, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 57, 58,  
59, 60, 61, 64, 65, 67, 69, 70, 71,  
72, 73, 74, 76, 89, 90, 91, 95, 96,  
97, 99, 101, 102, 103, 104, 106,  
109, 111, 113, 119, 125, 126, 127,  
130, 131, 137, 143  
Tumbuhan 12, 15, 98

**V**

Vitamin 4, 5, 8, 11, 19, 20, 21, 22, 23,  
24, 25, 26, 27, 33, 34, 35, 39, 41,  
43, 44, 46, 57, 65, 71, 72, 73, 74,  
75, 86, 90  
Volume 13, 87, 128, 130, 133, 135

**Z**

Zat gizi 3, 4, 5, 6, 7, 14, 18, 23, 29, 33,  
34, 36, 37, 38, 43, 44, 47, 49, 50,  
51, 52, 56,  
Zat asam

## **BIODATA PENYUSUN**

1. Nama lengkap : Sunarno Basuki, Drs., M.Kes
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Tempat/ tanggal lahir : Tanah Laut/ 20 September 1964
4. Agama : Islam
5. Spesialisasi/Profesi : Pengampu Mata Kuliah “Gizi Olah raga” pada JPOK FKIP Universitas Lambung Mangkurat

### **A. RIWAYAT PENDIDIKAN**

1. SD Negeri Panggung, Kabupaten Tala, 1976
2. SMP Negeri I Pelaihari, Kabupaten Tala, 1980
3. SMA Negeri 1 Banjarbaru, 1983
4. Universitas Lambung Mangkurat-FKIP-Jurusan Pendidikan Olahraga, 1988 ( S-1 )
5. Universitas Airlangga Surabaya-Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga, 1995 ( S-2 )
6. Dosen Jurusan Pendidikan Olahraga dan Kesehatan (JPOK) FKIP Unlam Banjarbaru sejak 1 Maret tahun 1989 sampai sekarang
7. e-mail: sunarnobasuki@gmail.com

## **Ilmu Gizi (untuk atlit, pelatih, dan praktisi olahraga)**



Buku ini menyajikan wawasan pengetahuan yang berkenaan dengan ilmu gizi dikaitkan dengan aktivitas jasmani dan olahraga, yang meliputi pengetahuan tentang pengertian ilmu gizi, gizi, makanan, masalah rentan gizi, pola penyajian makanan, penentuan status gizi, kebutuhan kalori yang diperlukan saat aktivitas, dan peranan gizi dalam olahraga.

Pembahasan ditekankan pada hal-hal yang bersifat mendasar dan umum yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari oleh para olahragawan atau atlit. Dalam buku ini juga ada bab tersendiri yang membahas tentang ergometri yang memang biasa disinggung bila kita akan mengetahui kebutuhan kalori pada saat beraktivitas.

Buku ini diterbitkan di samping untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa pendidikan jasmani dan olahraga, juga diperuntukkan bagi para atlit, pelatih dan praktisi olahraga yang berkeinginan mendalami pengetahuan tentang ilmu gizi yang dikaitkan dengan aktivitas jasmani dan olahraga.