

Ilmu Gizi Olahraga

A. GIZI DASAR

Pengertian

- Ilmu Gizi: ilmu yang mempelajari sesuatu tentang makanan dalam hubungannya dengan kesehatan optimal. Kata “gizi” berasal dari bahasa Arab “Gidza” yang berarti makanan. Di satu sisi ilmu gizi berkaitan dengan makanan dan di sisi lain berhubungan dengan tubuh manusia.
- Zat Gizi (*nutrients*): ikatan kimia yang diperlukan tubuh untuk melakukan fungsinya, yaitu menghasilkan energi, membangun dan memelihara jaringan, serta mengatur proses-proses kehidupan
- Makanan: bahan selain obat yang mengandung zat-zat gizi dan atau unsur-unsur atau ikatan kimia yang dapat diubah menjadi zat gizi oleh tubuh, yang berguna bila dimasukkan ke dalam tubuh.
- Status gizi: keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makanan dan penggunaan zat-zat. Status Gizi dibedakan antara zat gizi buruk, kurang, baik, dan lebih.

Ruang Lingkup Gizi

Ruang lingkup gizi meliputi:

1. Cara produksi pangan (agronomi dan peternakan)
2. Perubahan-perubahan yang terjadi pada tahap pasca panen dari mulai penyediaan pangan, distribusi, dan pengolahan pangan.
3. Konsumsi makanan
4. Cara-cara pemanfaatan makanan oleh tubuh dalam keadaan sehat dan sakit.

Kebutuhan Gizi Berkaitan Dengan Proses Tubuh

- Memberi energi

Yaitu karbohidrat, lemak, protein. Hasil oksidasi zat ini menghasilkan energi yang diperlukan tubuh untuk melakukan aktivitas. Ketiga zat ini disebut zat pembakar.

- Pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh

yaitu protein, mineral, dan air disebut jaringan pembangun karena ketiganya merupakan bagian dari jaringan untuk membentuk sel-sel baru, memelihara, dan mengganti sel-sel yang rusak.

- Mengatur proses tubuh

Yaitu protein, mineral, air, dan vitamin yang disebut zat pengatur.

- Protein: mengatur keseimbangan air dalam sel; *Buffer*, memelihara netralitas tubuh, Membentuk antibodi
- Mineral dan Vitamin: pengatur dalam proses-proses oksidasi dan fungsi normal saraf dan otot dll.
- Air: melarutkan bahan-bahan di dalam tubuh di dalam darah, cairan pencernaan, jaringan dan pengatur suhu tubuh, peredaran darah, pembuangan sisa-sisa/ekskresi dll.

Akibat Gangguan Gizi terhadap Fungsi Tubuh

- Akibat kekurangan gizi

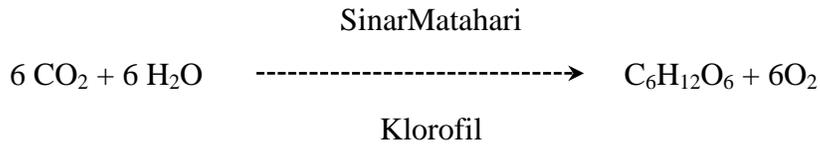
1. Terganggunya pertumbuhan, anak-anak tidak tumbuh menurut potensialnya.
2. Produksi tenaga berkurang, sehingga kekurangan tenaga untuk bergerak dan melakukan aktivitas.
3. Menurunnya daya tahan terhadap tekanan/*stress*, sistem imun dan antibodi berkurang.
4. Terganggunya struktur dan fungsi otak, berpengaruh terhadap perkembangan mental dan kemampuan berpikir.
5. Berpengaruh pada perilaku, umumnya orang kurang gizi berperilaku tidak tenang.

- Akibat kelebihan gizi

- Menyebabkan kegemukan atau obesitas

Hal ini menjadi salah satu factor risiko berbagai penyakit degeneratif: hipertensi, diabetes, jantung koroner, hati dan kantung empedu.

B. KARBOHIDRAT



- Karbohidrat merupakan sumber energy utama bagi manusia yang berasal dari tumbuhan (proses *fotosintesis*)

Susunan Kimia

- Semua karbohidrat terdiri atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), dengan perbandingan H dan O adalah 2: 1 seperti halnya air sehingga dinamai karbohidrat.
- Dalam bentuk sederhana, formula umum karbohidrat adalah $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$. Hanya heksosa (6-atom karbon), serta pentosa (5-atom karbon, dan polimer nya memegang peranan penting dalam ilmu gizi.

Klasifikasi

1. Karbohidrat Sederhana

- *Monosakarida* yang terdiri atas jumlah atom C yang sama dengan molekul air, yaitu $[\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_6]$ dan $[\text{C}_5(\text{H}_2\text{O})_5]$;
- *Disakarida* yang terdiri atas ikatan 2 monosakarida di mana untuk tiap 12 atom C ada 11 molekul air $[\text{C}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{11}]$;
- *Gula Alkohol* merupakan bentuk alkohol dari monosakarida;
- *Oligosakarida* adalah gula rantai pendek yang dibentuk oleh galaktosa, glukosa, dan fruktosa.

Monosakarida

- Dikenal sebagai heksosa karena sebagian besar terdiri dari 6-rantai karbon. Atom-atom hidrogen dan oksigen terikat pada rantai atau cincin ini secara terpisah atau sebagai gugus hidroksil (OH).

- Ada 3 jenis heksosa yang penting yaitu: glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiganya memiliki jumlah atom yang sama yaitu 6-atom C, 12-atom H dan 6-atom O.
- *Glukosa*, disebut juga dekstrosa/gula anggur, terdapat di alam dalam jumlah sedikit, yaitu di dalam sayur, buah, sirup jagung, sari pohon, dan bersamaan dengan fruktosa dalam madu. Glukosa merupakan hasil akhir pencernaan pati, sukrosa, maltosa, dan laktosa pada hewan dan manusia.

Dalam proses metabolisme, glukosa merupakan bentuk karbohidrat yang beredar di dalam tubuh dan di dalam sel sebagai sumber energi.

- *Fruktosa*, disebut juga levosa/ gula buah, gula termanis. Rumus kimia sama dengan glukosa $C_6H_{12}O_6$, namun strukturnya berbeda. Gula ini terutama terdapat pada madu (1/3nya adalah fruktosa) bersama glukosa, buah, nektar bunga, dan di dalam sayur.
- *Galaktosa*, tidak terdapat di alam tetapi terdapat dalam tubuh sebagai hasil pencernaan laktosa.

Disakarida

- Disakarida terdiri atas dua unit monosakarida yang terikat satu sama lain melalui reaksi kondensasi.
- Ada 4 jenis disakarida yaitu: sukrosa/sakrosa, maltosa, laktosa, dan trehalosa.
- *Sukrosa*, disebut juga gula tebu/ gula bit. contoh sukrosa adalah gula pasir dan gula merah, selain itu terdapat pula pada buah, sayur, dan madu.
Bila dicerna (dihidrolisi), sukrosa pecah menjadi satu unit glukosa dan satu unit fruktosa.
- *Maltosa* (gula malt), terbentuk pada setiap pemecahan pati, seperti yang terjadi pada tumbuh-tumbuhan bilabenh atau biji berkecambah, pati yang terdapat pada padi-padian pecah menjadi maltose untuk kemudian diuraikan menjadi unit-unit glukosa tunggal sebagai makanan bagi benih yang sedang tumbuh. Bila dihidrolisis, maltose pecah menjadi dua unit glukosa.
- *Laktosa* (gulasusu), hanya terdapat dalam susu dan terdiri atas satu unit glukosa dan satu unit galaktosa. Pada susu sapi (kadar laktosa 6,8g/100ml), sedangkan kadar laktosa pada ASI (4,8g/100ml). Laktosa adalah gula yang rasanya paling tidak manis dan lebih sukar larut dari pada disakarida lain.

- Gula Alkohol, terdapat di alam dan dapat dibuat secara sintetis. Ada 4 jenis gula alkohol yaitu sorbitol, dulcitol, dan inositol.

Sorbitol banyak digunakan dalam makanan dan minuman khusus pasien diabetes, minuman, kue, selai, minuman ringan dan permen karet. Sorbitol jika diabsorpsi lebih lambat dan diubah di dalam hati menjadi glukosa. Pengaruh terhadap gula darah lebih kecil dari pada sukrosa.

Manitol dan *dulcitol* terdapat pada nanas, ubi jalar, dan wortel. Secara komersial manitol dieksresi dari jenis rumput laut.

Inositol, alkohol siklis yang menyerupai glukosa. Terdapat pada banyak makanan terutama pada sereal. Bentuk esternya dengan asam fitat menghambat absorpsi kalsium dan zat besi dalam usus halus.

Oligosakarida

- terdiri atas polimer dua hingga sepuluh monosakarida (oligo berarti sedikit) sebetulnya disakarida termasuk dalam oligosakarida.

Rafinosa, *stakiosa*, dan *verbaskosa*: oligosakarida yang terdiri atas unit-unit glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiga jenis ini terdapat di dalam biji tumbuh-tumbuhan dan kacang-kacangan serta tidak dapat dipecah oleh enzim-enzim pencernaan, seperti oligosakarida dalam usus besar mengalami fermentasi.

Fruktosa: sekelompok oligosakarida dan polisakarida yang terdiri atas beberapa unit fruktosa yang terikat dengan satu molekul glukosa. Panjang rantai bisa sampai 3-50 unit, bergantung pada sumbernya. Fruktan terdapat di dalam sereal, bawang merah, bawang putih, dan asparagus. Fruktan tidak disernakan secara berarti. Sebagian besar di dalam usus besar difermentasi.

Karbohidrat Kompleks

- Karbohidrat kompleks terdiri atas: polisakarida (terdiri atas > 2 ikatan monosakarida) dan serat (polisakarida nonpati).

Polisakarida

- Dapat mengandung sampai tiga ribu unit gula sederhana yang tersusun dalam bentuk rantai panjang lurus atau bercabang.

- Gula sederhana ini terutama adalah glukosa. Jenis polisakarida yang penting dalam ilmu gizi adalah pati, dekstrin, glikogen, dan polisakarida nonpati.
- *Pati* : simpanan karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan dan merupakan karbohidrat utama yang dimakan manusia seluruh dunia. Pati terdapat pada padi-padian, biji-bijian, umbi-umbian. Beras, jagung, gandum mengandung 70-80%pati; kacang-kacangan kering, seperti kacang kedelai, kacang merah, dan kacang hijau 30-60%, sedangkan ubi, talas, kentang, dan singkong 20-30%.
- *Dekstrin*: produk antara pada pencernaan pati atau dibentuk melalui hidrolisis parsial pati.
- *Glikogen*: disebut juga pati hewan karena merupakan bentuk simpanan karbohidrat di dalam tubuh manusia dan hewan, yang terutama terdapat di dalam hati dan otot. Glikogen terdiri atas unit-unit glukosa dalam bentuk rantai bercabang daripada amilopektin.

Dua pertiga bagian dari glikogen disimpan dalam otot dan selebihnya dalam hati. Glikogen dalam otot hanya dapat digunakan untuk keperluan energi di dalam otot tersebut, sedangkan otot di dalam hati dapat digunakan sebagai sumber energi untuk keperluan semua sel tubuh. Kelebihan glukosa melampaui kemampuan menyimpannya dalam bentuk glikogen akan dibentuk menjadi lemak dan disimpan dalam jaringan lemak.

Polisakarida Nonpati/Serat

- Serat makanan adalah polisakarida nonpati yang menyatakan polisakarida dinding sel. Ada dua golongan serat, yaitu yang tidak dapat larut dan yang dapat larut dalam air.
- Serat tidak larut air adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin, Serat larut air adalah pectin, gum, mukilase, glukan, dan algal.
- selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan kerangka structural semua tumbuh-tumbuhan.

Selulosa adalah bagian utama dinding sel tumbuh-tumbuhan yang terdiri atas polimer linier panjang hingga 10.000 unit glukosa terikat dalam bentuk ikatan beta (1-4). Selulosa bersal dari makanan nabati akan melewati saluran cerna secararautuh. Selulosa melunakkan dan memberibentuk pada fases karena mampu menyerap air,

sehingga membantu gerakan peristaltic usus, sehingga membantu defaksi dan mencegah konstipasi

Hemiselulosa adalah bagian utama serat sereal yang terdiri atas polimer bercabang heterogen heksosa, pentose, dan asam uronat.

Lignin member kekuatan pada struktur tumbuh-tumbuhan, merupakan bagian keras dari tumbuh-tumbuhan. Lignin terdapat pada tangkai sayuran, bagian inti wortel dan biji jambu biji.

- Pektin, gum, dan mukilase terdapat di sekeliling dan di dalam sel tumbuh-tumbuhan. Ikatan-ikatan ini larut atau mengembang di dalam air sehingga membentuk gel. Biasadigunakan dalam industry sebagai pengental, emulsifier, dan stabilizer. Pektin berfungsi sebagai bahan perekat anatar dinding sel, buah-buahan yang mengandung pektin tinggi baik dibuat jam atau jeli. terdapat pada sayur dan buah, jenis sitrus, apel, jambu biji, anggur, dan wortel. Gum adalah polisakarida larut air terdiri atas 10.000-30.000 unit. Digunakan sebagai pengental, emulsifier, dan *stabilizer*

Pencernaan, Absorpsi, Ekskresi, Dan Metabolisme

- Tujuan akhir pencernaan dan absorpsi karbohidrat adalah mengubah karbohidrat menjadi ikatan-ikatan lebih kecil, terutama berupa glukosadan fruktosa, sehingga dapat diserap oleh pembuluh darah melalui dinding usus halus

Mulut

- Pencernaan karbohidrat dimulai di mulut. Bolus makanan yang diperoleh setelah makanan dikunyah bercampur dengan ludah yang mengandung enzim emilase (sebelumnya dikenal sebagai ptyalin). Amilase menghidrolisis pati atau amilum menjadi bentuk karbohidrat lebih sederhana, yaitu dekstrin. Bila berada di mulut cukup lama, sebagian diubah menjadi disakarida maltose. Karena makanan berada di mulut hanya sebentar pencernaan di dalam mulut tidak berarti. Enzim emilase ludah bekerja paling baik pada pH ludah netral. Bolus yang ditela masuk ke dalam lambung. Amylase ludah yang ikut masuk ke lambung dicernakan oleh asam klorida dan enzim pencerna protein yang terdapat di lambung, sehingga pencernaan karbohidrat di dalam lambung terhenti.

Usus Halus

- Sebagian besar pencernaan karbohidrat terjadi di dalam usus halus. Enzim amylase yang dikeluarkan oleh pancreas, mencernakan pati menjadi dekstrin dan maltose. Penyelesaian pencernaan karbohidrat dilakukan oleh enzim-enzim disakarida yang dikeluarkan oleh sel-sel mukosa usus halus berupa maltase, sukrase, dan lactase. Hidrolisis disakarida oleh enzim-enzim ini terjadi di dalam mikrovili dan monosakarida yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Monosakarida glukosa, fruktosa, dan galaktosa kemudian diabsorpsi melalui sel epitel usus halus dan diangkut oleh system sirkulasi darah melalui vena porta. Bila konsentrasi monosakarida di dalam usus halus atau pada mukosa sel cukup tinggi, absorpsi dilakukan secara pasif atau fasilitatif. Tapi bila konsentrasi turun, absorpsi dilakukan secara aktif melawan gradient konsentrasi dengan menggunakan energi ATP dan ion natrium. Glukosa dan galaktosa dibawa ke hati dimana fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa. Jadi, semua disakaridapada akhirnya diubah menjadi glukosa.



- Setelah makan, kadar glukosa darah naik hingga kurang lebih 30 menit dan secara perlahan kembali ke kadar gula puasa (70-100 mg/100 ml) setelah 90-180 menit. Kadar maksimal gula darah dan kecepatan untuk kembali pada kadar normal bergantung pada jenis makanan.

Usus Besar

- Dalam waktu 1-4 jam setelah selesai makan, pati nonkarbohidrat atau serat makanan dan sebagian kecil pati yang tidak dicernakan masuk ke dalam usus besar. Sisa-sisa pencernaan ini merupakan substrat potensial untuk difermentasi oleh mikroorganisme di dalam usus besar. Substrat potensial lain difermentasi oleh fruktosa, sorbitol, dan monomer lain yang susah dicernakan, laktosa pada mereka yang kekurangan laktase.
- Produk utama fermentase karbohidrat di dalam usus besar adalah karbon dioksida, hydrogen, metan, dan asam-asam lemak rantai pendek yang mudah menguap, seperti asam asetat, asam propinat, dan asam butirat. Pada kadar rendah, sebagian besar gas-gas hasil untuk mengabsorpsi dan dikeluarkan melalui paru-paru. Bila melebihi kemampuan kolol untuk mengabsorpsi, gas-gas ini akan dikeluarkan melalui anus (flatulensi). Sebanyak 60-70% asam lemak yang mudah menguap diabsorpsi kembali dan dapat digunakan sebagai sumber energi oleh berbagai jaringan tubuh.

Metabolisme Karbohidrat

- Kelebihan glukosa akan disimpan di dalam hati dan sel-sel otot dalam bentuk glikogen. Bila tubuh membutuhkan glukosa, hati akan mengeluarkannya ke dalam aliran darah dan dibawa ke seluruh tubuh yang memerlukan, seperti otak, system saraf, jantung, dan organ tubuh lain. Glikogen pada sel-sel otot menggunakannya untuk keperluan otot saja dan tidak dapat dikembalikan sebagai glukosa ke dalam aliran darah.
- Bila glukosa memasuki sel, enzim-enzim akan memecahnya menjadi bagian-bagian kecil yang pada akhirnya akan menghasilkan energi, karbondioksida dan air.
- kelebihan karbohidrat dapat diubah menjadi lemak. Perubahan ini terjadi dalam hati. Lemak ini kemudian dibawa ke sel-sel lemak yang dapat menyimpan lemak dalam jumlah tidak terbatas.
- Agar tubuh selalu memperoleh glukosa untuk keperluan energi, hendaknya seseorang tiap hari memakan sumber karbohidrat pada selang waktu tertentu, karena persediaan glikogen hanya bertahan untuk keperluan beberapa jam.
- Glukosa sebagai sumber energi untuk sel-sel otak, sel saraf lain dan sel darah merah tidak dapat digantikan oleh lemak. Jadi, makanan sehari-hari harus mengandung

karbohidrat. Karbohidrat yang cukup akan mencegah penggunaan protein untuk energi (sebagai penghemat protein)

Fungsi Karbohidrat

- **Sumber Energi,**
Sebagian karbohidrat di dalam tubuh berada dalam sirkulasi darah sebagai glukosa untuk keperluan energi segera; sebagian disimpan sebagai glikogen dalam hati dan jaringan otot, dan sebagian diubah menjadi lemak untuk kemudian disimpan sebagai cadangan energi di dalam jaringan lemak. System saraf sentral dan otak sama sekali tergantung pada glukosa untuk keperluan energinya.
- **Pemberi Rasa Manis pada Makanan**
Karbohidrat member rasa manis pada makanan, khususnya mono dan disakarida. Fruktosa adalah gula paling manis, disusul sakarosa, glukosa, maltose, dan laktosa.
- **Penghemat Protein**
Bila karbohidrat makanan mencukupi, protein terutama akan digunakan sebagai zat pembangun.
- **Pengatur Metabolisme Lemak**
Karbohidrat mencegah terjadinya oksidasi lemak yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan bahan-bahan keton. Bahan-bahan keton mengikat basa berupa ion natrium. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan natrium dan dehidrasi. pH cairan tubuh menurun. Keadaan ini menimbulkan ketosis atau asidosis yang dapat merugikan tubuh. Dibutuhkan 50-100 gram karbohidrat sehari untuk mencegah ketosis.
- **Membantu Pengeluaran Feses**
Karbohidrat membantu pengeluaran feses dengan cara mengatur peristaltic usus dan memberi bentuk feses. Selulosa dalam serat makanan mengatur peristaltic usus, sedangkan hemiselulosa dan pektin mampu menyerap banyak air dan usus besar sehingga memberi bentuk pada sisa makanan yang akan dikeluarkan.

Kebutuhan Sehari

- Untuk memelihara kesehatan, WHO (1990) menganjurkan 50-65% konsumsi energi total berasal dari karbohidrat kompleks dan paling banyak hanya 10% berasal dari gula sederhana.
- Lembaga Kanker Amerika menganjurkan makan 20-30 gram serat sehari.

Sumber

- Sumber karbohidrat adalah padi-padian atau sereal, umbi-umbian, kacang-kacang kering dan gula. Hasil olahan ini adalah bahun, mie, roti, tepung-tepungan, selai, sirup dsb.

C. LIPIDA

Istilah lipida meliputi senyawa-senyawa heterogen, termasuk lemak dan minyak yang umum dikenal dalam makanan, malam, fosfolipida, sterol dan ikatan lain jenis yang terdapat di dalam makanan dan tubuh manusia. Lipida mempunyai sifat yang sama, yaitu larut dalam pelarut non polar, seperti etanol, eter, kloroform, dan benzena.

Klasifikasi Lipida menurut komposisi Kimia:

1) Lipida Sederhana

1. Lemak netral, monogliserida, digliserida, dan trigliserida
2. Ester asam lemak dengan alcohol berberat molekul tinggi, malam, ester sterol, ester nonsterol, ester vitamin A dan ester vitamin D

2) Lipida Majemuk (compound lipids)

1. Fosfolipida
2. Lipoprotein

3) Lipida Turunan (derived lipids)

1. Asam lemak
2. Sterol: kolesterol dan ergosterol, hormon steroida, vitamin D, garam empedu
3. Lain-lain: karotenoid dan vitamin A, vitamin E, dan vitamin K

Klasifikasi Lipida menurut fungsi biologis dalam tubuh :

- A. Lemak simpanan,

Terutama terdiri atas trigliserida yang disimpan di dalam depot-depot di dalam jaringan tumbuh-tumbuhan dan hewan. Lemak ini merupakan simpanan energi paling utama.

B. Lemak struktural

Terutama terdiri atas fosfolipida dan kolesterol, merupakan ikatan structural paling penting di dalam tubuh setelah protein. Lemak structural konsentrasi tinggi terdapat di dalam otak.

Asam Lemak

- Asam lemak banyak terdapat dalam bentuk ikatan ester atau amida dalam berbagai lipida.
- Karakteristik: asam organik yang terdiri atas rantai hidrokarbon lurus yang pada satu ujung mempunyai gugus karboksil (COOH) dan pada ujung lain gugus metil (CH₃). Biasanya memiliki rantai dengan jumlah atom genap, antara 4 hingga 22 karbon.
- Asam lemak dibedakan menurut jumlah karbon yang di kandunginya yaitu asam lemak pendek (6 atom karbon/kurang), rantai sedang (8-12 karbon), rantai panjang (14-18 karbon), dan rantai sangat panjang (20 atom karbon/lebih).
- Asam lemak yang terdiri atas rantai karbon yang mengikat semua hydrogen yang dapat diikatnya dinamakan *asam lemak-jenuh*. Lipida hewani terutama mengandung asam lemak-jenuh rantai panjang
- Asam lemak yang mengandung satu atau lebih ikatan rangkap, di mana sebetulnya dapat diikat tambahan atom hydrogen dinamakan asam lemak tak jenuh.

Asam Lemak Esensial/ALE

- Di antara asam lemak terdapat asam lemak yang esensial untuk tubuh, yaitu asam linoleat, asam linolenat. Esensial karena dibutuhkan tubuh untuk pertumbuhan dan fungsi normal semua jaringan, sedangkan tubuh tidak dapat mensintesisnya.
- Kekurangan ALE pada tikus percobaan menimbulkan gejala: dermatitis dan eczema pada kulit, pertumbuhan terhambat, reproduksi terganggu, degenerasi atau kerusakan pada banyak organ tubuh dan kerentanan terhadap infeksi meningkat.
- ALE diperlukan untuk pertumbuhan janin dan bayi, karena pada periode ini terjadi pertumbuhan paling cepat sel-sel tubuh. ALE merupakan prekursor yang mirip hormon

yag mengatur tekanan darah, denyut jantung, fungsi kekebalan dan rangsangan system saraf, kontraksi otot serta penyembuhan luka.

- ALE terdapat pada minyak nabati, terutama padabiji-bijian serti jantung, minyak kacang kedelai dan minyak biji matahari.

Asam lemak Omega-3

- Arti khusus dalam ilmu gizi adalah alfa-asam linolenat serta turunannya eikosapentaenoat/EPA dan asam dokosaheksaenoat/DHA.
- Asam linolenat dibutuhkan untuk pembentukan jaringan retina, terdapat pada daun-daunan, beberapa minyak biji-bijia, minyak kacang kedelai, minyak biji rami dan minyak biji rape. Minyak ikan yang hidup di air dalam-dingin kaya akan EPA dan DHA. Plankton laut mengandung asam lemak omega-3, ikan dapa mengubah asam linolenat menjadi EPA dan DHA.
- Asam lemak omega-3 dapat membersihkan plasma dari lipoprotein kilomikron dan kemungkinan juga dari VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*). Asam lemak omega-3 dihubungkan dengan pencegahan penyakit jantung koroner dan artitis.
- Kekurangan asam lemak omega-3 menimbulkan gangguan saraf dan penglihatan.

Lemak Netral (lemak dan minyak)

Trigliserida

- Lemak dan minyak dalam alam sebagian besar terdiri atas 98-99% trigliserida
- Trigliserida adalah ester gliserol, suatu alcohol trihidrat dan asam lemak yang tepatnya disebut triasigliserol. Bila satu asam lemak bergabung dengan gliserol, maka lemak tersebut dinamakan monogliserida dan bila dua, digliserida.

Sifat Fisik

- Berat jenis lemak lebih rendah daripada air, oleh karena itu mengapung ke atas dalam campuran air. Sifat fisik trigliserida ditentukan oleh proporsi dan struktur kima asam lemak yang membentuknya. Titik cair, tingkat kepadatan meningkat dengan bertambah panjangnya rantai asam lemak dan tingkat kejenuhannya. Sifat trigliserida juga ditentukan oleh posisi

FUNGSI LIPIDA

1. Sumber Energi

Setiap 1 gram lemak menghasilkan 9 kkalori. Lemak merupakan cadangan energi tubuh paling besar. Lemak biasanya disimpan pada 50% di jaringan bawah kulit (subkutan), 45% di sekeliling organ dalam rongga perut, dan 5% di jaringan intramuscular.

2. Sumber asam lemak esensial

Merupakan sumber asam lemak esensial asam linoleat dan linolenat

3. Alat angkut vitamin larut lemak

Lemak membantu transportasi dan absorpsi vitamin lemak yaitu A,D, E, dan K.

4. Menghemat protein

Menghemat penggunaan protein untuk sintesis protein.

5. Memberi rasa kenyang dan kelezatan

Lemak memperlambat sekresi asam lambung dan memperlambat pengosongan lambung. Selain itu lemak member tekstur yang disukai dan member kelezatan khusus pada makanan.

6. Sebagai pelumas

Lemak membantu pengeluaran sisa pencernaan

7. Memelihara suhu tubuh

Lapisan lemak di bawah kulit mengisolasi tubuh dan mencegah kehilangan panas tubuh secara cepat.

8. Pelindung organ tubuh

Lapisan lemak yang menyelubungi organ-organ tubuh, seperti jantung, hati, dan ginjal membantu menahan organ-organ tersebut tetap di tempatnya dan melindunginya terhadap benturan dan bahaya lain.

Lipida majemuk (Compound Lipids) dan Lipida Turunan (Deriver Lipids)

Fosfolipida

- Terdapat dalam sel hidup, dibentuk di dalam hati dan menempati urutan ke-2 kandungan lipida dalam tubuh.
- Fungsi utamanya adalah membentuk membrane sel dan memungkinkan lemak dan zat-zat larut lemak, seperti hormone-hormon dan vitamin keluar masuk sel. Di dalam darah fosfolipida berfungsi ini sebagai alat angkut lipida.

- Lesitin (fosfatidilkolin) berfungsi memudahkan pengangkutan dan penggunaan asam lemak dengan menggunakan enzim lesitin-kolesterol asiltransferase. Lesitin terdapat pada hati, kuning telur, dan kacang kedelai.

Glikolipida

- Yang termasuk dalam glikolipida adalah serebrosida dan angliosida. Angliosida mengandung glukosa dan senyawa kompleks yang mengandung gula amino, yang merupakan komponen membrane jaringan saraf dan sebagian besar membrane sel tumbuhan-tumbuhan tertentu.

Sterol

- Sterol adalah sekelompok senyawa yang mempunyai karakteristik struktur cincin kompleks steroid dengan berbagai variasi. Sterol banyak terdapat di dalam pangan adalah kolesterol dalam jaringan hewani, ergosterol dalam khamir, dan beta-sitosterol dalam makanan nabati.
- Kolesterol di dalam tubuh mempunyai fungsi ganda, yaitu di satu sisi diperlukan sedangkan di sisi lain dapat membahayakan bergantung berapa banyak terdapat di dalam tubuh dan di bagian mana. Kolesterol merupakan komponen esensial membran struktural semua sel dan merupakan komponen utama sel otak dan saraf. Kolesterol terdapat dalam konsentrasi tinggi dalam jaringan kelenjar dan di dalam hati di mana kolesterol disintesis dan disimpan. Kolesterol merupakan bahan antara pembentukan sejumlah steroid penting, seperti asam empedu, asam folat, hormone-hormon adrenal korteks, estrogen, androgen, dan progesterone.

Kolesterol bila terdapat dalam jumlah terlalu banyak di dalam darah dapat membentuk endapan pada dinding pembuluh darah sehingga menyebabkan penyempitan yang dinamakan aterosklerosis.

Kolesterol di dalam tubuh terutama diperoleh dari hasil sintesis di dalam hati. Bahan bakunya diperoleh dari karbohidrat, protein atau lemak.

- Kolesterol dan ergosterol merupakan prekursor vitamin D

Lipoprotein

- Merupakan gabungan molekul lipida dan protein yang disintesis di dalam hati.

- Berfungsi mengangkut lipida di dalam plasma ke jaringan-jaringan yang membutuhkannya sebagai sumber energi, sebagai komponen membrane sel atau sebagai prekursor metabolit aktif.

Pencernaan, Absorpsi, Transportasi dan Metabolisme

Table 1. Ringkasan proses pencernaan Lipida

Saluran Pencernaan	Prosesn Pencernaan
1. Mulut	Mengunyah, emncampur dengan air ludah dan ditelan. Kelenjar ludah mengeluarkan enzim lipase lingual.
2. Esofagus	Tidak ada pencernaan
3. Lambung	Lipase lingual dalam jumlah terbatas memulai hidrolisis triliserida menjadi trigliserida menjadi diglserida dan asam lemak. Lemak susu lebih banyak dihidrolisis. Lipase lambung menghidrolis lemak dalam jumlah terbatas.
4. Usus halus	Asam empedu mengemulsi lemak.lipase berasal dari pankreas dan dinding usus halus menghidrolisis lemak dalam bentuk emulsi menjad trigliserida, monogliserida, gliserol, dan asam lemak. Fosfolipase berasal dari pancreas menghidrolisis fosfolipida menjadi asam lemak dan lisofosfogliserida. Kolesterol esterase berasal dari pancreas menghidrolisi ester kolesterol.
5. Usus besar	Sedikit lemak dan kolesterol yang terkurung dalam serat makanan, dikeluarkan feses.

Tabel 2. Absorpsi lipida ke aliran darah

Hasil Pencernaan Lipida	Lipida Absorpsi
Gliserol Asam lemak rantai pendek Asam lemak rantai menengah	Diserap langsung ke dalam darah
Asam lemak rantai panjang Monogliserida	Diubah menjadi trigliserida di dalam sel-sel usus halus
Trigliserida Kolesterol Fosfolipida	Membentuk kilomikron, masuk ke dalam limfe, kemudian ke dalam aliran darah

- Kilomikron adalah lipoprotein yang mengangkut lipida dari saluran cerna ke dalam tubuh.
- *Very Low Density Lipoprotein* (VLDL) adalah lipoprotein yang dibentuk di dalam hati, lipoprotein dengan densitas sangat rendah yang terutama terdiri atas trigliserida.
- *Low Density Lipoprotein* (LDL) adalah bentukan dari VLDL yang trigliseridannya berkurang. Terdiri atas kolesterol bersirkulasi dalam tubuh dan dibawa ke sel-sel otot, lemak, dan sel-sel lain. Kolesterol yang banyak terdapat pada LDL akan menumpuk pada sel-sel rusak. Sel-sel rusak ini merusak LDL (dioksidasi) sehingga tidak dapat masuk kembali ke dalam aliran darah.

Penumpukan pada sel-sel ini jika bertahun-tahun, kolesterol akan menumpuk pada dinding pembuluh darah dan membentuk plak. Plak akan bercampur dengan protein dan ditutupi oleh sel-sel otot dan kalsium. Hal inilah yang kemudian dapat berkembang menjadi *ateroklerosis*. Pengatur utama kadar kolesterol darah adalah hati.

- *High Density Lipoprotein* (HDL) adalah lipoprotein yang diproduksi hati dan usus halus yang masuk ke aliran darah untuk mengambil kolesterol dan fosfolipida yang ada di dalam aliran darah untuk diangkut kembali ke hati guna diedarkan kembali atau dikeluarkan dari tubuh.

Metabolisme Lemak

- Simpanan lemak dalam tubuh terutama dilakukan di dalam sel lemak dalam jaringan adiposa. Sel-sel adipose menyimpan lemak setelah makan bilamana kilomikron dan VLDL yang mengandung lemak melewati sel-sel tersebut.
- Bila sel-sel membutuhkan energi, enzim lipase dalam sel adiposa menghidrolisis simpanan trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak serta melepaskannya ke dalam pembuluh darah.

Kebutuhan lemak

- WHO (1990) menganjurkan konsumsi lemak sebanyak 20-30% kebutuhan energi total dianggap baik untuk kesehatan. Jumlah ini untuk memenuhi kebutuhan akan asam lemak esensial dan untuk membantu penyerapan vitamin larut-lemak. Di antara lemak yang dikonsumsi sehari dianjurkan paling banyak 8% dari kebutuhan energi total berasal dari lemak jenuh. Dan 3-7% dari lemak tidak jenuh-ganda. Konsumsi kolesterol yang dianjurkan adalah ≤ 300 mg sehari.

Sumber lemak dan lipida lain

- Sumber utama lemak adalah minyak tumbuh-tumbuhan (minyak kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, kacang kedelai, jagung, dsb) mentega, margarine, dan lemak hewan (lemak daging dan ayam). Sumber lain adalah kacang-kacangan, biji-bijian, daging dan ayam gemuk, krim, susu, keju, dan kuning telur, serta makanan yang dimasak dengan lemak atau minyak. Sayur dan buah (kecuali alpukat) sangat sedikit mengandung lemak.

D. PROTEIN

Protein adalah bagian dari semua sel hidup dan merupakan bagian terbesar tubuh sesudah air. Seperlima bagian tubuh adalah protein. Protein mempunyai fungsi khas yang tidak dapat digantikan oleh zat gizi lain, yaitu membangun serta memelihara sel-sel dan jaringan tubuh.

Komposisi Kimia dan Klasifikasi

- Protein adalah molekul makro yang mempunyai berat molekul antara lima ribu hingga beberapa juta. Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino, yaitu terikat satu sama lain dalam ikatan peptida. Asam amino terdiri dari atas unsure-unsur karbon, hydrogen, oksigen, dan nitrogen; beberapa asam amino di samping itu mengandung unsure-unsur fosfor, besi, sulfur, iodium, dan kobalt. Unsur nitrogen adalah unsur utama protein, karena terdapat di dalam semua protein akan tetapi tidak terdapat di dalam karbohidrat dan lemak. Unsur nitrogen merupakan 16% dari berat protein.
- Klasifikasi asam amino menurut gugus asam dan basa
Klasifikasi asam amino menurut jumlah gugus asam (karboksil) dan basa (amino) yang dimiliki adalah: (1) asam amino netral yaitu asam amino yang mengandung satu gugus asam dan satu gugus amino; (2) asam amino asam (rantai cabang asam) yaitu asam amino yang mempunyai kelebihan gugus asam dibandingkan dengan gugus basa; (3) asam amino basa (rantai cabang basa) yaitu asam amino yang mempunyai kelebihan gugus basa; (4) asam amino yang mengandung nitrogen amino pengganti gugus amino primer dinamakan asam amino.

Fungsi khusus asam amino

- Triptofan: prekursor vitamin niasin dan pengantar saraf serotonin
- Metionin : memberikan gugus metal guna sintesis kolin dan kreatinin
- Fenilalanin : prekursor tirosin dan bersama membentuk hormone-hormon tiroksin dan epinefrin
- Tirosin : prekursor bahan yang membentuk pigmen kulit dan rambut
- Arginin dan sentrulin terlibat dalam sintesis ureum dalam hati.
- Glisin : mengikat bahan-bahan toksik dan mengubahnya menjadi bahan tidak berbahaya.
- Histidin: diperlukan untuk sintesis histamine

- Glutamine : simpanan asam amino di dalam tubuh dan prekursor pengantar saraf gamma amino asam butirat.

Klasifikasi Protein

1. Protein Bentuk Serabut

Protein ini terdapat dalam unsure-unsur struktur tubuh. Protein jenis ini memiliki daya larut rendah, kekuatan mekanis yang tinggi dan tahan terhadap enzim pencernaan.

- Kolagen, protein utama jaringan ikat, sebanyak 30% protein total manusia adalah kolagen. Mengandung hidroksiprolin dan hidroksilin.
- Elastin, terdapat dalam urat, otot, arteri dan jaringan elastis lain.
- Keratin, protein rambut dan kuku dan mengandung banyak sistein. Rambut manusia mengandung 14% sistein.
- Miosin, protein utama serat otot.

2. Protein Globular

Protein ini berbentuk bola, terdapat dalam cairan tubuh.

- Albumin, terdapat pada telur, susu, plasma, dan hemoglobin. Larut dalam air dan mengalami koagulasi bila dipanaskan
- Globulin, terdapat dalam otot, serum, kuning telur, dan biji tumbuh-tumbuhan. Tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan garam dan mengendap dalam larutan konsentrasi tinggi dan mengalami koagulasi jika dipanaskan.
- Histon, terdapat dalam jaringan-jaringan kelenjar tertentu seperti timus dan pankreas.

Pencernaan, Absorpsi, Transportasi, dan Metabolism Protein

Table 3. Ringkasan proses pencernaan Protein

Saluran Pencernaan	Proses Pencernaan dan absorpsi
1. Mulut	Mengunyah, makanan bercampur dengan air ludah dan ditelan
2. lambung	Asam klorida membuka molekul protein (denaturasi) dan mengaktifkan enzim lambung
	Protein $\xrightarrow[\text{Pepsin}]{\text{Protease lambung, HCL}}$ Polipeptida lebih pendek (protease dan pepsin)
3. Usus halus	Polipeptida $\xrightarrow[\text{Enterokinase, tripsin}]{\text{Protease pankreas}}$ Dipeptida, tripeptida, asam amino (diserap)
	Peptida $\xrightarrow[\text{Tripeptidase mukosa usus halus}]{\text{dipeptidase dan}}$ asam amino bebas (diserap)

Absorpsi

- Hasil akhir pencernaan protein (asam amino) segera diabsorpsi dalam waktu 15 menit setelah makan. Absorpsi terutama terjadi di usus halus. Asam amino yang diabsorpsi memasuki sirkulasi darah melalui vena porta dan dibawa ke hati. Sebagian asam amino digunakan oleh hati, sebagian lagi melalui sirkulasi darah dibawa ke sel-sel jaringan. Sebagian besar asam amino telah diabsorpsi pada saat asam amino sampai di ujung usus halus.

Ekskresi

- Protein dan asam amino yang tidak terabsorpsi ini masuk ke dalam usus besar. Dalam usus besar terjadi metabolisme mikroflora kolon dan produknya dikeluarkan melalui feses, terutama dalam bentuk protein bakteri. Hanya 1% protein yang dimakan ditemukan dalam feses.

Metabolisme protein

- Bila sel memutuskan protein tertentu, sel tersebut akan membentuknya dari asam amino yang tersedia.
- Sel dapat membentuk ikatan-ikatan lain dari asam amino, seperti: amni tirosin, prekursor pengantar saraf neropinefrin dan epinefrin yang mengantar pesan-pesan saraf ke seluruh tubuh. Tirosin juga dapat diubah menjadi melanin (pigmen tubuh) atau tiroksin (hormone mengatur laju metabolisme) dsb.
- Sel dapat menggunakan protein sebagai energi jika glukosa dan asam amino terbatas.
- Sel dapat melepaskan gugus amino (NH₂) dari asam amino akan menghasilkan sisa berupa ammonia dalam sel.
- Dalam keadaan berlebihan protein akan diubah menjadi lemak dan disimpan dalam tubuh.
- Di dalam tubuh kelebihan asam amino untuk keperluan sintesis protein dan berbagai ikatan akan dimetabolisme. Tetapi protein sel-sel ada persediaan metabolik asam amino yang berada dalam keseimbangan dinamis yang setiap waktu dapat digunakan.

Fungsi protein

1. Pertumbuhan dan pemeliharaan sel-sel dan jaringan tubuh
2. Pembentukan ikatan-ikatan esensial tubuh
3. Mengatur keseimbangan air
4. Memelihara netralitas tubuh
5. Pembentukan antibody
6. Mengangkut zat-zat gizi
7. Sumber energi

Sumber Protein

- Sumber protein meliputi makanan hewani, seperti telur, susu, daging, unggas, ikan, dan kerang.
- Sumber protein nabati adalah kacang kedelai dan olahannya seperti: temped dan tahu, serta kacang-kacangna lain

Akibat kekurangan protein

- Kwashiorkor, umumnya terjadi pada anak usia 2-3 tahun yang terlambat menyapih sehingga kekurangan gizi (protein)
Gejala: pertumbuhan terhambat, otot-otot berkurang dan melemah, edema, muka bulat (*moon face*) dan gangguan psikomotor.
- Marasmus, penyakit pada bayi (12 bulan pertama), karena terlambat diberi makan tambahan. Dapat terjadi karena penyapihan mendadak, formula pengganti asi terlalu encer atau tidak higienis atau sering terkena infeksi gastroenteritis. Marasmus berpengaruh jangka panjang terhadap mental dan fisik yang sukar diperbaiki.

Akibat kelebihan protein

- Kelebihan protein dapat membebankan kerja ginjal dan hati karena harus memetabolisme dan mengeluarkan kelebihan nitrogen. Kelebihan protein akan menimbulkan asidosis, dehidrasi, diare, kenaikan amoniak darah, kenaikan ureum darah, dan demam.

E. KESEIMBANGAN ENERGI

Kandungan Energi Makanan

- Kandungan energi makanan ditentukan dengan kalorimetri dengan menggunakan alat kalori meter 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 kkal/g, untuk lemak 8,87 kkal/g, sedangkan untuk protein 5,65 kkal/g.

Energi Faali 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 ini disebut nilai energi faali makanan

- **Koefisien cerna** adalah nilai % protein/lemak/karbohidrat makanan yang diabsorpsi. Menurut Atwater, makanan yang kita makan, zat gizi yang dapat diabsorpsi tubuh hanya 99% dari karbohidrat, 95% dari lemak, 92% dari protein.
- Koefisien cerna untuk protein dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\text{Nitrogen makanan} - \text{Nitrogen Feses} \times 100}{\text{Nitrogen makana}} = \% \text{ Nitrogen makanan yang diabsorpsi}$$

- Atwater memperoleh nilai faali zat-zat gizi pada table, nilai-nilai ini kemudian dibulatkan dan dinamakan factor Atwater, yaitu 4 untuk karbohidrat dan protein, 9 untuk lemak, dan 7 untuk alkohol.

Tabel 4. Nilai Faali Energi Zat-zat Gizi

Zat Gizi	Energi Kasar	% diabsorpsi	Energi setelah dicernakan	Kehilangan energi melalui urin	Nilai faali energi	Faktor Artwater
	Kkal/g	Nilai Artwater	Kkal/g	Kkal/g	Kkal/g	Kkal/g
Pati	4,19	99	4,14	-	4,14	4
Glukosa	3,73	99	3,68	-	3,68	4
Lemak	9,35	95	8,88	-	8,88	9
Protein	5,48	92	5,05	1,25	3,80	4
Alkohol	7,13	100	7,13	ss	7,13	7

Kebutuhan Energi

- Kebutuhan energi seseorang menurut FAO/WHO (1985) adalah konsumsi energi berasal dari makanan yang diperlukan untuk menutupi pengeluaran energi seseorang bila ia mempunyai ukuran dan komposisi tubuh dengan tingkat aktivitas yang sesuai dengan kesehatan jangka panjang dan yang memungkinkan pemeliharaan aktivitas fisik yang dibutuhkan secara social dan ekonomi.
- Kebutuhan energi untuk orang dewasa diperlukan untuk:
 1. Metabolism basal,
 2. Aktivitas fisik,
 3. Efek makanan atau pengaruh dinamik khusus (Specific Dynamic Action/SDA).
- Kebutuhan energi terbesar pada umumnya diperlukan untuk energi basal.

- Angka Metabolisme Basal (AMB) atau *Basal Metabolic Rate* (BMR) adalah kebutuhan energi minimal yang dibutuhkan tubuh untuk menjalankan proses tubuh yang vital seperti: untuk pernafasan, peredaran darah, pekerjaan ginjal, pancreas dll, serta untuk proses metabolisme di dalam sel-sel dan untuk memertahankan suhu tubuh.
- Cara mengukur angka metabolisme basal bias melalui, kalori meter langsung, kalori meter tidak langsung, dan dengan perhitungan.
- Kebutuhan energi basal atau AMB pada dasarnya ditentukan oleh ukuran dan komposisi tubuh serta umur.

$$\text{AMB laki-laki} = 66,5 + 13,7 \text{ BB (kg)} + 5,0 \text{ TB (cm)} - 6,8 \text{ U}$$

$$\text{AMB Perempuan} = 655 + 9,6 \text{ BB} + 1,8 \text{ TB} - 4,7 \text{ U}$$

(BB= Berat Badan (Kg); TB=Tinggi Badan (cm); U=Umur)

- Indeks paling berpengaruh pada AMB adalah berat badan menurut umur.
- Menggunakan rumus regresi linier, FAO/WHO/UNU/1985 telah mengeluarkan rumus untuk menaksir nilai AMB dari berat badan seperti pada tabel 5:

Tabel 5. Rumus untuk Menaksir Nilai AMB dari Berat Badan

Kelompok Umur (tahun)	AMB (kkal/hari)	
	Laki-laki	Perempuan
0-3	60,9 B - 54	61,0 B + 51
3-10	22,7 B + 495	22,5 B + 499
10-15	17,5 B + 651	12,2 B + 746
18-30	15,3 B + 679	14,7 B + 496
30-60	11,6 B + 879	8,7 B + 829
≥ 60	13,5 B + 487	10,5 B + 596

Sumber: FAO/WHO/UNU. *Energi and Protein Requirments*, 1985, h. 71

Keterangan: B = berat badan dalam kg

- Untuk menaksir AMB secara kasar bagi orang dengan kerangka badan sedang , kebutuhan untuk angka metabolisme basal laki-laki dewasa diperkirakan sebesar 1 kkal/kg BB/jam, sedangkan untuk wanita dewasa sebesar 0,9 kkal/kg/BB/jam.

$$\text{AMB} = 1 \text{ kkal atau } 0,9 \text{ kkal} \times \text{BB (Kg)} \times 24 \text{ jam}$$

- Faktor-faktor yang memengaruhi AMB adalah: ukuran tubuh, komposisi tubuh, jenis kelamin, umur, tidur, suhu tubuh, sekresi kelenjar endokrin, kehamilan, status gizi dan suhu lingkungan.

Tabel 6. Kebutuhan Energi untuk berbagai aktivitas di luar metabolisme basal dan pengaruh termis makanan

Aktivitas	Kkal/kg/jam	Aktivitas	Kkal/kg/jam
Bersepeda (cepat)	7,6	Main piano (sedang)	1,4
Bersepeda (sedang)	2,6	Membaca	0,4
Bertukang kayu (berat)	2,3	Berlari	7,0
Menyulam	0,4	Manjahit, tangan	0,4
Berdansa, cepat	3,8	Menjahit mesin jahit tangan	0,6
Berdansa, lambat	3,0	Menjahit mesin jahit motor	0,4
Mencuci piring	1,0	Menyanyi, keras	0,8
Mengganti baju	0,7	Duduk diam	0,4
Menyetir mobil	0,9	Berdiri tegap	0,6
Makan	0,4	Berdiri relaks	0,5
Mencucu pakaian, ringan	1,3	Manyapu lantai	1,4
Tiduran	0,1	Berenang, 3,5 km/jam	7,9
Mengupas kentang	0,6	Mengetik cepat	1,0
Main pingpong	4,4	Berjalan, 3 km/jam	2,0
Menulis	0,4	Berjalan, 6,8 km/jam (cepat)	3,4
Mengecat kursi	1,5	Berjalan, 10 km/jam (s.cepat)	9,3

Sumber: Guthrie, H.A, Intoductory Nutrition, h. 146

Cara Menaksir Kebutuhan Energi

- Kebutuhan energi seseorang sehari ditaksir dari kebutuhan energi komponen-komponen sebagai berikut:
 - 1) Angka metabolisme Basal/AMB (kebutuhan sedang istirahat)
 - 2) Aktivitas fisik
 - 3) Pengaruh Dinamik Khusus Makanan/SDA

Tabel 7. Angka kecukupan energi untuk tiga tingkat aktivitas fisik untuk laki-laki dan perempuan

Kelompok Aktivitas (xAMB)	Jenis Kegiatan	Faktor Aktivitas
Ringan	75% waktu digunakan untuk duduk atau berdiri.	
• Laki-laki	25% waktu digunakan untuk berdiri atau bergerak.	1,56
• Perempuan		1,55
Sedang	25% waktu digunakan untuk duduk atau berdiri.	
• Laki-laki	75% waktu digunakan untuk aktivitas pekerjaan	1,76
• Perempuan	tertentu.	1,70
Berat		
• Laki-laki	40% waktu digunakan untuk duduk atau berdiri.	2,10
• Perempuan	60% waktu digunakan untuk aktivitas bekerja	2,00
•	tertentu.	

Sumber: FAO/WHO/UNU, 1985 dengan penyesuaian oleh Muhilal, dkk, Risalah Widya Pangan dan Gizi V, 1994, h.428

Contoh Cara Menaksir Kebutuhan Energi

- Dengan menggunakan table 5 dan 7 taksiran kebutuhan energi sehari taksiran energi sehari seorang mahasiswa laki-laki, berumur 20 tahun, dengan BB 65 kg dan aktivitas fisik ringan adalah sebagai berikut:

(1) Kebutuhan energi untuk angka metabolisme basal adalah

$$(15,3 \times 65) + 679 = 1674 \text{ kkal}$$

(2) Kebutuhan energi total dengan aktivitas fisik adalah

$$(1,56 \times 1674) = 2611 \text{ kkal}$$

Jadi taksiran kebutuhan energi seharinya adalah sebanyak 2611 kkal

Nutrisi dalam Berolahraga

Makanan adalah sumber energi yang digunakan dalam beraktifitas fisik. Mayoritas atlet memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi dibanding populasi non atlet, sehingga sangat penting untuk memastikan bahwa sumber energi yang didapat dari asupan makanan harian mampu memenuhi kebutuhan energi yang dikeluarkan saat berolahraga. Kekurangan asupan nutrisi dapat menyebabkan penurunan massa otot, gangguan pertumbuhan tulang, gangguan menstruasi (pada wanita), peningkatan risiko cedera, penurunan daya tahan tubuh sehingga mudah terserang penyakit dan membutuhkan waktu lebih lama dalam proses pemulihan.

Atlet tidak memiliki “pola khusus” dalam mengatur makanannya. Konsep terbaru mengatakan bahwa diet seimbang lebih bermanfaat dibandingkan meningkatkan komponen nutrisi tertentu. Secara umum, komponen gizi yang harus dipenuhi atlet adalah :

1. Makronutrien (karbohidrat, lemak, protein)
2. Mikronutrien (vitamin, mineral)
3. Air

MAKRONUTRIEN

Komposisi makronutrien (karbohidrat, lemak, protein) sebagai sumber energi harian harus diperhatikan dengan baik. Secara umum, kebutuhan karbohidrat adalah 55-60%, lemak 10-25% dan protein 10-15% dari kebutuhan energi total. Komposisi tersebut bisa berbeda untuk tiap jenis olahraga namun sedapat mungkin masih dalam suatu batasan prinsip diet seimbang.

Karbohidrat

Karbohidrat adalah kelompok senyawa yang terdiri dari karbon dan hidrogen/oksigen dengan rasio 2 :1. Karbohidrat merupakan sumber energi utama yang menunjang performa seorang atlet. Kelebihan lain dari karbohidrat adalah waktu transitnya yang singkat di dalam usus (dibanding lemak dan protein) sehingga mudah dicerna ketika berolahraga dan pasokan air yang dikeluarkannya cukup signifikan saat diuraikan di dalam saluran pencernaan. Karbohidrat sangat dibutuhkan untuk olahraga bertipe aerobik maupun anaerobik. Pada olahraga bertipe aerobik, cadangan karbohidrat tubuh (glikogen) adalah sumber energi yang sangat dibutuhkan untuk mempertahankan kontraksi otot yang konstan dan tahan lama sedangkan pada olahraga bertipe anaerob, intensitas tinggi dapat menyebabkan glikogen otot akan terkuras sehingga dibutuhkan karbohidrat yang memadai untuk menggantinya. Kekurangan asupan karbohidrat dapat menurunkan glikogen otot dan hati secara cepat sehingga akan mempengaruhi performa baik dalam olahraga aerobik dengan durasi yang lama maupun olahraga anaerobik berintensitas tinggi.

Kebutuhan karbohidrat pada atlet dihitung dalam gram per kilogram berat badan. Berikut adalah rekomendasi asupan karbohidrat

Tabel 1. Rekomendasi asupan karbohidrat

Aktifitas	Kebutuhan
Aktifitas fisik sangat ringan	2-3g karbohidrat per kgBB
Aktifitas fisik ringan (3-5 JAM/minggu)	4-5g karbohidrat per kgBB
Aktifitas fisik sedang (10 jam/minggu)	6-7g karbohidrat per kgBB
Profesional/atlet elit (> 20 jam/minggu)	7-8g karbohidrat per kgBB

Karbohidrat loading untuk atlet *endurance* dan *ultra* 7-12g karbohidrat per kgBB *endurance*

Protein

Protein adalah kelompok nitrogen yang berisi ikatan-ikatan yang tersusun atas asam amino. Protein dibutuhkan dalam pertumbuhan, perbaikan serta pemeliharaan jaringan tubuh, juga proteksi dari berbagai penyakit. Protein juga berfungsi sebagai penghasil energi terutama saat sumber energi dari karbohidrat dan lemak menurun.

Dua puluh asam amino telah teridentifikasi penting untuk pertumbuhan dan metabolisme manusia, dimana 8 diantaranya tidak dapat disintesis di dalam tubuh dan harus dikonsumsi dari makanan. Kedelapan asam amino ini kemudian disebut sebagai asam amino esensial.

Rekomendasi kebutuhan protein harian

Aktifitas Fisik	Rekomendasi
Ringan/ <i>sedentary</i>	0,8g per kgBB
Latihan fisik umum	1,0g per kgBB
Olahraga <i>endurance</i> yang sedang menjalani program latihan berat	1,2-1,6g per kgBB
Olahraga <i>endurance</i> yang sedang menjalani program latihan sangat berat atau sedang berkompetisi	2,0g per kgBB
Olahraga kekuatan yang sedang menjalani program latihan beban	1,2-1,7g per kgBB
Athlet remaja	2,0g per kgBB

Sampai saat ini, banyak atlet dan pelatih percaya bahwa menambah diet dengan suplemen asam amino seperti arginin dan ornitin dapat menstimulasi lepasnya hormon pertumbuhan. Efektivitas dari suplemen ini masih diperdebatkan dan suplemen ini dinyatakan tidak diperlukan. Hal yang serupa terjadi dimana banyak atlet mengkonsumsi suplemen protein untuk mencapai kebutuhan protein yang direkomendasikan (1.2-1.8 g/kg BB). Hal tersebut bukan suatu masalah, tetapi yang harus diingat adalah sangat penting untuk memperoleh asupan protein reguler (dari bahan makanan) terlebih dahulu sebelum mengkonsumsi suplemen protein. Atlet yang diet tinggi protein dalam jangka waktu yang lama juga dianjurkan untuk melakukan pemeriksaan fungsi ginjal secara berkala.

Lemak

Lemak terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, namun tingkat kejenuhan lemak tersebut akan mempengaruhi kandungan hidrogennya. Lemak memiliki nilai kalori yang tinggi di setiap satuan beratnya (2,5 kali kalori karbohidrat). Lemak adalah sumber energi utama yang menghasilkan hingga 70% dari total energi pada keadaan istirahat dan 50% pada latihan intensitas rendah dan sedang. Pada olahraga dengan durasi yang lama panjang, peran dari lemak tubuh menjadi sangat penting dan bisa menghasilkan lebih dari 80% dari kebutuhan energi.

Lemak juga memberikan peran secara tidak langsung terhadap kinerja berolahraga. Lemak adalah komponen penting dari membran sel dan serabut otot, seluruh hormon steroid didalam tubuh dibentuk dari kolesterol, vitamin terlarut lemak membutuhkan media penyimpanan dan pembawa masuk kedalam tubuh, lemak pada lapisan subkutan (dibawah kulit) membantu menjaga panas tubuh.

Lemak disimpan terutama dalam jaringan adiposa dan sel otot. Penggunaan energi diantara karbohidrat dan lemak sangat bergantung dari intensitas olahraga yang dilakukan. Pada olahraga berintensitas ringan (40% VO₂ max), sumber energi utama adalah lemak, terutama asam lemak bebas (*free fatty acid*)

MIKRONUTRIEN

Vitamin dan mineral memiliki peran penting dalam metabolisme energi. Kekurangan komponen mikronutrien dapat menurunkan kapasitas fisik. Atlet sebaiknya harus memastikan bahwa mereka mendapatkan asupan vitamin dan mineral yang cukup, yang utamanya diperoleh dari diet seimbang yang baik. Jika atlet hendak menggunakan suplemen mikronutrien disarankan untuk tidak melebihi dua kali Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang dianjurkan karena dosis tersebut diketahui masih aman dan cukup untuk mendukung performa optimal dalam berolahraga.

Tabel 2. Rangkuman efek-efek penting dari vitamin dan mineral pada fungsi tubuh yang berhubungan dengan performa berolahraga

	Kofaktor dan aktivator metabolisme energi	Fungsi saraf, kontraksi otot	Sintesis hemoglobin	Fungsi imunitas	Fungsi antioksidan	Metabolisme tulang
Vitamin larut air						
Tiamin	*	*				
Riboflavin	*	*				
Vitamin B6	*	*	*	*		
Asam Folat		*	*			
Vitamin B12		*	*			
Niasin	*	*				
Asam Pantotenat	*					
Biotin	*					
Vitamin C				*	*	
Vitamin larut lemak						
Vitamin A				*	*	
Vitamin D						*
Vitamin E				*	*	
Makromineral						
Natrium		*				
Kalium		*				
Kalsium		*				*
Magnesium	*	*		*		*
Trace element						
Besi	*		*		*	
Zink	*			*	*	
Tembaga	*				*	
Kromium	*					
Selenium					*	

(sumber Burke et al., 2002)

Tabel 3. Fungsi dan Sumber Vitamin dan Mineral pada Makanan

Nutrien	Fungsi yang mendukung dalam olahraga	Sumber makanan
Vitamin larut air		
Tiamin (B1)	Koenzim dalam metabolisme selular	Gandum, Kacang-kacangan
Riboflavin (B12)	Komponen dari FAD+ dan FMN dalam rantai transport elektron	Sebagian besar makanan
Niasin	Komponen dari NAD+ dan NADP+	Daging, gandum, kacang-kacangan
Piridoksin (B6)	Koenzim dalam metabolisme	Daging, sayuran, gandum
Asam Pantotenat	Komponen dari koenzim A (misal asetil-KoA)	Sebagian besar makanan
Folasin	Koenzim dalam metabolisme selular	Kacang-kacangan, sayuran hijau, tepung-tepungan
(B12)	Koenzim dalam metabolisme di inti	Daging bagian otot, telur, produk susu
Biotin	Koenzim dalam metabolisme selular	Daging, sayuran, kacang-kacangan
Asam Askorbat (C)	Memelihara jaringan ikat, proteksi imunitas	Buah jeruk, tomat, paprika hijau
Vitamin larut lemak		
β -karoten (provitamin A)		Sayuran hijau
Retinol (A)	Penglihatan, komponen rodopsin (pigmen penglihatan), memelihara jaringan	Susu, mentega, keju
Kolekalsiferol (D)	Pertumbuhan tulang dan pemeliharaannya, absorpsi kalsium	Telur, produk susu
Tokoferol (E)	Antioksidan, proteksi keutuhan sel	Biji-bijian, margarin, sayuran berdaun hijau
Filokuinon (K)	Berperan dalam penendalian darah	Sayuran berdaun hijau, sereal, buah, daging
Mineral		
Kalsium (Ca ²⁺)	Pembentukan tulang dan gigi, kontraksi otot, potensial aksi	Susu, keju, sayuran berwarna hijau tua
Fosfor (PO ₃ ⁻)	Pembentukan tulang dan gigi, energi kimia asam-basa	Susu, keju, yogurt, daging, daging unggas, ikan, padi-padian
Kalium (K ⁺)	Potensial aksi, asam-basa, keseimbangan cairan tubuh	Sayuran berdaun, kentang, susu, daging
Sulfur (S)	Asam-basa, fungsi hati	Protein, makanan kering
Natrium (Na ⁺)	Potensial aksi, asam-basa, osmolalitas, keseimbangan cairan tubuh	Buah, sayuran, garam meja
Klor (Cl ⁻)	Potensial membran, keseimbangan cairan	Buah, sayuran, garam meja
Magnesium (Mg ²⁺)	Kofaktor untuk fungsi enzim	Padi-padian, sayuran berdaun hijau
Besi (Fe)	Komponen hemoglobin, mioglobin, dan sitokrom	Telur, daging, kacang-kacangan, padi-padian, sayuran berdaun hijau
Fluor (F)	Struktur tulang	Air, seafood

Zink (Zn)	Komponen dari enzim pencernaan	Hampir seluruh makanan
Tembaga (Cu)	Komponen dari enzim untuk metabolisme besi	Daging, air
Selenium (Se)	Berfungsi bersama vitamin E	Seafood, daging, padi-padian
Iodin (I)	Komponen dari hormon tiroid	Ikan laut dan kerang, produk susu, sayuran, garam beriodin
Kromium (Cr)	Dibutuhkan untuk glikolisis	Kacang-kacangan, sereal, padi-padian
Molibdenum (Mo)	Kofaktor untuk beberapa enzim	Lemak, minyak sayur, daging, padi-padian

(Sumber Bachl N dan Wein D., 2010)

CAIRAN TUBUH

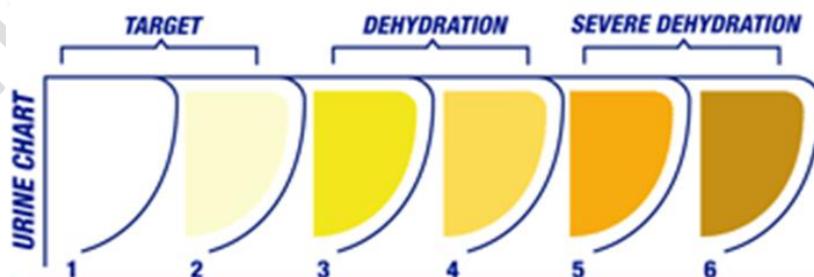
Penurunan cairan dan mineral tubuh tidak hanya dapat menurunkan performa tetapi juga memberikan risiko terhadap keselamatan jiwa seorang atlet. Pengeluaran keringat, suhu udara, kelembaban dan ketinggian tempat sangat berpengaruh terhadap kehilangan cairan tubuh. Penggantian cairan sebelum, selama dan sesudah latihan harus diperhatikan

Rasa haus bukan indikator yang baik dalam mendeteksi kekurangan cairan tubuh. Penting untuk memperhatikan penggantian elektrolit tubuh terutama pada olahraga dengan durasi yang lama (diatas satu jam). Elektrolit yang hilang tidak dapat digantikan dengan air biasa, bahkan banyak kasus hiponatremia yang menimbulkan disorientasi dan kejang terjadi karena tingginya konsumsi air yang tidak diimbangi dengan penggantian natrium yang hilang.

Efek kehilangan cairan tubuh terhadap kinerja berolahraga

2%	Mengganggu kinerja berolahraga
4%	Menurunkan kapasitas kerja otot
6%	<i>Heat exhaustion</i>
8%	Penurunan kesadaran dan halusinasi
10%	Gangguan sistem sirkulasi (kolaps) dan <i>heat stroke</i>

MONITORING HIDRASI



Lakukan monitoring hidrasi menggunakan urine chart diatas. Pada keadaan dimana tingkat hidrasi cukup baik maka urin akan berwarna jernih (warna nomor 1 dan 2)

Sports drink atau disebut juga minuman elektrolit/minuman olahraga biasanya mengandung karbohidrat dengan jumlah yang bervariasi antara 5-8 % dan kandungan elektrolit yang cukup untuk mengganti kehilangan ion-ion tubuh. Hal tersebut sangat berguna untuk menjaga konsentrasi gula darah dan meningkatkan suplai energi terutama pada olahraga dengan intensitas berat atau durasi yang lama.

	Olahraga <60 menit Atau Olahraga intensitas ringan- sedang	Olahraga 60-80 menit Atau Olahraga intensitas sedang- berat	Olahraga >180 menit Atau olahraga intensitas berat
Jenis	Air mineral biasa	Sports drink	Sports drink
Volume			
Sebelum berolahraga	300-500 mL	300-500 mL	300-500 mL
Selama olahraga	500-1000 mL	500-1000 mL	500-1000 mL
Masa Recovery	500-1000 mL/jam	500-1000 mL/jam	500-1000 mL/jam

III. Sistem Energi dalam Olahraga

Di dalam otot terdapat sistem metabolik yang berfungsi menghasilkan energi dalam berolahraga. Pemahaman terhadap sistem metabolik tersebut sangat penting untuk melihat karakteristik cabang olahraga yang dilakukan terkait dengan program periodisasi latihan dan pengaturan gizi. Sistem tersebut adalah :

1. Sistem Fosfagen (ATP- Fosfokreatinin)

Sistem ini terdiri dari ATP dan fosfokreatinin yang tersimpan didalam otot. Gabungan kedua senyawa ini dapat dikonversi menjadi energi untuk kontraksi otot dalam waktu singkat. Keduanya bersama-sama dapat menyediakan daya kontraksi otot maksimal selama 8-10 detik.

2. Sistem Glikolisis Anaerob (Glikogen-Asam Laktat)

Sistem ini menggunakan glikogen otot yang dipecah menjadi glukosa dan kemudian digunakan sebagai energi. Tahap awal dari proses ini disebut glikolisis, tanpa menggunakan oksigen sehingga sering disebut metabolisme anaerob. Karakteristik sistem ini adalah mampu membentuk molekul ATP sebagai energi kira-kira 2,5 kali lebih cepat dibanding mekanisme aerob meskipun tidak secepat sistem fosfagen. Dalam kondisi normal, sistem glikolisis anaerob dapat menyediakan aktivitas otot yang maksimal selama 1,3 menit – 1,6 menit sebagai tambahan waktu 8-10 detik yang disediakan

oleh sistem fosfagen. Asam laktat yang dihasilkan dari sistem ini dapat menyebabkan kelelahan otot yang besar sehingga menurunkan kemampuan kontraksi.

3. Sistem Aerobik

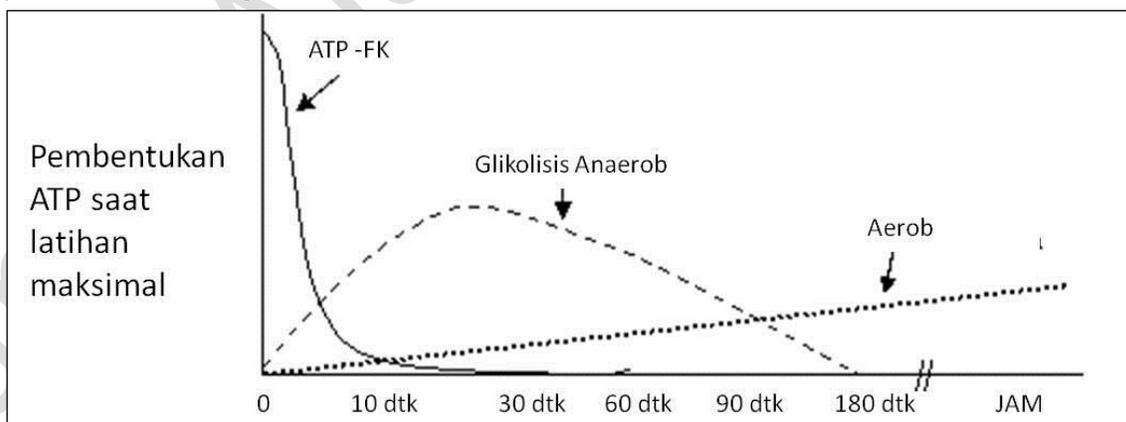
Sistem aerobik adalah suatu sistem yang melibatkan oksidasi dari bahan makanan (glukosa, asam lemak, asam amino) di dalam mitokondria untuk menghasilkan energi. Sistem ini menghasilkan energi yang lebih lambat dibandingkan fosfagen dan glikolisis anaerob namun lebih tahan lama selama zat nutrisi masih tersedia.

Tabel 5. Perbandingan ketiga sistem energi dalam kecepatan pembentukan dan durasi penggunaan energi

Sistem Energi	Pembentukan ATP (M/menit)	Durasi penggunaan
Sistem Fosfagen	4	8-10 detik
Sistem Glikolisis Anaerob	2,5	1,3 – 1,6 menit
Sistem Aerob	1	Tidak terbatas (selama zat nutrisi masih tersedia)

(Sumber Guyton dan Hall.,2002)

Tabel 6. Peran berbagai sistem energi (fosfagen, glikolisis anaerob, aerob) dalam menghasilkan ATP pada saat berolahraga.



Dari kedua tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sistem fosfagen adalah sistem yang digunakan oleh otot untuk memberikan daya ledak maksimal selama beberapa detik dan sistem aerobik diperlukan

untuk olahraga dengan durasi yang lama dengan intensitas sub-maksimal. Diantara dua sistem tersebut terdapat glikolisis anaerob yang memberikan tenaga tambahan selama olahraga menengah seperti lari 300 meter ataupun 800 meter.

Dengan melihat intensitas dan durasinya, kita dapat menyimpulkan secara tepat, sistem energi mana yang dipergunakan untuk setiap cabang olahraga. Berikut adalah tabel jenis olahraga dan sistem energi yang digunakan

Tabel 7. Sistem energi yang digunakan dalam berbagai jenis olahraga

Sistem Fosfagen (Hampir seluruhnya)
Lari cepat 100 meter Lompat jauh Lompat tinggi Angkat Besi Lari cepat dalam sepakbola
Sistem Fosfagen dan Sistem Glikogen-Asam Laktat
Lari cepat 200 meter Bola basket Bulu tangkis
Sistem Glikogen- Asam Laktat (hampir seluruhnya)
Lari cepat 400 meter Berenang 100 meter Tenis Sepakbola
Sistem glikogen- asam laktat dan sistem Aerobik
Lari cepat 800 meter Berenang 200 meter Tinju Mendayung 2000 meter Lari 1500 meter Lari 1,6 km Berenang 400 meter
Sistem Aerobik
<i>Cross Country Skiing</i> Maraton Balap Sepeda

(Sumber Guyton dan Hall., 2002)

IV. Menghitung Kebutuhan Energi

Kebutuhan energi ini sangat berbeda-beda, faktor-faktor yang berpengaruh diantaranya adalah umur, jenis kelamin, berat badan dan jenis aktifitas yang dilakukan.

Kebutuhan energi dihitung dari **Kebutuhan Metabolik Basal** dan **Aktifitas Fisik**. Komponen lain seperti termis makanan atau *Specific Dynamic Action of Food* (SDA) dapat diabaikan karena jumlahnya relatif kecil.

1. Kebutuhan Energi Basal

1. Rumus Harris Benedict

- Laki-laki: $66,47 + (13,75 \times \text{BB dalam kg}) + (5 \times \text{TB dalam cm}) - (6,76 \text{ dalam tahun})$
- Perempuan : $66,51 + (9,56 \times \text{BB dalam kg}) + (1,85 \times \text{TB dalam cm}) - (4,68 \text{ dalam tahun})$

2. Cara praktis

- Laki-laki : $1 \text{ kkal} \times \text{kgBB} \times 24 \text{ jam}$
- Perempuan : $0,95 \text{ kkal} \times \text{kgBB} \times 24 \text{ jam}$

3. Cara FAO/WHO/UNU

Tabel 8. Penghitungan Angka Metabolisme Basal berdasar FAO/WHO/UNU

Penghitungan Angka Metabolisme Basal (dalam kkal/hari)			
Laki-laki		Perempuan	
Umur 0-3	= (60,9 x berat (kg)) -54	Umur 0-3	= (61 x berat (kg)) -51
Umur 3-10	= (22,7 x berat (kg)) +495	Umur 3-10	= (22,5 x berat (kg)) +499
Umur 10-18	= (17,5 x berat (kg)) +651	Umur 10-18	= (12,2 x berat (kg)) +746
Umur 18-30	= (15,3 x berat (kg)) +679	Umur 18-30	= (14,7 x berat (kg)) +496
Umur 30-60	= (11,6 x berat (kg)) +879	Umur 30-60	= (8.7 x berat (kg)) +829
Umur >60	= (13,5 x berat (kg)) +487	Umur >60	= (10.5 x berat (kg)) +596

(Sumber WHO/FAO/UNU)

Ketiga cara diatas tidak berbeda jauh dan dapat diterapkan untuk menghitung KEB

2. Aktifitas Fisik

Tabel 9. Koefisien faktor aktifitas fisik

Aktifitas	Laki-laki	Perempuan
Sangat ringan	1,3	1,3
Ringan	1,65	1,55
Sedang	1,76	1,7
Berat	2,10	2,00

(Sumber: Mahan LK & Arlin, 2000. Muhilal, Fasli Jalal& Hardinsyah, 1998)

Kebutuhan energi harian = Kebutuhan Energi Basal (KEB) x Faktor Aktifitas Fisik

Daftar Pustaka

Almatsier S. Penuntun diet edisi baru. 2005. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Almatsier S. Prinsip dasar ilmu gizi edisi ke 3. 2009. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

Anonim. Exercise metabolism: Fuel substrate selection, thermoregulation & exercise. Diunduh dari <http://www.ohio.edu/people/schwiria/bios446/L11Exercise%20Metabolism&Thermal%20Stress.htm> pada tanggal 27 oktober 2012.

Anonim. History of badminton. BWF 2012. Diunduh dari <http://www.bwfbadminton.org/page.aspx?id=14887> pada tanggal 27 Oktober 2012.

Anonim. Weightlifting history. 2012. Diunduh dari http://www.iwf.net/weightlifting/_/history/ pada tanggal 26 oktober 2012.

Bachl N, Wein D. Sports nutrition dalam Chan KM (Editor), Micheli L (Editor), Smith A (Editor), Rolf C (Editor), Bachl N (Editor). FIMS Team Physician Manual 2nd ed. 2010. New York : S Karger Pub.

Burke L, Deakin V. Clinical sports nutrition 2nd ed. 2000. Sydney : Mc.Graw-Hill.

Chidlovski AR. History of olympic weight lifting. 2009. Diunduh dari <http://liftup.chidlovski.net/liftup/default.asp> pada tanggal 26 Oktober 2012.

Guyton AC, Hall JE. Buku ajar fisiologi kedokteran edisi 9. 1997. Jakarta : EGC.

Hoyt C *et al*. Makanan sehat untuk atlet. 2011. Bandung : Penerbit Nuansa.

Stellingwerff T. Sport Nutrition Assessment : Questio, analysis and tools to consider.2005. diunduh dari <http://www.runhilarityrun.ca/Trent/MajorPresentations/Stellingwerff SportNutrAssessment FINAL.pdf> pada tanggal 30 oktober 2012.