

## **BAHAN AJAR BIOKIMIA**

### **LEMAK**

Kondisi fisik yang baik salah satunya didukung oleh penyediaan energi, karena dengan penyediaan energi yang memadai akan menyebabkan kontraksi otot lebih baik. Penyediaan energi dalam aktivitas fisik baik secara aerobik maupun anaerobik berasal dari pemecahan sumber bahan makanan yang berupa karbohidrat, protein, dan lemak. Latihan fisik yang dilakukan dalam jangka waktu yang lama pemecahan energi yang digunakan berasal dari pemecahan lemak.

Lemak adalah sekumpulan senyawa di dalam tubuh yang memiliki ciri-ciri serupa dengan gemuk dan minyak. Lemak bersifat hidrofobik, golongan senyawa ini dapat dipakai tubuh sebagai sarana yang bermanfaat untuk berbagai keperluan, misalnya trigliserida berfungsi sebagai bahan bakar. Lemak merupakan unsur makanan yang penting, tidak hanya karena nilai energinya yang tinggi, tetapi juga karena vitamin yang larut dalam lemak dan asam lemak esensial yang didukung dalam lemak makanan alam.

Lemak merupakan sumber energi penting bagi berbagai jaringan tubuh, beberapa jaringan bahkan lebih cenderung memakai lemak daripada glukosa untuk memenuhi kebutuhan energinya. Pada keadaan puasa dan kelaparan dengan pasokan glukosa yang makin lama makin menurun, peran lemak yang berasal dari penguraian gliserol di jaringan adipose sebagai sumber energi menjadi menonjol, sehingga secara kuantitatif senyawa ini berangsur-angsur menjadi bahan penghasil energi utama. Setiap satu gram lemak mampu menghasilkan sembilan kalori, sedangkan karbohidrat dan protein yang setiap gramnya hanya menghasilkan empat kalori.

Latihan fisik berpengaruh terhadap fungsi jantung, akibat dari latihan, akan dapat meningkatkan kerja jantung sehingga sirkulasi darah akan lebih lancar. Darah merupakan alat transportasi tubuh, darah mengangkut oksigen dan karbondioksida hasil pembakaran atau metabolisme, bahan-bahan makanan (sumber energi) dan sisa-sisa metabolisme. Salah satu hal yang penting dari latihan adalah dapat meningkatkan efisiensi respon jantung terhadap kegiatan dan juga dapat diharapkan bahwa individu terlatih dapat bekerja lebih produktif dan efisien daripada individu yang tidak terlatih.

Latihan, juga dapat meningkatkan metabolisme lemak sehingga dapat digunakan sebagai salah satu metode program penurunan berat badan dan dengan latihan fisik dapat membantu mengatasi jumlah lemak tubuh dan memelihara stabilitas komposisi tubuh dan berat badan.

Berdasarkan uraian di atas, latihan fisik (olahraga) memiliki peran penting terhadap metabolisme lemak, untuk mengetahui bagaimana peran latihan fisik terhadap metabolisme maka dalam tulisan ini akan diuraikan tentang apa dan bagaimana lemak dan metabolisme lemak serta peran latihan fisik terhadap metabolisme lemak.

## **DEFINISI LEMAK**

Dalam kehidupan sehari-hari lemak dikenal dalam bentuk padat dan minyak berbentuk cair pada suhu ruang, contoh lemak adalah lemak kambing yang digunakan dalam pembuatan sate, atau minyak goreng. Tempat yang bersuhu di bawah 20<sup>0</sup>C, minyak berbentuk setengah padat pada suhu ruang. Lemak merupakan sumber penyimpanan tenaga (kalori), terutama yang terbakar selama aktivitas yang ringan. Lemak hewan cenderung jenuh dan dapat menyebabkan berbagai penyakit (kanker, dan jantung), sedangkan lemak pada sayur (minyak jagung, kacang tanah) pada umumnya bukan lemak jenuh dan memberikan resiko yang lebih kecil (Nancy Clark, 2001:3). Definisi lain dari lemak menurut Djoko Pekik Irianto (2007: 9) lemak adalah garam yang terbentuk dari penyatuan asam lemak dengan alkohol organik yang disebut gliserol atau gliserin.

## **KLASIFIKASI LEMAK**

Menurut struktur kimianya lemak terdiri atas gliserol dan asam lemak, asam lemak merupakan bagian terbesar dari lipida. Lipida alami umumnya mengandung tiga asam lemak yang berbeda. Lemak dalam tubuh manusia, terutama dijumpai dalam bentuk lemak netral (trigliserida), fosfolipid, dan kolesterol (Guyton, 1995: 21). Trigliserida dapat berupa 95%-98% dari seluruh bentuk lemak terkonsumsi pada semua bentuk makanan dan prosentasenya sama dengan dalam tubuh manusia. Fosfolipid dan kolesterol dikonsumsi dalam jumlah sedikit dan merupakan komponen utama dinding sel (membran sel). Komposisi diet dengan gizi yang berlebihan dapat mempengaruhi kelaparan, kenyamanan, jumlah bahan makanan, berat badan dan komposisi tubuh. Lemak merupakan gizi dalam jumlah yang besar berhubungan langsung dengan kelebihan berat badan atau kegemukan. Diet rendah lemak dianjurkan untuk mengatasi hiperlipidemia dan kelebihan berat badan serta untuk mengurangi resiko penyakit jantung koroner.

Secara kimiawi lemak dasar dari trigliserida dan fosfolipid adalah asam lemak yang merupakan asam organik hidrokarbon sederhana yang berantai panjang. Asam lemak disimpan di dalam sel sebagai lemak (trigliserida) yang kemudian dibebaskan dan diangkut melalui peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan berbagai jaringan tubuh terutama otot. Lemak mempunyai kegunaan asam di dalam tubuh yaitu asam lemak bebas (*free fatty acid*). Lemak diambil melalui diet yang dicerna disebut gliserol, setelah asam lemak larut dalam sel intestinal, diubah ke trigliserida. Trigliserida mengandung senyawa molekul yang disebut gliserol dan tiga senyawa molekul dari asam lemak.

Lemak dalam tubuh manusia dapat berasal dari makanan yang dicerna kaya lemak yang diabsorpsi oleh usus, modifikasi susunan kimia, dan biosintesa karbohidrat dan protein. Dalam darah, lemak bergabung dengan protein sebagai lipoprotein yang bersifat larut dalam air, sekaligus sebagai alat pengangkut lemak lain yang tidak larut dalam air.

## **ABSORBSI LEMAK**

Penyerapan lemak cukup berbeda daripada penyerapan karbohidrat dan protein, karena lemak tidak larut dalam air. Lemak harus dipindahkan dari kimus yang cair melalui cairan tubuh yang mengandung banyak air walaupun lemak tidak larut dalam air. Lemak mengalami serangkaian proses transformasi untuk mengatasi masalah selama pencernaan dan penyerapan (Brahm U. Pendit, 2001: 578). Hasil akhir pencernaan lemak berupa asam lemak dan monogliserida yang sudah dalam bentuk *misel* akan ditransport ke permukaan *membrane brush border microvilli*. Pada waktu berhubungan dengan permukaan *membrane* monogliserida dan asam lemak berdifusi dengan mudah dapat masuk ke sel epitel karena keduanya sangat larut dalam *membrane*, sedangkan *misel* asam empedu akan tertinggal dan kembali lagi untuk mengabsorpsi monogliserida dan asam lemak.

Lemak trigliserida dan digliserida yang tidak dicerna juga sangat larut dalam *membrane*, tetapi *misel* asam empedu akan tetap melarutkannya sehingga dapat mentransport ke permukaan *membrane* dan berdifusi masuk sel. Di dalam sel asam lemak dan monogliserida mengalami *esterifikasi* menjadi trigliserida baru di retikulum endoplasma halus. Sebagian kecil monogliserida akan diubah menjadi asam lemak dan gliserol oleh lipase usus, asam lemaknya akan disintesa kembali oleh retikulum endoplasma halus menjadi trigliserida. Sedangkan gliserol digunakan dalam sintesa dinova dari -gliserofosfat. Selanjutnya trigliserida bergabung dengan kolesterol dan fosfolipid yang diabsorpsi dan disintesa membentuk globul bersama dengan -lipoprotein yang menutup permukaan globul, bentuk ini disebut kilomikron. Kilomikron berdifusi ke sisi sel epitel dan dikeluarkan dengan cara eksositosis seluler ke dalam ruang interstitial dan masuk *lactel sentral villi*. Kemudian ditransport oleh pembuluh limfatik ke ductus dan masuk ke sistem kardiovaskuler pada vena subclavia kiri, dan akhirnya sampai ke hati.

## **METABOLISME LEMAK (BETA OKSIDASI)**

Beta oksidasi merupakan proses kimiawi yang mengubah lemak (asam lemak) menjadi ATP (Adenosin Triphospat), banyak ATP yang dihasilkan bergantung pada banyaknya atom C (Carbon) dari jenis lemak tertentu. Misalnya asam lemak mengandung 6 atom C akan menghasilkan 45 ATP, asam palmitat memiliki 16 atom C akan menghasilkan 130 ATP, sedangkan asam stearat yang mengandung 20 atom C akan menghasilkan 164 ATP (Djoko Pekik Irianto, 2007: 39). Lemak merupakan bentuk persediaan energi yang terbanyak dibandingkan dengan persediaan karbohidrat sebagai sumber energi, besarnya persediaan lemak kira-kira 40 kali lebih banyak. Lemak akan dapat menghasilkan energi bila O<sub>2</sub> cukup. Lemak dapat menghasilkan energi hanya pada olahraga yang bersifat aerobik, seperti lari marathon (Soekarman, 1987: 42).

Asam lemak merupakan sumber energi penting bagi berbagai jaringan tubuh, beberapa jaringan bahkan lebih cenderung memakai asam lemak daripada glukose untuk memenuhi kebutuhan

energinya. Pada keadaan puasa dan kelaparan dengan pasokan glukosa yang makin lama makin menurun, pemanasan lemak sebagai sumber energi menjadi semakin menonjol sehingga secara kuantitatif senyawa ini berangsur-angsur bergeser menjadi bahan penghasil energi utama. Namun demikian, asam lemak memiliki keterbatasan dalam perannya sebagai bahan penghasil energi. Misalnya sawar otak dan saraf tidak dapat ditembus lemak sehingga tidak mungkin memperoleh bahan sumber energi ini dari darah. Eritrosit (sel darah merah), walaupun dapat mengambil asam lemak dari darah, namun tidak memiliki mitokondria, tempat berlangsungnya metabolisme untuk mendapatkan energi dari asam lemak. Akibatnya, jaringan-jaringan tersebut sangat bergantung pada glukosa sebagai sumber energi.

Asam lemak merupakan bahan bakar utama yang dapat diperoleh secara langsung dari diet maupun dibentuk dari zat lain yang terdapat dalam makanan. Asam lemak disimpan di dalam sel sebagai lemak (tirgliserida) yang kemudian dibebaskan dan diangkut melalui peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan energi berbagai jaringan tubuh, terutama otot. Oksidasi asam lemak tidak hanya penting bagi individu yang memiliki kelebihan berat badan maupun yang mengkonsumsi lemak secara berlebihan. Tetapi juga merupakan bagian yang tak terpisahkan dari metabolisme secara keseluruhan pada setiap individu.

Pembakaran asam lemak menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  terjadi di dalam mitokondria. Pemindahan elektron dari asam lemak ke oksigen pada mitokondria menghasilkan ATP. Pembakaran tersebut terjadi melalui dua tahap, tahap pertama asam lemak dioksidasi secara berturut-turut sehingga seluruh atom karbonnya berubah menjadi asetil KoA. Asetil KoA kemudian dioksidasi pada daur asam piruvat. Pada tahap kedua terbentuknya ATP dengan cara fosforilasi oksidatif. Penyesuaian oksidasi asam lemak terhadap bahan yang dimakan terjadi karena kesalahan kumulatif dalam keseimbangan lemak yang akan merubah jaringan adipose, konsentrasi asam lemak bebas, sensitivitas insulin, dan oksidasi asam lemak. Jumlah lemak yang dimakan akan konsentrasi glikogen merupakan hal yang penting dalam menentukan lemak dalam tubuh seseorang yang dioksidasi sebanyak lemak yang dimakan.

## **LATIHAN**

Definisi latihan olahraga yang dimodifikasi oleh Dietrich Herre (1971) yang diikuti M. Furqon (1995: 3), menyatakan bahwa latihan adalah suatu proses penyempurnaan olahraga yang diatur dengan prinsip-prinsip yang bersifat ilmiah, khususnya prinsip-prinsip paedagogis. Proses ini direncanakan dan sistematis, yang meningkatkan kesiapan untuk melakukan dan kapasitas penampilan atlet. Menurut Dietrich Martin, latihan olahraga adalah suatu proses yang direncanakan untuk mengembangkan penampilan olahraga yang kompleks dengan memakai isi latihan, tindakan-tindakan organisasi yang sesuai dengan maksud dan tujuan latihan, adalah suatu proses berlatih secara sistematis yang dilakuka secara berulang-ulang dengan beban latihan yang kian bertambah (Harsono, 1996: 17). Hal senada juga dikemukakan oleh Moston (1992: 9) bahwa latihan merupakan pelaksanaan gerak secara berurutan dan berulang-ulang. Pada

prinsipnya dapat disimpulkan bahwa latihan adalah pemberian tekanan fisik secara teratur, sistematis, berkesinambungan sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan kemampuan fisik dalam melakukan suatu aktivitas (Fox et all, 1993: 69).

Latihan fisik sebaiknya dilakukan sesuai dengan kemampuan tubuh dalam menanggapi stress fisik yang diberikan, bila tubuh diberikan beban latihan yang terlalu ringan, maka tidak akan terjadi proses adaptasi (Sugiharto, 2003: 4). Sebaliknya, jika tubuh diberi beban yang berlebihan dan tubuh tidak mampu memberikan toleransi terhadapnya, maka akan menyebabkan proses terjadinya homeostasis pada system tubuh yang dapat mengakibatkan kerusakan jaringan. Setiap latihan fisik akan menimbulkan respon atau tanggapan dari organ-organ tubuh terhadap beban latihan yang diberikan, hal ini merupakan usaha penyesuaian tubuh dalam rangka menjaga keseimbangan lingkungan yang stabil atau disebut homeostasis (Sugiharto, 2003: 7).

Latihan merupakan salah satu *stressor* fisik yang dapat mengganggu keseimbangan homeostasis. Oleh sebab itu, pemanfaatan latihan yang dikemas dalam bentuk latihan fisik memerlukan pengukuran dosis yang tepat, sehingga memberikan peluang untuk membentuk mekanisme penyakit (*coping*) yang mampu mengubah stressor menjadi stimulator. Tetapi bila dosis latihan yang diberikan tidak tepat, maka stressor tersebut akan mengganggu homeostasis tubuh dan mengakibatkan terjadinya masalah atau kelainan biologis/ patologis (Sugiharto, 2003: 1).

## **LATIHAN ANAEROBIK**

Prinsip latihan untuk ketahanan dan kekuatan anaerobik adalah pemberian beban maksimum yang dikerjakan untuk waktu yang pendek dan diulang beberapa kali. Maksud latihan ini adalah untuk meningkatkan persediaan ATP-PC dalam otot, peningkatan kadar glikogen maupun meningkatkan nilai ambang anaerobic dengan cara pembentukan asam laktat yang lebih sedikit pada beban yang sama maupun ketahanan terhadap keasaman yang disebabkan asam laktat (Soekarman, 1987: 58).

## **LATIHAN AEROBIK**

Untuk ketahanan aerobik selain diperlukan kemampuan jantung dan paru untuk mengangkut oksigen yang banyak, maka kemampuan sel untuk menggunakan oksigen juga lebih tinggi. Apabila kita berlari 20 Km, maka energi yang dibutuhkan tidak dapat dipenuhi hanya dengan pembakaran karbohidrat, tetapi juga dengan simpanan lemak. Jadi persediaan lemak di otot hanya dapat ditingkatkan dengan latihan aerobik, yaitu dengan beban ringan untuk jangka waktu yang lama (Soekarman, 1987: 58).

## **SISTEM ENERGI**

Energi diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Satuan besaran energinya adalah kilokalori. Energi yang diperlukan untuk kerja otot diperoleh dari makanan yang dikonsumsi setiap hari, yang terdiri atas gizi makro berupa karbohidrat, protein dan lemak. Terdapat dua jenis sistem energi yaitu sistem energi anaerobik (tidak memerlukan oksigen), yang lebih lanjut dibedakan menjadi dua, yaitu anaerobik alaktik (tidak menghasilkan laktat) dan anaerobik laktik (menghasilkan sampah metabolisme berupa laktat). Sistem energi yang kedua adalah sistem aerobik (memerlukan oksigen).

### **Sistem Energi Anaerobik**

#### 1. Sistem Energi Anaerobik Alaktik (*phospagen system*)

Sistem ini menyediakan energi siap pakai yang diperlukan untuk permulaan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi. Sumber energi diperoleh dari pemecahan simpanan ATP dan PC yang tersedia di dalam otot. Pada aktivitas maksimum, sistem ini hanya dapat dipertahankan selama 6-8 detik karena simpanan ATP dan PC sangat sedikit. Cabang olahraga yang dominan menggunakan sistem energi ini antara lain lari cepat 100 meter, renang 25 meter, dan cabang olahraga angkat besi.

#### 1. Sistem Energi Anaerobik Laktik (*Lactic Acid System*)

Apabila aktivitas fisik terus berlanjut, sedangkan penyediaan energi dari sistem anaerobik alaktik sudah tidak mencukupi lagi, maka energi akan disediakan dengan cara pemecahan glikogen otot dan glukosa darah melalui sistem glikolisis anaerobik (tanpa bantuan oksigen). Glikolisis anaerobik menghasilkan energi 2-3 ATP, juga menghasilkan asam laktat. Asam laktat yang terbentuk dan menumpuk menyebabkan sel menjadi asam yang akan mempengaruhi efisiensi kerja otot, nyeri otot dan kelelahan. Asam laktat dapat diolah menjadi energi kembali dalam bentuk glukosa melalui siklus Cori. Cabang olahraga yang energi predominan berasal dari sistem ini diantaranya adalah, sepakbola, bola voli, dan bolabasket.

### **Sistem Energi Aerobik**

Untuk aktivitas dengan intensitas rendah yang dilakukan dalam waktu lama (lebih dari 2 menit), energi disediakan melalui sistem aerobik, yaitu pemecahan nutrisi bahan bakar (karbohidrat, lemak, dan protein) dengan bantuan oksigen. ATP yang dihasilkan oleh sistem ini 20 kali lebih banyak daripada yang ATP yang dihasilkan oleh sistem anaerobik, yaitu sejumlah 38-39 ATP.

Kemampuan tubuh menggunakan oksigen secara maksimal ( $VO_2$  maks) merupakan cara efisien guna menyediakan energi, yang menjadi tuntutan bagi setiap olahragawan untuk berprestasi. Semakin lama dan keras berlatih, akan semakin meningkatkan kebutuhan oksigen untuk mensintesa energi. Tubuh mempunyai keterbatasan kemampuan untuk mengambil oksigen, dan

setiap individu memiliki kapasitas maksimal mengambil oksigen yang berbeda. Intensitas kerja saat latihan biasanya digambarkan dengan persentase  $VO_2$  maks, pada tingkat kerja 60-65%  $VO_2$  maks. Sumbangan karbohidrat dan lemak seimbang dan pada tingkat kerja di atas 65% sumber energi utama berasal dari karbohidrat (Djoko Pekik Irianto, 2007: 45).

### **Pedoman Praktis Menentukan Sistem Energi Utama**

Sistem energi utama yang digunakan pada jenis olahraga yang mempunyai banyak variasi gerakan, sulit ditentukan dengan tepat. Menentukan sistem energi dominan pada cabang bolabasket tidaklah semudah menentukan sistem energi utama pada perlombaan lari dan renang. Pada permainan olahraga tim akan lebih sulit lagi, karena karakteristik gerakan dari masing-masing pemain relatif berbeda berdasarkan tugas dan posisinya dalam permainan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu pedoman yang lebih praktis untuk menentukannya.

Salah satu pedoman praktis yang dapat digunakan adalah waktu kinerja (*performance time*) dari suatu aktivitas. Waktu kinerja dari setiap aktivitas lebih baik daripada aktivitas itu sendiri sebagai dasar telaah. Adapun waktu kinerja didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu keterampilan dalam suatu perlombaan, permainan, dan pertandingan (Ilhamjaya Patellongi, 2000: 22).

### **Metabolisme Energi Saat Latihan**

Metabolisme tubuh secara umum dapat dibagi menjadi dua keadaan, yaitu: (1) keadaan absorpsi, yaitu saat dimana glukosa (karbohidrat), asam amino (protein), asam-asam lemak (lemak) diabsorpsi ke dalam aliran darah setelah makanan mengalami proses pencernaan. (2) keadaan setelah absorpsi, saat dimana substrat nutrisi tidak masuk ke dalam darah dari sistem saluran pencernaan dan energi harus disuplai dari simpanan tubuh (Ilhamjaya Patellongi, 2000: 49).

Semua aktivitas fisik memerlukan energi, adapun jumlah kebutuhannya tergantung pada berat ringannya latihan yang dilakukan. Latihan dengan intensitas tinggi dan jangka waktu yang panjang pengadaannya diperoleh dari beberapa sumber energi di dalam sel antara lain dari *long term energy system*. Latihan yang frekuensinya teratur juga merupakan aktivitas fisik yang menggunakan *long term energy system*. Pada latihan yang menggunakan *long term energy system* dan dilakukan secara berkesinambungan akan menyebabkan terjadinya adaptasi pada mitokondria sehingga metabolisme energi menjadi lebih baik.

Seperti yang telah diuraikan di atas bahwa pengadaan energi di dalam sel dapat berlangsung melalui fenomena sebagai berikut, yaitu:

1. Energi yang siap pakai dan proses pengubahan keratin fosfat menjadi ATP melalui fosforilasi ADP oleh keratin fosfat dengan bantuan enzim keratin kinase. Prosesnya

berlangsung sangat cepat melalui reaksi enzimatik dan terjadi saat persiapan kerja akan dimulai.

2. Energi yang diperoleh dari proses glikolisis yaitu pemecahan glukosa atau glikogen. Fenomena pengadaan energi ini dikenal sebagai *short term energy system*.
3. Energi yang diperoleh dari proses fosforilasi oksidatif. Prosesnya berlangsung di dalam mitokondria. Sumber materi yang diproses berasal dari glukosa darah melalui glikolisis terlebih dahulu, asam lemak, dan asam amino. Prosesnya memerlukan banyak oksigen untuk membakar asam laktat, asam lemak, dan kalau mungkin juga asam amino yang berasal dari protein. Fenomena ini dikenal sebagai *long term energy system*. Pada fase selanjutnya pengadaan energi dan pembakaran asam lemak lebih banyak sedangkan proses glikolisis meningkat bersamaan dengan meningkatnya jumlah enzim untuk proses glikolisis (Mas'ud, 2000: 18).

## **PERUBAHAN PROFIL LEMAK AKIBAT LATIHAN**

Sebagaimana karbohidrat, lemak juga mempunyai bentuk dasar yang digunakan dalam tubuh, yaitu: asam lemak. Lemak diperoleh dari diet yang dicerna, memproduksi asam lemak dan sebuah substansi yang disebut gliserol. Setelah asam lemak diabsorpsi melalui sel saluran cerna, selanjutnya akan dirubah menjadi trigliserida. Trigliserida terdiri dari 1 mol gliserol dan 3 mol asam lemak. Trigliserida dapat dipecah menjadi gliserol dan asam lemak.

Asam lemak disimpan sebagai trigliserida. Simpanan trigliserida ditemukan dalam jaringan lemak dan di dalam sel otot rangka. Ketika dibutuhkan oleh otot, asam lemak dari jaringan lemak dilepaskan dari trigliserida dan menuju otot melalui darah. Mobilisasi asam lemak dari cadangan lemak tubuh ke otot merupakan suatu hal penting untuk mengurangi berat badan melalui pembuangan lemak tubuh. Ada dua bentuk utama dari bahan bakar yang disediakan untuk otot selama latihan: (1) asam lemak yang ditransportasi melalui darah dari jaringan lemak, dan (2) simpanan trigliserida yang terdapat di dalam sel otot sendiri (Ilhamjaya Patellongi, 2000: 41).

Dalam melakukan aktivitas fisik dibutuhkan energi yang berasal dari pembakaran karbohidrat, lemak dan protein yang disesuaikan dengan tipe kerja otot dan intensitas latihan. Pembakaran karbohidrat sebagai sumber energi digunakan pada aktivitas yang berat dengan jangka waktu latihan yang pendek, sedangkan pembakaran lemak sebagai sumber energi digunakan untuk aktivitas atau latihan yang berat dengan jangka waktu yang lama. Latihan yang berat akan tetapi durasinya pendek penyediaan energinya melalui sistem anaerobik, sehingga disebut latihan anaerobik.

Latihan anaerobik dapat meningkatkan kapasitas sistem ATP-PC, yaitu dengan meningkatnya simpanan ATP-PC pada sel otot dan meningkatkan enzim-enzim pemecah ATP. Sedangkan latihan berat dengan durasi yang lama penyediaan energinya melalui sistem energi aerobik, atau yang kita kenal dengan latihan aerobik. Latihan ini dapat meningkatkan kapasitas metabolisme



aerobik dengan meningkatkan oksidasi lemak dan penyediaan lemak sebagai sumber energi serta meningkatkan aktivitas enzim-enzim termasuk aktifasi, transportasi, dan pemecahan lemak.

Diet karbohidrat yang tinggi akan meningkatkan insulin darah, sedangkan insulin yang tinggi akan menghambat mobilisasi asam lemak bebas (*FFA/ free fatty acyd*). Ada beberapa faktor yang menentukan tingkat FFA darah diantaranya: norepinefrin, asam laktat, dan insulin. Norepinefrin yang disekresi saat latihan fisik merupakan perangsang yang kuat untuk terjadinya mobilisasi FFA, sebaliknya adanya penumpukan asam laktat dan tingginya insulin dalam darah akan merusak mobilisasi FFA dari jaringan adiposa.

## **KESIMPULAN**

Dalam kehidupan sehari-hari lemak dikenal dalam bentuk padat dan minyak berbentuk cair pada suhu ruang. Lemak merupakan sumber energi penting bagi berbagai jaringan tubuh, beberapa jaringan bahkan lebih cenderung memakai lemak daripada glukosa untuk memenuhi kebutuhan energinya. Latihan dapat meningkatkan metabolisme lemak sehingga dapat digunakan sebagai salah satu metode yang efektif dan aman bagi program penurunan berat badan, dan dengan melakukan latihan secara teratur dapat membantu mengatasi jumlah lemak tubuh dan memelihara kestabilan komposisi tubuh dan berat badan sehingga tetap dalam kondisi ideal. Lemak merupakan bentuk persediaan energi yang terbanyak dibandingkan dengan persediaan karbohidrat sebagai sumber energi, besarnya persediaan lemak kira-kira 40 kalinya. Lemak hanya dapat menghasilkan energi bila O<sub>2</sub> cukup. Jadi lemak dapat menghasilkan energi hanya pada olahraga yang bersifat aerobik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Brahm U. Pendit. (2000). *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
2. Djoko Pekik Irianto. (2007). *Panduan Gizi Lengkap untuk Keluarga dan Olahragawan*. Yogyakarta: Andi Offset
3. Fox E. L., Bowers R. W., and Foss M. L. (1993). *The Physiological Basis of Exercise and Sport*. USA: Wim Brown Publisher.
4. Furqon, M. (1995). *Teori Umum Latihan*. Surakarta: Univ. Sebelas Maret Press.
5. Guyton. (1995). *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*. Jakarta: EGC.
6. Harsono. (1996). *Manusia dan Latihan*. Bandung: ITB
7. Ilhamjaya Patellongi. (2000). *Fisiologi Olahraga*. Makasar: FK UNHAS
8. Mas'ud, Ibnu. (2000). *Sinopsis Faal Sistem Pengantar Faal Psikologi*. Malang: Univ. Brawijaya

9. Moston, Muska. (1992). *Teaching Physical Education*. Ohio: CEM Publishing Comp.
10. Nancy Clark. (2001). *Petunjuk Gizi untuk Setiap Cabang Olahraga*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
11. Soekarman. (1987). *Dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih, dan Atlet*. Jakarta: Inti Idayu Press.
12. Sugiharto. (2003). *Adaptasi Fisiologis Tubuh terhadap Dosis Latihan Fisik*. Makalah: Univ. Negeri Malang.