

Pengadaan Buku Ajar
No. 056/PUNP/1999

SPORT MEDICINE



Oleh :

Drs. Bafirman HB, M.Kes

Editor :

Drs. Umar, M.S

FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

DIP Universitas Negeri Padang

Nomor : 071/XXIII/008/4/-/1999

Tanggal : 1 April 1999

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
NO. TEL. : 4-1-2000
KOD. : Hd 1
K
2149/K/2000-52 (32)
167-107-2-1000-7

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan kurnia-Nya sehingga buku ajar "Sport Medicine" ini dapat diselesaikan.

Sport Medicine diperlukan untuk mengembangkan metode dan tiori latihan baik untuk meningkatkan kesegaran jasmani, apalagi untuk membina prestasi olahraga. Karena ruang lingkup Sport Medicine secara sederhana adalah mengkaji bagaimana usaha-usaha untuk peningkatan kemampuan kondisi fisik serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Maksud pembuatan buku ajar ini adalah untuk membantu dan meningkatkan mutu pembelajaran bagi mahasiswa FIK-UNP. Mengingat terbatasnya bahan bacaan bagi mahasiswa yang tersedia diperpustakaan dan jumlahnya sangat terbatas, maka usaha yang dilakukan UNP untuk memperbanyak jumlah buku teks diperpustakaan sangat dihargai.

Materi yang tersedia di dalam buku ajar ini, mencerminkan garis besar isi silabus perkuliahan sport medicine di FIK-UNP. Karena itu, buku ajar ini terutama ditujukan bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah sport medicine, dan disamping itu dapat pula dipakai sebagai buku pegangan bagi guru pendidikan jasmani dan olahraga, pelatih, atlet dan masyarakat penggemar olahraga.

Akhirnya pada para pembaca penulis mohon masukan terhadap perbaikan buku ini, atas kritik dan sarannya penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Desember 1999

Penulis

Drs. Bafirman HB, M.Kes.

TINJAUAN MATA KULIAH

Sport Medicine adalah aplikasi ilmu kedokteran dan ilmu olahraga bertujuan meningkatkan derajat tingkat kebugaran jasmani dan kebugaran serta bagi atlet untuk memperbaiki kemampuan berprestasi. Sport Medicine meliputi ilmu lintas bidang, menyangkut; Anatomi, fisiologi, biokimia, psikologi, ilmu bedah, physiotherapi, kardiologi, ilmu gizi, dan lain-lain. Peran sport medicine dapat ditafsirkan sebagai suatu ilmu terapan yang berusaha memanfaatkan latihan fisik untuk tujuan peningkatan derajat kesehatan, dan sebaliknya memanfaatkan ilmu kesehatan untuk meningkatkan kebugaran jasmani dan prestasi.

Tujuan mata kuliah sport medicine adalah memberikan wawasan bagi mahasiswa tentang aktivitas fisik baik untuk kebugaran ataupun prestasi olahraga, bagaimana cara tubuh bekerja pada waktu latihan maupun pada saat pertandingan.

Garis-garis besar materi perkuliahan yang terkandung dalam buku ajar ini adalah mengkaji tentang sistem enersi pada olahraga, Kontraksi otot rangka, sistem kardiorespiratori dalam olahraga, latihan fisik, pemulihan, pengaruh latihan terhadap sistem biologis tubuh, koordinasi persyarafan dalam mekanisme kontraksi otot, aklimatisasi tubuh terhadap suhu dingin, problema wanita dalam melakukan olahraga, dan doping.

Sport medicine dalam prakteknya, merupakan penunjang dalam membentuk dan menyiapkan diri untuk berolahraga ataupun bagi atlet dalam mengikuti pertandingan, seperti:

- Siap segi kesehatan fisik dan mental

- Siap kapasitas fungsional organ, antara lain meliputi; kemampuan biomotorik, cukup beradaptasi dengan lingkungan, kecukupan gizi dan lain sebagainya.
- Mengatasi/menanggunangi kecelakaan olahraga, kelemahan mental/psikologis
- Melaksanakan rehabilitasi

Istilah sport medicine mulai tahun 1928 digunakan oleh Knoll W. dari Swiss dan Latarjet A. bersama dengan 33 dokter yang menanggapi Second Olympic World Game. Mereka membentuk panitia untuk mempersiapkan First International Congress of Sports Medicine yang diselenggarakan di Amsterdam, pada tahun itu juga bertepatan dengan Olympiade IX. Selanjutnya Federation Internationale de Medicine Sportive (FIMS) membentuk tugas sebagai berikut:

1. Untuk melakukan penelitian ilmiah dalam biologi, psikologi dan sosiologi yang berkaitan dengan olahraga.
2. Untuk meningkatkan peran medik dalam mengatasi problem medik yang terjadi baik pada latihan fisik maupun olahraga serta mengadakan kerjasama dengan berbagai International Sport Federation.
3. Untuk menyelenggarakan congress of Sport Medicine.

Makin hari perkembangan sport medicine bertambah luas dan bertambah mendalam. Semula perkembangan anatomi hanya meliputi antropometri dan kinesiology, sekarang meluas ke kinantropometri, ergometri, serta biomekanik. Perkembangan di bidang faal yang semula hanya exercise physiology sekarang diikuti oleh exercise endocrinology, exercise immunology, dan lain-lain.

Pemeriksaan kondisi fisik pada awalnya hanya didasarkan atas pemeriksaan indeks kesegaran jasmani, antropometri dan

dinamometri sekarang lebih menjurus ke pemeriksaan peristiwa kimia serta enzim. Arah perkembangannya sekarang ini adalah ke molekuler physiology atau lebih luasnya ke molecular biology dan kemungkinan ke rekayasa genetik, dalam peningkatan prestasi olahraga.

Pengukuran faal dalam olahraga yang telah dilakukan antara lain adalah; aerobic power, anaerobic power, komposisi tubuh, neuromuskuler, waktu reaksi, kekuatan/ kecepatan/daya tahan otot lokal, kelentukan, sistem kardiovaskuler, sistem pernapasan dan lain-lain.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	ii
TINJAUAN MATA KULIAH	iii
DAFTAR ISI.....	vi
BAB I SISTEM ENERSI PADA OLAHRAGA	1
A. Mekanisme Pembentukan Enersi	2
B. Sumber Enersi Untuk Kontraksi Otot.....	6
C. Penggunaan Sistem Enersi.....	18
D. Sistem Enersi Predominan pada Berbagai Akti- vitas Olahraga.....	22
E. Pemupukan Karbohidrat (<i>Carbohydrate Loading</i>).	24
BAB II KONTRAKSI OTOT RANGKA.....	30
A. Struktur Otot Rangka	31
B. Macam Serabut Otot Rangka	35
C. Proses Kontraksi Otot	38
BAB III SISTEM KARDIOVASKULER PADA OLAHRAGA	42
A. Sistem Kardiovaskuler.....	43
B. Denyut Nadi	46
C. Tes dan Pengukuran Denyut Nadi Cadangan (<i>Heart Rate Reserve</i>).....	54
BAB IV LATIHAN FISIK	60
A. Latihan Berselang (<i>Interval Training</i>).....	62
B. Prinsip- Prinsip Dasar Latihan Fisik	65
C. Fase Latihan	68

	D. Beban Latihan.....	70
	E. Karakteristik Fisik Secara Fisiologik	72
	F. Perkembangan Tinggi dan Berat Badan	73
	G. Usia dan Masa Pembinaan Bibit Olahraga	74
BAB V	PEMULIHAN.....	77
	A. Pemulihan Cadangan Enersi.....	79
	B. Membuang Asam Laktat Dari Dalam Darah dan Otot	83
	C. Pemulihan Cadangan Oksigen	85
BAB VI	PENGARUH AKTIVITAS FISIK TERHADAP SISTEM BIOLOGIS.	89
	A. Perubahan Kimia	91
	B. Perubahan pada serabut otot	92
	C. Perubahan Pada Sistem Kardiorespirasi.....	93
	D. Pengaruh latihan pada ketinggian terhadap bio- logis (<i>altitude acclimatization</i>).....	99
	E. Perubahan-perubahan lainnya	99
BAB VII	WANITA DAN OLAHRAGA	104
	A. Menstruasi dan Olahraga.....	105
	B. Siklus Menstruasi dan Kadar Hemoglobin.....	115
	C. Siklus menstruasi terhadap oksigen maksimal (VO_2), dan denyut nadi waktu istirahat dan latihan maksimal.....	118
BAB VIII	OBAT PERANGSANG (<i>DOPING</i>)	127
	A. Sejarah dan Pengertian Doping.....	128
	B. Daftar Doping dan Efeknya	130
	DAFTAR KEPUSTAKAAN	137

BAB I

SISTEM ENERSI PADA OLAHRAGA

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi sistem enersi pada olahraga meliputi, pertama; sumber enersi untuk kontraksi otot yang membahas tentang sistem ATP - PC (*phosphagen system*), glikolisis anaerobik (*lactid acid system*) dan sistem anaerobik. Kedua; penggunaan sistem enersi meliputi, sistem enersi saat istirahat, sistem enersi saat latihan, dan sistem enersi utama (*predomionand enersi system*) pada berbagai aktivitas olahraga, dan ketiga; pemupukan karbohidrat (*carbohydrate loading*).

Relevansi

Setelah selesai mempelajari materi bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memhami tentang penggunaan sistem enersi pada berbagai aktivitas fisik dan olahraga, dan menyadari serta melaksanakan pengaturan penggunaan enersi yang sesuai terhadap berbagai aktivitas fisik dan olahraga.

Tujuan Intruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan tersebut di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan sumber enersi untuk kontraksi otot.
2. Menjelaskan penggunaan sistem enersi saat latihan.

3. menerangkan sumber enersi utama pada berbagai cabang olahraga.
4. Menjelaskan dan menyusun program karbohidrat (*carbohydrate loading*)

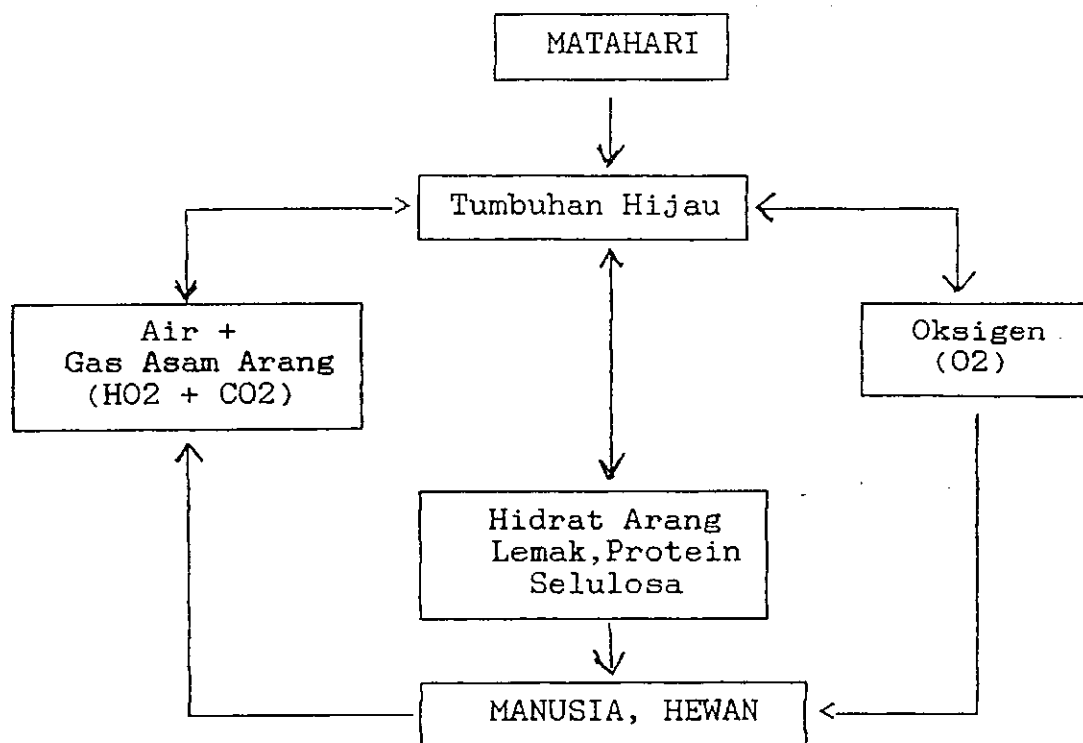
Penyajian

Uraian

A. Mekanisme Pembentukan Enersi

Enersi adalah kapasitas untuk melakukan suatu pekerjaan/kegiatan. Kerja/kegiatan merupakan hasil perkalian dari tenaga (*force*) dan jarak yang diperoleh. Apabila suatu pekerjaan meningkat, enersi yang diperlukan juga meningkat, dengan kata lain, enersi yang diperlukan tergantung pada keadaan dan kebutuhan (Lamb, 1984).

Semua enersi yang dipergunakan dalam proses biologi berasal dari matahari. Enersi matahari tersebut diubah oleh tumbuh-tumbuhan hijau menjadi enersi kimia, terutama dalam bentuk karbohidrat, selulosa, protein dan lemak. Hal ini mengakibatkan manusia tergantung dari tanaman dan menimbun enersi yang didapat itu dalam tubuh (Fox, 1988). Sesuai dengan bagan pada halaman berikut:



Gambar 1.1. Siklus Energi Biologis (Fox, 1988; 14)

Sebagian besar dari energi digunakan untuk kontraksi otot-otot yang perlu untuk bergerak, untuk mempertahankan hidup seperti mengalirkan darah, bernafas, pembuatan enzim dan lain-lain (Soekarman, 1989).

Energi yang berasal dari pemecahan makanan digunakan untuk membentuk persenyawaan kimia adenosin trifosfat (ATP) yang ditimbun di dalam otot. ATP ini tidak saja digunakan untuk kontraksi otot, tetapi juga untuk proses-proses lain seperti sintesis protein, transpor aktif dari ion melewati membran, untuk aktivitas dari beberapa macam metabolisme dan lain-lain (Armstrong, 1979).

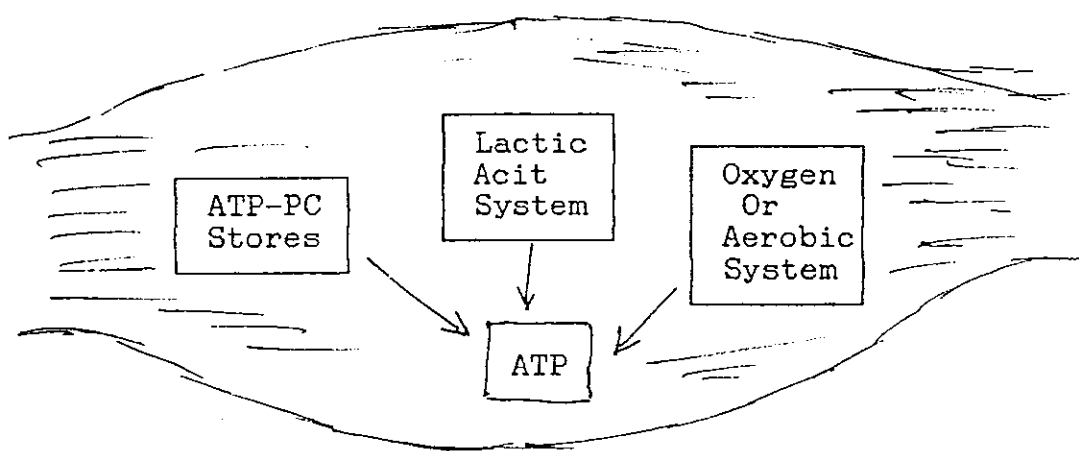
Apabila molekul ATP dinyatakan pecah ketika salah satu ikatan phosphate terpecah/terurai dari induk molekulnya, pada saat yang bersamaan pemecahan dari 1 mol ATP menghasilkan enersi antara 7 sampai 12 kcal. Sejumlah enersi yang terbebaskan saat terpisahnya sebuah ikatan fosfat dari molekul induknya (ATP. ADP dan Pi), inilah yang merupakan sumber enersi yang dapat digunakan otot untuk mengerjakan sesuatu (Katch, 1983; Fox, 1988).

Dalam keadaan istirahat dan kerja penggunaan enersi berbeda. Waktu istirahat enersi yang digunakan otot hanya sedikit. Apabila seseorang sedang beristirahat seluruh tubuhnya hanya menggunakan enersi sejumlah 1,3 kcal setiap menitnya, tetapi yang digunakan otot hanya sekitar 20% nya. Jadi hanya sekitar 0,26 kcal/menit. Sedangkan saat bekerja berat, seperti pada intensitas yang hanya dapat dipertahankan selama 1 sampai 2 menit, kebutuhan enersinya meningkat sekitar 35 kcal/men bahkan lebih. Pada kerja berat seperti ini hampir 90% penggunaan enersi dibutuhkan oleh otot. Berarti penggunaan enersi dalam aktivitas berat meningkat lebih dari 120 kali dari saat istirahat, bahkan bagi kelompok otot yang aktif bekerja saat bekerja berat peningkatan kebutuhan enersinya dapat mencapai 200 kali dari kebutuhan saat istirahat (Armstrong, 1979).

Diakibatkan peningkatan kebutuhan enersi yang besar, maka kebutuhan akan ATP tentunya juga besar. Penimbunan ATP paling banyak dalam sel otot dibandingkan dengan jaringan

tubuh lainnya, tetapi yang tertimbun di dalam otot ini jumlahnya juga sangat terbatas, yaitu sekitar 4 - 6 milimol/kg otot. ATP yang tersedia hanya cukup untuk aktivitas cepat dan berat selama 3 - 8 detik. Oleh karena itu, untuk kegiatan yang lebih lama perlu segera kembali dibentuk ATP melalui mekanisme lain yang dapat mensuplai kebutuhan enersi yang besar ini Bowers (1992).

Mekanisme resintesa ATP dapat disediakan dari ADP dan Pi bila ada enersi lain. enersi lain yang diperlukan untuk resintesa ATP timbul dari reaksi kimia yang tanpa menggunakan oksigen (*anaerobic*) dan reaksi kimia yang menggunakan oksigen (*aerobic*). Reaksi kimia yang tidak menggunakan oksigen disebut sistem ATP - PC (*Phosphagen system*) dan sistem glikolisis anaerobik (*Lactic acid system*), sedangkan reaksi kimia yang menggunakan oksigen disebut sistem aerobik (*Aerobic system*) Bowers (1992).

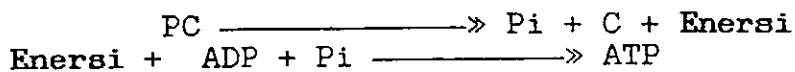


Gambar 1.2. Sumber enersi pembentukan kembali ATP di dalam otot (Bowers, 1992: 40).

B. Sumber Enersi Untuk Kontraksi Otot

1. Sistem ATP - PC (*Phosphagen system*)

Fosfokreatin dan ATP, sama-sama disimpan di dalam sel otot. Karena ATP dan PC terdiri dari kelompok fosfat, maka mereka secara bersama-sama disebut sebagai sistem fosfagen. Kesamaan antara ATP dan PC adalah; apabila kelompok fosfat pecah, maka sejumlah besar enersi dikeluarkan. Hasil akhir dari pemecahan PC ini adalah Kreatin (C = *creatine*) dan fosfat inorganik (P_i). Enersi ini dipergunakan untuk resintesis ATP. ATP dipecah pada saat kontraksi otot berlangsung, kemudian dibentuk kembali dari ADP + P_i oleh adanya enersi yang berasal dari pemecahan simpanan PC. (Katch, 1983; Cerretelli, 1992).



(Fox, 1988: 16).

Fosfagen yang tersimpan di dalam otot hanya sekitar 20 mM/kg otot, keadaan ini hanya cukup untuk penyajian enersi yang sangat bermamfaat untuk keadaan gerakan-gerakan mendadak/berat selama 5 - 10 detik. Reaksi pemecahan ATP dan PC di dalam sel berlangsung sangat cepat. Sewaktu ATP digunakan, PC akan segera terpecah dan membebaskan enersi sehingga resintesa ATP dapat terjadi lagi. Dengan latihan yang cepat dan berat, maka jumlah sistem ATP-PC tersebut dapat

ditingkatkan (Fox, 1988).

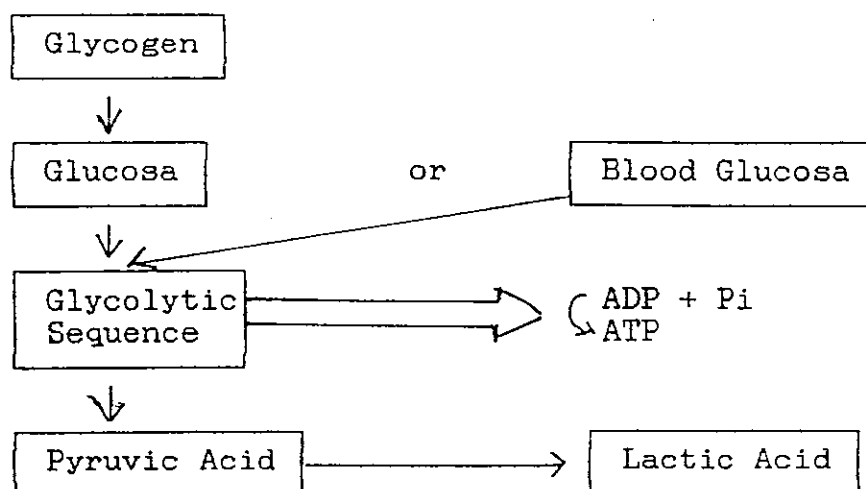
Sistem fosfagen menggambarkan penyediaan sumber ATP yang paling cepat untuk dapat dipergunakan oleh otot (Fox, 1988, Cerretelli, 1992). Ada beberapa alasan mengapa penyediaan ATP begitu cepat, sehingga otot dapat mempergunakannya dengan cepat, Astrand dan Rodahl (1986) mengemukakan sebagai berikut:

- a. Sistem fosfagen tidak tergantung kepada rangkaian reaksi kimia yang panjang.
- b. Sistem fosfagen tidak tergantung kepada transport oksigen ke otot yang sedang bekerja.
- c. ATP dan PC kedua-duanya disimpan langsung di dalam mekanisme kontraksi otot.

2 Glikolisis Anaerobik (*Lactic Acid System*)

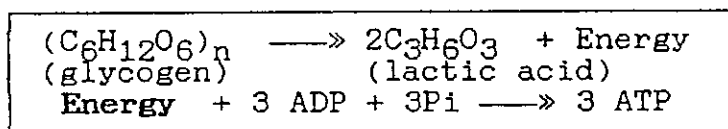
Peristiwa glikolisis terjadi apabila sebuah molekul glukosa masuk ke dalam sel dan digunakan untuk menyajikan enersi, maka molekul glukosa tersebut mengalami serangkaian reaksi kimia. Peristiwa ini terjadi dalam cairan sel di luar mitokondria. Glikolisis anaerobik melibatkan pemecahan tidak sempurna dari salah satu bahan makanan, yaitu karbohidrat (gula) menjadi asam laktat. Di dalam tubuh, semua karbohidrat dikonvensi menjadi glukosa, disimpan di dalam hati dan otot sebagai glikogen untuk dipergunakan kemudian. Asam laktat adalah hasil glikolisis anaerobik (Karlsson, 1972; Cerretelli, 1992).

Secara sederhana glikolisis anaerobik digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.3. Glikolisis anaerobik (Fox, 1988: 18).

Reaksi-reaksi kimia dalam sistem glikolisis anaerobik dapat disederhanakan menjadi:



(Fox, 1988: 18).

Proses glikolisis anaerobik ini memerlukan 12 macam reaksi berurutan, oleh karena itu pembentukan enersi lewat sistem ini berjalan lebih lambat jika dibandingkan dengan sistem fosfagen. Reaksi pertama, ATP bertindak selaku donor fosfat untuk mengfosforkan glukosa menjadi glukosa 6-fosfat. Selanjutnya molekul-molekul glukosa dapat saling dihubungkan

(dipolimerkan) sehingga membentuk molekul glikogen sebagai cadangan simpanan glukosa. Reaksi kedua pada rangkaian peristiwa glikolisis berupa fosforilasi, lebih lanjut menjadi fruktosa-6-fosfat, dan fosforilasi terjadi lagi pada reaksi yang ketiga, selanjutnya berubah menjadi fruktose 1,6-difosfat. Fruktose 1,6-difosfat ini setelah melewati rangkaian reaksi kelima lalu terpecah menjadi 2 molekul 3 fosfogliseraldehid. Kemudian setelah melewati 5 rangkaian reaksi lain 3 fosfogliseraldehid ini akan berubah menjadi 2 molekul asam piruvat (Martin, 1991; Brooks dan Fahey, 1984;).

Apabila dalam keadaan tanpa atau kekurangan oksigen maka asam piruvat ini tidak masuk ke dalam mitokondria, tetapi selanjutnya berubah menjadi asam laktat. Waktu asam laktat terbentuk dalam otot, maka asam laktat segera merembes ke dalam darah dan ikut peredaran darah. Bila kadar asam laktat dalam darah meninggi, sintesa ATP tidak seirama dengan penggunaannya, hal ini menimbulkan kelelahan, karena itu latihan harus dihentikan atau setidaknya intensitasnya dikurangi. Penyebab kelelahan karena meningkatnya keasaman, mengakibatkan mengganggu akan kelancaran kerja enzim-enzim yang terlibat dalam transfer energi (Brooks dan Fahey, 1985; Fox, 1988)

Pada sisi lain asam laktat merupakan sumber berharga energi kimia yang tertimbun dan tersimpan di dalam tubuh selama berlangsungnya aktivitas fisik yang berat. Jika

oksigen segera tersedia dan mencukupi hidrogen yang terikat pada asam laktat akan diambil oleh NAD (*Nicotinamida adenin dinucleotida*) dan mungkin teroksidasi. Selanjutnya asam laktat siap untuk diubah kembali menjadi asam piruvat, dan asam piruvat yang terbentuk kembali ini dapat digunakan untuk resintesa ATP. Pada masa pemulihan, asam piruvat akan diubah kembali menjadi glikogen di hati dan bila diperlukan glikogen ini dapat diubah menjadi glukosa lagi di dalam darah (Brooks dan Fahey, 1985; Fox, 1988).

Tabel 1. 1. Perkiraan penggunaan enersi dalam tubuh waktu keadaan glikolisis anaerobik (*Lactic Acid System*) (Fox, 1988: 19).

	Per kg otot	Keseluruhan otot
1. Toleransi maks.asam laktat (grams)	2.0-2.3	60-70
2. Pembentukan ATP millimoles)	33-38	1000-1200
3. Pernggunaan enersi (kilocalories)	0.33-0.38	10.0-12.0

Jadi, ciri-ciri sistem glikolisis anaerobik Teasch, (1978) menyimpulkan sebagai berikut:

- a. Menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan.
- b. Tidak membutuhkan oksigen.
- c. Hanya menggunakan karbohidrat.
- d. Memberikan enersi untuk resistensia beberapa molekul ATP saja.

Olahraga yang memerlukan kecepatan, pertama-tama menggunakan sistem ATP-PC dan kemudian baru sistem asam laktat

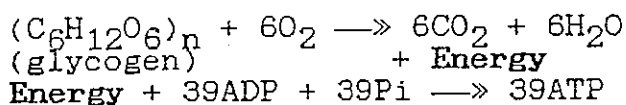
(*lactic acid system*). Selanjutnya asam laktat dapat diubah menjadi glukosa lagi di dalam hati. Glikolisis anaerobik dan juga sistem fosfagen merupakan faktor yang penting dalam olahraga, karena dapat memberikan ATP dengan cepat. Untuk olahraga yang memakan waktu 1 sampai 3 menit energi yang digunakan terutama dari glikolisis (Katch, 1983).

3. Sistem Aerobik

Sistem aerobik terjadi di dalam mitokondria. Bila oksigen mencukupi, maka asam piruvat yang terjadi karena pemecahan glikogen atau glukosa hanya sedikit sekali yang berubah menjadi asam laktat. Bagian terbesar asam piruvat masuk ke dalam mitokondria melibatkan sistem enzim yang kompleks. Jadi dikarenakan oksigen mencukupi maka asam laktat tidak menumpuk, serta konsentrasinya tidak meninggi (Brooks dan Fahey, 1985; Fox, 1988).

Prosedur proses sistem aerobik merupakan suatu rangkaian reaksi kimia yang panjang dan kompleks. Dalam reaksi tersebut diperlukan beratus-ratus reaksi kimia serta bantuan beratus-ratus enzim. Akibatnya sistem ini tidak dapat digunakan secara cepat seperti sistem anaerobik. Terjadinya rangkaian reaksi kimia yang panjang karena di dalam mitokondria mempunyai sistem membran yang khas dengan adanya *kriste* (lipatan-lipatan dan lekukan-lekukan kedalam). *kriste* mengandung hampir semua enzim yang diperlukan bagi metabolisme secara aerobik (Fox, 1988; Bowers, 1992).

Sistem aerobik ini akan memecah glikogen secara sempurna dan menghasilkan CO₂ serta melepaskan sejumlah enersi yang cukup untuk meresintesa 39 molekul ATP.



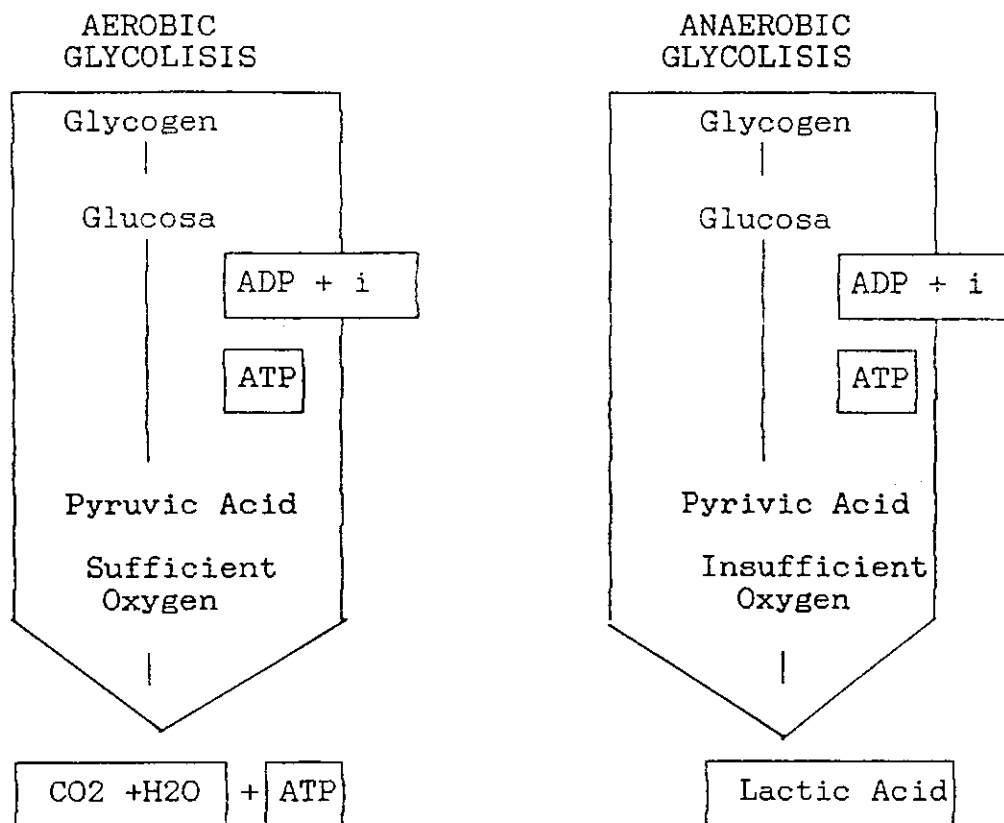
(Fox, 1988: 22).

Sistem aerobik terdiri dari; glikolisis aerobik, daur krebs dan sistem transport elektron.

a. Glikolisis Aerobik

Pada tahap ini, rangkaian reaksi-reaksi yang terjadi dari glikogen sampai ke asam piruvat persis sama dengan rangkaian reaksi pada proses glikolisis anaerobik. pada glikolisis anaerobik asam piruvat tidak masuk ke dalam mitokondria, asam piruvat membentuk asam laktat di dalam sitoplasma. Perbedaannya, bila oksigen mencukupi sebagian besar asam piruvat masuk ke dalam mitokondria melalui sistem enzim yang kompleks dan mengalami serangkaian siklus kimia yang disebut daur krebs. Jadi dengan adanya oksigen menghambat penumpukan asam laktat, tetapi tidak menghalangi pembentukan ATP kembali (Brooks dan Fahey, 1985; Fox, 1988; Bowers, 1992)

Perbedaan antara glikolisis aerobik dengan glikolisis anaerobik digambarkan seperti halaman berikut:



Gambar 1.4. Perbedaan glikolisis aerobik dengan glikolisis anaerobik (Fox, 1988: 21).

b. Daur Krebs

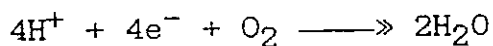
Daur Krebs (*Krebs cycle*) disebut daur asam trikarboksila (Daur asam sitrat), dalam daur ini terjadi dua perubahan kimia, yaitu; terbentuknya CO₂, enersi dan terjadinya oksidasi serta terbebaskannya elektron-elektron. Elektron-elektron dipisahkan dari atom karbon dalam bentuk atom hidrogen dari asam piruvat yang semula berasal dari glikogen. Berarti, pada daur Krebs asam piruvat dioksidasi, dan menghasilkan CO₂ (Mayes, 1985; Mc Ardle, 1986).

Dengan cukupnya oksigen, asam piruvat dapat masuk ke dalam daur Krebs. Hal ini terjadi setelah CO₂ terlepas, asam piruvat sebagai hasil akhir glikolisis anaerobik masuk ke dalam mitokondria untuk bersenyawa dengan koenzim A, sehingga terbentuklah senyawa asetil ko-A. Selanjutnya Asetil Ko-A ini bersenyawa dengan asam oksalat membentuk asam sitrat. Kemudian, asam sitrat masuk ke daur Krebs (Brooks dan Fahey, 1985; Martin, 1991).

Fungsi utama daur Krebs dalam proses produksi ATP adalah menghasilkan elektron-elektron yang selanjutnya akan diikat oleh NAD (*Nicotinamida adeninedinucleotida*) dan FAD (*Flavin adenin dinucleotida*). Metabolisme karbohidrat (*glikolisis aerobic*), setiap satuan asetil yang turut serta dalam daur Krebs ini, menghasilkan ikatan dehidrogenasi dengan 3 buah NAD dan 1 buah FAD, serta terbentuk pula GTP (*Guanosin Triphosphate*) yang mengandung sejumlah enersi sepadan dengan ATP. Koenzim NADH₂ dan FADH₂ yang terundusir dari bermacam langkah dehidrogenase akan masuk kerantai pernafasan atau sistem transport elektron (Astrand dan Rodahl, 1986).

c. Sistem Transport Elektron

Sistem transport elektron (*elektron transport system*) (*ETS*), merupakan kelanjutan pemecahan glikogen. Pada tahap ini akhirnya terbentuk H₂O yang dihasilkan dari persenyawaan H⁺ terjadi dalam daur Krebs serta O₂ yang dihirup. Adapun reaksi yang terjadi digambarkan sebagai berikut:



Fox, (1988: 22).

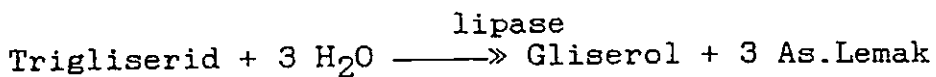
Proses transport elektron ini sangat kompleks, terdiri dari lipoprotein dengan bermacam sitokrom dan pembantu lainnya. Pengaliran dua elektron melalui sistem transport elektron ini akan membebaskan enersi guna fosforilasi ADP menjadi ATP pada tiga titik yang berbeda, pada akhir mata rantai setiap pasang elektron akan bergabung dengan 2 buah proton (H^+) dan oksigen sehingga terbentuk air. NADH_2 masuk ketitik pertama dan menghasilkan NAD dan 3 molekul ATP, sedang FADH_2 akan masuk ketitik kedua menghasilkan FAD, dan 2 molekul ATP. Koenzim-koenzim yang baru saja terbebaskan dapat kembali berperan serta pada proses dehidrogenase lagi (Mc Ardle, 1986; Fox, 1988).

Hasil akhir dari sistem aerobik secara keseluruhan sebanyak 39 mol ATP. Jumlah ini diperoleh, 3 mol ATP sebagai hasil glikolisis anaerobik (dalam sitoplasma), dan 36 molekul ATP didapat sebagai hasil oksidasi aerobik (dalam mitokondria) (Brooks dan Fahey, 1985; Martin, 1991).

d. Lemak Sebagai Sumber Enersi

Simpanan lemak merupakan sumber enersi potensial terbanyak dalam tubuh yang digunakan sebagai sumber enersi aerobik di samping karbohidrat. Untuk dapat serta dalam rangkaian reaksi pada sistem aerobik agar mampu melepaskan enersi,

sebelumnya molekul trigliserid terurai menjadi molekul gliserol 3 molekul asam lemak, dengan enzim lipase bertindak sebagai katalisator (Brooks dan Fahey, 1984; Mc Ardle, 1986).



Depot utama lemak adalah jaringan adipose, Adiposit atau sel lemak berfungsi khusus tempat sintesa dan tempat penyimpanan trigliserid. Segera setelah berdifusi ke dalam peredaran darah, asam lemak berubah menjadi asam lemak bebas (*free fatty acids*) yang terus mengalir ke jaringan aktif bekerja. Dalam sitoplasma, asam lemak harus diaktifkan terlebih dulu menjadi ester CoA. Pengaktifan ini memerlukan enersi dengan menggunakan 1 molekul ATP. Segera setelah diaktifkannya, ester Ko-A masuk ke proses Beta oksidasi. Hasil akhir pemecahan seluruh molekul asam lemak menjadi asetil-CoA yang siap untuk mengalami oksidasi lanjutan di dalam daur Krebs. Gliserol diterima pada reaksi aerobik glikolisis sebagai 3 fosfogliseraldehid dan berubah menjadi asam piruvat. Pada proses ini ATP dibentuk melalui fosforilasi, atom-atom hidrogen dilepas ke NAD^+ , selanjutnya asam piruvat dioksidasi ke dalam daur Krebs (Brooks dan Fahey, 1985; Martin, 1991).

Penggerakan asam lemak bebas dari jaringan adipose ditunjang oleh hormon epinephrine, norepinephrine, glucagon dan hormon pertumbuhan. Masuknya epinephrine ke dalam peredaran darah, menyebabkan kenaikan asam lemak bebas dalam plasma darah lebih cepat. Waktu latihan, konsentrasi hormon-hormon ini dalam plasma darah meningkat, enzim lipase lebih diaktifkan sehingga otot mendapat tambahan enersi (Astrand dan Rodahl, 1986).

Jumlah ATP yang dibentuk dari sebuah asam lemak (18 karbon) 147 molekul ATP dari molekul ADP lewat Beta oksidasi dan pertukaran zat dalam daur Krebs. Karena trigliserid mengandung 3 molekul ATP, maka akan terjadi 441 molekul ATP. Di samping itu, trigliserid juga memiliki 1 molekul gliserol yang menghasilkan 22 molekul ATP lewat glikolisis dan pertukaran zat pada daur Krebs. Jadi, setiap molekul trigliserid membentuk 463 molekul ATP (Brooks dan Fahey, 1984; McArdle, 1986).

e. Protein Sebagai Sumber Enersi

Dalam keadaan terpaksa protein dibutuhkan sebagai sumber enersi untuk resintesa ATP. Agar dapat menjadi enersi, sebelumnya protein (asam amino) harus diubah bentuknya. Setelah amino yang mengandung nitrogen dipisahkan dari asam amino, proses ini berlangsung di dalam hati (hepar). Misalnya; alanine, setelah kehilangan aminonya akan bersenyawa dengan oksigen dan terbentuklah asam piruvat, selanjutnya



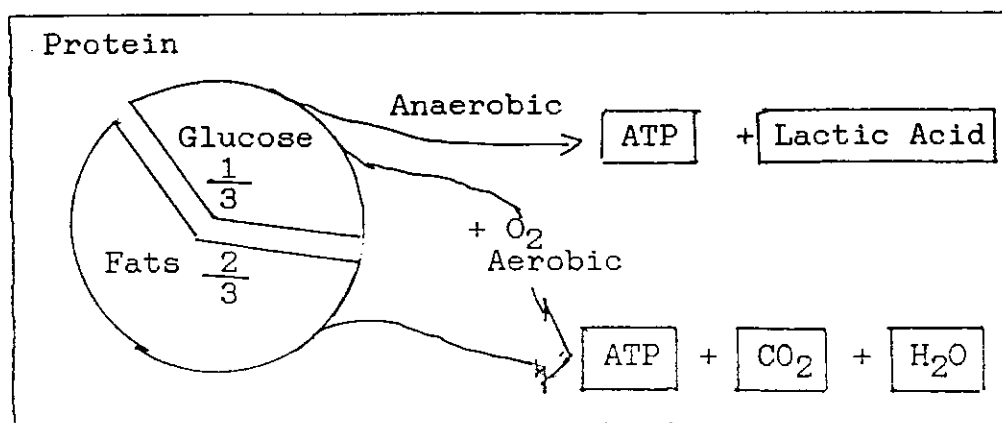
menjadi asetil-CoA dan terus masuk ke daur Krebs. Asam glutamik akan terbentuk asam alfa ketoglutarat yang selanjutnya diproses dalam daur Krebs. (Brooks dan Fahey, 1984; Mc Ardle, 1986).

Asam amino yang telah mengalami deaminasi akan masuk ke dalam daur Krebs melalui beberapa jalur, misalnya alanin glisin melalui asetil-CoA, sedangkan asam glutamik langsung masuk daur Krebs. Berarti siklus Krebs, berperan sebagai lintas dalam senyawa organik hasil pemecahan lemak atau protein diproses secara efektif untuk menghasilkan enersi, bukan hanya sekedar tempat terprosesnya asam piruvat saja, melainkan juga menghasilkan enersi yang berguna bagi resintesa ATP.

C. Penggunaan Sistem Enersi

1. Sistem Enersi Saat Istirahat

Pada saat istirahat resintesa ATP melalui sistem aerobik, karena tubuh mampu mencukupi kebutuhan oksigen melalui sistem transport oksigennya. Bahan bakar penyaji enersi dua pertiganya berasal dari karbohidrat, ATP yang terbentuk kembali telah mencukupi terhadap keperluan tenaga gerak bagi berfungsinya organ-organ tubuh pada saat istirahat (Fox, 1988; Bowers 1992). Sesuai dengan gambar pada halaman berikut:



Gambar 1.5. Sistem enersi pada saat istirahat (Fox, 1988: 28).

2. Sistem Enersi Saat Latihan

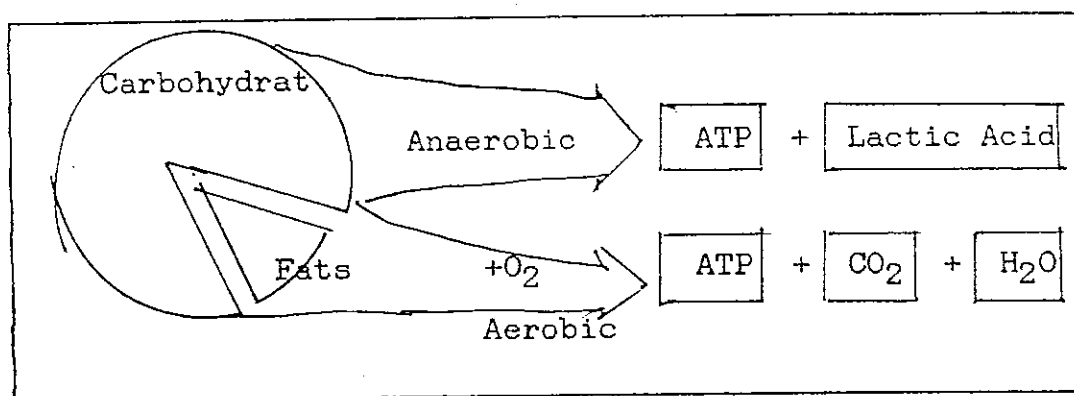
Tiga hal yang perlu diperhatikan untuk mengetahui sistem enersi waktu latihan, karena penggunaan sistem enersi tersebut tergantung dari tingkatan yang ditentukan berdasarkan intensitas (dosis/beratnya beban) dan durasi (lamanya) aktivitas itu berlangsung, yaitu; jenis bahan makanan yang dimetabolisir, sistem aerobik atau anaerobik serta akumulasi asam laktat di dalam otot dan darah (Fox, 1988).

Antara intensitas dan durasi latihan terdapat hubungan yang erat antara keduanya. Bila latihan dengan intensitas tinggi, maka durasinya pendek, sebaliknya jika latihan dengan intensitas rendah, maka durasinya panjang (Bompa, 1990).

a. Sistem Enersi Saat Latihan Berat dan Singkat

Maksud dari latihan berat dan singkat adalah latihan dengan intensitas tinggi (maksimal atau mendekati maksimal)

dan hanya berlangsung dalam waktu yang singkat (kurang dari 3 menit). Pada latihan semacam ini, tubuh belum mampu memenuhi kebutuhan oksigen. Energi yang disajikan bagi keperluan resintesa ATP berlangsung secara anaerobik disebut sebagai sistem fosfagen dan sistem glikolisis anaerobik, sebagai bahan bakar utamanya adalah karbohidrat. Saat oksigen sudah cukup tersedia maka lemak mungkin turut berperan dalam resintesa ATP (Fox, 1988). Sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 1.6. Sistem enersi saat latihan berat dan singkat (Fox, 1988: 31).

Latihan yang berlangsung dengan intensitas tinggi selama 1-4 detik, sistem enersinya adalah sistem anaerobik tanpa laktat, dan hanya berasal dari ATP otot saja. Bila latihan berlangsung selama 4-20 detik, sistem enersinya adalah anaerobik tanpa laktat yang berasal dari sistem ATP - PC. Jika latihan berlangsung 20-45 detik sistem enersi utamanya adalah ATP - PC sedikit ditambah dengan sistem glikolisis anaerobik. Latihan dengan intensitas tinggi selama 30-90

detik, resintesa ATP berasal dari ATP - PC dan glikolisis anaerobik, bahan bakarnya adalah karbohidrat dan mulai terjadi penumpukan laktat. Apabila latihan berlangsung sekitar 90-180 detik, sistem enersi utamanya adalah sistem glikolisis anaerobik dan oksigen. Sebagai bahan bakar adalah karbohidrat ditambah sedikit lemak dan akhirnya terjadi penumpukan asam laktat yang tinggi dalam darah dan otot (Fox, 1988; Janssen, 1989).

Efek samping resintesa ATP yang berasal dari sistem fosfagen dan sistem glikolisis aerobik ini adalah penumpukan asam laktat. Bila kadar asam laktat tinggi akan menghambat kontraksi otot. Brooks dan Fahey, (1984) mengemukakan, ada empat cara untuk menyingkirkan asam laktat, yaitu:

- 1). Pengeluaran bersamaan melalui air seni dan keringat, meskipun dalam jumlah yang sedikit sekali.
- 2). Dalam masa pemulihan asam laktat dapat menjadi glikogen atau glukosa di hati, dan menjadi glikogen di otot. Pengubahan asam laktat menjadi glikogen ini baik di hati maupun di otot sangat lambat, sehingga perannya dalam menyingkirkan asam laktat juga sedikit.
- 3). Karena dalam tubuh glikogen dapat diubah menjadi protein, maka secara berantai asam laktat setelah lewat pengubahan menjadi glikogen selanjutnya juga dapat terus menjadi protein, dan ini juga dalam jumlah yang sedikit sekali.
- 4). Bila oksigen mencukupi kebutuhan, maka asam laktat

diubah menjadi asam piruvat untuk seterusnya menjadi CO_2 dan H_2O pada daur Krebs dan sistem transport elektron.

b. Sistem Enersi Saat Latihan Lama

Pada latihan yang berlangsung lama, intensitasnya sedang atau mendekati submaksimal, kebutuhan oksigen mencukupi selama latihan. Berarti sistem untuk resintesa ATP adalah sistem aerobik, dan bahan bakar utamanya lemak di samping karbohidrat. Kecuali pada awal latihan saat tubuh belum mampu mencukupi kebutuhan oksigen, maka sistem glikolisis anaerobik juga sedikit berperan (Fox, 1988).

D. Sistem Enersi Predominan pada Berbagai Aktivitas Olahraga

Aktivitas dalam setiap cabang olahraga pada umumnya tidak menggunakan sistem enersi aerobik atau anaerobik saja secara murni. Tetapi ada gabungan antara kedua sistem tersebut. Bagi cabang olahraga yang membutuhkan intensitas tinggi dan durasi yang singkat, maka sistem enersi predominan (enersi utama) yang digunakan adalah sistem anaerobik, sedangkan olahraga yang membutuhkan daya tahan (intensitas rendah dan durasi lama) sistem enersi predominannya adalah sistem aerobik (Fox, 1988; Bowers, 1992).

Tabel 1.2. Sistem enersi utama pada beberapa cabang olahraga
(Bowers, 1992: 230).

Sports Or Activity	% Emphasis per Energy System		
	ATP-PC and LA	LA-O2	O2
1	2	3	4
Baseball	80	20	-
Basketball	85	15	-
Fencing	90	10	-
Field hockey	60	20	20
Football	90	10	-
Golf	95	5	-
Gymnastics	90	10	-
Ice hockey			
Forwards, defense	80	20	-
Goalie	95	5	-
Lacrosse			
Goalie, defense, attack men	80	20	-
Midfielders, man-down	60	20	20
Recreational Sports	5	5	90
Rowing	20	30	50
Skiing			
Slalom, jumping, downhill	80	20	-
Cross-country	-	5	95
Soccer			
Goalie, eings, strikers	80	20	-
Halfbacks, link men	60	20	20
Softball	80	20	-
Swiming and diving			
50-m freestyle, diving	98	2	-
100 m, 100 yd (all strokes)	80	15	5
200 m, 220 yd (all strokes)	30	65	5
400 m, 440 yd, 500-yd	20	55	25
freestyle			
1500 m, 1650 yd	10	20	70
Tennis	70	20	10

1	2	3	4
Track and Field			
100 m, 100 yd; 200 m, 220 yd	95	5	-
Field events	98	2	-
400 m, 440 yd	80	15	5
800 m, 880 yd	30	65	5
1500 m, 1 mile	15	55	30
2 miles	15	20	65
3 miles, 5000 m	10	20	70
6 miles (cross-country)			
10.000 m	5	15	80
Marathon	-	2	98
Volleyball	85	10	5
Wrestling	90	10	-

E. Pemupukan Karbohidrat (*Carbohydrate Loading*)

Sebagaimana yang telah dikemukakan bahwa, karbohidrat (glikogen maupun glukosa) di dalam otot yang diubah menjadi asam piruvat menghasilkan enersi dalam bentuk senyawa ATP. Namun, keberadaan ATP dan kreatin fosfat yang sangat penting untuk menghasilkan enersi awal untuk kontraksi otot (hanya beberapa detik pada fase permulaan), tidak dapat disimpan dalam jumlah yang lebih banyak, karena itu harus cepat-cepat diganti (*resintesa*) sebab habis terpakai.

Lemak terlebih dulu harus di hidrolisis menjadi asam lemak yang kemudian akan diubah secara bertahap untuk menghasilkan acetyl co-enzyme A. Selanjutnya acetyl co-enzyme A inilah yang akan dioksidasi secara lengkap di dalam mitokhondria dengan oksigen. Keseluruhan proses oksidasi

lemak hingga menghasilkan enersi berlangsung lebih lambat dari oksidasi karbohidrat, tetapi cadangan enersi lemak jauh lebih besar dari cadangan karbohidrat. Cadangan enersi karbohidrat hanya bertahan \pm 13 jam untuk pekerjaan biasa, sedangkan untuk aktivitas berat akan lebih cepat habis sebelum waktu tersebut. (Brooks dan Fahey, 1985).

Dapatlah dikemukakan bahwa pada permulaan suatu aktivitas otot karbohidrat akan dipergunakan terlebih dahulu sebagai sumber enersi, kemudian baru kombinasi antara karbohidrat dan lemak dalam jumlah yang kira-kira seimbang (intensitas kerja di bawah 70% kapasitas kerja maksimal). Selanjutnya pada saat akhir suatu kerja fisik yang berlangsung lebih lama, dimana cadangan karbohidrat dalam tubuh sudah menipis dan dengan demikian sebagai sumber enersi terbesar diambil dari lemak (siklus krebs asam lemak terus ke acetyl co-enzyme A).

Walaupun pada olahraga endurance lemak sebagai sumber enersi utama, tetapi tidak boleh dilupakan bahwa cadangan karbohidrat tubuh harus masih ada biarpun sedikit. Apabila karbohidrat benar-benar kehabisan akan dapat menimbulkan *asidosis* dengan komplikasinya antara lain jatuh roboh (*collapse*). Berarti cadangan glukosa tubuh yang disimpan berupa glikogen di otot dan di hati harus cukup besar apabila kita akan melakukan aktivitas otot yang berat, seperti pada cabang-cabang olahraga yang tergolong berat dan berat sekali.

Jumlah cadangan glikogen waktu aktivitas awal berbanding langsung dengan berat dan lamanya aktivitas fisik. Dalam diet seimbang glikogen otot mencapai 1,5 g/100 g otot, keadaan ini cukup untuk kerja berat selama 2 jam (pemasukan oksigen maksimal 75%), apabila lewat jangka waktu tersebut tubuh akan kelelahan. Kadar glikogen otot dapat diperbesar dengan diet tinggi karbohidrat sehingga mencapai 2,5 g/100 g otot. Keadaan ini akan menghasilkan cadangan tenaga yang cukup untuk dipakai dalam aktivitas berat yang lama.

Usaha mendapatkan kadar glikogen otot setinggi mungkin (5 g/100 g otot), agar tidak terjadi kelelahan atau kehabisan tenaga dan menghindari collapse pada saat pertandingan dilakukan dengan *carbohydrate loading*(Brooks dan Fahey, 1985).

Carbohydrate Loading merupakan pemupukan tubuh dengan karbohidrat agar tubuh memiliki atau menyimpan karbohidrat dalam bentuk glikogen di otot dan di hati lebih banyak. Berarti tubuh dipersiapkan sedemikian rupa dengan harapan pada saat hari *H* atau pada saat pertandingan tubuh banyak mengandung cadangan hidrat arang.

1. Teknis Pemberian *Carbohydrate Loading*

- a. Dua atau tiga hari pertama dalam satu minggu menjelang pertandingan dilakukan latihan-latihan yang berat sekali, bersamaan dengan mengkosumsi sedikit karbohidrat dan lemak sedangkan protein dalam jumlah yang tinggi. Dalam

saat ini, sel-sel dalam tubuh kehabisan cadangan glikogen.

- b. Kemudian tiga hari berikutnya sebelum pertandingan, mengkosumsi tinggi karbohidrat, sedangkan lemak dalam jumlah sedikit dan protein sesuai dengan jumlah kebutuhan. Sejalan dengan diet yang diberikan diiringi dengan latihan fisik yang minimal atau istirahat sama sekali, mengakibatkan sel-sel tubuh dalam keadaan lapar tersebut langsung menyedot hidrat arang.

Pengaruh lain dari pemberian *carbohydrate loading* sedikit akan meningkatkan berat badan secara temporer, hal ini diakibatkan karena glikogen yang banyak disimpan juga mengikat air.

Latihan

1. Jelaskanlah sistem enersi yang dipergunakan dalam kegiatan olahraga, dan bagaimana keterkaitan antara beban latihan/aktivitas fisik dengan bentuk sistem yang dipergunakan, serta ciri-ciri dari sistem enersi tersebut.
2. Jelaskan yang dimaksud dengan sistem enersi utama pada berbagai aktivitas olahraga, serta berikan beberapa contoh.
3. Jelaskan ciri-ciri latihan olahraga yang memiliki sistem enersi aerobik dan sistem anaerobik.

4. Jelaskan yang dimaksud dengan pemupukan karbohidrat, keuntungannya serta bagaimana pengaturan pemupukan karbohidrat tersebut.

Rangkuman

Sistem enersi yang digunakan untuk kontraksi otot adalah sistem anaerobik dan sistem aerobik. Sistem anaerobik terbagi dalam dua bentuk yaitu sistem ATP-PC (*phospogen system*) dan glikolisis anaerobik. Sedangkan sistem aerobik terdiri dari glikolisis aerobik, daur krebs dan sistem transport elektron.

Apabila latihan yang berlangsung dengan intensitas tinggi selama 1-4 detik, sistem enersinya adalah sistem anaerobik tanpa laktat, dan hanya berasal dari ATP otot saja. Bila latihan berlangsung selama 4-20 detik, sistem enersinya adalah anaerobik tanpa laktat yang berasal dari sistem ATP - PC. Jika latihan berlangsung 20-45 detik sistem enersi utamanya adalah ATP - PC sedikit ditambah dengan sistem glikolisis anaerobik. Latihan dengan intensitas tinggi selama 30-90 detik, resintesa ATP berasal dari ATP - PC dan glikolisis anaerobik, bahan bakarnya adalah karbohidrat dan mulai terjadi penumpukan laktat. Apabila latihan berlangsung sekitar 90-180 detik, sistem enersi utamanya adalah sistem glikolisis anaerobik dan oksigen. Sebagai bahan bakar adalah karbohidrat ditambah sedikit lemak dan akhirnya terjadi penumpukan asam laktat yang tinggi dalam

darah dan otot.

Setiap cabang olahraga pada umumnya tidak mempunyai sistem enersi tertentu saja secara murni. Cabang olahraga yang dilakukan dengan intensitas tinggi, waktu yang singkat sistem enersi utamanya adalah anaerobik, sedangkan olahraga yang membutuhkan daya tahan, intensitas rendah dalam waktu lama sistem enersi utamanya adalah aerobik.

BAB II

KONTRAKSI OTOT RANGKA

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi kontraksi otot rangka meliputi; (1) Struktur otot rangka, menjelaskan tentang (a) filamen miosin, (b) filamen actin, dan (c) Reticulum sarcoplasma. (2) Macam serabut otot rangka, (a) serabut otot lambat (*Slow twitch = ST*) dan (b) serabut otot cepat (*fast twitch = FT*), dan (3) Proses kontraksi otot rangka.

Relevansi

Setelah mempelajari materi bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami tentang struktur otot rangka, macam serabut otot rangka dan proses kontraksi otot rangka. Selanjutnya mahasiswa dapat menganalisa macam serabut otot yang dominan digunakan untuk setiap cabang olahraga dan peningkatan kemampuan sesuai dengan serabut otot dan aktivitas yang dilakukan.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan tersebut di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan struktur otot rangka.
2. Menjelaskan macam serabut otot rangka serta perbedaannya

susunan dan fungsinya.

3. Menerangkan terjadinya proses kontraksi otot rangka.

Penyajian

Uraian

Sifat yang terpenting untuk organisme adalah kemungkinan untuk bergerak, gerakan ini diawali pada umumnya terjadi perubahan bentuk *cytoplasma* dalam otot-otot rangka. Otot-otot rangka selain sebagai sistem penggerak, berfungsi sebagai pembentuk fostur, menghasilkan panas dan mempertahankan suhu tubuh (Carl, G. dan Naback, 1990). Lebih kurang 40% organ tubuh manusia terdiri dari otot rangka dan 5 sampai 10% otot polos dan otot jantung (Guyton, 1991).

A. Struktur Otot Rangka

Otot rangka tersusun atas sejumlah serabut otot bergaris tengah berkisar antara 10-80 mikron. Setiap satu otot dibungkus oleh suatu jaringan ikat yang disebut *fascia (epimysium)*, di bawah jaringan tersebut terdapat jaringan-jaringan ikat yang disebut *perimysium*. *Perimysium* ini membungkus bundelan-bundelan otot yang disebut *fasciculus*. Setiap *fasciculus* dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut *endomysium* (Guyton, 1991).

Serabut otot terdiri dari ratusan elemen kontraktif *miofibril*, berbentuk batang memanjang berisi beberapa segmen yang dinamakan *sarcomer*. Masing-masing serabut otot dise-

limuti oleh membran sel sarcolemma yang mempunyai banyak inti sel dibagian tepi dan mempunyai cairan plasma yang dinamakan sarcolemma. Sarcolemma mengandung kalsium, fosfat, protein, enzim, mitochondria dan retikulum sarcoplasma, semakin banyak retikulum sarcoplasma semakin cepat otot berkontraksi (Guyton, 1991).

Miofibril merupakan elemen-elemen kontraktile otot yang memiliki diameter 1 sampai 2 mikron, didalamnya berisi dua macam filamen protein dasar yaitu *actin* dan *miosin*. Miosin lebih tebal dari aktin, sehingga dikenal sebagai *thick filamen*. Miofibril dalam jaringan sel otot disebut *phrotoplasma*, sedangkan pada sel otot disebut *sarcoplasma*.

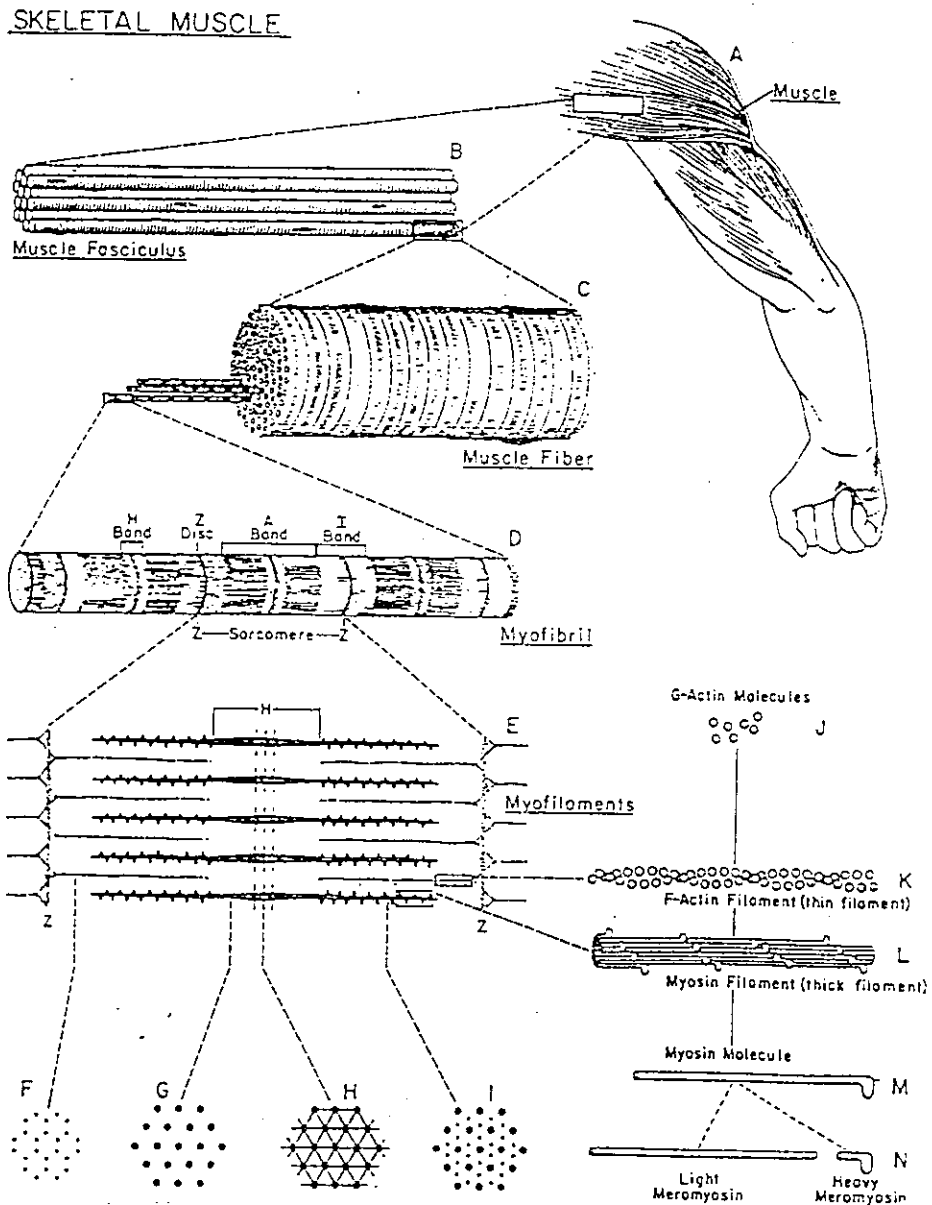
1. Filamen Miosin

Panjang filamen miosin kira-kira 1,5 mikron, dan mengandung kurang lebih 2000 molekul miosin. Filamen miosin terdiri atas dua bagian, satu bagian disebut *meromiosin ringan* dan satu bagian lagi disebut *meromiosin berat*. Pada meromiosin berat terdapat dua buah kepala, kepala-kepala (*head miosin*) ini merupakan jembatan penyebrangan (*Cross-bridges*) yang berperan dalam kontraksi otot (fox, 1988).

2. Filamen Aktin

Filamen aktin terdiri atas 3 unsur yaitu: aktin, tropomiosin, troponin. Filamen ini, merupakan heliks yang dibentuk oleh unit-unit globular (G-aktin), setiap molekul G-

aktin berisi molekul ADP, yang pada gilirannya akan saling mengikat dengan kepala-kepala miosin. Tropomiosin merupakan rangkaian molekul protein berpilin memanjang, berfungsi menutup aktive site (Guyton, 1991).



Gambar 2.1. Struktur otot rangka (Strauss, 1979; 33).

Troponin tersusun atas tiga macam bentuk polipeptida, troponin T mengikat tropomiosin terhadap aktin, troponin T, terikat pada aktin untuk menghambat hubungan aktin - miosin dan troponin C, merupakan tempat ion kalsium untuk membuka aktiv site. Terikatnya ion kalsium pada troponin merupakan pertanda terjadinya awal kontraksi otot (Brooks dan Fahey, 1985; Guyton, 1985).

3. Retikulum Sarkoplasma

Sarkoplasma juga turut menentukan terjadinya kontraksi, karena sarkoplasma adalah tempat penyimpanan ion kalsium (otot dalam keadaan relaksasi), ion kalsium merupakan bahan yang penting untuk terjadinya proses kontraksi. Jenis otot yang berkontraksi lebih cepat mempunyai retikulum sarkoplasma yang lebih banyak dari pada jenis otot daya kontraksinya lambat (Fox, 1988; Guyton, 1991).

Retikulum sarkoplasma terdiri dari longitudinal tubulus dan transversal. Ciri khas retikulum sarkoplasma adalah menyimpan ion kalsium dengan konsentrasi tinggi, dan sejumlah ion-ion ini akan dilepas bila T tubulus terangsang.

Kedua ujung tiap-tiap tubulus longitudinal berakhir pada *sisterna* yang berfungsi sebagai penyalur ion kalsium, dan mempunyai struktur bulat sehingga berbeda dengan badan tubulus utama. Tubulus transversal disebut sebagai tubulus T atau sistem T yang berjalan tegak lurus dengan miofibril. Tubulus ini sangat kecil bila dibandingkan dengan

tubulus longitudinal dan terletak diantara ujung-ujung tubulus longitudinal yang berurutan dengan berbatasan sisterna (Guyton, 1991).

Tempat terjadinya kontak hubungan antara tubulus longitudinal dengan tubulus T disebut "*triad*". Setiap sarkomer mempunyai dua triad, fungsi utama tubulus T adalah sebagai penyalur potensial aksi yang cepat dari membran sel seluruh fibril otot (Guyton, 1991).

B. Macam Serabut Otot Rangka

Serabut otot rangka terdiri dari dua tipe. Menurut (Fox, 1988), serabut otot lambat (*Slow twitch = ST*) disebut tipe I (serabut otot merah) yang kuat bekerja secara aerobik. Serabut otot cepat (*Fast twitch = FT*) disebut tipe II (serabut otot putih) yang kuat bekerja secara anaerobik. Serabut otot cepat terdiri FT_A (*Fast twitch oxydatif glycolitic*) dan FT_B (*Fast twitch glycolitic*) (Amstrong, 1979).

Serabut otot lambat (ST) berwarna merah karena lebih banyak mengandung myoglobin, serabut otot tipe I ini metabolismenya bergantung pada metabolisme oksidatif, dan aktivitas miosin ATP-asanya juga rendah. Sehingga mengakibatkan kondisinya menjadi lambat, disamping itu memiliki enzim glikolitik yang sangat rendah. Serabut otot lambat banyak mengandung mitokondria dengan enzim-enzim yang berguna untuk memecah lemak dan karbohidrat menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) (Fox, 1988).

Serabut otot cepat (FT) aktivitas ATP-ase-nya tinggi, sistem glikolitiknya baik dan banyak mengandung CP. Otot ini mempunyai retikulum sarkoplasma lebih banyak daripada serabut otot lambat, sehingga pelepasan ion kalsium lebih cepat dan kemudian dengan cepat pula mengadakan ion kalsium, berhubung karena penyediaan enersinya melalui proses anaerobik, maka enersi yang tersedia akan cepat habis dan cepat pula mengalami kelelahan (Fox, 1988; Green, 1922).

Secara umum komposisi otot rangka mengandung campuran serabut otot tipe I dan tipe II kurang lebih seimbang, tetapi proporsinya berbeda misalnya; otot punggung lebih banyak mengandung serabut otot merah, sedangkan pada jari-jari, bibir dan mata lebih banyak mengandung serabut otot putih. Demikian juga otot yang sama pada individu yang berbeda, misalnya; otot tungkai, antara orang satu dengan orang lainnya, hal ini mengakibatkan salah satu faktor penentu gerak seseorang (Fox, 1988).

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap pelari jarak jauh tingkat dunia menunjukkan bahwa otot betisnya mengandung komposisi serabut otot lambat 90% (Katch dan McArdle, 1983). Sedangkan terhadap pelari cepat tingkat dunia mempunyai kandungan serabut otot cepat kira-kira 50%-80% dibandingkan dengan serabut otot merahnya hanya sebesar 20%-25% (Astrand dan Rodahl, 1986).

Perbedaan kontraksi antara Fast-Twitch (FT) dengan Slow-Twitch (ST) terletak pada beberapa aspek, antara lain

aspek syaraf, aspek struktur otot, sistem enersi, aspek enzimatik dan aspek fungsional. Sebab dalam hubungan fungsional, sistem syaraf berperan sebagai pengendali dan sistem otot sebagai pelaksana (Fox, 1988; Guyton, 1991).

Menurut Esbjornsson(1993), kedua sebaran otot adalah penentu penting dalam penampilan anaerobik.

Tabel 2.1 Perbedaan susunan dan fungsi antara otot lambat (ST) dengan otot cepat (FT_A dan FT_B) (Fox, 1988).

Karakteristik	Tipe Serabut Otot		
	ST	FT _A	FT _B
Aspek Persyarafan			
Ukuran syaraf otot	kecil	besar	besar
Ambang pengerahan motor syaraf	rendah	tinggi	tinggi
Kecepatan konduksi syaraf motor	lambat	cepat	cepat
Aspek Struktur			
Diameter serabut otot	kecil	besar	besar
Pengembangan retikulum	jelek	baik	baik
Kepadatan mitochondria	tinggi	rendah	rendah
Kepadatan kapiler	tinggi	menengah	rendah
Kandungan mioglobin	tinggi	menengah	rendah
Enersi Dasar			
Timbunan fosfokreatin	rendah	tinggi	tinggi
Timbunan glikogen	rendah	tinggi	tinggi
Timbunan trigliserida	tinggi	menengah	rendah
Aspek Enzimatik			
Aktivitas miosin ATP-ase	rendah	tinggi	tinggi

Aktivitas enzim glikolitik	rendah	tinggi	tinggi
Aktivitas enzim oksidatif	tinggi	tinggi	rendah
Aspek Fungsional			
Waktu kontraksi	lambat	cepat	cepat
Waktu relaksasi	lambat	cepat	cepat
Produksi tenaga	rendah	tinggi	tinggi
Efisiensi enersi	tinggi	rendah	rendah
Dayatahan	tinggi	rendah	rendah
Elastisitas	rendah	tinggi	tinggi

C. Proses Kontraksi Otot

Pada saat syaraf motorik menghantarkan rangsangan potensial aksi ke serabut otot rangka pada ujung lempeng motorik (*motor endplate*), maka potensial aksi segera menyebar ke seluruh sarkolema. Potensial aksi dengan segera ditransmisikan ke tubulus T yang letaknya berbatasan dengan retikulum sarkoplasmik melalui triad. Rangsangan ini diteruskan *junctional feed* sampai pada sisterna, pada saat syaraf menghantarkan rangsangan garis Z ikut tertarik oleh filamen aktin sampai ke ujung-ujung filamen miosin sehingga jarak antara garis Z lainnya semakin mendekat, maka ion kalsium terlepas dari retikulum sarkoplasma, dan mengakibatkan ikatan aktive site pada filamen aktin terbuka. Menurut Lamb (1984), bahwa impuls yang sampai ke dalam sistem T tubulus tersebut akan menyebabkan pembebasan ion kalsium dari retikulum sarkoplasma dan ion kalsium ini akan diikat oleh troponin. Akibatnya troponin akan menarik

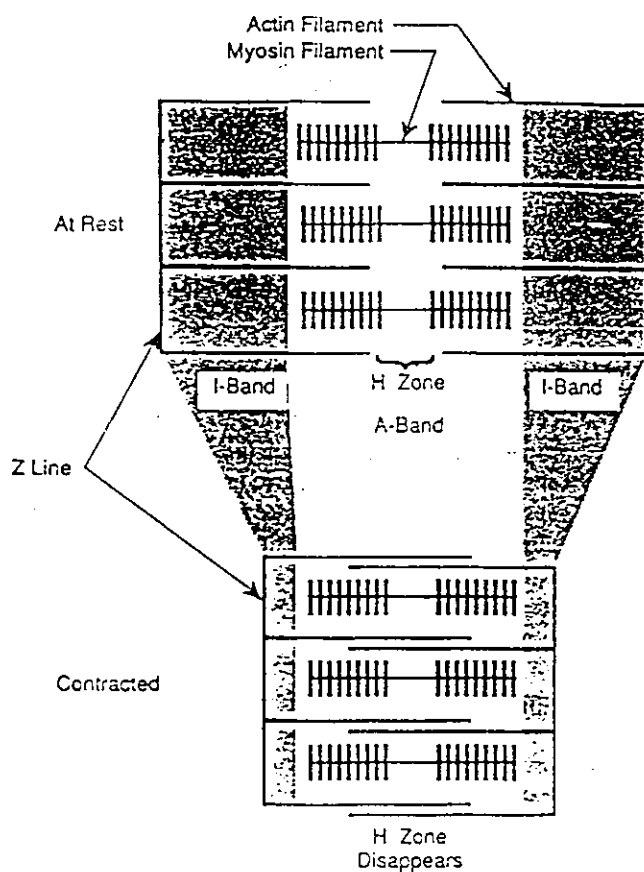
tropomiosin dari tempat melekatnya miosin pada aktin.

Menurut Horowitz dan Polack (1993), terjadinya kontraksi otot itu disebabkan oleh adanya sarkomer isometrik yang mendasari terhadap cross-bridge.

Dari uraian yang dikemukakan, mekanisme kontraksi otot rangka terjadinya "*Sliding Filament*", sedangkan rangkaian proses kontraksi secara sederhana dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terjadinya proses rangsangan listrik dari otak dan sumsum tulang belakang, yang dihantar melalui akson neuron motorik keserabut otot. Rangsangan listrik yang sampai pada akson terminal akan menyebabkan terjadinya potensial aksi, selanjutnya terjadi pelepasan asetilkolin dari synaptic gutter.
2. Asetilkolin pada synaptic gutter berikatan dengan reseptor sarkolema, menyebabkan terjadinya depolarisasi membran sel, menyebabkan ion natrium masuk ke dalam sarkolema dan ion kalium keluar. Akibat depolarisasi terjadinya potensial aksi membran sel, selanjutnya disebarkan keseluruh membran sel dan T tubule.
3. Terjadinya potensial aksi pada T tubule, akan merangsang cisterna-sarcolemma retikulum untuk melepaskan ion kalsium, selanjutnya ion kalsium akan berikatan dengan tropomiosin C pada filamen aktin. Hal ini mengakibatkan filamen tropomiosin yang menutup celah-celah aktif site filamin aktin terdorong, dan akhirnya aktive site terbuka.

4. Dengan terbukanya celah aktif site menyebabkan cross bridge dari filamen miosin berikatan dengan aktive site filamen aktin, maka terjadilah yang disebut dengan sliding filamen.



Gambar 2.2 Teori Sliding filament kontraksi otot rangka (Fox, 1988: 97).

Latihan

1. Jelaskanlah jenis struktur dan sifat otot yang terdapat pada tubuh manusia.
2. Jelaskanlah macam-macam serabut otot rangka serta karakteristiknya dalam aktifitas fisik atau kegiatan olahraga.
3. Jelaskanlah proses terjadinya kontraksi otot rangka.

Rangkuman

Otot rangka merupakan sistem penggerak yang diawali karena terjadinya perubahan bentuk cytoplasma dalam otot rangka. Setiap satu serabut otot terdiri dari fascia (*epimysium*), perimysium fasciculus dan endomysium. Pada serabut otot terdapat ratusan elemen kontraktile myofibril yang mempunyai cairan plasma, sarkolema mengandung kalsium, fosfat, protein, enzim, mitokondria, dan retikulum sarkoplasma. Dalam miofibril terdapat dua macam filamen protein dasar actin dan miosin.

Serabut otot rangka terdiri dari; Serabut otot lambat (*slow twitch = ST*) yang kuat bekerja secara aerobik, dan serabut otot cepat (*fast twitch = FT*) yang kuat bekerja secara anaerobik. Terjadinya kontraksi otot disebabkan terbukanya celah aktif site menyebabkan cross bridge dari filamen miosin berikatan dengan aktif site filamen actin, maka terjadilah "sliding filament".

BAB III

SISTEM KARDIOVASKULER PADA OLAHRAGA

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi sistem kardiovaskuler pada olahraga meliputi; isi sekuncup (*stroke volume*), curah jantung (*Cardiac output*) dan denyut nadi baik dalam keadaan waktu istirahat ataupun waktu latihan, serta perbedaannya antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih. Denyut nadi sebagai parameter fisiologis untuk latihan.

Relevansi

Setelah mempelajari materi bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami pengaruh aktivitas fisik terhadap sistem kardiovaskular, fungsi sistem kardiovaskuler pada olahraga, serta dapat menjadikan sistem kardiovaskular sebagai salah satu parameter fisiologis dalam melakukan aktivitas fisik.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan tersebut di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan pengaruh aktivitas fisik terhadap sistem kardiovaskuler.

2. Menjelaskan perbedaan isi sekuncup, curah jantung dan denyut nadi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih.
3. Menjelaskan keadaan isi sekuncup, curah jantung dan denyut nadi yang baik untuk kesegaran jasmani.
4. Menentukan denyut nadi sebagai parameter untuk latihan daya tahan aerobik dan dayatahan anaerobik.

Penyajian

Uraian

A. Sistem Kardiovaskuler

Sistem Kardiovaskuler meliputi Jantung, darah dan peredaran darah. Kontraksi otot jantung dimulai oleh peristiwa perangsangan *action potensial* yang timbul ketika jaringan otot jantung dirangsang, berasal dari jaringan khusus disebut *Cardiac Conduction System*, dan menjalar melalui sistem ini keseluruh bagian myocardium. Struktur sistem tersebut yaitu sinoatorial node (*S-A node*) disebut sebagai *pace-maker*, atrioventricular node (*AV node*), dan *atrioventricular bundle (Bundle of His)* Guyton (1991).

Otot jantung memiliki *Functional Syncytium* yaitu merupakan hubungan yang erat pada serabut-serabut otot jantung, apabila satu bagian dirangsang, keadaan terangsang ini dihantarkan keseluruh otot jantung. Bagian-bagian jantung secara normal berkontraksi dengan urutan teratur,

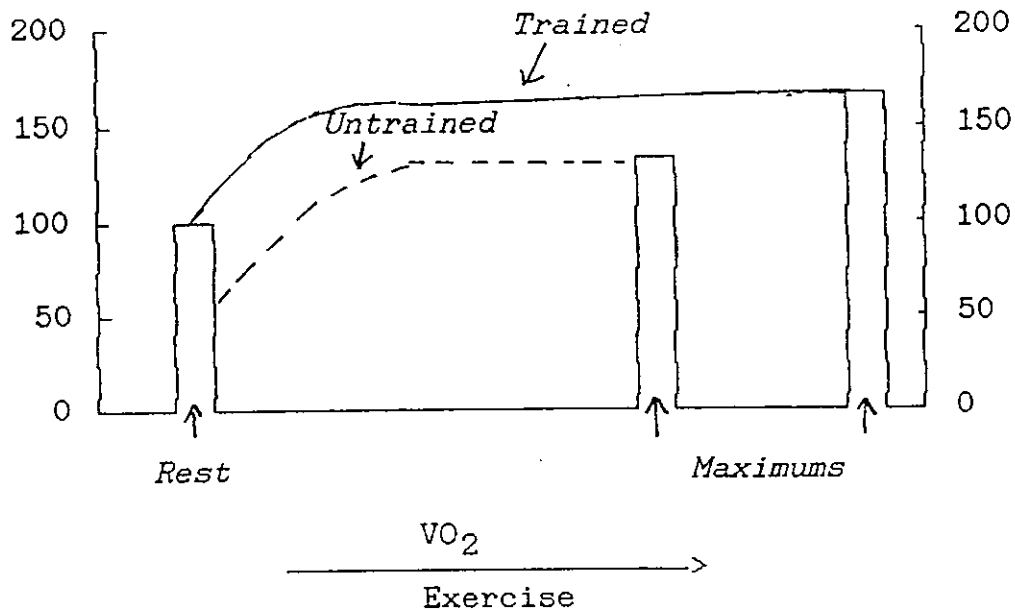
yang dimulai kontraksi atria disebut "*atrial systole*" kemudian diikuti oleh kontraksi ventrikel disebut "*ventriculus systole*". Selanjutnya setelah berkontraksi baik atrium maupun ventrikel mengalami relaksasi yang disebut "*diastole*" (Fox, 1988; Guyton, 1991).

Ventrikel kiri mendorong darah ke dalam aorta. Sebagian dari darah ini mendorong darah yang ada di dalam aorta, sebgaiian mendesak dinding aorta, karena dinding aorta bersifat kenyal mengakibatkan aorta mengembang. Pada waktu diastole berikutnya, dinding aorta yang kenyal ini mendesak darah, sehingga sebagian darah terdesak ke valvula semilunaris, sehingga valvula ini menutup, sebgaiian darah terdesak ke dalam aorta berikutnya. Akibatnya bagian aorta yang tadi mengembang sekarang mengecil lagi, dan bagian aorta berikutnya mengembang oleh karena desakan sebagian oleh darah (Fox, 1987; Guyton, 1991).

1. Isi Sekuncup (*Stroke Volume*)

Volume darah yang dipompakan oleh jantung dalam satu kali denyutan disebut isi sekuncup (*Stroke volume*). Volume-nya ± 70 cc bagi seseorang yang tidak terlatih, sedangkan bagi yang terlatih mencapai ± 100 cc. Isi sekuncup dipengaruhi oleh kekuatan kontraksi otot jantung terutama ventrikel, hal ini sesuai dengan hukum *Frank Starling*. Hukum ini menyatakan, bertambah banyaknya pengisian jantung selama diastole, mengakibatkan lebih banyak pula jumlah darah yang

dipompakan ke dalam aorta dengan kata lain dalam batas-batas fisiologis. Jantung akan memompakan darah yang masuk ke dalamnya tanpa menimbulkan penumpukan di vena (Wilmore, 1988; Fox, 1988; Guyton, 1991).



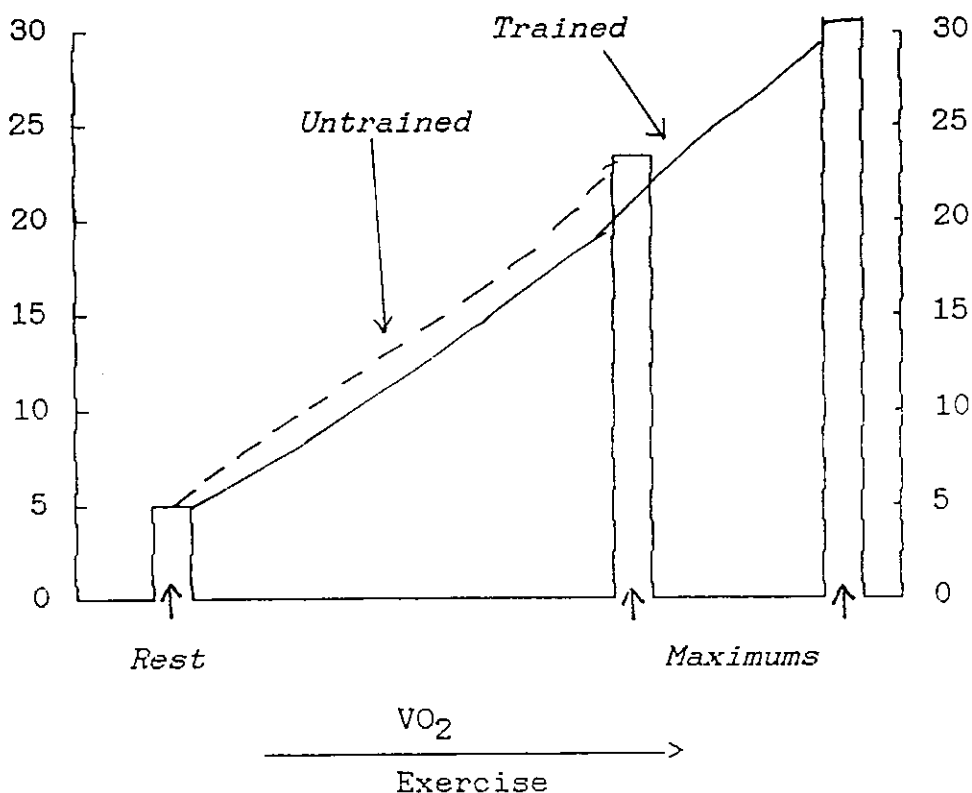
Gambar 3.1. Isi Sekuncup (Stroke Volume (cc/kontraksi) antara yang terlatih dengan yang tidak (Fox, 1988: 250).

2. Curah Jantung (*Cardiac Output*)

Jumlah darah yang dipompakan dalam satu menit atau volume semenit disebut curah jantung (*Cardiac output*) yaitu hasil kali antara isi sekuncup dengan denyut jantung permenit. Curah jantung dalam keadaan istirahat ± 5 liter permenit.

CO = STROKE VOL. X HEART RATE	± 5000 CC
70 X 72	± 5000 CC

Jumlah jantung dalam keadaan istirahat sama antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih. Tetapi bagi yang terlatih denyut nadi lebih rendah dan isi sekuncup lebih besar, sedangkan bagi yang tidak terlatih malah sebaliknya (Fox, 1988; Guyton, 1991). Sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 3.2. Perbedaan curah jantung (*Cardiac Output*) dalam keadaan istirahat dan kerja antara orang yang terlatih dan tidak terlatih (Fox, 1988: 250).

B. Denyut Nadi

Bagian aorta yang mengembang dan mengecil berturut-turut sepanjang arteri, merupakan pulsus artriosus yang dapat

diraba pada nadi dan disebut "denyut nadi". Pada tiap systole ventrikel sinister terjadi pulsus pada pangkal aorta yang merambat sepanjang arteri dan cabang-cabangnya. "Jadi denyut nadi sama dengan denyut jantung, yang merupakan bunyi jantung pertama pada waktu ventricel mengadakan systole" (Radiopoetro, 1979; Guyton, 1991).

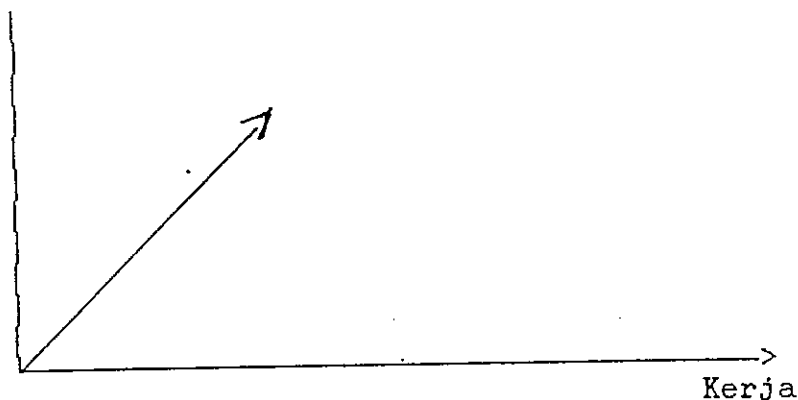
Perhitungan jumlah denyut nadi sesuai dengan fase kontraksi dan relaksasi otot jantung, sesuai dengan contoh salah satu contoh berikut:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{KONTRAKSI: } \pm 0,3 \text{ detik} & \text{-----}> & \text{SISTOLE} \\
 \text{RELAKSASI: } \pm 0,6 \text{ detik} & \text{-----}> & \text{DIASTOLE} \\
 \hline
 \pm 0.9 \text{ detik} & \text{-----}> & \text{HEART RATE} \\
 & & 60 \\
 & = \frac{\quad}{\quad} = & \pm 70 \text{ x/ Menit} \\
 & & \pm 0.9
 \end{array}$$

Pengaturan denyut nadi dan kekuatannya diatur oleh *syaraf sympatis* dan *syaraf para sympatis*. Syaraf *sympatis* berfungsi untuk merubah kecepatan dan kekuatan kontraksi otot jantung. Sedangkan syaraf *para sympatis* berfungsi untuk memperlambat kontraksi otot jantung. Apabila cepat, kuat atau lambatnya kontraksi otot jantung, akan mempengaruhi kadar darah yang diedarkan keseluruh jaringan tubuh (Fox, 1988; Guyton, 1991).

Denyut nadi dalam faal kerja, telah diterima secara luas karena mempunyai nilai yang sangat berarti, bukan hanya sebagai gambaran dalam kemampuan sistem kardiovaskuler untuk menentukan penampilan kesehatan/kebugaran (*health fitness*) dan penampilan prestasi olahraga (*motor fitness*), tetapi juga dapat memberikan gambaran akan tingkat kerja fisik yang dibebankan pada tubuh. Ditemukan adanya korelasi linear antara denyut nadi pada satu sisi dan intensitas latihan disisi lain, sesuai dengan grafik pada halaman berikut:

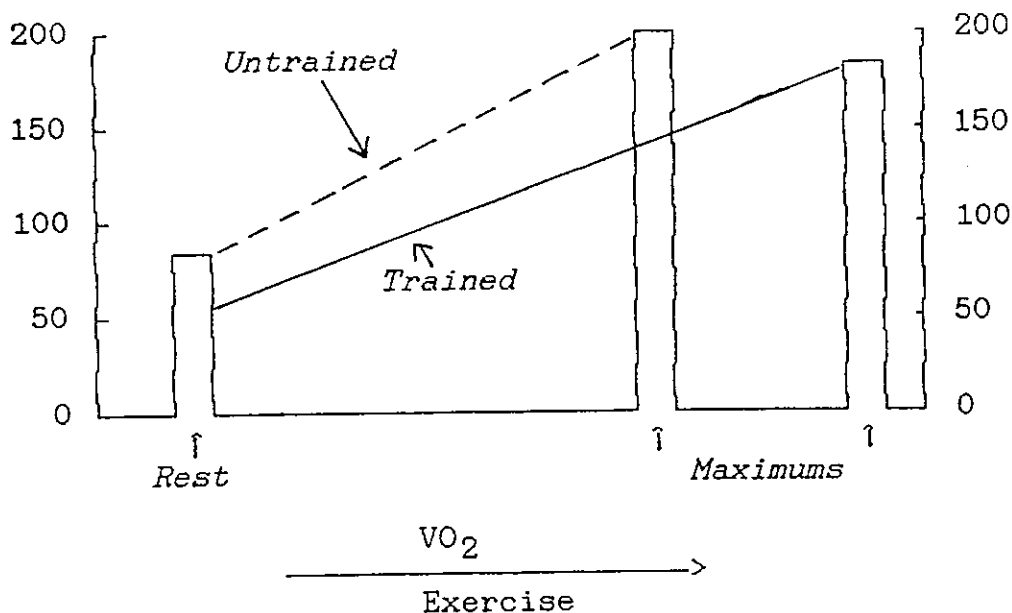
Denyut Nadi



Gambar 3.3. Kaitan antara intensitas latihan dengan detak denyut nadi/menit (Janssen, 1989: 19).

Dalam keadaan istirahat dan latihan maksimal, keadaan frekuensi denyut nadi antara orang yang terlatih dibandingkan dengan yang tidak terlatih, menggambarkan denyut nadi orang yang terlatih berkontraksi lebih efisien, sesuai

dengan gambar berikut:



Gambar 3.4. Perbedaan Denyut nadi (*Heart Rate*) dalam keadaan istirahat dan kerja antara orang yang terlatih dan tidak terlatih (Fox, 1988: 250).

Dalam pembinaan kondisi fisik denyut nadi bertindak sebagai faktor pembatas dari target latihan (*training zone*) yang dikaitkan dengan tujuan latihan tersebut, seperti; meningkatkan daya tahan aerobik, anaerobik, pengaruh usia, dan lain sebagainya (Janssen (1989).

1. Macam Denyut Nadi dan Fungsinya

a. Denyut Nadi Istirahat (*resting heart rate*)

Seseorang secara fisiologis dikatakan sehat adalah; suatu keadaan efisiensi fungsional yang optimal, salah satu komponen yang dapat memberikan petunjuk tentang hal tersebut

adalah denyut nadi, yang merupakan manifestasi dari kontraksi otot jantung. Denyut nadi yang baik dalam keadaan istirahat bisa berdenyut lebih lambat, menyebabkan lebih panjangnya waktu istirahat jantung antara dua kuncupan sehingga jantung memompakan darah lebih banyak (Radiopoe-tro, 1979).

Kemampuan tubuh memberikan reaksi terhadap pembebanan dimanifestasikan dalam serentetan reaksi kardiovaskuler, terdapat suatu kecendrungan bahwa seseorang dengan denyut nadi istirahat yang rendah, relatif lebih segar dari pada mereka yang denyut nadinya tinggi. Dikatakan secara fisiologis bahwa kerja jantung yang demikian adalah efisien (Nelson dan Johson, 1986).

Arti dari denyut nadi istirahat rendah, jantung dapat mengawetkan enersi sekurang-kurangnya 1500 denyutan perhari. Dapat diambil kesimpulan bahwa makin rendahnya denyut nadi dalam keadaan istirahat maka makin baiklah kesegaran yang dimilikinya (Cooper, 1983).

Batasan tentang denyut nadi istirahat dihitung pada posisi berbaring selama satu menit penuh sesuai dengan tabel pada halaman berikut:

Tabel 3.1. Resting Heart Rate in Beats per Minute
(Nelson dan Jhonson, 1986: 167).

PERFORMANCE LEVEL	HEART RATE	
	Men	Women
Excellent	53 and below	56 and below
Good	60 - 54	64 - 57
Fair	65 - 61	71 - 65
Poor	75 - 66	79 - 72
Very Poor	76 and above	80 and above

Menurunnya denyut nadi istirahat pada orang yang terlatih, terutama pada atlet-atlet daya tahan, antara lain disebabkan peningkatan rangsangan terhadap saraf parasimpatis dan penurunan rangsangan terhadap saraf simpatik (Winder, 1978; Fox, 1988; Janssen 1989).

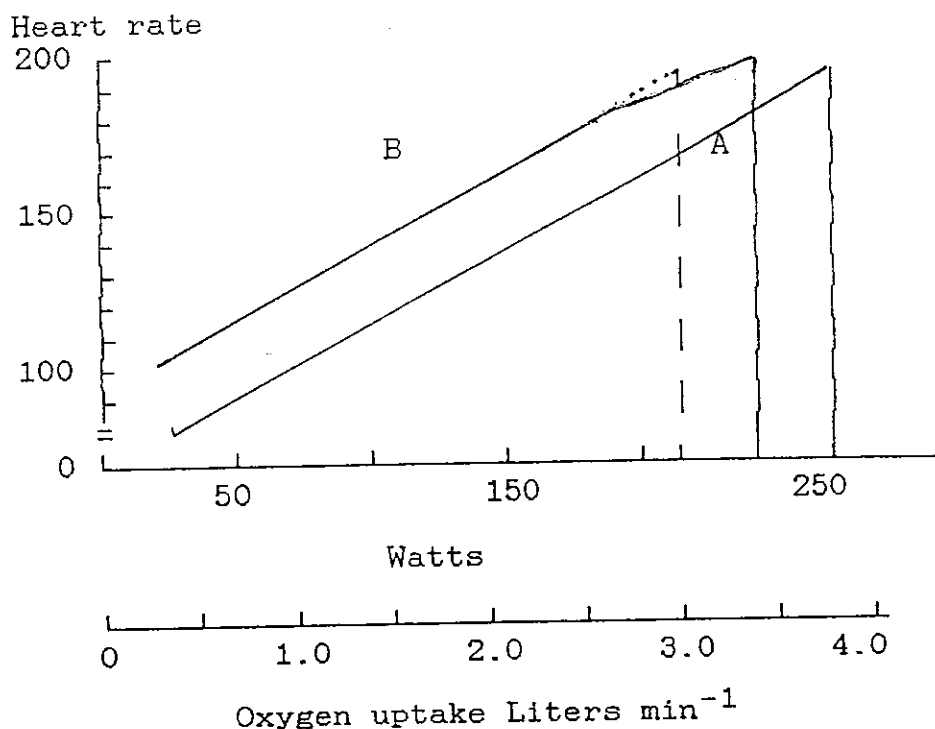
b. Denyut Nadi Maksimal (*Maximal Heart Rate*)

Denyut nadi maksimal merupakan jumlah denyut nadi maksimal yang dicapai per menit waktu melakukan kerja maksimal. Kegunaan mengetahui denyut nadi maksimal, antara lain; sebagai pedoman untuk menentukan beban latihan yang diberikan, melihat pengaruh latihan, mengembangkan program latihan sesuai dengan prinsip-prinsip latihan, dan lain sebagainya (Fox, 1988; Janssen, 1989).

Denyut nadi maksimal menunjukkan penurunan secara linear dengan bertambahnya usia, tetapi ada perbedaan yang agak besar pada denyut nadi maksimal di antara individu yang berusia sama. Orang yang sama-sama berusia 40 tahun mempunyai denyut nadi maksimal sekitar 165 denyut per menit, dan juga ada yang mempunyai denyut nadi maksimal sekitar 185 denyut per menit (Janssen, 1989).

Denyut nadi maksimal antara lain dipengaruhi oleh; (i) aktivitas fisik, karena makin terlatih seseorang memiliki denyut nadi maksimal yang lebih tinggi, (ii) usia, makin lanjut usia seseorang denyut nadi maksimalnya makin rendah.

Makin tinggi beban latihan mengakibatkan kemampuan pengambilan oksigen meningkat, peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya denyut nadi. Denyut nadi maksimal bagi yang terlatih (A) tergambar lebih tinggi dari yang tidak terlatih (B), terlihat bahwa A pada beban kerja yang lebih tinggi dari B belum mencapai titik defleksi denyut nadi, sedangkan bagi B pada beban kerja yang lebih rendah denyut nadinya sudah melewati titik defleksi denyut nadi atau sudah mencapai denyut nadi maksimal. Berarti seseorang yang terlatih memiliki denyut nadi maksimal yang lebih tinggi bila dibandingkan dari yang kurang terlatih, sesuai dengan gambar pada halaman berikut:



Gambar 3.5. Hubungan denyut nadi maksimal dengan kemampuan kerja maksimal dilihat dari besarnya watt dan pengambilan O_2 secara maksimal (Astrand dan Rodahl, 1986: 373).

c. Denyut Nadi Cadangan (*Heart Rate Reserve*)

Denyut nadi cadangan (*heart rate reserve*) merupakan salah satu cara untuk menentukan intensitas latihan dalam membuat program latihan. Cadangan maksimal denyut nadi (*maximal heart rate reserve*) dikembangkan oleh Karvonen dengan memperhitungkan perbedaan antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi maksimal (Bower, 1992; Fox, 1988).

$$\begin{array}{l} \text{HRR} \\ \text{(heart rate} \\ \text{reseve)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{HRmax} \\ \text{(maximal} \\ \text{heart rate)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{HRrest} \\ \text{(resting} \\ \text{heart rate)} \end{array}$$

(Fox, 1988: 291).

C. Tes dan Pengukuran Denyut Nadi Cadangan (*Heart Rate Reserve*)

Untuk menentukan denyut nadi cadangan sebagaimana yang telah dikemukakan, sebelumnya ditentukan denyut nadi istirahat dan denyut nadi maksimal. Selanjutnya denyut nadi maksimal dikurangi dengan denyut nadi istirahat, maka hasil tersebut merupakan denyut nadi cadangan.

1. Denyut Nadi Istirahat

Pengukuran denyut nadi istirahat, dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain, seperti; kesehatan badan, emosi, aktivitas, suhu, usia, posisi tubuh, perhatian serta motivasi pada saat pemeriksaan (Johnson dan Nelson, 1986).

Pengukuran denyut nadi secara konvensional pemeriksaannya dapat dilakukan dengan menggunakan EKG, pulse meter dan lain-lain. Pengukuran tersebut sama-sama punya kelebihan serta kekuarannya. EKG memberikan informasi denyut nadi yang akurat. Pengukuran denyut nadi secara klasik (*palpasi*) punya nilai yang baik, asal dikerjakan oleh tenaga yang berpengalaman dan terlatih (Janssen, 1989).

Pengukuran denyut nadi istirahat dilaksanakan setelah subyek istirahat $\pm \frac{1}{2}$ jam atau keadaan denyut nadi telah stabil, dan diukur dalam keadaan posisi berbaring (Johnson dan Nelson, 1986).

2. Denyut Nadi Maksimal

Denyut nadi maksimal dapat ditentukan dengan melibatkan latihan seseorang pada tingkat maksimal (Fox, 1988). Tes dan pengukuran denyut nadi maksimal dapat dilakukan dengan cara:

a. Menurut Banister (1982).

Pemanasan selama 15 menit, dilanjutkan berlari 5 menit, dan terakhir lari secepat-cepatnya (*sprint*) 200 meter.

b. Mempergunakan Treadmill

Penggunaan treadmill dimulai dengan beban yang rendah, kecepatan dan elevasi lantai treadmill makin lama makin ditingkatkan, sesuai dengan petunjuk beberapa protokol penggunaan treadmill antara lain protokol Bruce, Kattus Balke Ware dan sebagainya (Brooks dan Fahey, 1985; Astrand dan Rodahl, 1986).

c. Menurut Janssen (1989).

Pemanasan ± 15 menit, dilanjutkan berlari 5 menit dan 20" - 30" terakhir *sprint* secara *all-out*.

d. Menurut Tinley's (1994).

Jogging 2 mile (warm up), dilanjutkan lari cepat $\frac{1}{4}$ mile, dan terakhir lari cepat 100 yards.

Denyut nadi maksimal dapat dengan mudah dibaca pada monitor denyut nadi (Janssen, 1989; Tinley's, 1994).

Contoh untuk menentukan denyut nadi cadangan. Setelah dilakukan pengukuran denyut nadi istirahat dan denyut nadi maksimal, maka diketahui denyut nadi istirahat per menit 72 ($HR_{rest} = 72 \text{ BPM}$) dan denyut nadi maksimal 197 per menit ($HR_{max} = 197 \text{ BPM}$), maka denyut nadi cadangan (HRR) adalah 125 per menit. Selanjutnya, berdasarkan denyut nadi cadangan dapat dikembangkan untuk menentukan denyut nadi latihan (*training heart rate*), sesuai dengan tujuan latihan. Seperti untuk meningkatkan daya tahan anaerobik, latihan yang cukup dengan denyut nadi mencapai 80 - 85 % dari denyut nadi maksimal, maka denyut nadi latihan ditentukan 80% dari denyut nadi cadangan kemudian ditambahkan dengan denyut nadi istirahat, sesuai dengan contoh berikut:

HRR (Heart Rate Reserve)	=	HR_{max} (Max.Heart Rate)	-	HR_{rest} (Resting Heart Rate)
125 BPM	=	197 BPM	-	72 BPM

(Bowers, 1992: 239).

Setelah diketahui denyut nadi cadangan seperti yang dikemukakan di atas, selanjutnya dapat ditentukan denyut nadi latihan.

Contoh untuk latihan daya tahan anaerobik

- * 80 - 85 % dari denyut nadi maksimal
- * Denyut nadi cadangan = $197 - 72 = 125$ denyut per-menit
- * Target denyut nadi 80% = $(0,80 \times \text{Denyut nadi Cadangan}) +$
Denyut nadi Istirahat
- * Target denyut nadi 80% = $(0,80 \times 125) + 72$
- * Target denyut nadi 80% = $100 + 72 = 172$ denyut per-menit

Menentukan target denyut nadi latihan, untuk daya tahan anaerobik dan daya tahan aerobik sesuai kutipan berikut:

Batasan target denyut nadi		
Denyut nadi maksimal	180	180
Denyut nadi istirahat	-60	-60
	-----	-----
Denyut nadi cadangan	120	120
Keadaan beban latihan	X.60	X.80
(60-80% batasan DN.)	-----	-----
	72	96
Batasan Denyut nadi	+ 60	+ 60
	-----	-----
	132	155

(Pate, 1991: 100).

Latihan

1. Jelaskanlah pengaruh latihan terhadap isi sekuncup, volume semenit dan denyut nadi, serta kenapa secara fisiologis denyut nadi waktu keadaan isitirahat lebih rendah adalah lebih baik.
2. Jelaskanlah perbedaan ataupun persamaan dari isi sekuncup, volume semenit dan denyut nadi, baik waktu istirahat ataupun latihan maksimal antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih.
3. Tentukanlah target latihan daya tahan aerobik dan daya tahan anaerobik berdasarkan frekuensi denyut nadi.

Rangkuman

Otot jantung secara normal berkontraksi dengan urutan teratur dimulai dari kontraksi atrial (*atrial systole*) kemudian diikuti oleh kontraksi ventrikel (*ventrikel systole*). Selanjutnya atrium dan ventrikel mengalami relaksasi disebut diastole.

Volume darah yang dipompakan oleh jantung dapat diketahui melalui isi sekuncup (*stroke volume*), dan curah jantung (*cardiac output*). Volume stroke volume dalam keadaan istirahat dan latihan maksimal orang yang terlatih lebih besar dari yang tidak terlatih, sedangkan volume curah jantung dalam keadaan istirahat sama antara yang terlatih dengan

yang tidak terlatih, tetapi pada latihan maksimal yang terlatih jauh lebih besar dibandingkan dengan yang tidak terlatih. Frekuensi denyut nadi dapat dijadikan sebagai parameter dalam menentukan intensitas latihan daya tahan aerobik dan daya tahan anaerobik.

BAB IV LATIHAN FISIK

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi pada bab ini meliputi; pengertian tentang latihan fisik, latihan berselang (*interval training*), prinsip-prinsip dasar latihan fisik, fase latihan, beban latihan, karakteristik fisik secara fisiologik untuk mencapai prestasi olahraga dan usia serta masa pembinaan bibit olahraga.

Relevansi

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami tentang peranan latihan untuk meningkatkan kemampuan kondisi fisik. Menerapkan latihan berselang, menerapkan prinsip-prinsip latihan dalam aktivitas olahraga, memberikan atau melaksanakan latihan yang sesuai dengan urutan serta beban latihan, menentukan karakteristik fisik secara fisiologik untuk mencapai prestasi, memahami perkembangan tinggi dan berat badan terhadap olahraga yang akan dikembangkan/dibina serta menerapkan kaitan usia dengan masa pembinaan bibit olahraga.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan peranan latihan dalam meningkatkan kemampuan aktivitas fisik, tujuan antara rasio interval kerja dan interval istirahat dan bagaimana menentukan durasinya.
2. Menjelaskan tujuan dan prinsip-prinsip dasar latihan serta fase latihan.
3. Menjelaskan bagaimana keterkaitan antara intensitas, frekuensi serta lamanya latihan.

Penyajian

Uraian

Latihan merupakan aktivitas olahraga secara sistematis dalam waktu yang lama, ditingkatkan secara progresif dan individual yang mengarah kepada ciri-ciri fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Melalui latihan seseorang mempersiapkan dirinya untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam istilah fisiologisnya, seseorang mengejar tujuan perbaikan sistem organisme dan fungsinya untuk mengoptimalkan prestasi dan penampilan olahraganya (Bompa, 1990).

Latihan merupakan faktor yang sangat penting dalam meningkatkan kekuatan otot, sedangkan kekuatan otot merupakan modal untuk mempermudah mempelajari teknik, mencegah

terjadinya cedera dan dapat mencapai prestasi maksimal. Latihan fisik atau olahraga berpengaruh baik terhadap fungsi jantung. Akibat dari latihan, bahwa pada waktu istirahat jumlah denyut nadi dalam 1 menit (denyut nadi) pada orang yang terlatih lebih rendah dari pada yang tidak terlatih. Frekuensi nadi 40 - 60 pada olahragawan adalah suatu hal yang tidak jarang dijumpai. Johnson dan Nelson (1986)

Latihan akan meningkatkan prestasi kerja, dan peningkatan itu dipengaruhi oleh pemberian beban atau tenaga, pengaturan irama atau frekuensi, masa istirahat dan lamanya kerja (Astrand dan Rodahl, 1986).

Jadi, ruang lingkup latihan harus menambah kapasitas kerja organisme dan cadangan keterampilannya, melakukan hal yang sama dengan mengembangkan ciri-ciri kejiwaan yang kuat, akan mengakibatkan meningkatnya prestasi seseorang (Bompa, 1990).

A. Latihan Berselang (*Interval Training*)

Latihan berselang berlangsung secara silih berganti antara fase kerja (*work interval*) dengan fase istirahat (*rest interval*), dan pada fase istirahatnya dikembangkan berupa istirahat aktif (*work relief*) dan istirahat pasif (*rest relief*). Latihan ini merupakan salah satu bentuk metode latihan yang dapat digunakan bagi semua cabang olahraga, untuk meningkatkan kemampuan konsidi fisik. Dengan menggunakan prinsip-prinsip latihan sedemikian rupa, dapat

meningkatkan sistem anaerobik sebagai sistem enersi utama, maupun sistem aerobik sebagai sistem utama ataupun mengembangkannya secara berimbang sehingga kemampuan fisik akan meningkat secara bertahap (Anarino, 1976; Fox, 1988)

Dalam latihan anaerobik berselang, jika saat istirahatnya dilakukan suatu aktivitas tertentu, maka proses pulih asal ATP - PC akan menjadi terhalang. Berarti, latihan berselang dengan istirahat aktif akan mencegah pembentukan resintesa ATP secara komplit. Dengan sendirinya sistem asam laktat ikut berperan, akibatnya terjadi perbaikan pada sistem asam laktat selain pembentukan pada sistem ATP-PC (Fox, 1988).

Fungsi istirahat dalam suatu latihan mempunyai tiga tujuan, yaitu:

1. Memberikan kesempatan kepada tubuh untuk kembali ke keadaan semula atau dengan istilah pulih asal.
2. Memberi kesempatan untuk resistesis asam laktat menjadi glikogen untuk membentuk enersi baru.
3. Meningkatkan rangsangan untuk melakukan kerja kembali.

(Fox, 1988; Soekarman, 1991).

Dalam interval ini tidak semata-mata hanya mementingkan interval latihannya saja, tetapi interval istirahat tidak boleh diabaikan, baik durasi maupun bentuknya. Interval istirahat dapat berbentuk istirahat pasif (*rest relief*) atau aktif (*work relief*) dan durasi interval

istirahat dinyatakan dengan perbandingan antara waktu latihan dengan waktu istirahat.

Pada interval kerja lama, waktu rasio dengan interval istirahat 1 : $\frac{1}{2}$ atau 1 : 1. Pada interval kerja yang sedang, rasio menjadi 1 : 2, dan pada interval kerja yang singkat dengan beban yang berat, rasio menjadi 1 : 3 (Fox, 1988). Dalam interval istirahat, untuk menentukan istirahat aktif atau istirahat pasif yang dilakukan ditentukan oleh enersi mana yang hendak ditingkatkan. Apabila ingin meningkatkan ATP-PC maka dilakukan interval istirahat pasif, tetapi apabila asam laktat yang ingin ditingkatkan, maka digunakan interval istirahat aktif. Sesuai dengan contoh tabel berikut:

Tabel 4.1. Latihan Interval (Fox, 1988: 308).

Major Energy System	Training Time (Min:Sec)	Repetitions Per Workout	Sets Per Workout	Repetitions Per-Sets	Work-Relief Ratio	Type of Relief Interval
ATP-PC	0:10	50	5	10	1:3	Rest-relief (e.g. walking, flexing)
	0:15	45	5	9		
	0:20	40	4	10		
	0:25	32	4	8		
ATP-PC-LA	0:30	25	5	5	1:3	Work-relief (e.g. light to mild exercise, jogging)
	0:40-0:40	20	4	5		
	1:00-1:10	15	3	5	1:2	
	1:20	10	2	5		
LA-O2	1:30-2:00	8	2	4	1:2	Work-relief
	2:10-2:40	6	1	6	1:1	Rest-relief
	2:50-3:00	4	1	4		
O2	3:00-4:00	4	1	4	1:	Rest-relief
	4:00-5:00	3	1	3	1: $\frac{1}{2}$	

B. Prinsip- Prinsip Dasar Latihan Fisik

Ada beberapa prinsip dasar program latihan yang perlu diperhatikan, adalah:

1. Prinsip beban berlebih (*The Overload Principles*)

Untuk mendapatkan efek latihan yang baik, maka organ tubuh harus diberi beban melebihi beban yang biasanya diterima dalam aktivitas sehari-hari. Beban yang diterima bersifat individual, tetapi pada prinsipnya diberi beban mendekati submaksimal hingga beban submaksimalnya. Prinsip beban berlebih dapat meningkatkan penampilan secara umum (Brooks dan Fahey, 1984; Fox, 1988).

2. Prinsip beban bertambah (*Principle of Progressive Resistance*)

Suatu prinsip peningkatan beban secara bertahap yang dilaksanakan di dalam suatu program latihan. Peningkatan dapat dilakukan dengan cara meningkatkan beban, set, repetisi, frekuensi maupun lama latihan (Fox, 1988; Bowers, 1992). Dalam meningkatkan beban Hakkinen (1993) mengemukakan, bahwa peningkatan beban yang tidak sesuai atau sangat tinggi dapat menurunkan pengaktifan sistem syaraf.

3. Prinsip latihan berurutan (*The principle of Arrangement of Exercise*)

Latihan hendaknya dimulai dari kelompok otot yang besar kemudian baru pada otot yang lebih kecil. Bawers (1992) mengemukakan bahwa hal tersebut berdasarkan alasan:

- a. Otot kecil lebih cepat lelah
- b. Otot besar lebih mudah pelaksanaannya

Jangan melakukan latihan secara berurutan pada kelompok otot yang sama, berilah jarak waktu yang cukup untuk periode pemulihan (*recovery*).

4. Prinsip Kekhususan (*The Principle of Spesificity*)

Bouchard (1975) mengemukakan "Setiap fungsi (kualitas) yang spesifik masing-masingnya memerlukan latihan yang spesifik. Sebelumnya Frederich (1969) menyatakan "Jika atlet bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, atlet harus latihan kekuatan, jika atlet ingin mengembangkan daya tahan harus latihan daya tahan dan seterusnya. Fox (1992) mengemukakan, bahwa prinsip kekhususan mempunyai beberapa aspek, yaitu:

- a. Spesifik terhadap kelompok otot yang dilatih
- b. Spesifik terhadap pola gerakan (*movement pattern*), walaupun sistem enersi utamanya (*Predominant energy system*) tetapi pola gerakannya berbeda.
- c. Sistem enersi utama (*Predominan energy system*)

Sprinter berbeda dengan pelari merathon walaupun pola

gerak serta kelompok otot yang terlibat sama.

d. Sudut sendi (*Joint-angle*)

Sudut sendi harus diperhatikan khususnya pada latihan. Kalau latihan itu melibatkan satu sendi, maka tentukan sudut sendi sedemikian rupa, sehingga tidak melibatkan peranan sendi-sendi lainnya.

e. Jenis kontraksi

Perlu diketahui bahwa kekuatan yang dihasilkan dengan kontraksi isotonik akan berbeda hasilnya kalau di test dengan kontraksi isometrik, kontraksi isometrik dan kontraksi isokinetik demikian sebaliknya. Karena itu kalau olahraga yang kita tangani memerlukan kontraksi isokinetik maka latihan yang kita berikan idealnya juga kontraksi isokinetik.

5. Prinsip Individual (*The Principle of Individuality*)

Faktor individu juga harus diperhatikan, karena mereka pada dasarnya mempunyai karakteristik yang berbeda baik secara fisik maupun psikologis (Bompa, 1990).

6. Prinsip Pulih Asal (*Recovery*)

Pemulihan mengembalikan kondisi tubuh pada keadaan sebelum aktivitas. Bertujuan; pemulihan cadangan enersi, membuang asam laktat dari darah dan otot, dan pemulihan cadangan oksigen (Soekarman, 1991).

7. Prinsip Kembali Asal (*The Principle of Reversibility*)

Hasil peningkatan kualitas fisik akan menurun kembali apabila tidak dilakukan latihan dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, kesinambungan suatu latihan dalam hal ini mempunyai peranan yang sangat penting. (Hazeldine, 1989).

Proses mencapai jenjang prestasi puncak memerlukan waktu yang panjang dan perjuangan yang berat, sesuai yang dikemukakan Bompas (1990) sebagai berikut:

"Training above everything, is a systematic athletic activity of long duration, progressively and individually graded, aiming at modeling the human's physiological and psychological functions to meet demanding tasks".

Berarti dari kutipan di atas, untuk mencapai prestasi puncak, latihan fisik harus secara teratur berkesinambungan dengan mengikuti suatu program yang sistematis progresif bersifat individu, serta menghasilkan rangsangan progresif terhadap fisiologis dan psikologis.

C. Fase Latihan

1. Pemanasan (*Warming up*)

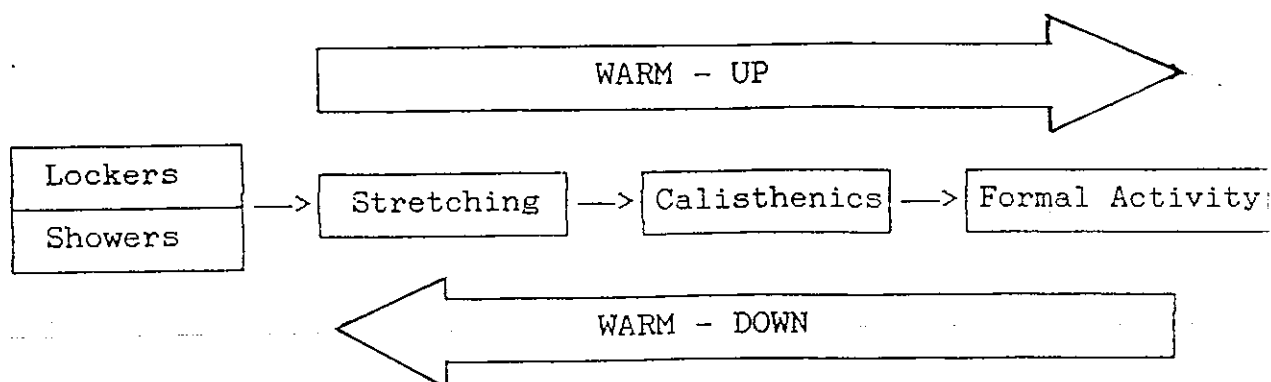
Sebelum atlet melakukan latihan, terlebih dulu harus melakukan pemanasan yang bertujuan untuk meningkatkan suhu tubuh agar dalam melakukan aktivitas dapat mempersiapkan fisik dan psikis supaya terhindar dari terjadinya cedera.

Sandra (1992) mengemukakan, manfaat dari pemanasan antara lain adalah:

- a. Meningkatkan penyebaran oksigen ke otot-otot dengan jalan meningkatkan tekanan darah dan meningkatkan kemampuan hemoglobin.
- b. Membuka kemungkinan kontraksi yang lebih cepat.
- c. Meningkatkan koordinasi.
- d. Meningkatkan motivasi dan konsentrasi.

2. Pelepasan (*Coolling down*)

Setelah melakukan latihan, maka perlu melakukan pendinginan yang difokuskan pada pemulihan otot, dan sebaiknya dilakukan segera setelah latihan. Aktivitas bersifat erobik tidak keras menaikkan aliran darah ke otot tanpa menghasilkan tambahan asam laktat. Selanjutnya disusul dengan latihan peregangan dengan menekan pada gerakan-gerakan yang perlahan dan terkontrol (Anderson, 1980). Sebagai contoh sesuai dengan Bagan berikut:



Bagan 4.1. Fase latihan (Bowers, 1992: 247).

D. Beban Latihan

1. Intensitas Latihan

Intensitas latihan adalah menunjukkan seberapa berat atau kerasnya latihan yang dilakukan. Berat ringannya latihan akan berpengaruh pada pengembangan sistem enersi utamanya, karena glikolisis anaerobik segera akan terhenti jika konsumsi oksigen mencukupi kebutuhan. Meningkatnya produksi asam laktat akan berjalan lambat dan penumpukannya akan berkurang.

Menurut Janssen (1989) melalui pembuatan kurva asam laktat dapat menentukan nilai ambang anaerobik yang dikaitkan antara pembebanan latihan dengan kadar asam laktat dalam darah. Tetapi terdapatnya kendala dalam pemeriksaan kadar asam laktat, karena memerlukan keahlian tersendiri, selain alatnya mahal dan pengukuran di lapangan sangat sulit.

Akhir-akhir ini Conconi yang dikutip oleh Janssen (1989) mengemukakan hasil penelitiannya, bahwa nilai ambang anaerobik dapat ditentukan melalui denyut nadi. Peningkatan denyut nadi dengan intensitas latihan adanya korelasi linear, tetapi pada latihan yang sangat intensif denyut nadi tidak berjalan paralel, ditemukan kenaikan denyut nadi tertinggal pada titik tertentu (*defleksi*), keadaan ini menunjukkan intensitas latihan telah mencapai maksimum yang dapat dilakukan dengan pasok enersi anaerobik dan aerobik secara maksimal.

Dalam menentukan intensitas latihan agar mencapai zone latihan, sesuai dengan tujuan latihan yang akan dikembangkan, maka denyut nadi dapat dijadikan sebagai ukurannya, disebut dengan denyut nadi latihan (*training heart rate*). Untuk mengetahui denyut nadi latihan dapat ditentukan dari persentase denyut nadi cadangan (*heart rate reserve*). Peningkatan daya sistem anaerobik intensitas latihan sama atau melebihi sub maksimal atau diatas 80% dari kemampuan maksimal, sedangkan untuk peningkatan sistem daya aerobik intensitas latihan sekitar 60% dari kemampuan maksimal. Untuk menentukan denyut nadi cadangan dilakukan dengan mengurangi denyut nadi maksimal dengan frekuensi denyut nadi istirahat (Fox, 1988; Pate, 1991, Bowers, 1992).

2. Frekuensi dan Lama latihan

Frekuensi latihan menunjukkan berapa kali latihan dilakukan per minggu, dan lama latihan adalah berapa bulan atau berapa minggu program latihan dijalankan serta berapa lama latihan dilakukan dalam setiap kali latihan (Bompa, 1993). Intensitas, frekuensi dan lama latihan saling terkait dan mempengaruhi; bila intensitas tinggi ($85\% \dot{V}O_2 \max$) lama latihan boleh 15 - 12 menit, sebaliknya bila intensitas rendah, maka waktu latihan harus lama. Pollock (1977) mengemukakan, untuk meningkatkan daya tahan aerobik cukup 15 - 60 menit secara kontinyu. Sedangkan menurut Pate (1984) dan Bowers (1992), 6 - 8 minggu latihan telah memberikan efek

yang cukup berarti bagi atlet.

Frekuensi latihan yang tinggi, biasanya lama latihan relatif lebih singkat dari pada latihan dengan frekuensi rendah (Soekarman, 1987). Menurut Annarino (1976) dan Bowers (1992), tiga kali latihan seminggu sudah dapat mengembangkan daya tahan, kekuatan dan kelentukan.

E. Karakteristik Fisik Secara Fisiologis

Secara fisiologik, kreateristik fisik yang diperlukan untuk mencapai prestasi puncak adalah:

1. Antropometrik, meliputi ukuran tubuh, bentuk luar dan struktur komponen dalam tubuh.
2. Fungsional organ, meliputi fungsi sistem Jantung, peredaran darah dan pernapasan (Cardiorespiratory).
3. Mekanik, meliputi komponen-komponen kemampuan dasar (*motor ability*) seperti; kekuatan, daya ledak daya tahan, kecepatan dan sebagainya.
4. Distribusi bahan-bahan esensial, seperti enzim dan hormon.
5. Psikologis, meliputi aptitude atlet baik waktu latihan apalagi saat pertandingan.

Selain kreateristik fisik fisiologis sebagai yang dikemukakan di atas, faktor genetik sangat menentukan untuk mencapai prestasi puncak. Bakat alamiah yang diturunkan oleh kedua orang tua, secara biologis disimpan dalam kromosome yang mempunyai ciri tertentu. Hal ini dapat menentukan

memilih atlet secara selektif, agar tidak memilih atlet yang tidak mampu mencapai prestasi puncak, karena tidak memiliki latar belakang kondisi fisik dan psikologi untuk berkembang, dan juga disisi lain dapat mencegah pemborosan waktu dan dana.

F. Perkembangan Tinggi dan Berat Badan

Tinggi dan berat badan erat sekali hubungan yang dengan kreatoristik mekanik dari cabang olahraga. Pada cabang olahraga tertentu bila persyaratan tinggi tidak terpenuhi maka usaha untuk mencapai prestasi dalam cabang olahraga tersebut akan sia-sia. Perkembangan tinggi badan sangat ditentukan oleh keturunan dan gizi, dan masa puncak kecepatan pertumbuhan badan bagi laki-laki pada umur 14 - 15 tahun, sedangkan bagi wanita terjadi pada umur 12 tahun (Astrand dan Rodahl, 1986)..

Berat badan merupakan sebagai ratio dengan tinggi badan atau efesiensi fungsional sistem kardiorespirasi. Bagi cabang olahraga yang bersifat aerobik dibutuhkan ratio berat badan dengan tinggi yang realtif kecil, dan bagi cabang olahraga yang bersifat anaerobik dibutuhkan ratio berat badan dengan tinggi perlu relatif besar (Astrand dan Rodahl, 1986)..

G. Usia dan Masa Pembinaan Bibit Olahraga

Anak dapat disalurkan terhadap olahraga yang digemarinya tergantung dari usia dan jenis cabang olahraganya. Sebagai gambaran Dal Monte (1975) mengemukakan sebagai berikut:

- Usia 8 tahun mulai cabang olahraga; senam, sepakbola, tenis, sepatu roda dan berkuda.
- Usia 10 tahun mulai cabang olahraga; bersepeda, kano, lari pada atletik, judo, volley, basket, hockey, bola tangan, anggar dan menyelam.
- Usia 12 tahun, mulai cabang olahraga; polo air, panahan, menembak, loncat.
- Usia 13 - 14 tahun mulai dapat melakukan praktis dengan nomor-nomor lempar tetapi terbatas pada alat-alat yang ringan.
- Usia 15 - 16 tahun mulai cabang olahraga angkat besi dan gulat.

Apabila anak sudah mulai dilatih belajar ketrampilan olahraga, berarti latihan spesifik telah mulai diberikan berdasarkan konsep fisiologis (*exercise physiology*) tetapi terbatas terhadap penguasaan neuromuskular yang diperlukan dalam koordinasi gerak dan ketrampilan olahraga. Dalam tahap ini tujuan yang ingin dicapai adalah peningkatan derajat kesehatan anak, keakraban dan kecintaan anak terhadap olahraga yang diikutinya, peningkatan penguasaan koordinasi sistem neuromuskular dan tentu saja akan terjadi peningkatan kapasitas efisiensi fungsional organ lainnya. Karena itu,

sangat ditekankan dalam tahap ini beban latihan tidak boleh berlebihan (*over training*), harus disesuaikan dengan kemampuannya.

Berdasarkan klasifikasi perkembangan ketrampilan motorik dengan usia, maka masa terbaik untuk pembinaan bibit olahraga adalah seusia anak dan remaja (SD dan SMTP), pada masa ini terjadinya perkembangan pola dasar gerak dan penghalusan ketrampilan. Sedangkan usia SMU merupakan pematangan ketrampilan, karena itu spesialisasi gerakan diperoleh semasa SMTP.

Latihan

1. Jelaskanlah peranan latihan dalam meningkatkan kemampuan fisik ?
2. Jelaskanlah berdasarkan apa dan bagaimana menentukan durasi kerja dan istirahat pada latihan interval ?
3. Jelaskanlah tujuan dari prinsip dasar latihan ?

Rangkuman

Latihan merupakan aktivitas fisik secara sistematis dalam waktu yang lama, ditingkatkan secara progresif dan individual, mengarah kepada ciri-ciri fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan prestasi kerja dipengaruhi oleh pemberian beban atau tenaga, pengaturan masa istirahat dan lamanya kerja.

Latihan interval merupakan salah satu bentuk metode latihan yang dapat digunakan bagi semua cabang olahraga untuk meningkatkan kemampuan kondisi fisik. Latihan interval berlangsung secara silih berganti antara fase kerja (*work interval*) dengan fase istirahat (*rest interval*) dan pada fase istirahat dikembangkan berupa istirahat aktif (*work relief*) dan pasif (*rest relief*). Pada interval kerja lama, waktu rasio dengan interval istirahat 1 : $\frac{1}{2}$ atau 1 : 1. Pada interval kerja yang sedang, rasio menjadi 1 : 2, dan pada interval kerja yang singkat dengan beban yang berat, rasio menjadi 1 : 3

Dalam meningkatkan kemampuan fisik melalui latihan perlu diperhatikan prinsip-prinsip dasar latihan yakni; prinsip beban berlebih, prinsip beban bertambah, prinsip latihan berurutan, prinsip kekhususan, prinsip individual, prinsip pulih asal dan prinsip kembali asal. Disamping itu perlu diperhatikan tentang fase latihan yang meliputi pemanasan, latihan inti dan pelepasan. Dalam latihan ini perlu dipertimbangkan intensitas, frekuensi dan lamanya latihan.

BAB V PEMULIHAN

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi pada bab ini, mengkaji tentang peran pemulihan dalam suatu latihan atau perlombaan agar tidak mengalami kehabisan tenaga. Pemulihan meliputi; pemulihan cadangan enersi, membuang asam laktat dari dalam darah dan otot, serta pemulihan cadangan oksigen.

Relevansi

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami kegunaan pemulihan serta menerapkannya waktu melakukan aktivitas fisik, baik waktu latihan ataupun perlombaan yang sesuai dengan bentuk aktivitas atau olahraga yang dilakukan.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan kegunaan pemulihan waktu melakukan latihan atau perlombaan.
2. Menjelaskan pemulihan tentang cadangan glikogen, membuang asam laktat dari dalam darah dan otot, serta pemulihan cadangan oksigen.

Penyajian

Uraian

Pulih asal (*recovery*) merupakan salah satu dari prinsip latihan yang sangat penting diperhatikan, karena pemulihan setelah latihan dan apalagi selama masa turnamen sangat menentukan terhadap kemampuan fisik selanjutnya, baik untuk latihan ataupun mengikuti pertandingan berikutnya.

Pertandingan yang diikuti dalam beberapa hari (*all out*), maka cadangan enersi dalam tubuh sangat berkurang, sehingga pada akhir pertandingan penampilan kurang sempurna, dan kemungkinan besar akan dapat mengalami kekalahan. Kekalahan yang terjadi bukan disebabkan karena ketinggalan teknik tetapi disebabkan kehabisan tenaga, apalagi cadangan glikogen di otot dan dihati sangat rendah. Jika kemampuan fisik sudah rendah, maka akan berpengaruh terhadap kematangan teknik dan taktik.

Pengadaan enersi dalam jaringan otot tidak sama dengan pengisian bahan bakar pada mesin mobil. Pengisian enersi pada otot memerlukan waktu yang lebih lama, karena pengadaan enersi dalam otot melalui proses enzimatis (menggunakan enzim), sedangkan pada mesin mobil cukup menuangkan bahan bakar ke dalam tengkinya. Berarti, sebelum bertanding latihan yang dilakukan disamping meningkatkan kemampuan dan ketrampilan gerak serta teknik,

juga latihan ditujukan untuk peningkatan cadangan enersi yang bersangkutan sehingga waktu mengikuti pertandingan memiliki cadangan enersi yang tinggi. Persediaan cadangan enersi yang tinggi pada awal pertandingan serta pemulihan yang baik, maka kemampuan fisik akan lebih tinggi sehingga penampilan saat turnamen akan lebih sempurna.

Seharusnya pelatih dan atlet mengetahui bagaimana meningkatkan, menguras dan memulihkan kembali dari sistem enersi tersebut. Menurut (Soekarman, 1991) bahwa, pemulihan adalah mengembalikan kondisi tubuh pada keadaan sebelum perlombaan atau latihan yang meliputi:

1. Pemulihan cadangan enersi
2. Membuang asam laktat dari dalam darah dan otot
3. Pemulihan cadangan oksigen

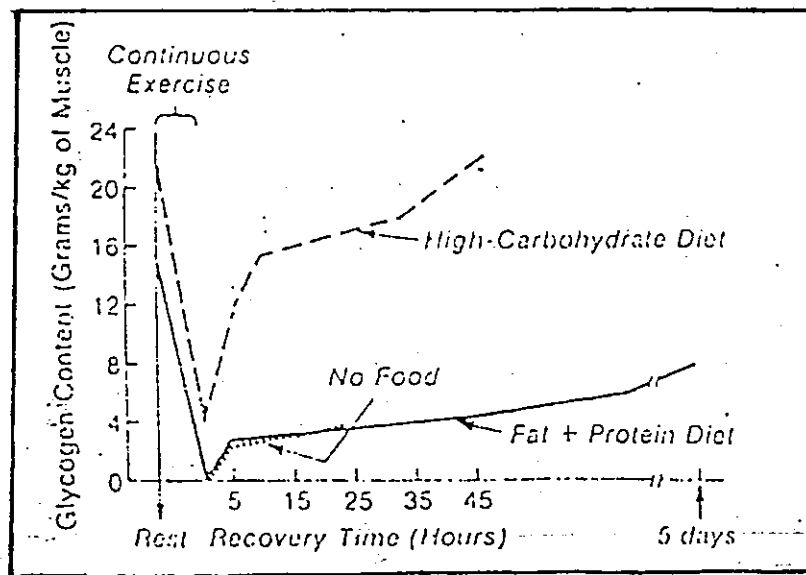
A. Pemulihan Cadangan Enersi

Selama pemulihan cadangan enersi yang lebih cepat dapat diganti adalah; sistem phosphagen (ATP-PC dalam otot) dan kemudian glikogen yang terdapat dalam otot dan hati. Sebagaimana diketahui bahwa persediaan cadangan ATP-PC dalam otot sangat sedikit dan akan habis dipergunakan jika berlatih dalam beberapa detik saja. Fox (1988) mengemukakan, bahwa diseluruh tubuh tersedia 570-690 mM ATP-PC dengan jumlah kalori sebesar 5,7-6,9 Kcal. Dengan melakukan pemulihan selama 30 detik, maka ATP-PC sudah

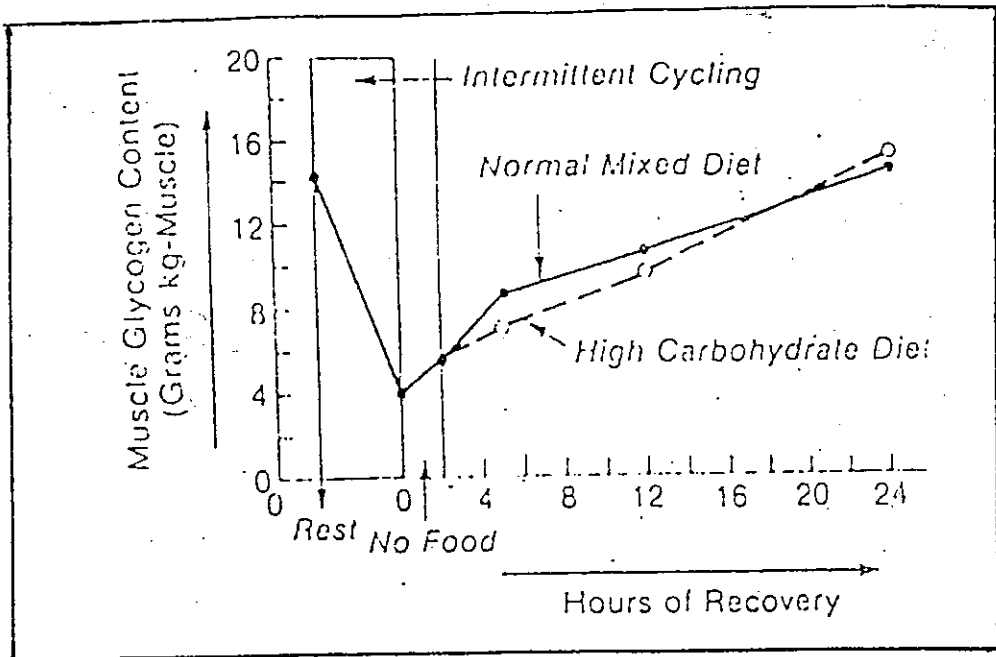
terbentuk kembali 70%, sedangkan pemulihan yang sempurna berkisar antara 3 - 5 menit. Berarti selama pemulihan diperlukan oksigen, tetapi bila oksigen tidak cukup maka pemulihan tidak akan sempurna.

Cadangan kadar glikogen dalam otot maupun di hati tentunya berkurang waktu latihan ataupun pertandingan. Besarnya pengurangan tersebut tergantung dari berat ringan dan lamanya latihan yang dilakukan. Pada umumnya latihan yang bersifat ketahanan dan kontinyu lebih banyak pengurangan glikogen dibandingkan dengan latihan yang bersifat intermitten.

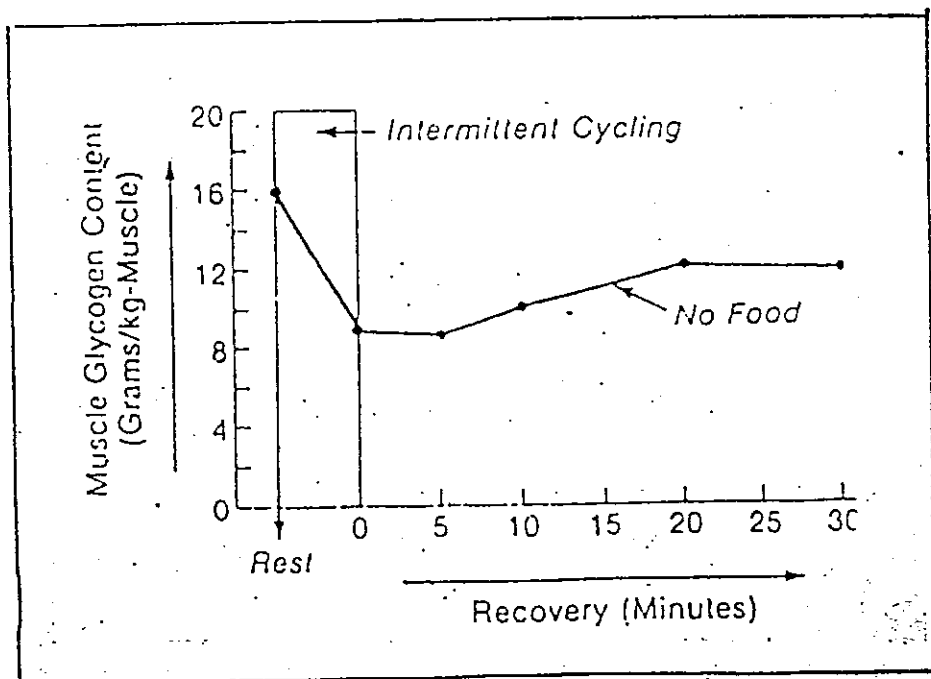
Pemulihan glikogen sesudah melakukan latihan/pertandingan yang lama dengan beban yang berat sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 5.1. Pemulihan glikogen otot (Fox, 1988;46).



Gambar 5.2. Pulih asal glikogen dengan diet normal dan tinggi karbohidrat (Fox, 1988;47).



Gambar 5.3. Pulih asal glikogen per-menit tanpa makanan (Fox, 1988;47).

Berdasarkan dari tiga gambar di atas, dapat dikemukakan antara lain sebagai berikut:

1. Jangka waktu 30 menit - 2 jam setelah latihan hanya sedikit sekali terbentuk pemulihan glikogen.
2. Karbohidrat yang tinggi dibutuhkan untuk pemulihan glikogen, tetapi jika selama pemulihan konsumsi karbohidrat rendah maka pemulihan glikogen akan sedikit.
3. Pembentukan glikogen dibutuhkan diet karbohidrat yang tinggi, dan komplitnya resintesa glikogen otot selama 24 jam pemulihan.
4. Resintesa glikogen otot terjadi lebih cepat dengan pemulihan beberapa jam, selama dua jam telah terjadi pemulihan 39% dan lima jam terjadi pemulihan glikogen 53%.

Berdasarkan gambar dan uraian di atas dapat dikemukakan bahwa, atlet setelah latihan dan selama masa pertandingan harus diusahakan cukup mendapat diet dengan karbohidrat yang tinggi. Lebih baiknya setelah makan diberikan es krim atau pencuci mulut lainnya dengan yang manis.

Pemulihan glikogen lebih cepat terjadi pada serabut otot cepat bila dibandingkan dengan otot lambat. Berarti pemulihan cadangan enersi sangat ditentukan oleh; diet dengan karbohidrat yang tinggi, macam serabut otot, aktivitas fisik atau latihan yang dilakukan selama masa pemulihan. Apabila selama pemulihan dilakukan istirahat

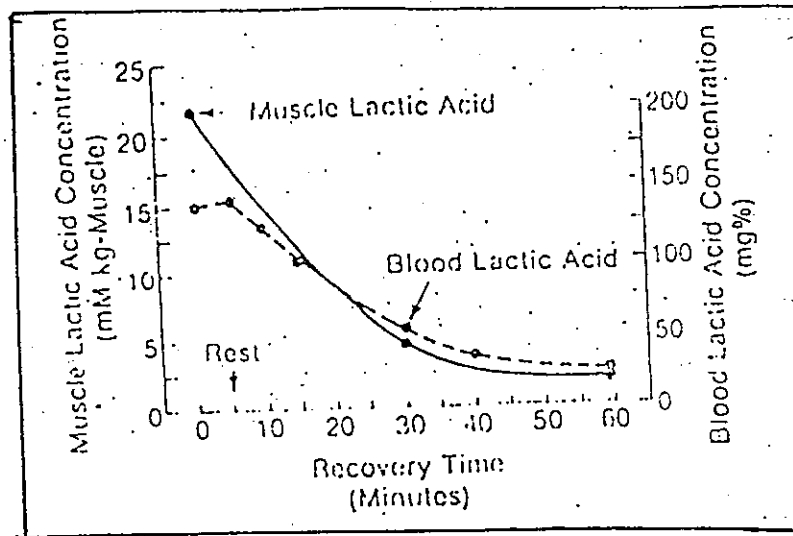
total maka masa pemulihan akan lebih lama, pemulihan akan lebih cepat lagi bila berlatih secara intermitten ataupun berlatih secara kontinyu.

B. Membuang Asam Laktat Dari Dalam Darah dan Otot

Beban latihan sangat menentukan kadar asam laktat dalam darah dan otot, bertambah berat beban latihan mengakibatkan bertambah besar pula kadar asam laktat dalam darah dan otot, sehingga makin tinggi pula kelelahan dialami. Karena itu berusaha bagaimana kadar asam laktat dalam tubuh rendah atau dikembalikan ke kadar sebelum melakukan latihan.

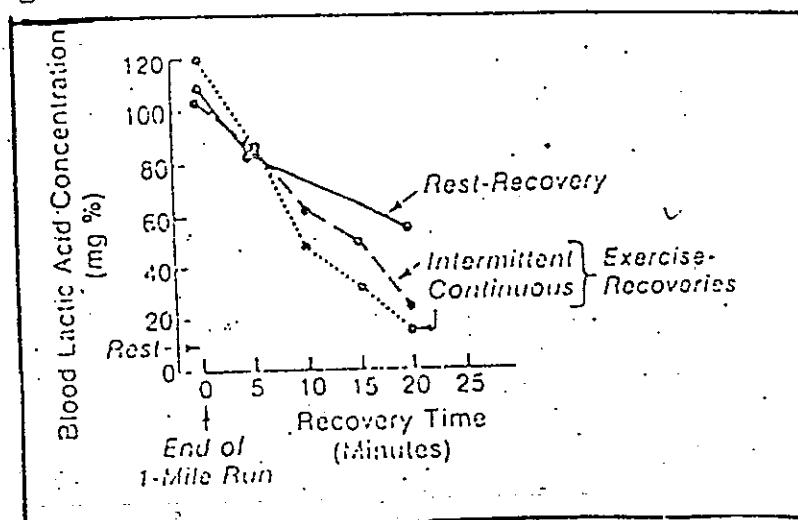
Dalam keadaan istirahat selalu ada asam laktat dalam darah, kadar asam laktat darah normal adalah 0,44 - 1.8 mmol/L darah atau 4 - 16 mg/100 ml darah kadar ini akan bertambah tergantung dari beratnya latihan yang dilakukan. Dengan melakukan latihan sebesar 60% VO_2 maksimal sudah mulai meningkat kadar asam laktat (Brooks dan Fahey, 1985).

Jangka waktu pembuangan asam laktat dari darah dan otot dapat dilihat pada gambar halaman berikut:



Gambar 5.4. Pembuangan asam laktat dari darah dan otot selama pemulihan setelah latihan fisik yang melelahkan (Fox, 1988; 50).

Kadar asam laktat dalam darah setelah melakukan latihan fisik yang berat sampai maksimal dapat dibuang lebih cepat dengan melakukan latihan fisik yang ringan dibanding dengan istirahat sepanjang masa pemulihan, sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 5.5. Pembuangan asam laktat dari darah dengan istirahat, jogging dan latihan intermittent setelah latihan berat (Fox, 1988;51).

Berdasarkan gambar di atas ada tiga macam usaha pembuangan asam laktat; istirahat, jogging, dan latihan intermittent. Ternyata dari ketiga macam periode pemulihan tersebut yang paling cepat membuang asam laktat adalah dengan jogging.

Adapun intensitas latihan fisik selama pemulihan yang menghasilkan kecepatan pembuangan asam laktat yang tercepat bagi yang tidak terlatih antara 30% - 40% VO_2 max, sedangkan bagi yang terlatih pada intensitas antara 40% - 50% VO_2 max. Sebagian besar dari asam laktat yang dioksidasi oleh otot terjadi dalam serabut-serabut otot lambat dan bukannya serabut-serabut otot cepat. Hal ini merupakan sebab utama mengapa pembuangan asam laktat lebih cepat selama pemulihan dengan latihan fisik ringan dibandingkan pemulihan dengan istirahat. Karena waktu pemulihan latihan ringan, mengakibatkan aliran darah yang membawa asam laktat ke otot-otot maupun kecepatan metabolisme otot-otot yang aktif sangat meningkat. Di samping latihan fisik ringan lebih banyak menggunakan serabut-serabut otot lambat. (Fox, 1988).

C. Pemulihan Cadangan Oksigen

Konsumsi oksigen berlanjut pada tingkat yang lebih tinggi selama beberapa waktu setelah latihan atau masa pemulihan, yang lamanya tergantung dari intensitas lati-

han fisik yang dilakukan. Banyaknya oksigen yang dikonsumsi selama pemulihan disebut oksigen pemulihan (*recovery oxygen*). Oksigen yang dikonsumsi selama pemulihan terutama digunakan untuk menyediakan energi bagi pemulihan tubuh termasuk pengisian kembali simpanan-simpanan energi yang terkuras dan membuang asam laktat dalam darah dan otot (Fox, 1988).

Apabila selama latihan fisik sumber energi yang dikuras adalah ATP-PC yang disimpan dalam otot dan hati atau semakin besar pengurasan fosfagen selama latihan fisik, akan semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan untuk pemulihan setelah latihan fisik (Bowers dan Fox, 1992).

Di dalam otot oksigen bersenyawa dengan myoglobin semacam protein yang mempunyai sifat mengikat oksigen. Oksigen yang tersimpan dan terikat dengan myoglobin ini diperkirakan 11,2 ml/kg otot, jika berat otot seseorang 35 kg, maka oksigen yang tersimpan $30 \times 11,2 \text{ ml} = 336 \text{ ml O}_2$. Dilihat kebutuhan cadangan oksigen secara sepiantas saja tidak begitu banyak, tetapi lain keadaannya pada waktu latihan dan apalagi jika latihannya bersifat interval/intermitten.

Apabila seseorang dengan berat otot 15 kg melakukan latihan intermitten dengan lari cepat selama 15 detik dan selanjutnya diselingi istirahat 15 detik, jika ia berla-

tih selama 1 jam, berarti waktu istirahat sebanyak 120 kali. Pemulihan oksigen selama istirahat $168 / 2 = 84$ ml O_2 setiap istirahat atau $84 \times 120 = 10,080$ ml sama dengan 10 liter lebih per jam. Suatu perkiraan jumlah oksigen yang cukup besar untuk membentuk 3 mol ATP selama periode latihan (Fox, 1988).

Sebagai gambaran berapa lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan setelah melakukan latihan yang melelahkan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 5.1. Lamanya Waktu Pemulihan Setelah latihan Yang Melelahkan (Fox, 1988; 56).

Proses Pemulihan	Lamanya waktu pemulihan	
	Minimum	Maksimum
Pemulihan kembali persediaan phosphagen otot (ATP + PC)	2 menit	5 menit
Reduksi fase pemulihan cepat Resintesa glikogen otot	3 menit	5 menit
Setelah latihan kontinuis	10 jam	46 jam
Setelah latihan intermitten	5 jam	24 jam
Penambahan glikogen hati	tdk.diketahui	12-24 jam
Perpindahan asam laktat dari darah dan otot		
Pemulihan dengan latihan	30 menit	1 jam
Pemulihan dengan istirahat	1 jam	2 jam
Reduksi fase pemulihan lambat	30 menit	1 jam
Pemulihan persediaan O_2	10-15 detik	1 menit

Dari tabel di atas dapat disimpulkan, bahwa lamanya pemulihan tergantung dari sistem enersi yang dipergunakan serta unsur pemulihan yang terjadi sesuai dengan aktivitas fisik dalam waktu pemulihannya.

Latihan

1. Jelaskanlah kenapa perlunya pemulihan dalam aktivitas fisik baik waktu latihan ataupun perlombaan ?
2. Jelaskanlah perubahan apa yang terjadi dengan melakukan pemulihan waktu latihan ataupun perlombaan ?

Rangkuman

Pemulihan bertujuan untuk mengembalikan kondisi tubuh pada keadaan sebelum perlombaan atau latihan. Durasi pemulihan tergantung dari sistem metabolisme enersi yang digunakan waktu melakukan aktivitas fisik tersebut. Perubahan yang terjadi dengan melakukan pemulihan meliputi; pemulihan cadangan enersi, membuang asam laktat dari dalam darah dan otot serta pemulihan cadangan oksigen.

BAB VI

PENGAROH AKTIVITAS FISIK TERHADAP SISTEM BIOLOGIS

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi pada bab ini meliputi; pentingnya arti gerak bagi kehidupan manusia, sehingga menimbulkan perubahan-perubahan yang baik terhadap sistem biologis tubuh. Perubahan-perubahan tersebut meliputi perubahan kimia, perubahan serabut otot, perubahan pada sistem kardiorespirasi, perubahan komposisi tubuh, tekanan darah, aklimatisasi terhadap panas dan dingin serta perubahan jaringan ikat.

Relevansi

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami pentingnya arti aktivitas fisik terhadap perbaikan sistem biologis tubuh. Perubahan tersebut akan memacu mahasiswa sebagai motivator untuk membina dan mengembangkan tingkat kesegaran jasmani pada setiap lapisan masyarakat.

Tujuan Intruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan peranan gerak terhadap kebutuhan kehidupan manusia.
2. Menjelaskan perubahan-perubahan secara fisiologis akibat

melakukan aktivitas fisik.

3. Menjelaskan pengaruh latihan pada daerah ketinggian terhadap sistem biologis.

Penyajian

Uraian

Gerak merupakan salah satu ciri dari semua makhluk hidup, karena gerakan diperlukan untuk mempertahankan hidup seluruh sel-sel dalam tubuh. Seaton, dkk. (1974) mengemukakan, gerakan sebagai sifat dari semua sel yang hidup (*life is activity*). Jika sistem anggota gerak tubuh tidak melakukan gerakan, maka manusia sebagai makhluk biologi tidak akan berumur panjang. Sebagai makhluk hidup, manusia tidak terlepas dari hukum alam, yaitu harus mampu beradaptasi dengan lingkungannya untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Dalam kaitan ini, maka gerak merupakan elemen bagi kehidupan manusia (Weineck, 1986).

Kegunaan gerakan-gerakan seluruh sistem dalam tubuh selain untuk menerapkan fungsinya, juga untuk mempertahankan hidup terhadap kemampuan tiap sel-sel tubuh. Karena itu, kegiatan olahraga merupakan salah satu mekanisme untuk memperpanjang kemampuan dan kualitas hidup (*quality of life*).

Apabila aktivitas olahraga dilakukan sesuai dengan prinsip-prinsip dasarnya, maka akan dapat meningkatkan kualitas fisik, sehingga terjadinya efisiensi fungsional

yang optimal. Peningkatan ini, menimbulkan perubahan-perubahan atau pengaruh yang baik terhadap sistem biologis tubuh. Adapun perubahan-perubahan yang dimaksud, menurut Fox (1988) terdiri dari: perubahan kimia, perubahan serabut otot, dan perubahan pada sistem kardiorespirasi, serta perubahan-perubahan lainnya yang meliputi; perubahan komposisi tubuh, perubahan kadar kolesterol dan trigliserid, perubahan tekanan darah, perubahan aklimatisasi terhadap panas dan perubahan jaringan ikat.

Aktivitas fisik dengan beban yang berlebihan atau diluar batas toleransi kemampuan, menimbulkan pengaruh negatif terhadap kondisi biologis tubuh, karena bagaimanapun juga tubuh seseorang tidak dapat beradaptasi lebih dari kemampuannya.

A. Perubahan Kimia

Perubahan ini terdiri dari perubahan anaerobik dan aerobik. Perubahan anaerobik yang terjadi dalam sel otot, diantaranya adalah:

1. Meningkatnya kapasitas sistem fosfogen, karena meningkatnya ATP-PC yang tersedia dalam otot dan meningkatnya aktivitas enzim-enzim: ATP-ase, miokinase dan kreatinkinase (Eriksson, 1973; thorstensson, 1975).
2. Meningkatnya kapasitas glikolitik, hal ini akibat aktivasi fosfofruktokinase, terutama pada atlet sprinter dan atlet yang dalam aktivitasnya memerlukan daya ledak (explosive power) (Costill, 1977; Fournier, 1982).

Sedangkan perubahan aerobik yang terjadi dalam otot, yang penting diantaranya adalah:

- a. Meningkatnya mioglobin sebagai zat pengikat oksigen (Hicson, 1981).
- b. Meningkatnya kemampuan oksidasi karbohidrat dalam menghasilkan ATP untuk meningkatkan VO_2 maks, melalui peningkatan jumlah, besar dan luas permukaan mitokondria, disamping itu terjadi pula peningkatan enzim-enzim siklus Krebs dan sistem transpor elektron (Benzi, 1975; Gollnick, 1973).
- c. Meningkatnya pembakaran lemak (Gollnick, 1977), terutama pada latihan ketahanan (endurance training) dengan intensitas yang moderat. Dalam hal ini terjadi penurunan konsentrasi asam laktat darah serta meningkatnya ketergantungan otot-otot rangka terhadap asam lemak sebagai sumber resintesa ATP.

B. Perubahan pada serabut otot

Latihan anaerobik lebih jelas pengaruhnya terhadap serabut otot cepat (*fast twitch fiber*), sedangkan latihan aerobik terhadap otot lambat (*slow twitch fiber*). Terjadinya hipertrofi dengan meningkat dan membesarnya serabut otot serta bertambahnya jumlah pembuluh kapiler otot. Jumlah kapiler yang mengelilingi serabut otot lambat lebih banyak dari kapiler yang mengelilingi serabut otot cepat (Pate, dkk., 1991; Bowers, 1992).

C. Perubahan Pada Sistem Kardiorespirasi

Latihan fisik dapat mempengaruhi fungsi kardiorespirasi, terutama yang berkaitan dengan fungsi pengangkutan oksigen di dalam tubuh. Di samping itu melibatkan berbagai sistem secara terpadu yang berusaha memperlancar pengangkutan oksigen ke bagian tubuh yang aktif dan mengurangi pengiriman oksigen ke bagian tubuh yang kurang aktif (Fox, 1988). Perubahan-perubahan yang terjadi dapat ditinjau pada saat istirahat, latihan submaksimal dan pada saat latihan maksimal.

1. Perubahan Pada Saat Istirahat

a. Perubahan ukuran jantung

Latihan aerobik dan anaerobik mengakibatkan terjadinya pembesaran ukuran jantung (*hypertrophy*). Pada latihan yang bersifat aerobik mengakibatkan membesarnya rongga ventrikel, hal ini menunjukkan volume darah di dalam ventrikel waktu pengisian jantung (*diastole*) lebih banyak sehingga volume sekuncup (*stroke volume*) meningkat (Fox, 1988). Sedangkan latihan yang bersifat anaerobik, mengakibatkan ukuran jantung membesar karena terjadinya penebalan otot jantung tanpa peningkatan volume ventrikel (Roeske, 1975).

b. Penurunan denyut jantung (*Heart rate*).

Denyut nadi istirahat atlet lebih rendah dari orang yang tidak terlatih, dan frekuensi denyut nadi cadangan atlet lebih besar dari yang bukan atlet. Hal ini disebabkan

karena pada atlet terjadi peningkatan rangsangan parasimpatis dan penurunan rangsangan simpatis, serta faktor intrisik *pacemaker* jantung, karena asetil kolin meningkat, dan menurunnya kepekaan otot jantung terhadap katekolamin (Fox, 1988; Janssen, 1989). Menurut Nelson dan Jhonson (1986), denyut nadi istirahat makin rendah adalah makin baik dikatakan secara fisiologis bahwa kerja jantung yang demikian adalah efisien, sesuai dengan yang telah dikemukakan pada bagian terdahulu.

c. Peningkatan volume sekuncup (*stroke volume*)

Volume sekuncup jantung (*stroke volume*) yang terlatih lebih besar dari yang bukan terlatih, terutama bagi atlet daya tahan. Hal ini terjadi akibat adaptasi tubuh terhadap latihan yang berlangsung lama (Nelson dan Jhonson, 1986; Fox, 1988).

d. Peningkatan volume darah dan Hemoglobin

Pengaruh latihan mengakibatkan jumlah volume darah dan hemoglobin yang mengalir bertambah, tetapi konsentrasi hemoglobin tidak bertambah (Fox, 1988).

e. Peningkatan jumlah kapiler otot skelet

Akibat latihan fisik juga dapat meningkatkan jumlah pembuluh kapiler dalam otot yang mengalami hipertropi (Brodal, 1977). Jumlah kapiler yang mengelilingi serabut otot lambat lebih banyak daripada yang mengelilingi serabut otot cepat (Inger, 1979).

2. Perubahan Saat Latihan Submaksimal

a. Perubahan Kosumsi Oksigen

Dalam keadaan *steady state* tidak ada perubahan kosumsi oksigen, bahkan kemungkinan mengalami penurunan yang disebabkan pengaruh efisiensi karena terlatih (Fox, 1988).

b. Penurunan glikogen

Penggunaan glikogen sebagai bahan bakar menurun, karena dalam latihan yang berlangsung lama, pembakaran lemak meningkat. Hal ini akan menyebabkan tertundanya kelelahan pada atlet serta meningkatnya daya tahan (Gollnick, 1982).

c. Penurunan kecepatan akumulasi asam laktat

Penurunan akumulasi asam laktat pada waktu latihan berarti meningkatkan ambang anaerobik. Pada orang terlatih nilai ambang anaerobik sekitar 72 % VO_2 maks, sedang pada orang yang tidak terlatih hanya berkisar 60 % VO_2 maks-nya (Davis, 1979).

d. Perubahan Volume Semenit Jantung (*Cardiac Output*)

Respons volume semenit jantung, selama latihan submaksimal hanya mengalami sedikit perubahan, bahkan kadang-kadang tidak berubah. Baik atlet maupun yang bukan atlet mempunyai volume semenit yang sama pada saat latihan submaksimal dengan beban yang sama (Fox, 1988).

e. Peningkatan volume sekuncup (*Strok volume*)

Respons volume sekuncup selama latihan submaksimal meningkat (Volume sekuncup lebih besar dibandingkan sebelum terjadi adaptasi akibat suatu program latihan fisik). Hal

ini terjadi akibat adaptasi tubuh terhadap latihan fisik yang berlangsung lama. Pada latihan daya tahan terjadi peningkatan kontraktilitas otot jantung dan peningkatan volume ventrikel. Berarti volume sekuncup yang terlatih (*endurance*) lebih besar dari yang tidak terlatih pada saat latihan submaksimal yang sama (Fox, 1988).

f. Perubahan frekuensi denyut jantung

Respons denyut jantung selama latihan submaksimal menurun. Akibat latihan daya tahan plasma katekolamin menurun, begitu pula kepekaan otot jantung terhadap katekolamin menurun menyebabkan rangsangan simpatis menurun atau rangsangan parasimpatis meningkat sebagai adaptasi dari suatu latihan fisik yang diberikan, terutama latihan daya tahan (Sigvardsson, 1977). Berarti frekuensi denyut jantung atlet lebih rendah dibandingkan yang bukan atlet pada saat melakukan latihan submaksimal dengan beban yang sama.

g. Perubahan aliran darah ke otot

Aliran darah ke otot saat latihan submaksimal pada atlet lebih rendah dari yang bukan atlet perkilogram berat otot pada beban yang sama. Hal ini karena ekstraksi oksigen, $(a-v) O_2 \text{ diff}$, pada otot atlet lebih besar dari yang bukan atlet akibat perubahan biokimia di dalam otot.

3. Perubahan Saat Latihan Maksimal

a. Peningkatan VO_2 maksimal

Peningkatan VO_2 maks dalam latihan maksimal berkisar antara 5-20% setelah berlatih selama 8 - 12 minggu. Peningkatan ini disebabkan karena pengiriman oksigen ke otot yang aktif lebih cepat dan lebih banyak. Disamping itu penyerapan oksigen dalam sel juga meningkat (Stromme, 1977).

b. Peningkatan volume semenit (*Cardiac output*)

Pada atlet terlatih volume semenit dalam latihan maksimal sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena volume isi sekuncup besar dan selisih frekuensi jantung maksimal dengan istirahatnya besar, terutama pada atlet daya tahan (Fox, 1988).

c. Peningkatan volume sekuncup (*Stroke volume*)

Respons volume sekuncup saat latihan maksimal, mencapai volume maksimal. Peningkatan volume sekuncup maksimal akibat adaptasi terhadap suatu latihan disebabkan oleh hipertrofi otot jantung dan peningkatan kontraktilitas sel otot jantung (Fox, 1988).

d. Peningkatan Kadar Asam laktat

Salah satu perubahan biokimia akibat adaptasi suatu latihan adalah peningkatan kapasitas glikolitik anaerobik. Peningkatan ini merupakan akibat peningkatan kemampuan untuk memproduksi asam laktat dalam jumlah yang besar selama suatu kerja maksimal yang melelahkan dan peningkatan batas toleransi tubuh terhadap asam laktat. Pada atlet terlatih

kadar asam laktat yang dapat ditolerir dalam tubuhnya cukup tinggi dibanding orang yang tidak terlatih (Fox, 1988).

e. Fungsi Pernapasan

Terjadi peningkatan pada: Volume-volume pernapasan, ventilasi permenit, efisiensi ventilatorik, begitu pula pada kapasitas difusi. Atlet mempunyai efisiensi ventilatorik, volume-volume pernapasan, ventilasi permenit dan kapasitas difusi yang lebih besar dibandingkan dengan orang yang tidak terlatih (Fox, 1988).

Secara umum Astrand dan Rodahl (1986) mengemukakan, bahwa pengaruh latihan ketahanan terhadap otot rangka akan meningkatkan:

- Penebalan kapiler
- Volume mitokondria dengan peningkatan enzim-enzim meliputi peningkatan siklus krebs dan perubahan transport elektron.
- Penggunaan asam lemak bebas untuk kebutuhan energi otot waktu melakukan kemampuan aktivitas daya tahan aerobik.
- Peningkatan konsentrasi mioglobin

Selanjutnya Tinley's (1994) juga mengemukakan pengaruh latihan aerobik terhadap biologis dengan latihan secara kontiniu minimal 20 menit sehari dengan frekuensi latihan tiga kali seminggu sebagai berikut:

- Peningkatan volume darah, membuat sistem peredaran darah lebih efesien.
- Peningkatan jumlah kapiler-kapiler, kemampuan darah mengikat oksigen ke otot dan hasil proses oksidasi lebih

sempurna.

- Penggunaan lemak dan karbohidrat serta pengangkutannya waktu melakukan aktivitas meningkat.
- Peningkatan kemampuan jantung untuk memompakan darah dan sistem pengangkutan oksigen lebih sempurna.
- Peningkatan jumlah oksidasi enzim karbohidrat dan lemak waktu melakukan aktivitas.

D. Pengaruh latihan pada ketinggian terhadap biologis (*altitude acclimatization*)

Aktivitas fisik pada ketinggian perlu adanya penyesuaian. Jika telah terjadinya penyesuaian, Fox (1988) mengemukakan, perubahan biologis yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan ventilasi paru (*hyperventilation*).
2. Peningkatan jumlah sel darah dan konsentrasi hemoglobin.
3. Pemisahan bicarbonate (HCO_3) pada saluran kencing.
4. Perubahan peningkatan jaringan otot, meliputi:
 - a. Peningkatan kapiler jaringan otot.
 - b. Peningkatan konsentrasi hemoglobin
 - c. Peningkatan penebalan mitokondria dan perubahan kapasitas enzim oksidasi.

E. Perubahan-perubahan lainnya

Selain perubahan biokimia dan kardiorespirasi yang

terjadi akibat adaptasi terhadap suatu latihan, terjadi pula perubahan pada: komposisi tubuh, kadar kolestererol dan trigliserid darah, tekanan darah, aklimatisasi terhadap panas dan jaringan ikat (Fox, 1988)..

1. Perubahan Komposisi Tubuh

Perubahan komposisi tubuh yang disebabkan oleh adaptasi suatu latihan, meliputi: penurunan total lemak tubuh, sedikit peningkatan berat badan tanpa lemak (*Lean Body Weight*), dan sedikit penurunan berat badan total (*Total Body Weight*).

2. Perubahan Kadar Kolesterol dan Trigleserida

Dengan program latihan yang teratur dapat menyebabkan penurunan kadar kolesterol dan trigleserida darah. Perubahan ini akan lebih nyata pada individu yang mempunyai kadar kolesterol maupun trigleserida yang tinggi sebelum menjalani latihan.

3. Perubahan Tekanan Darah

Setelah melewati suatu priode latihan, tekanan darah pada suatu kerja tertentu akan lebih rendah dibandingkan sebelum latihan. Terutama dalam kasus hipertensi, terlihat penurunan yang signifikan pada tekanan darah sistol dan distole pada waktu istirahat.

4. Perubahan Aklimatisasi Terhadap Panas

Aklimatisasi panas adalah penyesuaian secara fisiologis terhadap panas sehingga memungkinkan seseorang

melakukan aktivitas ditempat yang panas secara lebih nyaman. Latihan fisik akan meningkatkan derajat aklimatisasi panas meskipun ketika latihan bukan ditempat yang panas. Peningkatan ini dirangsang oleh besarnya produksi panas pada waktu latihan.

5. Perubahan Jaringan Ikat

Kualitas jaringan ikat(tulang, ligamen tendo, sendi dan tulang rawan) dengan latihan fisik dapat meningkat. Latihan fisik yang baik dapat meningkatkan aktivitas enzim tulang, sehingga tulang akan menjadi lebih padat. Efek latihan pada jaringan ikat lainnya adalah menjadikan jaringan itu lebih kuat, liat, sehingga tidak mudah cedera. Hanya perlu diingat bahwa jaringan tulang yang sedang tumbuh, diberi latihan intensitas tinggi justru akan menghambat pertumbuhannya.

Latihan

1. Jelaskanlah peranan gerak terhadap kebutuhan kehidupan manusia ?
2. Jelaskanlah perubahan-perubahan yang terjadi pada sistem fisiologis tubuh akibat melakukan aktifitas fisik ?
3. Jelaskanlah pengaruh latihan pada daerah ketinggian terhadap sistem fisiologis tubuh ?

Rangkuman

Gerak merupakan ciri dari makhluk hidup yang diperlukan untuk mempertahankan seluruh sel-sel dalam tubuh. Jika sistem anggota gerak tubuh tidak melakukan gerakan maka manusia sebagai makhluk biologis tidak akan berumur panjang. Pengaruh aktivitas fisik terhadap biologis tubuh meliputi; perubahan kimia yang berkaitan dengan kegiatan yang bersifat anaerobik dan aerobik, perubahan pada serabut otot, perubahan pada sistem kardiorespirasi baik pada saat istirahat dan saat melakukan aktivitas fisik, perubahan fungsi pernafasan dan perubahan akibat melakukan latihan pada ketinggian.

BAB VII

WANITA DAN OLAHRAGA

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi bab ini meliputi; menstruasi dan olahraga berkaitan dengan mulainya menstruasi (*menarche*), rasa kurang enak pada waktu menstruasi (*dysmenorrhea*) dan keadaan tidak terjadinya menstruasi (*Amenorrhea*). Fase siklus menstruasi dan olahraga berkaitan tentang keadaan kemampuan fisiologis tubuh waktu sebelum, sedang dan sesudah menstruasi.

Relevansi

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami pengaruh aktivitas fisik terhadap keadaan menstruasi. Selanjutnya dapat memberikan pengertian bagi kaum wanita bahwa tidak ada halangan untuk berolahraga bagi wanita yang sedang mengalami menstruasi secara normal.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan tentang *menarche*, *dysmenorrhea* dan *amenorrhea*.

2. Menjelaskan perbedaan keadaan kemampuan fisiologis tubuh antara yang terbiasa melakukan olahraga dan sebaliknya sesuai dengan siklus menstruasi.
3. Menjelaskan pengaruh aktivitas olahraga terhadap siklus menstruasi.

Penyajian

Uraian

Seperti kita ketahui, setiap wanita dewasa yang sehat akan mendapat menstruasi secara teratur setiap bulan, kecuali kalau hamil. Yang sering menimbulkan pertanyaan *apakah ada pengaruh menstruasi terhadap olahraga ?* atau sebaliknya terutama dalam cabang-cabang olahraga prestasi atau kompetitif. Sampai saat ini pendapat umum mengatakan, mengikuti kegiatan olahraga selama mendapat menstruasi adalah tidak pantas, dan bahkan merugikan tubuh. Tetapi dari beberapa hasil penelitian ternyata pendapat tersebut tidak beralasan. Apalagi kalau olahragawati tersebut berada dalam keadaan fit/sehat. Maka terlihat disini peranan psikis sangat diperlukan.

A. Menstruasi dan Olahraga

Pada hakekatnya masalah menstruasi bagi kaum wanita janganlah dipandang sebagai suatu yang luar biasa. Ini adalah semata-mata peristiwa biasa, yaitu suatu kejadian fisiologis dalam rangka perkembangan jasmaniah dan rohaniah orang perempuan.

selama beberapa waktu dan memberikan pengobatan untuk mengembalikan kekuatan dan kesehatannya (obat-obat untuk lesu darah disebut roborantia).

Berhubung dengan uraian di atas, maka yang dapat dianjurkan dalam menghadapi kaum wanita yang berolahraga adalah sebagai berikut:

- 1). Para guru/pelatih hendaknya dapat menetapkan apakah haid itu normal atau tidak. Bilamana normal, sebaiknya olahragawati yang bersangkutan mengikuti latihan.
- 2). Bilamana terdapat gejala-gejala sakit ringan atau keadaan yang meragukan dikala haid, serahkanlah kepada olahragawati itu sendiri, apakah ikut atau tidak. Akan tetapi, sebaiknya dinasehatkan untuk mencoba, asal saja diawasi dengan baik.

Sikap ini ada mamfaatnya:

- 1). Untuk menghindari penyalahgunaan, artinya kesempatan itu dijadikan siolahragawati untuk bermalas-malas tidak mengikuti latihan.
- 2). Ternyata pada siswa putri Sekolah Menengah Olahraga di Surabaya yang tadinya sewaktu mulai menjadi siswa pada sekolah tersebut mengeluh tentang sakit ringan dikala haid (sakit-sakitan), dapat kemudian sembuh sama sekali setelah mengikuti latihan selama \pm 1 tahun. Dugaan adalah, bahwa kesukaran-kesukaran itu mungkin

sekali mempunyai dasar psikis, olah karena pada masa menginjak dewasa perubahan-perubahan besar timbul akibat kelenjer-kelenjer kelaminnya mulai bekerja giat. Timbullah rasa rendah diri, khawatir/gelisah dan bahkan kadang-kadang juga gejala-gejala fisik.

c. Bilamana terdapat kelainan yang patologis, maka ini memang merupakan alasan untuk melarang atau tidak mengikuti latihan olahraga. Malahan sebaiknya dikirim ke ahli penyakit kandungan (*gynaecoloog*) untuk pemeriksaan lebih lanjut. Adapun kelainan patologis tersebut antara lain adalah seperti berikut:

- 1). Menstruasi begitu sakit, yaitu gejala-gejala menstruasi terlalu berat, sehingga tidak bekerja : *dysmenorrhoea*;
- 2). Kelainan peredaran (*cyclus*) haid :
 - *oligomenorrhoea*: jarak waktu haid lebih dari 35 hari.
 - *polymenorrhoea*: jarak waktu haid kurang dari 21 hari.
- c). Perdarahan yang banyak dengan gumpalan : *hypermenorrhoea (menorrhagie)*.

Polymenorrhoea bersamaan dengan *hypermenorrhoea* dengan *hypomenorrhoea* (darah keluar di kala menstruasi sedikit sekali).

- d). lamanya menstruasi tidak normal (yang normal biasanya 2 - 6 hari); lebih dari 7 hari dan terdapat *hypermenorrhoea*.

Selanjutnya untuk menyakinkan kaum wanita atas keraguan untuk mengikuti latihan ataupun perlombaan/pertandingan di waktu menstruasi, dapat dikemukakan hasil penyelidikan Harnick dan Novak terhadap wanita-wanita yang tergabung dalam *Maccabee Sports Organizatiaon*. Kedua ahli tersebut berkesimpulan, bahwa sedikitpun tidak dijumpai efek sewaktu kaum wanita melakukan kegiatan olahraga di kala menstruasi. Bahkan juga dianjurkan untuk tetap melakukan olahraga renang dikala menstruasi dan tidak akan menimbulkan akibat apa-apa terhadap olahragawati yang bersangkutan. Larangan untuk tidak berolahraga renang dikala haid mungkin hanya dilandaskan pada kesopanan, karena dianggap tidak pantas untuk merendam diri ke air. Kekhawatiran akan timbulnya infeksi pada alat kelamin atau gangguan akibat gerakan-gerakan renang itu sendiri tidak perlu ada.

Belakangan ini prestasi olahragawati meningkat di berbagai cabang olahraga, wawancara yang pernah diadakan terhadap seorang atlet putri, bekas juara nasional lari jarak dekat 100 meter yang mengatakan, bahwa dalam keadaan menstruasilah dia memecahkan rekor lari jarak pendek tersebut. Pada saat itu dia merasa paling segar dan lincah dalam gerakan.

Selanjutnya, berdasarkan penelitian para sarjana dapat ditarik kesimpulan, bahwa selama menstruasi para olahragawati dapat mencapai prestasi yang setinggi-tingginya. Dr. Katharina Dalton dari Inggris yang dikutip oleh Hasnan Said (1979)

mengemukakan, bahwa:

- a). Empat hari sebelum menstruasi tiba, prestasi mempunyai kecendrungan untuk menurun.
- b). Di waktu menstruasi, yaitu selama lima hari, prestasi menanjak menuju puncaknya.
- c). Selama sembilan hari selesai menstruasi, olahragawati berada dalam kondisi terbaik.
- d). Setelah terjadi *ovulasi*, yakni terlepasnya telur dari kandung telur pada hari ke-14 dari hari permulaan menstruasi, prestasi mulai menurun, disertai dengan bertambahnya berat badan yang mencapai puncaknya pada hari pertama dari menstruasi berikutnya.

Segala apa yang dikemukakan Dr. Katharina Dalton rupanya sesuai pula dengan kenyataan yang dialami beberapa atlet puncak.

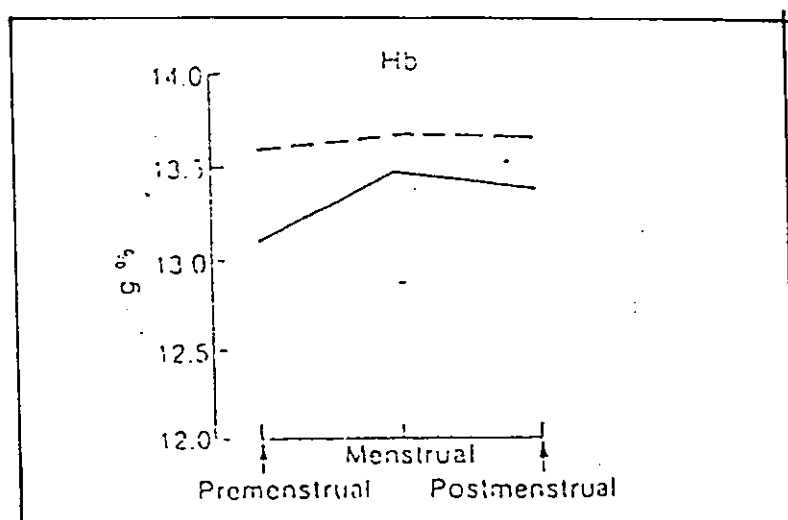
- a). Ingr Bansenwein, seorang ahli faal olahraga dan bekas juara lempar lembing dari Jerman mencapai prestasi puncaknya justru sewaktu menstruasi.
- b). Nona Jutta Hennie, pelari putri Jerman sekitar tahun 60-an, juga merasa lebih segar di masa haid dan berada dalam kondisi yang terbaik.
- c). Nyonya Helga Schultze Hosl, juara tenis Jerman berada dalam kondisinya yang terbaik sewaktu selesai menstruasi, yaitu menjelang terjadinya ovulasi.

Dari hasil penelitian juga menunjukkan, bahwa bagi

olahragawati tertentu, prestasi tetap sama saja, baik sewaktu menstruasi maupun tidak. Sementara itu ada pula yang merasa lemah, lamban dan bagian pinggul sebelah atas terasa berat di masa satu minggu akan datangnya menstruasi.

B. Siklus Menstruasi dan Kadar Hemoglobin

Pengaruh antara siklus menstruasi terhadap kadar hemoglobin baik bagi yang terlatih ataupun bagi atlet digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7. 1 Keadaan Kadar hemoglobin sesuai dengan siklus menstruasi bagi yang tidak terlatih dan terlatih dalam keadaan istirahat (Fox, 1988;404)..

Berdasarkan gambar di atas dapat dikemukakan, bahwa keadaan kadar hemoglobin sesuai dengan siklus menstruasi bagi atlet lebih rendah dari yang bukan atlet. Bagi atlet fase sebelum menstruasi (*premenstrual*) berkisar 13,1 g %,

fase menstruasi (*menstrual*) 13,5 g %, meningkat dari sebelum menstruasi, dan fase setelah menstruasi (*postmenstrual*) berkisar 13,4 g %, berarti sedikit turun dari fase sedang menstruasi.

Bagi yang bukan atlet, sebagaimana yang dikemukakan kadar hemoglobin lebih baik dari atlet. Dalam keadaan fase sebelum menstruasi kadar hemoglobin berkisar 13,7 g %, selanjutnya dalam fase menstruasi berkisar 13,8 g % dan fase setelah menstruasi berkisar 13,9 g %. Berarti bagi yang bukan atlet kadar hemoglobin dalam fase menstruasi lebih baik dari fase sebelum menstruasi, dan fase setelah menstruasi lebih baik dari fase sedang menstruasi dan fase sebelum menstruasi.

Menurut Sadoso (1987) pada pelari yang sehat dan berlatih cukup keras, maka kadar hemoglobinnya 1 gram/dl. lebih rendah, keadaan ini disebut Runner's Anemia atau anemia palsu. Ada dua penyebab anemia terjadi bagi olahragawan, khususnya bagi pelari putri adalah kekurangan zat besi dan benturan kaki pada lintasan.

Menurut Gayton (1991) zat besi penting bagi pembentukan hemoglobin dalam otot. Jumlah total besi dalam tubuh rata-rata sekitar 4 gram, kira-kira 65 persen diantaranya dalam bentuk hemoglobin. Sekitar 4 persen terdapat dalam bentuk mioglobin, 1 persen dalam bentuk berbagai senyawa hem yang mengawasi oksidasi intrasel, 0,1 persen berkaitan dengan

protein transferin dalam plasma darah, dan 15 sampai 30 persen terutama disimpan di hati dalam bentuk *feritin*.

Kurangnya zat besi biasanya terjadi pada pelari wanita yang tidak mau memperhatikan masukan zat gizi pada makanannya. Benturan kaki pada latihan biasanya hanya menyebabkan anemia ringan, yang terjadi pada benturan badan pada lintasan merusak butir-butir darah merah di dalam saluran darah di bawah tumit. Sadoso (1987) mengemukakan pada pemeriksaan dengan mikroskop butir darah merah yang besar, menandakan adanya benturan-benturan dari kaki pada lintasan, sedangkan kekuarangan zat besi butir-butir darah merahnya kecil sekali.

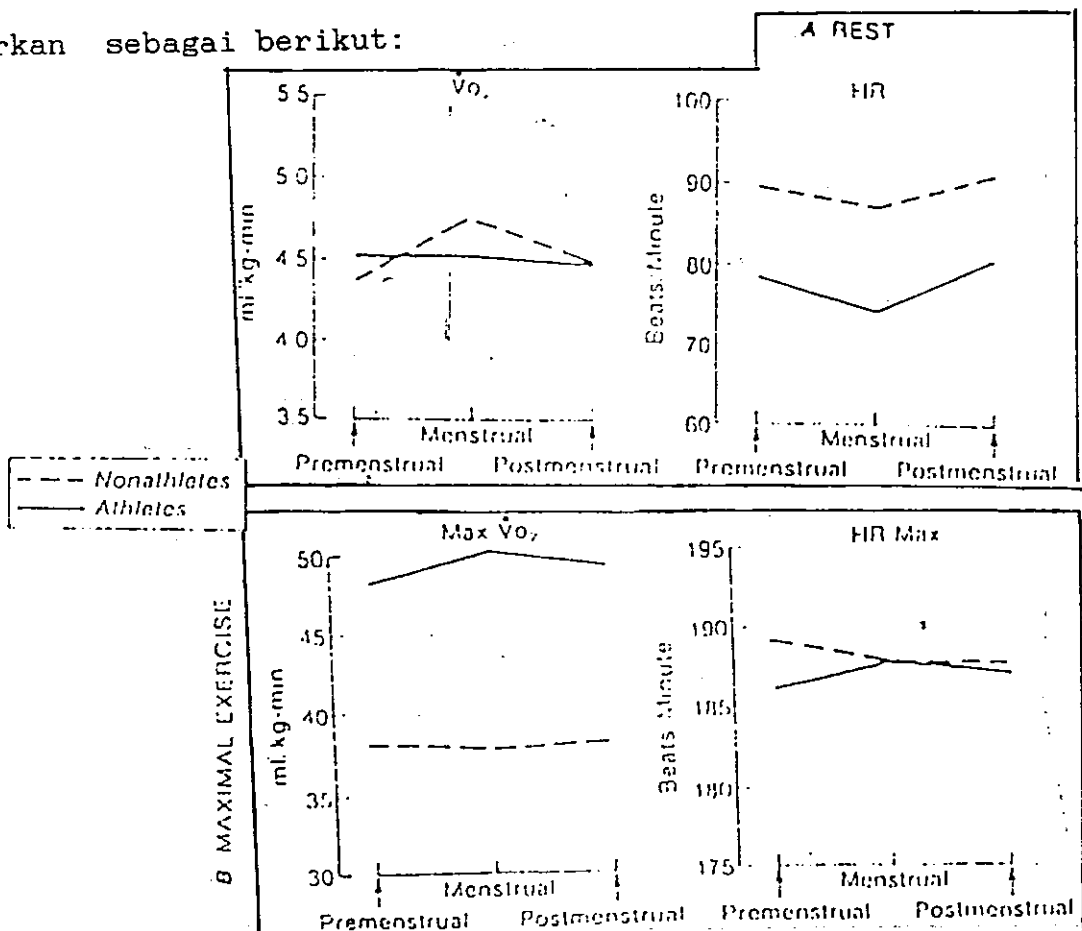
Selanjutnya Sadoso (1987) mengemukakan, pada atlet wanita yang mengalami menstruasi, akan mengalami anemia karena mengalami zat besi yang ringan. Tetapi anemia ringan yang disebabkan karena benturan-benturan kaki pada lintasan dapat dikurangi dengan jalan memperhatikan berat badan, cara berlari, sepatu dan lintasannya.

Menurut Gayton (1992) bila zat besi dalam plasma turun sangat rendah, besi dikeluarkan dari *feritin* dengan mudah sekali, besi kemudian ditransfer ke bagian-bagian tubuh yang memerlukan. Selanjutnya dikemukakan bila sel darah merah telah mencapai masa hidupnya dan dihancurkan, hemoglobin yang dikeluarkan dicernakan oleh sel-sel *retikuloendotel*, disini dikeluarkan besi bebas, dan besi ini kemudian dapat

disimpan dalam pangkalan feritin atau dipakai kembali untuk membentuk hemoglobin.

C. Siklus menstruasi terhadap oksigen maksimal (VO_2), dan denyut nadi waktu istirahat dan latihan maksimal

Pengaruh antara siklus menstruasi terhadap oksigen maksimal (VO_2), dan denyut nadi waktu istirahat dan latihan maksimal baik bagi yang terlatih ataupun bagi atlet digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7. 2 Kaitan siklus menstruasi terhadap oksigen maksimal (VO_2), dan denyut nadi waktu istirahat dan latihan maksimal (Fox, 1988;404).

Dari gambar di atas dapat diutarakan sebagai berikut:

1. Perbandingan pengambilan oksigen dalam keadaan istirahat pada siklus menstruasi antara yang tidak terlatih dengan yang terlatih menggambarkan:
 - a. Pada fase sebelum menstruasi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih kemampuan pengambilan oksigen sama-sama 4.5 ml.kg-min.
 - b. Pada fase sedang menstruasi pengambilan oksigen dalam keadaan istirahat bagi yang terlatih lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih adalah 4.5 ml.kg-min, sedangkan bagi yang tidak terlatih berkisar 4.8 ml.kg-min.
 - c. Selanjutnya dalam fase setelah menstruasi keadaan pengambilan oksigen dalam keadaan istirahat antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih adalah sama yaitu sama-sama 4.5 ml.kg-min.

Berarti keadaan pengambilan oksigen pada saat istirahat antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih pada fase sebelum dan setelah menstruasi adalah sama, tetapi dalam fase menstruasi yang tidak terlatih lebih baik dari yang terlatih.

2. Keadaan denyut nadi dalam keadaan istirahat pada siklus menstruasi antara yang tidak terlatih dengan yang terlatih menggambarkan:

- a. Pada fase sebelum menstruasi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih keadaan denyut nadi yang terlatih jauh lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 80 per-menit, sedangkan yang tidak terlatih berkisar 90 per-menit.
- b. Pada fase sedang menstruasi keadaan denyut nadi dalam keadaan istirahat bagi yang terlatih lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 74 per-menit, sedang bagi yang tidak terlatih berkisar 8.8 per-menit.
- c. Selanjutnya dalam fase setelah menstruasi keadaan denyut nadi dalam keadaan istirahat yang terlatih jauh lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 80 per-menit, sedangkan yang tidak terlatih berkisar 90 per-menit.

Berarti keadaan denyut nadi dalam siklus menstruasi pada saat istirahat antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih menunjukkan, bahwa yang terlatih jauh menguntungkan dari yang tidak terlatih.

3. Keadaan kemampuan pengambilan oksigen maksimal ($Max VO_2$) pada latihan maksimal dalam siklus menstruasi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih :

- a. Pada fase sebelum menstruasi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih kemampuan pengambilan oksigen maksimal yang terlatih jauh lebih tinggi dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 48 ml.kg-min, dan yang tidak terlatih berkisar 38 ml.kg-min.
- b. Pada fase sedang menstruasi pengambilan oksigen maksimal dalam keadaan latihan maksimal bagi yang terlatih lebih tinggi dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih melebihi 50 ml.kg-min, sedangkan bagi yang tidak terlatih berkisar 37 ml.kg-min.
- c. Selanjutnya dalam fase setelah menstruasi keadaan pengambilan oksigen maksimal dalam keadaan latihan maksimal yang terlatih lebih tinggi dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 48 ml.kg-min, dan yang tidak terlatih berkisar 38 ml.kg-min.

Berarti keadaan kemampuan pengambilan oksigen maksimal dalam siklus menstruasi yang terlatih jauh lebih baik dibandingkan dari yang tidak terlatih.

4. Keadaan denyut nadi dalam keadaan latihan maksimal pada siklus menstruasi antara yang tidak terlatih dengan yang terlatih menggambarkan:

- a. Pada fase sebelum menstruasi antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih keadaan denyut nadi yang terlatih lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi

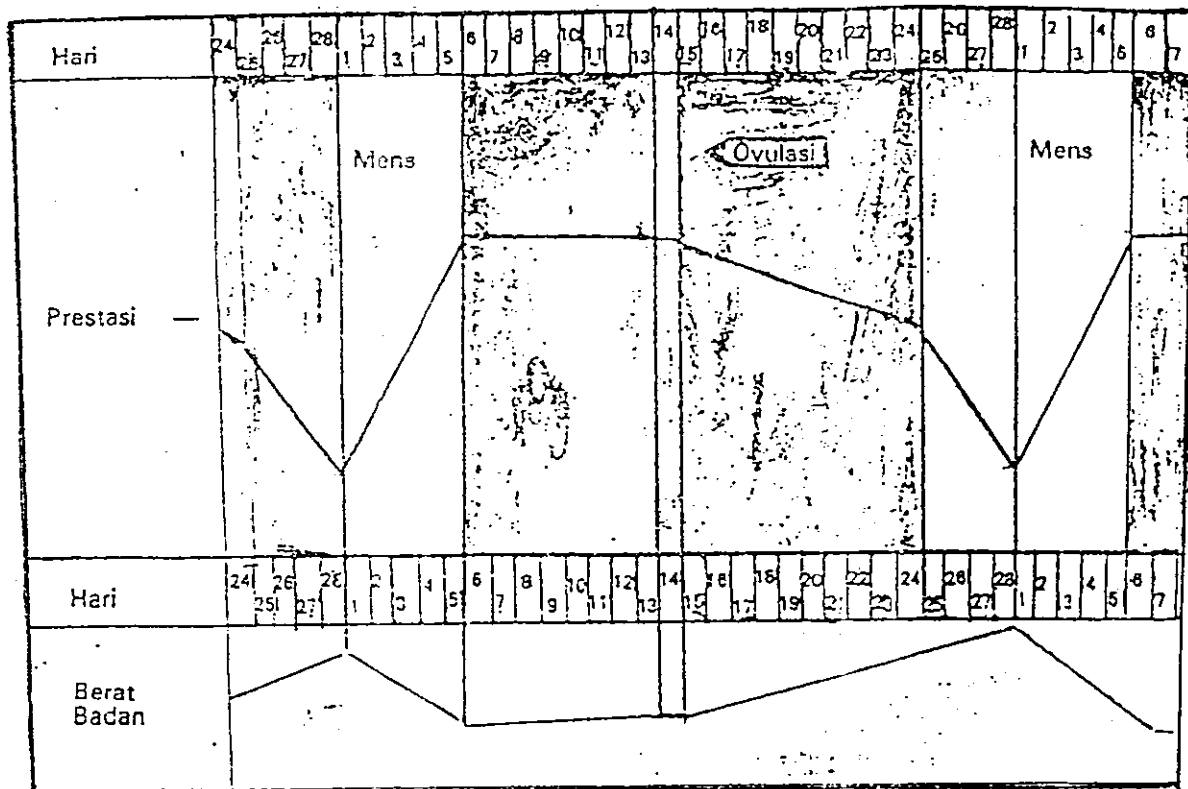
yang terlatih berkisar 185 per-menit, sedangkan yang tidak terlatih berkisar 190 per-menit.

b. Pada fase sedang menstruasi keadaan denyut nadi dalam keadaan latihan maksimal bagi yang terlatih dengan yang tidak terlatih adalah sama, yaitu berkisar 188 per-menit.

c. Selanjutnya dalam fase setelah menstruasi keadaan denyut nadi dalam latihan maksimal, yang terlatih sedikit lebih rendah dari yang tidak terlatih. Bagi yang terlatih berkisar 187 denyut per-menit, sedangkan yang tidak terlatih berkisar 188 denyut per-menit.

Berarti keadaan denyut nadi dalam siklus menstruasi pada saat latihan maksimal antara yang terlatih dengan yang tidak terlatih menunjukkan, bahwa yang terlatih lebih menguntungkan dari yang tidak terlatih.

Selanjutnya dikemukakan bagaimana pengaruh menstruasi terhadap prestasi olahragawati seperti gambar pada halaman berikut:



Gambar 7. 3 Pengaruh menstruasi terhadap prestasi olahragawati (Said, 1979; 32).

Dari gambar di atas dapat dikemukakan, bahwa prestasi olahragawati dalam siklus menstruasi adalah; satu minggu menjelang datangnya menstruasi prestasi cenderung menurun dan sejalan dengan itu berat badan meningkat. Selanjutnya mulai hari pertama datangnya menstruasi sampai akhirnya menstruasi (lebih kurang lima hari), prestasi olahragawati meningkat bahkan lebih tinggi dari sebelum awal turunya prestasi satu minggu menjelang menstruasi, dan disamping itu waktu menstruasi berat badan berkurang. Kemudian langsung setelah akhir hari menstruasi sampai datangnya periode ovulasi

prestasi olahragawati cenderung sedikit menurun dan waktu ovulasi prestasi olahragawati sedikit menurun serta terjadi sedikit peningkatan berat badan.

Selanjutnya dapat dikemukakan, adanya korelasi yang negatif antara prestasi olahragawati dengan berat badan yakni apabila prestasi meningkat sejalan dengan itu berat badan menurun dan demikian sebaliknya.

Keterkaitan siklus menstruasi dengan berat badan dipengaruhi oleh keadaan hormon estrogen, apabila hormon *estrogen* meningkat juga berat meningkat. Peningkatan hormon *estrogen* yang tinggi, menimbulkan dirangsangnya mekanisme umpan balik secara positif (*positive feedback mechanism*) terhadap sekresi *Luteinizing Hormone (LH)* sehingga terjadi peningkatan kadar *Lh* secara tajam (*LH-surge*). Kemudian setelah kadar *estrogen* turun (*posovulatorik*) meningkat lagi dan disertai kenaikan kadar *progesteron* sampai beberapa hari sebelum menstruasi. *Estrogen* merangsang retensi *Na* dan air, sehingga dapat menimbulkan *edema*. Gejala-gejala karena retensi air menampakkan diri dalam bentuk seperti perasan tegang, mudah marah rasa tidak nyaman dan sebagainya. Disamping itu *Estrogen* juga merangsang sekresi asam *hidroklorida (HCL)* lambung sehingga selera makan dapat bertambah, badan menjadi gemuk serta berat badan meningkat (Widyanto, 1988; 32).

Latihan

1. Jelaskanlah yang dimaksud dengan mulainya menstruasi (*menarche*), rasa kurang enak pada waktu menstruasi (*dysmenorrhea*) dan keadaan tidak terjadinya menstruasi (*Amenorrhea*). ?
2. Jelaskanlah beberapa perbedaan kemampuan fisiologis tubuh antara yang sering melakukan aktivitas olahraga dengan yang tidak melakukan aktivitas olahraga, sesuai dengan fase siklus menstruasi ?
3. Jelaskanlah pengaruh aktivitas olahraga terhadap siklus menstruasi ?

Rangkuman

Menstruasi merupakan suatu kejadian fisiologis tubuh dari perkembangan jasmani dan rohani kaum wanita. Masa siklus normal wanita ditandai oleh perubahan berirama bulanan dalam kecepatan reaksi hormon-hormon wanita, lama siklus menstruasi rata-rata 28 hari. Siklus menstruasi terdiri dari tiga fase, masa sedang menstruasi, yaitu keluarnya darah dari rahim (*menstrual phase*), sebelum menstruasi adalah 7 hari setelah ovulasi (*premenstrual phase*), dan sesudah menstruasi dihitung 14 hari dari mulainya menstruasi (*postmenstrual phase*).

Keadaan fisiologis seperti frekuensi denyut nadi dalam keadaan istirahat dan latihan serta konsumsi oksigen maksi-

mal, yang terbiasa melakukan kegiatan olahraga (terlatih) lebih baik dibandingkan dengan yang tidak terbiasa berolahraga. Disamping itu latihan dan pertandingan olahraga pada umumnya tidak mempengaruhi mulainya menstruasi (*menarhe*), mengurangi rasa sakit dan kurang enak (*dysmenarria*) pada waktu sedang menstruasi.

BAB VIII

OBAT PERANGSANG (DOPING)

Pendahuluan

Deskripsi

Cakupan materi pada bab ini meliputi; sejarah doping, pengertian doping, daftar doping beserta efeknya dan resiko doping darah.

Relevansi

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami sejarah doping, berbagai macam doping beserta efeknya. Selanjutnya mahasiswa menyadari bahwa doping dapat menimbulkan resiko yang tidak baik terhadap tubuh, sehingga tidak akan mempergunakannya baik bagi diri sendiri dan memberikan pengertian bagi orang lain bahwa doping dapat memberikan resiko yang negatif apabila dipergunakan dalam kegiatan olahraga.

Tujuan Instruksional Khusus

Untuk mencapai tujuan di atas, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjelaskan sejarah dan perkembangan penggunaan doping ?
2. Menjelaskan berbagai daftar doping serta efeknya ?

Penyajian

Uraian

A. Sejarah dan Pengertian Doping

1. Sejarah Doping

Tiga abad sebelum Masehi orang telah berusaha meningkatkan kemampuan kondisi fisik secara bantuan, seperti diberikan pada penduduk asli Amerika Tengah dan Afrika memanfaatkan tumbuhan-tumbuhan (cola dan sejenisnya) untuk meningkatkan kekuatan dan keberanian apabila akan berburu, mendaki gunung, memperlama timbulnya rasa lapar dan lain sebagainya. Memberikan minuman madu yang diragikan pada penduduk Irlandia, yang dapat meningkatkan kemampuan kondisi fisik sekaligus merupakan awal dari istilah "*honeymoon*".

Istilah "*dope*" berasal dari dialek suku pribumi di Afrika Selatan, merupakan campuran dari candu, narkotika, madu dan air yang diberikan kepada kuda pacuan untuk memperbesar kemungkinan menang. Antara lain pada kejuaraan yang atletnya mempergunakan doping adalah; Pada tahun 1865 dalam kejuaraan renang di Amsterdam para perenang mempergunakan "*dope*" untuk meningkatkan kemampuan. Dalam perang dunia II, para prajurit tempur dalam usaha meningkatkan kemampuan fisik bertempur seperti; untuk menghindari perasaan lelah, mengantuk, berjalan jauh dan sebagainya mempergunakan *dope* dari "*wake amine*".

Dari setiap kejuaraan dan perlombaan olahraga yang bergengsi sampai sekarang ini boleh dikatakan penggunaan

obat-obat perangsang selalu dipermasalahkan. Tahun 1955 doping ditemukan dalam berbagai perlombaan balap sepeda, juga tahun 1956 pada Olympic Games Melbourne atlet cabang balap sepeda terbukti menggunakan amphetamine sehingga mengalami muntah-muntah. Pada Olympic Games Roma tahun 1960 seorang pembalap sepeda meninggal karena terlalu banyak diberikan oleh pelatihnya amphetamine dan asam-nicotine. Setelah timbulnya kematian barulah masyarakat sadar bahwa doping dapat menimbulkan bahaya yang fatal bagi sipelakunya.

Di Sapparo Winter Olympic Games tahun 1972 ditemukan penggunaan ephedrine, Pada Olympic Games Seul Korea Selatan tahun 1988 Ben Johnson atlet 100 m dari Canada dicabut medali emasnya karena mempergunakan Steroid.

Baik dalam kejuaraan internasional dan nasional pemberian obat perangsang selalu dipermasalahkan, walaupun sudah ada tindakan-tindakan keras yang dikeluarkan tetapi masih tetap ditemukan penggunaannya.

2. Pengertian Doping

Doping adalah pemakaian Zat/substansi yang asing atau fisiologis terhadap tubuh, dalam jumlah yang abnormal dengan cara yang abnormal terhadap seorang yang sehat dengan tujuan khusus untuk mendapatkan suatu peningkatan/tambahan kemampuan yang tidak jujur (fair) dalam olahraga. (Tilarso, 1989).

B. Daftar Doping dan Efeknya

Sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi daftar doping yang dinilai oleh komisi kedokteran IOC dari masa-kemasa selalu berubah, antara lain adalah:

1. Perangsang psychomotor

amphetamine	etafedrine
benzphetamine	etilamphetamine
caffeine	fencamfamin
chlorphentermine	meclofenoxate
cocaine	nikethamide
dimetamphetamine	pemoline
ephedrine	strychnine
related compounds	

Efek obat perangsang psychomotor adalah:

- a). Merangsang Susunan saraf pusat sehingga menimbulkan; exitasi, hiperaktivitas, euphoria, insomnia.
- b). Nafsu makan berkurang
- c). Rasa lelah berkurang
- d). Penilaian/perkiraan terganggu.
- e). Denyut jantung dan tekanan darah meningkat.
- f). dan lain sebagainya.

2. Narcotic Analgesic: Golongan morphine

codeine	oximorphon	ethylmorphine
methadone	oxycodon	
morphine	piminodin	
diamorphine	phenyzocin	
dihydrocodeine	thebacon	
dipipannone	anileridin	

Efek analgesic antara lain adalah;

- 1). Mengurangi rasa sakit
- 2). Depresi pernafasan
- 3). Ketergantungan psikis dan fisik

3. Anabolic Steroids

testosteron	oxymetholone
methandien	Acetat
methandienone	chlortestosteron
Stanozolol	methyltestosteron

Efek Anabolik steroids antara lain adalah;

- a. masa dan kekuatan otot bertambah.
- b. memperpendek masa waktu pemulihan otot, sehingga mendapatkan beban yang lebih banyak.
- c. penyembuhan otot yang mengalami cedera akan lebih cepat.
- d. mengurangi lemak di bawah kulit, sehingga otot-otot kelihatannya lebih padat.
- e. menyebabkan pemakainya lebih agresif.

Terjadinya kenaikan kekuatan pada pemakai anabolik steroid, juga besar badan, berat badan meningkat serta besarnya otot dan tulang bagi yang latihan beban, tetapi tidak terdapat peningkatan bagi yang tidak latihan beban. Dilaporkan bahwa penggunaan anabolik steroid akan menambah kekuatan bila:

- Diberikan pada atlet yang telah melakukan latihan-latihan beban secara intensif sebelum menggunakan

anabolik steroid, dan selama menggunakan anabolik steroid latihan beban yang intensif terus dilaksanakan.

- Atlet yang bersangkutan diberi banyak protein

4. Resiko Anabolik Steroid

Disamping efek penggunaan anabolik steroid yang telah dikemukakan di atas, Sumosardjono (1990) mengemukakan beberapa resiko yang membahayakan antara lain:

- a. Retensi (tersimpan) cairan dan garam, sehingga terjadinya kenaikan berat badan, kenaikan tekanan darah serta kulit menjadi tegang dan tipis.
- b. Terjadinya penekanan produksi testoteron yang dapat berlangsung dalam waktu yang lama setelah penggunaan anabolik steroid bagi pria. Bagi atlet pria dapat menyebabkan mengecilnya (*atrofi*) testis, menimbulkan impoten, penurunan gairah seksual, berkurangnya produksi sperma serta membesarnya buah dada (*ginekomasti*).
- c. Bagi atlet wanita penggunaan anabolik steroid dapat menimbulkan tumbunya bulu-bulu di wajahnya, kepala botak seperti laki-laki, membesarnya suara, payudaranya mengecil, menstruasi terganggu, dan klitorisnya membesar.
- d. Tumbuhnya jerawat, perubahan kepribadian seperti terlalu agresif dan mudah tersinggung, mengakibatkan naiknya kadar kolesterol dalam darah. Keadaan ini mempermudah serangan penyakit jantung serta resiko lainnya terjadinya

keracunan pada hati. Ditemukan 50% dari pemakai anabolik steroid mengalami perubahan pada tes fungsi hatinya.

5. Beta Bloker

acebutolol	alpprenlol
atenol	labetolol
metoprolol	nadolol
oxpranolol	sotolol

Efek penggunaan Beta bloker adalah untuk kontrol hipertensi, aritmia jantung, angina pectoris.

Beta bloker dipergunakan untuk cabang olahraga menembak.

6. Diuretika

Benzthiazide	Bumetanide
Diclofenamide	Ethacrinic acid
Furosemide	Hydrochlorothiazide
Spirolactone	Triamterene

Diuretika dapat mengurangi konsentrasi zat dalam urin, dipergunakan untuk penurunan berat badan (BB) dengan cepat pada cabang-cabang olahraga yang menuntut kategori berat.

7. Doping Darah (*Blood boosting, blood packing*)

Doping darah adalah pengambilan darah baik dari atlet itu sendiri ataupun dari orang lain, dan nantinya darah tersebut dikembalikan ke dalam tubuh atlet yang bersangkutan, tentunya dengan tujuan untuk meningkatkan penampilan si

atlet tersebut.

Beberapa cc darah diambil sembilan sampai sepuluh minggu sebelum pertandingan dari badan atlet ataupun dari orang lainnya, kemudian darah yang telah diambil tersebut disimpan dengan baik dan rapi sekali. Beberapa hari menjelang pertandingan, darah tersebut ditransfusikan ke dalam tubuh atlet. Hal ini bertujuan untuk menaikkan jumlah sel-sel darah merah (*erythrocyte*) sehingga meningkatnya kadar hemoglobin yang berfungsi mengikat dan mengangkut oksigen dalam peredaran darah.

Laporan penelitian Norman Gledhill di York University, Toronto yang dikutip oleh Sumosumardjono (1990), ternyata doping darah efektif dapat meningkatkan kadar hemoglobin dari 15.1 sampai 16.7 gram per 100 mililiter sehingga memperbaiki penampilan atlet sebanyak 10%.

8. Resiko doping darah

Walaupun doping darah dapat meningkatkan penampilan, tetapi disamping tidak memiliki sikap sportifitas, juga mendatangkan bahaya antara lain : Apabila darah yang ditransfusikan berjumlah 1 liter, sekalipun dari darah atlet itu sendiri, maka terjadi kenaikan kekentalan (*Visicositas*) darah dalam peredaran darah, akibatnya pengangkutan darah akan mengalami kesukaran sehingga jantung harus bekerja lebih keras.

Resiko yang lebih besar apabila darah yang

ditransfusikan tersebut bukan berasal dari darah atlet itu sendiri, seperti; kemungkinan terjadinya alergi mengalami gatal-gatal pada kulit, sesak napas, hepatitis (radang hati), AIDS, mengalami panas badan yang tinggi dan gejala-gejala lainnya karena sistem kekebalan tubuhnya akan melawan substansi asing yang masuk.

Daftar obat perangsang (doping) yang dikemukakan di atas belumlah lengkap, sesuai dengan komisi kedokteran IOC yang disahkan.

Penggunaan doping berkaitan dengan masalah sportifitas, moral dan etika. Yang lebih bertanggung jawab tentunya atlet itu sendiri disamping pelatih yang menginginkan prestasi atletnya, dan beberapa unsur terkait seperti dokter dan apoteker. Walaupun telah adanya pengawasan doping secara ketat dan sangsi yang diberlakukan, tetapi tetap saja ditemukan penggunaan doping pada setiap kejuaraan.

Latihan

1. Jelaskanlah sejarah dan perkembangan penggunaan doping ?
2. Jelaskanlah berbagai daftar doping beserta resikonya terhadap pemakai ?

Rangkuman

Peningkatan kemampuan kondisi fisik tiga abad sebelum masehi telah dilakukan dengan memanfaatkan tambahan "Cole" di Amerika tengah dan Afrika, serta melalui minuman madu

yang diragikan pada penduduk Irlandia. Istilah "dope" merupakan dialek suku pribumi Afrika Selatan dengan menggunakan campuran candu, narkotika, madu dan air.

Pada tahun 1865 atlet renang Amsterdam menggunakan "dope" untuk peningkatan kemampuan, tahun 1955 doping digunakan pada berbagai perlombaan balap sepeda, tahun 1956 pada olympic games Melbourne atlet cabang sepeda terbukti menggunakan amphetamine, dan olympic games Roma tahun 1960 meninggal dunia karena terlalu banyak mempergunakan amphetamine dan asam-nicotine. Kelompok daftar doping antara lain adalah; obat perangsang psychomotor, narcotic analgetik (golongan morphine), anabolic steroide, beta bloker, deuretika dan doping darah.

Sekarang ini dalam kejuaraan Internasional, nasional pemberian doping selalu dipermasalahkan karena menyangkut dengan sportifitas, moral dan etika. Walaupun sudah ada pengawasan secara ketat tetapi penggunaannya pada setiap kejuaraan selalu ditemukan.

DAFTAR KEPUSTAKAN

- Armstrong RB, 1979. Energy Liberation and Use In: Strauss RH, edition, *Sports Medicine and Physiology*. Philadelphia: WB Saunders.
- Astrand PO, Rodahl, 1986. *Textbook of Work Physiology: Physiological Basis of Exercise*. New York: MC Graw-Hill Book Company.
- Balley JA, 1976. *The Athlete's Guide: increasing Strength, Power and Agility*. New York: Poker Publishing Company.
- Banister JA, Wenger HA, 1982. *Physiological Testing of The Elite Athlete*. New York: Mouvement Publication.
- Bompa TO, 1990. *Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance*. 2nd edition, Iowa: Kendall/Hunt Pub. Company.
- Bouchard, 1990. *Exercise, Fitness, and Health*. USA: Human Kinetics Publishers.
- Bowers RW, Fox EL, 1992. *Sports Physiology*. 3rd edition, New York: Wm C Brown Publishers.
- Brodal P, Inger F, and Hermansen L, 1977. Capillary Supply of Skeletal Muscle Fibers in Untrained and Endurance-trained Men, *Am J Physiol*; 236:702-12.
- Brooks GA, Fahey DF, 1985. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. New York: Macmillan.
- Brukner, P., 1993. *Clinical Sports Medicine*, National Library of Australia.
- Carl G. Naback, 1990. *Physical Education For Children*. New Jersey: Prentice-Hall inc Englewood Cliff.
- Cerretelli P, 1991. Energy Sources for muscular Exercise. *J Sports Med* 13: S106-S110.
- Costill DL, Daniels J, Evans W, Et al., 1976. Skeletal Muscle Enzym and Fiber Composition in Male and Female track Athletes. *J Appl Physiol*; 40:149-54.
- Cooper HK, 1983. *Aerobik*. Jakarta: PT Gramedia.

- Dal Monte A, 1975. *Sport Orientation and Talen Spotting in Competitive Sport, in Problems of Sport Medicine and Training and Coaching: IOC Olympic Solidarity.*
- David Krecch, dkk. 1962. *Individual and Society*, Mc Graw-Hill Kogakusha, Tokyo.
- Davis JA, Frank MH, WippBJ, et al, 1979. Anaerobic Threshold Alterations Caused by Endurance Training in Middle-aged Men. *J Appl Physiol*; 46:1039-46.
- Esbjornsson M, Sylven C, Holm J, Jansson E, 1993. Fast Twitch Fibers May Predict Anaerobic Performance in Both Females and Males. *J Sport Met.*
- Eriksson B, Gollnick P, and Saltin B, 1973. Muscle metabolism and Enzym Activities After Training in Boys 11-13 Years old. *Acta Physiol Scand*; 87:485-97.
- Fox EL, Bower RW, Foss ML, 1988. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. 4th edition, Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Fournier M, Ricci J, Taylor AW et al, 1982. Skeletal Muscle Adaptation in Adolescent Boys: Sprint and Endurance Training and Detraining. *Med Sci Sport Exer*; 14:453-59.
- Friedrich JA, 1969. *Principles of Conditioning and Training: J. of Physical Education*, Juli-Agust.
- Gabbard C, LeBlanc E, Lowy S, 1987. *Physical Education For Children; Building the Information*. USA: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Gollnick PD, and Saltin B, 1982. Significance of Skeletal Muscle Oxidative Enzyme Enhancement with Endurance Training. *Clin Physiol*; 2;1-12.
- Guyton AC, 1991. *Textbook of Medical Physiology*. 8th edition, Philadelphia: WB Saunders Company.
- Hasnan Said, 1979. *Menuju Hidup Sehat dan Segar*, Pusat Kesegaran Jasmani dan Rekreasi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta.
- Hickson RC, 1981. Skeletal Muscle Cytochrome and Myoglobin, Endurance and Frequency of Training. *J appl Physiol*; 51: 746-9.

- Horowitz A, Polack GH, 1993. Force-Length Relation of Iso-metric Sarcomeres in Fixed-end Tetani. *J Physiol* 33: C19-C26.
- Inger F, 1979. Capillary Supply and Mitochondrial content of Different Skeletal Muscle Fiber Types in Untrained and Endurance trained Men: Histochemical and Ultra Structural Study. *Europ J Appl Physiol*; 40: 197-209.
- Karlsson J, Nordesjo L, Jorfeldt L, et al, 1972. Muscle Lactate ATP and CP Levels During Exercise After Physical Training in Man. *J Appl Physiol* 33: 199-203.
- Katch FI, McArdle WD, 1983. Nutrition Weight Control and Exercise. 2nd edition, Philadelphia: Lea & Febiger.
- Lamb DR, 1984. *Physiology of Exercise: Response and Adaptation*. edition, New York: Macmillan Pub Company.
- Mayes PA, 1985. *Harper's Review of Biochemistry*. 20th London: Lange Medical Pub. Company.
- McArdle WD, Katch FI, 1986. *Exercise Physiology Energy, Nutrition, and Human Performance*: 2nd edition, Philadelphia: Lea & Febiger.
- Janssen PGJM, 1989. *Training Lactate Pulse-Rate*. Finland: Polar Electro Oy.
- Johnson BL, Nelson JK, 1986. *Practical Measurements For Evaluation In Physical Education*. 4th edition, New York: Macmillan Publishing Company.
- Mirkin G, Hoffman M, 1976. *Sports Medicine Book*: New York, Landsdowne Press.
- Pate RR, Clengham B, Rotilla R, 1984. *Scientific Foundation of Coaching*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Pate, Russel R., et al., 1991. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, Fourth Ed. Philadelphia . London Lea & Febiger.
- Roeske WR, O'Rourke RA, Klein A, et al, 1975. Noninvasive evaluation of Ventricular hypertrophy in professional athletes. *Circulation*; 53:286-92.
- Radiopetro, 1979. *Fisiologi Olahraga*. Yogyakarta: Yayasan Sekolah Tinggi Olahraga.

- Rushall BS, Pyke FS, 1990. *Training for and Fitness*. 1st edition, Melbourne: Macmillan Co.
- Sadoso Sumosardjono, 1988. *Pengetahuan Praktis Kesehatan Dalam Olahraga*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Saltin B, Astrand PO, 1983. Maximal Oxygen Uptake in Athletes, *J Appl Physiol*;23:353-58.
- Seaton DO, Claytor IA, Leibe HC, 1974. *Physical Education Handbook*. USA: Prentice Hall .Inc., Englewood Cliffs, New Jersey
- Sigvardsson K, Svandfeldt E, and Kilbom A, 1977. Role of Adrenergic Nervous System Development of Training Induced Baradycardia. *Acta Physiol Scand*; 101:481-8.
- Singer D.Robert, 1986. *Performance and More*, mouvement Publication Inc., Ithaca, New York.
- Singgih D.Gunarsa, dkk. 1989. *Psikologi Olahraga*, PT.BPK. Gunung Mulia, Jakarta.
- Soekarman R, 1989. *Dasar-Dasar Olahraga Untuk Pembina, Pelatih dan Atlit*. Jakarta: CV Haji Masagung.
- Strauss R, 1979. *Sports Medicine and PHysiology*. Philadelphia; W.B.Saunders Company.
- Thorstenson A, Sjodin B, and Karlson J, 1975, Enzym Activities and Muscle Strength After "Spring Training" in Man, *Avta Physiol Scand*; 94:313-8.
- Tilarso H, 1989. *Obat-Obatan dan Atlet Usia Muda*, Hasil Seminar Pendidikan Olahraga di Sekolah, Tanggal 16-17 Oktober 1989, Jakarta.
- Tinley's S, 1994. *Winning Guide toSports Endurance*. Pennsylvania: Rodale Press.
- Vendien CL, Nixon JE, 1985. *Physical Education Teacher Education: Guidelines for Sport Pedagogy*, New York, Macmillan Publishing Company.
- Williams MD, Sanders and Wallace MD, Andrew ,G, 1989. *Biological Effects of Physical Activity*, USA., Human Kinetics Books.
- Wilmore JH, Costill DL, 1988. *Training For Sport and Activity : The Physiological Basis of The Conditioning*. Iowa: Wm C Brown Publishers Dubuque.