



KONSEP DASAR FISILOGI OLAHRAGA



**Prof. Dr. Bafirman HB, M.Kes., AIFO.
Endang Sepdanius, S.Si., M.Or.**

KONSEP DASAR
**FISIOLOGI
OLAHRAGA**

**Prof. Dr. Bafirman HB, M.Kes., AIFO.
Endang Sepdanius, S.Si., M.Or.**



RAJAWALI PERS
Divisi Buku Perguruan Tinggi
PT RajaGrafindo Persada
DEPOK

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam terbitan (KDT)

Bafirman HB dan Endang Sepdanius.

Konsep Dasar Fisiologi Olahraga/Bafirman HB dan Endang Sepdanius.

—Ed. 1, Cet. 1.—Depok: Rajawali Pers, 2023.

xxiv, 344 hlm., 23 cm.

Bibliografi: Hlm. 299

ISBN 978-623-372-981-9

Hak cipta 2023, pada penulis

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apa pun,
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit

2023.4029 RAJ

Prof. Dr. Bafirman HB, M.Kes., AIFO.

Endang Sepdanius, S.Si., M.Or.

KONSEP DASAR FISILOGI OLAHRAGA

Cetakan ke-1, April 2023

Hak penerbitan pada PT RajaGrafindo Persada, Depok

Editor : Indi Vidyafi

Setter : Khoirul Umam

Desain cover : Tim Kreatif RGP

Dicetak di Rajawali Printing

PT RAJAGRAFINDO PERSADA

Anggota IKAPI

Kantor Pusat:

Jl. Raya Leuwinanggung, No.112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Kota Depok 16456

Telepon : (021) 84311162

E-mail : rajapers@rajagrafindo.co.id <http://www.rajagrafindo.co.id>

Perwakilan:

Jakarta-16456 Jl. Raya Leuwinanggung No. 112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Depok, Telp. (021) 84311162. **Bandung**-40243, Jl. H. Kurdi Timur No. 8 Komplek Kurdi, Telp. 022-5206202. **Yogyakarta**-Perum. Pondok Soragan Indah Blok A1, Jl. Soragan, Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Telp. 0274-625093. **Surabaya**-60118, Jl. Rungkut Harapan Blok A No. 09, Telp. 031-8700819. **Palembang**-30137, Jl. Macan Kumbang III No. 10/4459 RT 78 Kel. Demang Lebar Daun, Telp. 0711-445062. **Pekanbaru**-28294, Perum De' Dlandra Land Blok C 1 No. 1, Jl. Kartama Marpoyan Damai, Telp. 0761-65807. **Medan**-20144, Jl. Eka Rasmi Gg. Eka Rossa No. 3A Blok A Komplek Johor Residence Kec. Medan Johor, Telp. 061-7871546. **Makassar**-90221, Jl. Sultan Alauddin Komp. Bumi Permata Hijau Bumi 14 Blok A14 No. 3, Telp. 0411-861618. **Banjarmasin**-70114, Jl. Ball No. 31 Rt 05, Telp. 0511-3352060. **Ball**, Jl. Imam Bonjol Gg 100/V No. 2, Denpasar Telp. (0361) 8607995. **Bandar Lampung**-35115, Perum. Bilabong Jaya Block B8 No. 3 Susunan Baru, Langkapura, Hp. 081299047094.



KATA PENGANTAR

Buku ini mengkaji terkait konsep dasar fisiologi olahraga dengan pemaparan yang mudah dipahami oleh semua pembaca yang ingin memahami konsep dasar fisiologi olahraga. Buku ini dimulai dengan penjelasan terkait fisiologi olahraga sebagai bagian dari *sport medicine* yang membahas tentang bagaimana tubuh menanggapi, mengatur, dan melakukan penyesuaian-penyesuaian berdasarkan sudut pandang fungsional.

Buku ini memaparkan bahwa fisiologi olahraga merupakan bagian dari ilmu fisiologi yang khusus mempelajari perubahan fungsi tubuh yang disebabkan oleh aktivitas olahraga/latihan fisik. Di dalam fisiologi olahraga lebih terfokus pada fungsi tubuh apabila seseorang melakukan latihan fisik dan bagaimana perubahan-perubahan itu dapat terjadi. Kemudian mempelajari perubahan apa yang terjadi pada saat aktivitas fisik itu berlangsung, serta apa yang dilakukan untuk meningkatkan respons dan adaptasi tubuh terhadap latihan yang dilakukan secara berulang-ulang dalam waktu tertentu.

Buku ini juga menjelaskan kenapa konsep dasar dari fisiologi olahraga ini perlu dipahami, kemudian penjelasan terkait konsep dasar fisiologi olahraga untuk mengembangkan metode dan teori latihan, baik untuk meningkatkan kesegaran jasmani apalagi untuk meningkatkan prestasi dalam olahraga. Karena konsep dasar fisiologi olahraga adalah mengkaji



bagaimana usaha-usaha untuk meningkatkan kemampuan fisik serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Membentuk dan menyiapkan diri untuk berolahraga ataupun bagi atlet dalam mengikuti pertandingan, seperti siap dari segi kesehatan fisik dan mental, siap kapasitas fungsional organ, antara lain meliputi kecukupan energi, kemampuan biomotorik, cukup beradaptasi dengan lingkungan, mengatasi/menanggulangi kelelahan serta kelemahan mental/psikologis, dan lain sebagainya.

Dalam buku ini juga tersaji penjelasan dalam pengukuran faal dalam olahraga. Pengukuran faal ini sudah pernah ada dan telah dilakukan antara lain adalah kemampuan aerobik, kemampuan anaerobik, komposisi tubuh, *neuromuscular*, waktu reaksi, kekuatan, kecepatan, daya tahan otot lokal, kelentukan, sistem kardiovaskuler, sistem pernapasan, dan lain-lain. Pemeriksaan kondisi fisik pada awalnya hanya didasarkan atas pemeriksaan indeks kesegaran jasmani, antropometri, dan dinamometri, namun sekarang lebih menjurus ke pemeriksaan peristiwa kimia serta enzim. Arah perkembangannya mengarah pada ke molekuler fisiologi atau lebih luasnya ke molekuler biologi dan kemungkinan ke rekayasa genetik, dalam peningkatan prestasi olahraga.

Diselesaikannya buku ini oleh Penulis maka kita sangat bersyukur sekali telah diberikan pengetahuan yang sangat berharga sekali bagi insan olahraga karena bisa memahami konsep dasar fisiologi olahraga dengan jelas. Diharapkan kepada para pembaca insan olahraga untuk mempelajari konsep dasar fisiologi olahraga terlebih dahulu sebelum mendesain program latihan yang sesuai dengan fisiologi dan anatomi tubuh.

Padang, Juli 2022

Dekan FIK UNP
Prof. Dr. Alnedral, M.Pd.



PRAKATA

Fisiologi olahraga sebagai salah satu aspek kajian *sport medicine* yang membahas tentang bagaimana tubuh menanggapi, mengatur, dan melakukan penyesuaian-penyesuaian berdasarkan sudut pandang fungsional. *Sport medicine* meliputi ilmu lintas bidang, menyangkut anatomi, fisiologi, biokimia, psikologi, ilmu bedah, *physiotherapy*, kardiologi, ilmu gizi, dan lain-lain. Peran *sport medicine* dapat ditafsirkan sebagai suatu ilmu terapan yang berusaha memanfaatkan latihan fisik atau kegiatan olahraga untuk tujuan peningkatan derajat kesehatan dan sebaliknya memanfaatkan ilmu kesehatan untuk meningkatkan kebugaran jasmani dan prestasi dalam berolahraga.

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

Fisiologi olahraga merupakan bagian atau cabang dari fisiologi yang khusus mempelajari perubahan fungsi yang disebabkan oleh aktivitas olahraga/latihan fisik. Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari fungsi organisme tubuh secara keseluruhan dan bagian-bagiannya. Di dalam fisiologi olahraga mengkaji apa yang terjadi terhadap fungsi tubuh apabila



seseorang melakukan latihan aktivitas fisik, dan bagaimana perubahan fungsi tersebut dapat terjadi. Kemudian perubahan apa yang terjadi pada fungsi tubuh tersebut berlangsung. Juga apa yang harus dilakukan untuk meningkatkan respons dan adaptasi tubuh terhadap latihan yang dilakukan secara berulang-ulang dalam waktu tertentu. Secara fisiologis dikatakan gerak merangsang fungsi organ, dan repetisi menyebabkan terjadinya peningkatan perbaikan fungsi.

Fisiologi olahraga diperlukan untuk mengembangkan metode dan teori latihan fisik untuk meningkatkan kebugaran jasmani, apalagi untuk membina prestasi berolahraga. Karena ruang lingkup fisiologi olahraga secara sederhana adalah mengkaji bagaimana usaha-usaha untuk peningkatan kemampuan kondisi fisik serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Membentuk dan menyiapkan diri untuk berolahraga apa pun bagi atlet dalam mengikuti pertandingan, seperti siap segi kesehatan fisik dan mental, siap kapasitas fungsional organ, antara lain meliputi kecukupan energi, kemampuan biomotorik, cukup beradaptasi dengan lingkungan, mengatasi/ menanggulangi kelelahan serta kelemahan mental/ psikologis, dan lain sebagainya.

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-lainnya. Pemeriksaan kondisi fisik pada awalnya hanya didasarkan atas pemeriksaan indeks kebugaran jasmani, antropometri, dan dinamometri, sekarang lebih menjurus ke pemeriksaan peristiwa kimia serta enzim. Arah perkembangannya sekarang lebih luas ke *moleculer biology* dan kemungkinan rekayasa genetik dalam peningkatan prestasi olahraga.

Ilmu fisiologi olahraga adalah ilmu yang mempelajari perubahan yang terjadi dari fungsi dan cara bekerja organ-organ tubuh yang dapat bersifat sementara atau menetap diakibatkan oleh pengaruh olahraga pada saat tubuh sedang aktif atau istirahat. Dengan demikian, fisiologi olahraga dapat diaplikasikan dan memberi manfaat bagi promosi kesehatan masyarakat, pencegahan, penyembuhan penyakit, rehabilitasi penderita, dan peningkatan kebugaran jasmani serta peningkatan prestasi atlet. Konsep dasar fisiologi olahraga merupakan pemikiran awal yang akan dijadikan pedoman dan dikembangkan menjadi suatu inovasi dalam pembentukan pengetahuan kajian fisiologi olahraga.



Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah Swt., yang telah melimpahkan kurnia-Nya sehingga buku *Konsep Dasar Fisiologi Olahraga* ini dapat diselesaikan. Kepada para pembaca, Penulis mohon masukan terhadap perbaikan buku ini, atas kritik dan sarannya Penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Maret 2023

Penulis,
Prof. Dr. Bafirman HB, M.Kes., AIFO. & Endang Sepdanius, S.Si., M.Or.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Hubungan Fisiologi dan Olahraga	3
B. Hakikat Fisiologi dalam Olahraga	4
1. Latihan Harus Kontinu, Berkesinambungan, dan Progresif	4
2. Untuk Mendapatkan Kemampuan yang Spesifik Latihan Juga Harus Spesifik/Khusus	5
3. Kualitas dan Kuantitas Latihan Meliputi Frekuensi, Intensitas, dan Waktu Latihan	6



BAB 2	SISTEM ENERGI PADA OLAHRAGA	11
A.	Mekanisme Pembentukan Energi	11
1.	Kebutuhan Energi bagi Olahragawan	13
2.	ATP (<i>Adenosine Triphosphate</i>)	14
B.	Sumber Energi untuk Kontraksi Otot	16
1.	Sistem ATP-PC (<i>Phosphagen System</i>)	17
2.	Glikolisis Anaerobik (<i>Lactic Acid System</i>)	18
3.	Asam Laktat	21
4.	Sistem Aerobik (<i>Aerobic System</i>)	22
C.	Penggunaan Sistem Energi	28
1.	Sistem Energi Saat Istirahat	28
2.	Sistem Energi Saat Latihan	29
3.	Sistem Energi Saat Latihan Berat dan Singkat	29
4.	Sistem Energi Saat Latihan Submaksimal	31
5.	Sistem Energi Saat Latihan Lama	33
D.	Sistem Energi Predominan pada Berbagai Aktivitas Olahraga	36
E.	Pemupukan Karbohidrat (<i>Carbohydrate Loading</i>)	41
BAB 3	KONTRAKSI OTOT RANGKA	47
A.	Struktur Otot Rangka	48
1.	Filamen Myosin	51
2.	Filamen Aktin	52
3.	Retikulum Sarkoplasma	54
B.	Serabut Otot Rangka	57
C.	Mekanisme Kontraksi Otot	59
1.	Filamen-filamen Myosin dan Actin yang Saling Bergeser Saat Proses Kontraksi	59
2.	Aktin Merangsang Aktivitas ATPase Myosin	59
3.	Kepala-kepala Myosin “Berjalan” Sepanjang Filamen-filamen Aktin	60



D. Pengaturan dan Kemampuan Kontraksi Otot	63
1. Ca^{2+} Mengatur Kontraksi Otot dengan Proses yang Ditengahi oleh Troponin dan Tropomyosin	63
2. Impuls Saraf Melepaskan Ca^{2+} dari Retikulum Sarcoplasma	64
E. Kontraksi Otot Isotonik, Isometrik, Isokinetik, dan Pliometrik dalam Aktivitas Olahraga	64
1. Kontraksi Isotonik	65
2. Kontraksi Isometrik	66
3. Kontraksi Isokinetik	67
4. Kontraksi <i>Plyometrics</i>	68
F. Pengaruh Latihan terhadap Kerja Otot Rangka	69
G. Kekuatan Kontraksi Otot	71
1. Usia dan Jenis Kelamin	71
2. Ukuran <i>Cross Sectional</i> Otot	71
3. Hubungan antara Panjang dan Tegangan Otot pada Waktu Kontraksi	72
4. <i>Recruitment</i> Motor Unit	72
5. Tipe Kontraksi Otot	73
6. Jenis Serabut Otot	73
7. Ketersediaan Energi dan Aliran Darah	73
8. Kecepatan Kontraksi	73
9. Motivasi	74
H. Adaptasi Latihan pada Fisiologi Otot	74
I. Pengaruh Latihan Beban pada Unsur-unsur Fisik	75
1. Perubahan Sistem <i>Neuromuscular</i> dalam Peningkatan Kekuatan Otot	78
2. Perubahan pada Jaringan Nonkontraktil	79
3. Prinsip untuk Meningkatkan Kekuatan	79



BAB 4	SISTEM KARDIORESPIRATORI PADA OLAHRAGA	81
	A. Sistem Kardiovaskuler (Sistem Jantung dan Pembuluh Darah)	82
	B. Denyut Jantung	84
	1. Faktor-faktor yang Memengaruhi Denyut Nadi	88
	2. Macam Denyut Nadi dan Fungsinya	89
	3. Pengukuran Denyut Nadi	92
	C. Volume Jantung	96
	1. Isi Sekuncup (<i>Stroke Volume</i>)	96
	2. Curah Jantung (<i>Cardiac Output</i>)	97
	D. Respirasi dan Olahraga	102
	1. Proses Pernapasan	103
	2. Frekuensi Pernapasan	104
	3. Ventilasi Paru	105
	E. Volume Paru dan Kapasitas Paru	106
	1. Volume Paru	106
	2. Kapasitas Paru	106
	F. Adaptasi Sistem Pernapasan terhadap Latihan	109
BAB 5	LATIHAN FISIK	117
	A. Kondisi Fisik	118
	1. Pembinaan Kondisi Fisik	119
	2. Persiapan Fisik Mencapai Kebugaran	120
	B. Pembinaan Kebugaran Jasmani	122
	C. Metode Latihan Fisik	131
	1. Latihan Berselang (<i>Interval Training</i>)	131
	2. <i>Continuous Running</i>	134
	3. Latihan Sirkuit (<i>Circuit Training</i>)	136
	D. Prinsip-prinsip Dasar Latihan Fisik	138
	E. Fase Latihan	140
	1. Pemanasan (<i>Warming Up</i>)	141
	2. Pelepasan (<i>Cooling Down</i>)	147



BAB 6	KAPASITAS VOLUME OKSIGEN MAKSIMAL (VO₂ MAX)	151
A.	Pengertian VO ₂ Max	151
B.	Kebutuhan VO ₂ Maks pada Berbagai Cabang Olahraga	159
C.	Faktor-faktor yang Memengaruhi Nilai VO ₂ Maks	161
D.	Faktor-faktor yang Menentukan Nilai VO ₂ Maks	164
E.	Kapasitas Kerja Maksimal (<i>Maximal Energy Output</i>)	168
F.	Pengukuran VO ₂ Maks	171
1.	Tes VO ₂ Maks Lari/Jalan Selama 12 Menit (Metode Cooper Test)	172
2.	Pengukuran Kapasitas Aerobik (VO ₂ Maks) (Metode Balke Lari 15 Menit)	174
3.	Tes Daya Tahan Kardiorespiratori dengan <i>Treadmill</i> (Metode Bruce)	176
4.	Tes Multitahap (<i>Multistage Fitness Test or Bleep Test</i>) (MFT) VO ₂ Maks Tes untuk Olahraga Daya Tahan	179
BAB 7	KELELAHAN DAN PEMULIHAN DALAM OLAHRAGA	187
A.	Pengertian Kelelahan	188
B.	Ciri-ciri dan Penyebab Kelelahan	190
1.	Kelelahan yang Berkaitan Sistem Saraf	192
2.	Kelelahan yang Berkaitan dengan Pencernaan	193
C.	Kesalahan Latihan/Latihan yang Berlebihan Efek Fisiologis Akibat <i>Overtraining</i>	195 197
D.	Beberapa Bentuk Kelelahan	200
1.	Kelelahan Otot	200
2.	Kelelahan Neuromuskuler	203
E.	Sifat Kelelahan	204
1.	Kelelahan Otot yang Bersifat Lokal/Menyeluruh	204
2.	Kelelahan yang Menyertai Olahraga Daya Tahan	204
3.	Kelelahan dan Kinerja Olahraga	204
F.	Solusi Mengatasi Kelelahan	205



G. Pemulihan	207
1. Pemulihan Cadangan Energi	208
2. Membuang Asam Laktat dari dalam Darah dan Otot	211
3. Pemulihan Cadangan Oksigen	213
BAB 8 WANITA DAN OLAHRAGA	215
A. Perbedaan Fisik Pria dan Wanita	217
B. Menstruasi dan Olahraga	219
1. <i>Menarche</i>	220
2. <i>Dysmenorrhea</i>	221
3. <i>Amenorrhea</i>	223
C. Siklus Menstruasi dan Kadar Hemoglobin	227
D. Oksigen Maksimal (VO_2 Maks), Denyut Nadi (Waktu Istirahat) dalam Siklus Menstruasi	229
E. Osteoporosis pada Wanita	235
BAB 9 OBAT PERANGSANG (DOPING)	239
A. Sejarah Doping	239
B. Pengertian Doping	241
C. Organisasi Penanganan Doping	243
D. Alasan Pelarangan Doping	246
E. Daftar Doping dan Efeknya	247
1. Perangsang <i>Psychomotor</i>	247
2. <i>Narcotic Analgesic: Golongan Morphine</i>	248
3. <i>Anabolik Androgenik Steroids (AAS)</i>	248
4. <i>Beta Bloker</i>	250
5. <i>Diuretika</i>	250
6. <i>Doping Darah (Blood Boosting, Blood Packing)</i>	251
F. Alasan Penggunaan Doping	253
G. Prosedur Pengawasan Doping	254
H. Hubungan antara Prestasi dan Sportivitas	255



BAB 10 PENGARUH SUHU LINGKUNGAN TERHADAP FISILOGI TUBUH PADA SAAT MELAKUKAN LATIHAN OLAHRAGA	259
A. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Fisiologis Tubuh	259
B. Respons Fisiologis Tubuh pada Ketinggian	262
1. Respirasi pada Tempat Ketinggian	262
2. Ventilasi Paru-paru	265
3. Respons Kardiovaskuler pada Ketinggian	267
C. Mengoptimalkan Kinerja di Ketinggian	269
BAB 11 PENGARUH AKTIVITAS FISIK TERHADAP SISTEM BIOLOGIS	273
A. Perubahan Kimia	275
1. Perubahan Aerobik	275
2. Perubahan Anaerobik	276
B. Perubahan pada Serabut Otot	276
C. Perubahan pada Sistem Kardiorespirasi	278
1. Perubahan pada Saat Istirahat	278
2. Perubahan Saat Latihan Submaksimal	282
3. Perubahan Saat Latihan Maksimal	287
D. Perubahan-perubahan Lainnya	290
1. Aklimatisasi terhadap Ketinggian	290
2. Perubahan Komposisi Tubuh	292
3. Perubahan Kadar Kolesterol dan Trigleserida	293
4. Perubahan Tekanan Darah	294
5. Perubahan Aklimatisasi terhadap Panas	294
6. Perubahan Jaringan Ikat	297
DAFTAR PUSTAKA	299
GLOSARIUM	309
INDEKS	339
BIODATA PENULIS	343



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Energi Biologis	12
Gambar 2.2	Sumber Energi Pembentukan Kembali ATP di dalam Otot	16
Gambar 2.3	Glikolisis Anaerobik	18
Gambar 2.4	Siklus Cori: Menyediakan Energi dari Reaksi Glikolisis Anaerobik	20
Gambar 2.5	Perbedaan Glikolisis Aerobik dengan Glikolisis Anaerobik	24
Gambar 2.6	Sistem Energi pada Saat Istirahat	29
Gambar 2.7	Sistem Energi Saat Latihan Berat dan Singkat	30
Gambar 2.8	Sistem Energi Saat Latihan Submaksimal	32
Gambar 2.9	Persentase Kontribusi Sumber Energi Utama Anaerobik dan Aerobik	35
Gambar 3.1	Otot Rangka	49
Gambar 3.2	Struktur Otot Rangka	50
Gambar 3.3	Struktur dan Fungsi Otot	51
Gambar 3.4	Bagian Terkecil dari Otot Rangka	53
Gambar 3.5	Struktur Filament Myosin dan Aktin	53



Gambar 3.6	Mekanisme Kontraksi Otot	55
Gambar 3.7	Teori Pergeseran Filamen (<i>Sliding Filament Theory</i>)	63
Gambar 4.1	Sistem Kardiorespirasi	82
Gambar 4.2	Jantung Tampak Depan	83
Gambar 4.3	Jantung (Potongan Melintang/Bagian Dalam)	84
Gambar 4.4	Penghitungan Denyut Nadi Sesuai Fase Systole dan Diastole	85
Gambar 4.5	Pengukuran Denyut Nadi	86
Gambar 4.6	Kaitan antara Intensitas Latihan dengan Denyut Nadi/Menit	87
Gambar 4.7	Perbedaan Denyut Nadi Istirahat dan Kerja antara Orang yang Terlatih dan Tidak Terlatih	88
Gambar 4.8	Penghitungan Target Latihan Kebugaran Melalui Denyut Nadi	93
Gambar 4.9	Kaitan antara Denyut Nadi dengan Beban Kerja	94
Gambar 4.10	Isi Sekuncup (Stroke Volume (cc/Kontraksi) antara yang Terlatih dengan yang Tidak Terlatih)	97
Gambar 4.11	Perbedaan Curah Jantung dalam Keadaan Istirahat dan Kerja antara Orang yang Terlatih dan Tidak Terlatih	98
Gambar 4.12	Keadaan Denyut Nadi Pemulihan antara yang Terlatih dengan yang Tidak Terlatih	99
Gambar 4.13	Hubungan Denyut Nadi Maksimal dengan Kemampuan Kerja Maksimal antara Orang yang Terlatih dan Tidak Terlatih	101
Gambar 4.14	Peristiwa Pernapasan Selama Bernapas Normal, Inspirasi Maksimal, dan Ekspirasi Maksimal	107
Gambar 5.1	Fase Latihan	140
Gambar 6.1	Hubungan antara Konsumsi Oksigen dan Kemampuan Kerja Maksimal antara Terlatih dengan Tidak Terlatih	155
Gambar 6.2	Pengeluaran Energi Maksimal	168



Gambar 6.3	Perbedaan Kinerja, Dihitung Menurut Tingginya Ambang Batas Anaerobik dengan Beban Kerja yang Bertambah	170
Gambar 7.1	Pemulihan Glikogen Otot	209
Gambar 7.2	Pulih Asal Glikogen dengan Diet Normal dan Tinggi Karbohidrat	210
Gambar 7.3	Pulih Asal Glikogen Per Menit Tanpa Makanan	210
Gambar 7.4	Pembuangan Asam Laktat dari Darah dan Otot Selama Pemulihan Setelah Latihan Fisik yang Melelahkan	212
Gambar 7.5	Pembuangan Asam Laktat dari Darah dengan Istirahat, <i>Jogging</i> , dan Latihan <i>Intermittent</i> Setelah Latihan Berat	212
Gambar 8.1	Keadaan Kadar Hemoglobin Sesuai dengan Siklus Menstruasi bagi yang Tidak Terlatih dan Terlatih dalam Keadaan Istirahat	228
Gambar 8.2	Kaitan Siklus Menstruasi terhadap Oksigen Maksimal (VO_2), dan Denyut Nadi Waktu Istirahat dan Latihan Maksimal	230
Gambar 8.3	Pengaruh Menstruasi terhadap Prestasi Olahragawati	234



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perkiraan Penggunaan Energi dalam Tubuh Waktu Keadaan Glikolisis Anaerobik (<i>Lactic Acid System</i>)	22
Tabel 2.2	Perbandingan Penyediaan Pembentukan ATP	33
Tabel 2.3	Ciri-ciri Aktivitas Anaerobik dan Aerobik	34
Tabel 2.4	Sistem Energi Utama pada Beberapa Cabang Olahraga	38
Tabel 2.5	Beberapa Macam Metode Latihan untuk Pengembangan Sistem Energi	40
Tabel 3.1	Perbedaan Susunan dan Fungsi antara Otot Lambat (ST) dengan Otot Cepat (FT dan FT)	58
Tabel 4.1	Denyut Nadi Istirahat	90
Tabel 4.2	Target Latihan bagi Atlet Berdasarkan Denyut Nadi Cadangan	96
Tabel 5.1	Latihan Interval	132
Tabel 6.1	Beberapa Metode Latihan untuk Pengembangan Volume Oksigen Maksimal	156
Tabel 6.2	Relevansi Oksigen Maksimal untuk Prestasi Berbagai Cabang Olahraga	159
Tabel 6.3	Kebutuhan VO_2 Maks Atlet pada Saat Kompetisi Tiap Cabang Olahraga	160



Tabel 6.4	Daya Ledak Maksimal dan Kapasitas Maksimal dari Ketiga Sumber Energi	168
Tabel 6.5	Penilaian Tes Lari 12 Menit (<i>Cooper Test</i>)	173
Tabel 6.6	Penilaian Tes Lari 12 Menit untuk Atlet (<i>Cooper Test</i>)	174
Tabel 6.7	Penilaian VO_2 Maks	182
Tabel 6.8	Klasifikasi Kesegaran Fungsi Kardiorespiratori VO_2 Maks (ml/kg/min) Pria	185
Tabel 6.9	Klasifikasi Kesegaran Fungsi Kardiorespiratori VO_2 Maks (ml/kg/min) Wanita	185
Tabel 7.1	Lamanya Waktu Pemulihan Setelah Latihan yang Melelahkan	214

1

PENDAHULUAN

Kajian ilmu olahraga adalah ilmu terapan (*applied science*) yang merupakan ilmu interdisipliner, yaitu pengetahuan yang disuplai ilmu lain. Salah satu yang menyuplai dari keberadaan ilmu keolahragaan ini adalah *sport medicine* atau kesehatan olahraga. Ini adalah disiplin ilmu kedokteran yang secara teoretis dan praktis meneliti, menganalisis pengaruh olahraga terhadap manusia. Kajian dari disiplin ilmu ini lebih condong ke hal anatomi dan fisiologi dari tubuh manusia. Setiap gerak manusia pasti melibatkan kedua hal tersebut, terlebih-lebih olahraga yang berorientasi pada prestasi, di samping olahraga yang bertujuan untuk peningkatan kebugaran jasmani, baik pada olahraga pendidikan (penjasorkes) dan olahraga rekreasi. Jangan sampai dapat mencetak atlet yang berprestasi, tetapi mengindahkan tentang kesehatannya, baik dari segi kesehatan anatomi dan fisiologinya.

Fisiologi olahraga sebagai salah satu aspek *sport medicine* yang membahas tentang bagaimana tubuh menanggapi, mengatur, dan melakukan penyesuaian-penyesuaian berdasarkan sudut pandang fungsional. Fisiologi olahraga merupakan bagian atau cabang dari fisiologi yang khusus mempelajari perubahan fungsi yang disebabkan oleh aktivitas olahraga atau latihan fisik. Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari fungsi organisme tubuh secara keseluruhan dan bagian-bagiannya, fisiologi olahraga mengkaji apa yang terjadi terhadap fungsi tubuh apabila seseorang



melakukan latihan fisik, dan bagaimana perubahan fungsi itu dapat terjadi. Kemudian perubahan apa yang terjadi pada fungsi tubuh tersebut berlangsung. Juga, apa yang harus dilakukan untuk meningkatkan respons dan adaptasi tubuh terhadap latihan yang dilakukan secara berulang-ulang dalam waktu tertentu.

Fisiologi olahraga mempelajari perubahan-perubahan fungsi organ-organ, baik yang bersifat sementara (akut) maupun yang bersifat menetap karena melakukan olahraga, baik untuk tujuan kebugaran maupun untuk tujuan prestasi. Fisiologi olahraga merinci dan menerangkan perubahan fungsi yang disebabkan oleh latihan tunggal (*acute exercise*) adaptasi langsung dari pengaruh latihan dan latihan yang dilakukan secara berulang-ulang (*chronic exercise*) adaptasi berkelanjutan dengan tujuan untuk meningkatkan respons fisiologis terhadap intensitas, durasi, frekuensi latihan, keadaan lingkungan, dan status fisiologis individu.

Menurut Gegre A. Brooks dan Thomas D. Fathey (1984), fisiologi olahraga adalah cabang dari fisiologi tertentu terhadap latihan yang tergantung kepada identitas latihan, durasi (lamanya) latihan, frekuensi latihan, keadaan lingkungan, dan status fisiologis individu. Sementara menurut David R. Lam (1984), fisiologi olahraga adalah pemberian dan penjelasan tentang perubahan fungsi yang dihasilkan oleh latihan atau latihan yang dilakukan secara berulang-ulang, biasanya bertujuan untuk meningkatkan respons latihan.

Fisiologi olahraga menjelaskan perubahan-perubahan fungsi yang berhubungan dengan apa yang terjadi di dalam tubuh dan menerangkan mengapa perubahan-perubahan itu terjadi. Misalnya dengan latihan mengangkat beban yang berat dengan berulang-ulang, biasanya kemampuan mengangkat beban akan meningkat, sehingga kelak beban yang lebih berat dapat diangkat. Perubahan fungsi ini dapat disebabkan oleh ulangan-ulangan yang dilakukan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan jaringan otot, jadi diperlukan adanya protein yang lebih banyak untuk mengerahkan tenaga dan sebagian lagi diperlukan untuk meningkatkan kemampuan sistem saraf. Hal ini akan dapat menyebabkan lebih banyak serabut otot yang berkontraksi untuk mengerahkan kontraksi otot. Kalau seseorang sudah mengetahui bagaimana meningkatkan kemampuan mengangkat beban maka mudah baginya untuk membuat program latihan yang lebih baik.



melakukan latihan fisik, dan bagaimana perubahan fungsi itu dapat terjadi. Kemudian perubahan apa yang terjadi pada fungsi tubuh tersebut berlangsung. Juga, apa yang harus dilakukan untuk meningkatkan respons dan adaptasi tubuh terhadap latihan yang dilakukan secara berulang-ulang dalam waktu tertentu.

Fisiologi olahraga mempelajari perubahan-perubahan fungsi organ-organ, baik yang bersifat sementara (akut) maupun yang bersifat menetap karena melakukan olahraga, baik untuk tujuan kebugaran maupun untuk tujuan prestasi. Fisiologi olahraga merinci dan menerangkan perubahan fungsi yang disebabkan oleh latihan tunggal (*acute exercise*) adaptasi langsung dari pengaruh latihan dan latihan yang dilakukan secara berulang-ulang (*chronic exercise*) adaptasi berkelanjutan dengan tujuan untuk meningkatkan respons fisiologis terhadap intensitas, durasi, frekuensi latihan, keadaan lingkungan, dan status fisiologis individu.

Menurut Gegre A. Brooks dan Thomas D. Fathey (1984), fisiologi olahraga adalah cabang dari fisiologi tertentu terhadap latihan yang tergantung kepada identitas latihan, durasi (lamanya) latihan, frekuensi latihan, keadaan lingkungan, dan status fisiologis individu. Sementara menurut David R. Lam (1984), fisiologi olahraga adalah pemberian dan penjelasan tentang perubahan fungsi yang dihasilkan oleh latihan atau latihan yang dilakukan secara berulang-ulang, biasanya bertujuan untuk meningkatkan respons latihan.

Fisiologi olahraga menjelaskan perubahan-perubahan fungsi yang berhubungan dengan apa yang terjadi di dalam tubuh dan menerangkan mengapa perubahan-perubahan itu terjadi. Misalnya dengan latihan mengangkat beban yang berat dengan berulang-ulang, biasanya kemampuan mengangkat beban akan meningkat, sehingga kelak beban yang lebih berat dapat diangkat. Perubahan fungsi ini dapat disebabkan oleh ulangan-ulangan yang dilakukan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan jaringan otot, jadi diperlukan adanya protein yang lebih banyak untuk mengerahkan tenaga dan sebagian lagi diperlukan untuk meningkatkan kemampuan sistem saraf. Hal ini akan dapat menyebabkan lebih banyak serabut otot yang berkontraksi untuk mengerahkan kontraksi otot. Kalau seseorang sudah mengetahui bagaimana meningkatkan kemampuan mengangkat beban maka mudah baginya untuk membuat program latihan yang lebih baik.



Pengetahuan dasar tentang apa yang terjadi selama ini dapat terjadi sangat penting dimiliki oleh siapa saja yang mempunyai profesi sebagai pelatih, pembina, guru penjasorkes, dan atlet, banyak ilmuwan yang menyelidiki respons tubuh terhadap latihan fisik yang digunakan. Latihan fisik yang dilakukan dapat meningkatkan kapasitas kerja fisik, meningkatkan efisiensi kerja serta terciptanya rekor baru dalam dunia olahraga.

A. Hubungan Fisiologi dan Olahraga

Para ahli fisiologi telah mempelajari olahraga dari sudut disiplin ilmunya. Berbagai hasil penelitian menemukan bahwa kajian fisiologi dalam olahraga sangat diperlukan sebab setiap melakukan olahraga apa saja selalu berhubungan dengan fisiologi. Berolahraga berarti memberi efek terhadap fungsi organ tubuh, seperti jantung, otot, paru-paru, hormon-hormon peredaran darah, organisme degestif dan lainnya. Fisiologi olahraga memungkinkan kita antara lain untuk menyusun jadwal latihan, mengatur gizi dan pengelompokan atlet berdasarkan keadaan fisiologis. Fisiologi olahraga merupakan petunjuk bagi para pembina olahraga, atlet, dan terutama menjadi akses-akses yang timbul karena berolahraga, contohnya tentang efek fisiologis dan gerakan-gerakan tubuh yang statis yang lebih cepat menimbulkan kelelahan.

Dua hal kajian dari anatomi dan fisiologi ini dapat digali lagi secara lebih mendalam, Herbert Haag (1994) menggambarkan batang tubuh dari *sport medicine* sebagai contohnya: tulang, otot, saraf, sistem kardiovaskuler, nutrisi, energi, sistem sensor, pernapasan, olahraga dalam kondisi yang ekstrem, kesehatan, dan olahraga, olahraga untuk orang disabilitas, olahraga pemeriksaan badan. Rusli Lutan (1988) mengutip penjelasan Bohmer dari Sportmedical Institute di Frankfurt dalam seminar olahraga Sea Games 1987 di Jakarta, menjelaskan tiga tugas utama *sport medicine* adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi dan menggambarkan status kesehatan para olahragawan dalam menjalankan aktivitas latihan dan pembinaan jangka panjang.
2. Mengidentifikasi dan menggambarkan status fungsi organ tubuh dan kemampuan para olahragawan.
3. Mengidentifikasi dan menggambarkan perkembangan fisik para olahragawan dalam pengertian antropometrik.



Lebih lanjut, ketiga tugas pokok tersebut dapat dijabarkan ke dalam tiga pertanyaan sebagai berikut: (1) apakah seorang atlet dalam kenyataannya mampu mencapai prestasi tinggi tanpa terdapat peningkatan yang berarti dalam hal risiko terhadap kesehatannya? (2) manakah yang termasuk status fungsional dan status adaptasi dari para atlet? (3) apakah ada peluang yang baik bagi peningkatan kemampuan atlet melalui latihan, atau apakah dia sudah hampir mendekati tingkat kemampuannya yang maksimal?

Apabila pelatih, pembina, guru penjasorkes, dan atlet mengetahui dan mampu menerapkan ilmu-ilmu yang ada di dalam *sport medicine* khususnya fisiologi olahraga untuk peningkatan kemampuan fungsi organ, akan bermakna untuk memperoleh hasil yang maksimal pula dalam proses pembinaannya. Dengan penguasaan yang baik, fisiologi olahraga ini harapannya akan memberikan dampak yang baik pada sisi fisiologis dan anatomis bagi yang berolahraga dan khususnya bagi atlet, dengan kata lain latihan yang selama itu dilakukan tidak akan menyebabkan kerusakan secara permanen terhadap fisiologis dan anatomis atlet.

B. Hakikat Fisiologi dalam Olahraga

Fisiologi olahraga yaitu ilmu yang mempelajari tentang bagaimana mengefisienkan dan mengefektifkan fungsi organ tubuh untuk menghasilkan kemampuan yang maksimal, baik dalam keadaan istirahat dan apalagi waktu melakukan aktivitas atau saat berolahraga. Kemampuan fungsi organ tubuh yang efektif dan efisien secara maksimal, pada hakikatnya fisiologi dalam olahraga meliputi: (1) latihan harus kontinu, berkesinambungan, dan progresif; (2) untuk mendapatkan kemampuan yang spesifik latihan juga harus spesifik; dan (3) kualitas dan kuantitas latihan meliputi frekuensi latihan, intensitas latihan, dan waktu latihan.

1. Latihan Harus Kontinu, Berkesinambungan, dan Progresif

Latihan yang dilaksanakan secara bersinambungan atau berkelanjutan secara terus-menerus sesuai dengan prinsip-prinsip latihan akan memberikan dampak positif bagi tubuh yaitu menyebabkan adaptasi fisiologis di dalam tubuh menjadi lebih baik terhadap peningkatan kemampuan fungsi organ. Kemauan untuk melakukan aktivitas yang semakin meningkat dengan segala perubahan, baik ditinjau dari segi fisiologis, anatomis dan psikologis, hanya akan terwujud melalui latihan yang kontinu, berkesinambungan



dan progresif. Adaptasi ini sangat penting agar pada saat latihan atau saat melakukan aktivitas fisik, tubuh menjadi lebih terbiasa. Tubuh mampu beradaptasi terhadap beban kerja, dengan terbiasanya tubuh melakukan aktivitas fisik maka kerja organ tubuh bisa lebih efisien dan efektif.

Program latihan yang dilakukan secara bersinambungan atau berkelanjutan secara terus-menerus, akan berpengaruh terhadap efek berkelanjutan dari latihan, antara lain seperti peningkatan volume darah dan fungsi dari jantung, otot menjadi lebih kuat dan besar, peredaran darah dan pemapasan semakin efisien, dan terdapat sedikit lemak di bawah kulit dalam kesatuan berat badan. Adapun efek latihan dapat kembali surut bila latihan dilakukan dengan tidak beraturan. Namun, bagi seseorang yang pernah giat dalam gerak aktivitas fisik teratur akan lebih mudah mengembalikan kondisinya daripada mereka yang sebelumnya tidak pernah terlibat dalam fisik yang teratur.

Dalam melaksanakan program latihan tidak hanya harus rutin, namun juga harus mengalami peningkatan atau kemajuan (progresif). 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). Pemberian beban latihan harus ditingkatkan secara bertahap, teratur, dan terus-menerus sehingga mencapai beban maksimum. Program latihan harus direncanakan, beban ditingkatkan secara pelan bertahap, yang akan menjamin memperoleh adaptasi secara benar.

Peningkatan atau kemajuan latihan menekankan pada pembebanan latihan yang lebih berat diberikan pada atlet secara periodik dan progresif ditingkatkan. Hal ini penting supaya tidak terjadi *overtraining* dan prestasi meningkat. Dalam meningkatkan beban, Hakkinen (1993) mengemukakan bahwa peningkatan beban yang tidak sesuai atau sangat tinggi dapat menurunkan pengaktifan sistem saraf.

2. Untuk Mendapatkan Kemampuan yang Spesifik Latihan Juga Harus Spesifik/Khusus

Konsep spesifikasi berlaku pada latihan dan tes kebugaran untuk mendapatkan hasil latihan yang terbaik. Kemampuan yang spesifik dapat diperoleh dengan melakukan latihan yang spesifik pula. Sebelum melakukan latihan yang spesifik sebelumnya harus paham bentuk-bentuk latihan yang



akan dilakukan, sehingga tujuan latihan dapat tercapai, agar kegiatan latihan tidak menjadi sia-sia. Misalnya jika seseorang ingin meningkatkan kekuatan maka program latihan yang dilakukan adalah program untuk meningkatkan kekuatan bukan program untuk meningkatkan daya tahan, bila ingin untuk meningkatkan kecepatan maka program latihan yang dilakukan adalah program untuk meningkatkan kecepatan.

Hasil dari latihan langsung berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan sebagai pendorong latihan. Latihan memiliki pengaruh terhadap serat otot begitu juga dengan sistem yang mendukung, seperti sistem kardiovaskuler. Umumnya pengaruh latihan terhadap serat otot sangat spesifik, yang berarti tidak dapat dipindahkan ke aktivitas yang sama. Seperti keuntungan dari aktivitas lari tidak dapat dipindahkan ke renang atau bersepeda. Sebaliknya, karena efek terhadap respirasi, kardiovaskuler dan lainnya (Sharkey dan Greatzer, 1993).

Setiap latihan yang diberikan kepada atlet harus berhubungan erat dengan cabang olahraganya, dan sekali-kali tidak dibenarkan memberikan latihan yang gerakannya berlawanan dengan gerakan cabang olahraganya. Sekalipun tujuan latihan tersebut untuk memperbesar atau untuk memperkuat otot-otot tertentu, atau dengan kata lain perkataan "latihan berbeban". Pada dasarnya, olahraga tidak sekadar menggerakkan anggota tubuh, tetapi segala bentuk kegiatan olahraga ini mempunyai fungsi masing-masing. Misalnya, seorang yang ingin melatih kekuatan tangannya tidak mungkin juga akan melatih kesepuluh jarinya karena dianggap tidak efisien waktu. Jadi, suatu gerakan pastilah mempunyai tujuan tertentu. Tujuan tersebut akan tercapai apabila gerakan tersebut dilakukan dengan benar dan tepat.

3. Kualitas dan Kuantitas Latihan Meliputi Frekuensi, Intensitas, dan Waktu Latihan

Dalam melaksanakan program latihan tidak hanya harus rutin, namun juga harus memperhatikan frekuensi latihan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Tubuh memiliki batas-batas tertentu dalam menerima rangsangan yang diberikan, termasuk latihan yang dilakukan dalam hal menghasilkan kemampuan tertentu dalam olahraga. Untuk menjaga agar tubuh tidak mengalami gangguan maka latihan yang dilakukan harus memperhitungkan frekuensi latihan yang dilakukan secara tepat.



Intensitas latihan adalah menunjukkan seberapa berat atau kerasnya latihan yang dilakukan. Berat ringannya latihan akan berpengaruh pada pengembangan sistem energi 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.

Cara yang paling mudah untuk menentukan intensitas latihan, salah satunya adalah dengan metode denyut nadi. Ini dapat dipergunakan sebagai indikator, berat atau ringannya suatu beban latihan, baik terhadap tubuh secara keseluruhan, maupun terhadap sistem kardiorespiratori. Menurut 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 berjalan paralel, ditemukan kenaikan denyut nadi tertinggal pada titik tertentu (defleksi), keadaan ini menunjukkan intensitas latihan telah mencapai maksimum yang dapat dilakukan dengan pasok energi anaerobik dan aerobik maksimal.

Dalam menentukan intensitas latihan agar mencapai zona latihan, sesuai dengan tujuan latihan yang akan dikembangkan, maka denyut nadi dapat dijadikan sebagai ukurannya, disebut dengan denyut nadi latihan (*training heart rate*). Penentuan denyut nadi latihan dapat dilakukan dengan dua cara yang dikaitkan dengan tujuan latihan: *pertama*, bila tujuan latihan untuk peningkatan kebugaran jasmani dan bukan bagi olahragawan, maka penentuan denyut nadi latihan cukup berdasarkan persentase dari denyut nadi maksimal yang diprediksi, yaitu 220 dikurangi usia. Berarti, seseorang yang berusia 25 tahun, denyut nadi maksimalnya adalah 195.

Kedua, bila tujuan latihan untuk olahraga prestasi atau bagi olahragawan, maka untuk mengetahui denyut nadi latihan dapat ditentukan dari persentase denyut nadi cadangan (*heart rate reserve*). Untuk menentukan denyut nadi cadangan dilakukan dengan mengurangkan denyut nadi maksimal dengan frekuensi denyut nadi istirahat. Sedangkan penentuan



denyut nadi maksimal dilakukan dengan tes denyut nadi maksimal (Fox, 1988; Pate, 1991; Bowers, 1992).

Peningkatan daya sistem anaerobik, intensitas latihan sama atau melebihi sub maksimal atau di atas 80% dari kemampuan maksimal, sedangkan untuk peningkatan sistem daya aerobik intensitas di atas 60% sampai 80% dari kemampuan maksimal.

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 memengaruhi, bila intensitas tinggi (85% VO_2 max) lama latihan boleh 15–20 menit, sebaliknya bila intensitas rendah, maka waktu latihan harus lama. Pollock (1977) mengemukakan, untuk meningkatkan daya tahan aerobik cukup 15–60 menit secara kontinu. Sedangkan menurut Pate (1991) dan Bowers (1992), 6–8 minggu latihan telah memberikan efek yang cukup berarti bagi atlet.

Pada waktu-waktu tertentu tubuh akan mengalami kondisi yang berbeda sehingga latihan yang dilakukan perlu disesuaikan dengan kondisi tubuh. Frekuensi latihan yang tinggi, biasanya lama latihan relatif lebih singkat daripada latihan dengan frekuensi rendah (Soekarman, 1987). Menurut Annarino (1976) dan Bowers (1992), tiga kali latihan seminggu sudah dapat mengembangkan daya tahan, kekuatan, dan kelentukan.

Memang ada benarnya juga suatu anggapan umum bahwa lebih sering dan lebih lama program latihan itu dilaksanakan akan memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kebugaran, terutama untuk latihan daya tahan. Frekuensi latihan biasanya 5 hari per minggu untuk pelari jarak pendek (sprinter) dan 6–7 hari per minggu untuk atlet daya tahan. Walaupun demikian besarnya peningkatan tergantung kepada intensitas dan durasi latihan (P.O. Astrand, 1986), beban kerja dan durasi yang berat dapat meningkatkan aktivitas enzim *mitochondria* (P.D. Gollnick, dkk., 1973), dan beban kerja yang lebih berat adalah kerja yang lebih dominan pada sistem anaerobik.

Apabila latihan dengan intensitas yang tinggi/keras, waktu yang lama tanpa diimbangi dengan pengaturan pola makan yang baik, maka protein yang seharusnya dipergunakan untuk membangun otot akan dikatabolisir menjadi energi untuk latihan. Setelah latihan, apabila tubuh tidak



mendapat asupan gizi yang cukup untuk pemulihan dan pertumbuhan, maka lagi-lagi tubuh akan mempergunakan energi dari dirinya sendiri untuk proses pemulihan tersebut. Bila suatu pekerjaan meningkat, energi yang diperlukan juga meningkat, dengan kata lain energi yang diperlukan tergantung kebutuhan molekul-molekul untuk membran sel, pembuatan potensial di dalam membran sel, pembuatan gradasi (katabolisme) molekul-molekul, seperti protein dan karbohidrat serta yang paling penting dalam fisiologi olahraga adalah gerakan dari filamen myosin seperti yang terjadi pada kontraksi otot.

Dengan mempelajari dan memahami fisiologi olahraga kita dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, utamanya bagi mahasiswa yang mempunyai cita-cita atau keinginan untuk menjadi guru atau pelatih olahraga, sehingga dalam membina dan melatih anak didiknya, ia tidak sembarangan memberikan pelatihan. Sementara bagi atlet diharapkan tahu akan manfaat latihan mereka, sehingga mereka dapat meningkatkan kemampuan organ tubuh yang digunakan mereka dalam bertanding maupun berlomba. Ilmu fisiologi olahraga ini diharapkan bermanfaat untuk menambah pengetahuan dan wawasan, baik secara ilmiah maupun dalam hal penerapan dan teknisnya. Di samping itu juga, bermanfaat dalam hal pembinaan dan peningkatan prestasi olahraga pada khususnya, dan kesehatan serta kebugaran jasmani pada umumnya. Serta dapat menyumbangkan sesuatu demi tercapainya manusia Indonesia seutuhnya, dalam artian fisik, mental, dan spiritual. Maka dari itu, penting sekali untuk mempelajari apa itu fisiologi olahraga.

