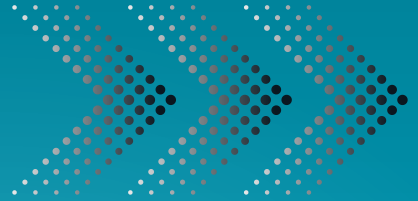
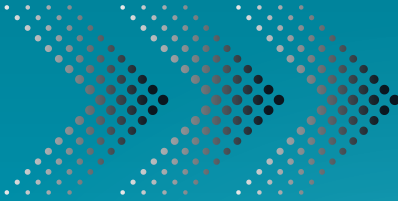


FISIOLOGI OLAHRAGA



PENULIS :

Ilham Kamaruddin, M. Imran Hasanuddin, Muhammad Qasash Hasyim,
Jumaking, Andi Muhammad Fadlih, Ika Nilawati, Agus Sutriawan,
Nur Amin, Yanesti Nuravianda Lestari, Agustiawan, Robertus Lili Bile,
Erlyta Dian Puspitarini, Oki Candra,

FISIOLOGI OLAHRAGA

**Ilham Kamaruddin
M. Imran Hasanuddin
Muhammad Qasash Hasyim
Jumaking
Andi Muhammad Fadlih
Ika Nilawati
Agus Sutriawan
Nur Amin
Yanesti Nuravianda Lestari
Agustiawan
Robertus Lili Bile
Erlyta Dian Puspitarini
Oki Candra**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

FISIOLOGI OLAHRAGA

Penulis:

Ilham Kamaruddin
M. Imran Hasanuddin
Muhammad Qasash Hasyim
Jumaking
Andi Muhammad Fadlih
Ika Nilawati
Agus Sutriawan
Nur Amin
Yanesti Nuravianda Lestari
Agustiawan
Robertus Lili Bile
Erlyta Dian Puspitarini
Oki Candra

ISBN: 978-623-198-169-1

Editor: Dr. Neila Sulung, N.S., S.Pd., M.Kes.
Ari Yanto, M.Pd.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak: Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi: Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat

website: www.globaleksekutifteknologi.co.id
email: globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan Pertama, Maret 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan rahmat Allah SWT, atas berkah hidayah dan ridho-NYA yang telah memberikan kekuatan kepada penulis sehingga buku dengan judul Fisiologi Olahraga ini dapat diterbitkan sesuai yang diharapkan. Buku ini berisi tentang pengantar fisiologi olahraga, fisiologi olahraga, respon tubuh terhadap aktifitas fisik, mekanisme kontraksi dan pengaruh latihan terhadap sistem otot, klasifikasi dan fisiologi saraf, sistem energi, sistem energi dan aktivitas fisik, anatomi dan fisiologi respirasi, pengaruh aktivitas fisik pada sistem respirasi, anatomi dan fisiologi sistem kardiovaskuler, pengaruh aktivitas fisik pada sistem kardiovaskular.

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berperan aktif dalam membantu menyusun dan menerbitkan buku ini, kepada editor, korektor, dan penerbit tanpa bantuan mereka sulit rasanya buku ini sampai ke tangan pembaca. Terakhir, sebagai karya manusia biasa penulis menyadari karya ini masih kurang dari kesempurnaan. Oleh karenanya kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari para pembaca yang budiman. Diatas segalanya dan dengan penuh kerendahan hati, buku ini penulis hantarkan ke hadapan para pembaca. Dengan harapan semoga bermanfaat adanya.

Padang, Maret 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1 PENGANTAR FISILOGI OLAHRAGA.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah Fisiologi	2
1.3 Pengertian Fisiologi	6
1.4 Fisiologi Menurut Para Ahli	7
1.5 Ruang Lingkup Fisiologi.....	9
DAFTAR PUSTAKA.....	12
BAB 2 FISILOGI OLAHRAGA	13
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Mengenali Ilmu Fisiologis dan Dunia Olahraga	14
2.3 Olahraga Berpengaruh Pada Fisiologi Manusia.....	17
2.4 Konsep dalam Homeostasis	18
2.5 Sistem Kontrol Pada Homeostasis.....	21
2.6 Kebutuhan Energi Dalam Berolahraga.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	32
BAB 3 RESPON TUBUH TERHADAP AKTIFITAS FISIK	33
3.1 Pendahuluan.....	33
3.2 Respon tubuh	33
3.3 Aktifitas Fisik.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	40
BAB 4 FISILOGI DAN KLASIFIKASI OTOT	41
4.1 Pendahuluan.....	41
4.1.1 Sejarah Fisiologi.....	41
4.1.2 Pengertian Fisiologi dan Otot.....	42
4.2 Fisiologi Otot.....	43
4.2.1 Histologi Otot.....	44
4.2.2 Otot Lurik.....	50
4.2.3 Otot Polos.....	52
4.2.4 Otot Jantung	53
4.3 Klasifikasi Otot.....	53
4.3.1 Otot Rangka / Otot Lurik (skeletal muscle)	54
4.3.2 Otot Jantung	57
4.3.3 Otot Polos.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

BAB 5 MEKANISME KONTRAKSI DAN PENGARUH LATIHAN TERHADAP SISTEM OTOT	61
5.1 Pendahuluan.....	61
5.2 Mekanisme Kontraksi dan Pengaruh Latihan Terhadap Sistem Otot.....	62
5.3 Penutup.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	68
BAB 6 KLASIFIKASI DAN FISILOGI SARAF.....	69
6.1 Pendahuluan.....	69
6.2 Struktur System Saraf.....	70
6.2.1 System Saraf Pusat	70
6.2.2 Saraf Tepi	72
6.3 Sel-Sel pada System Saraf.....	73
6.3.1 Klasifikasi Neuron	74
6.3.2 Sel Glial	75
DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 7 PENGARUH LATIHAN PADA SYSTEM SARAF	79
7.1 Pendahuluan.....	79
7.2 Latihan.....	80
7.3 Sistem Saraf.....	85
7.4 Kesimpulan.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	90
BAB 8 SISTEM ENERGI.....	91
8.1 Pengertian Sistem Energi.....	91
8.2 Macam-Macam Sistem Energi	92
8.2.1 Sistem Energi ATP-PC (<i>Phosphagen System</i>)	93
8.2.2 Sistem Energi Anaerob	94
8.2.3 Sistem Energi Aerob.....	97
8.3 Metabolisme Sistem Energi.....	98
8.3.1 Metabolisme Karbohidrat.....	98
8.3.2 Metabolisme Protein	100
8.3.3 Metabolisme Lemak	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102
BAB 9 SISTEM ENERGI DAN AKTIVITAS FISIK.....	103
9.1 Pendahuluan.....	103
9.2 Sistem Energi dalam Aktivitas Fisik.....	105
9.2.1 Sistem Energi ATP-CP (ATP – Creatine Phosphate)	105
9.2.2 Glikolisis Anaerobik.....	108
9.2.3 Sistem Energi Aerobik.....	111
DAFTAR PUSTAKA.....	114

BAB 10 ANATOMI DAN FISILOGI RESPIRASI	115
10.1 Pendahuluan	115
10.2 Anatomi Respirasi	116
10.3. Fisiologi Respirasi.....	120
10.4. Faktor yang Memengaruhi Respirasi.....	125
10.5. Kesimpulan.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....	128
BAB 11 PENGARUH AKTIVITAS FISIK PADA SISTEM RESPIRASI.....	131
11.1 Aktivitas Fisik & Olahraga.....	131
11.2 Sistem Respirasi pada Manusia	137
11.3 Dampak Aktivitas Fisik Pada Sistem Respirasi	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
BAB 12 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM KARDIOVASKULER.....	145
12.1 Pendahuluan	145
12.2 Komponen Sistem Kardiovaskular.....	146
12.2.1 Pembuluh Darah.....	146
12.2.2 Jantung.....	152
12.3 Fisiologi	161
12.4 Tekanan Darah.....	171
12.5 Kesimpulan.....	173
DAFTAR PUSTAKA	175
BAB 13 PENGARUH AKTIVITAS FISIK PADA SISTEM	
CARDIOVASKULAR	177
13.1 Pendahuluan	177
13.2 Aktivitas Fisik.....	179
13.2.1 Latihan.....	183
13.2.2 Prinsip-Prinsip Dasar Latihan	188
13.3 Sistem Kardiovaskular	192
13.4 Pengaruh Aktivitas Fisik Pada Sistem Kardiovaskular	197
DAFTAR PUSTAKA.....	201
BIODATA PENULIS.....	203

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan pentingnya homeostasis untuk tubuh manusia.....	20
Gambar 2.2 Bagan mekanisme homeostasis.....	23
Gambar 4.1. posisi gerakan otot bisep dan otot trisep.....	49
Gambar 4.2. Otot Polos	53
Gambar 4.3. Jenis – jenis otot.....	54
Gambar 7.1 Nervous System Works	86
Gambar 7.2 Bagian Otak Manusia.....	87
Gambar 8.1. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi ATP-PC.....	93
Gambar 8.2. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi Aerobik.....	95
Gambar 8.3. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi Aerobik.....	98
Gambar 9.1 Pelepasan energi dari Pemecahan Creatine Phosphate (CP) untuk Menghasilkan ATP Kembali.....	105
Gambar 9.2. Laju Pengembalian Simpanan Creatine Phosphate Berdasarkan Waktu Pemulihan.....	107
Gambar 9.3. Sistem Energi Glikolisis Anaerobik	108
Gambar 9.4. Hubungan Waktu Istirahat dengan Konsentrasi Asam Laktat Darah.....	110
Gambar 9.5. Perbandingan Metabolisme Sistem Energi Aerobik dan Anaerobik.....	115
Gambar 10.1. Anatomi Respirasi.....	117
Gambar 10.2. Sistem Respirasi	119
Gambar 10.3. Proses bernafas.....	122
Gambar 10.4. Volume dan kapasitas paru	123
Gambar 12.1. Struktur dinding arteri	147
Gambar 12.2. Aneurysma.....	148
Gambar 12.3. Anatomy Vena.....	150
Gambar 12.4. Struktur arteri, arteriol, jaringan kapiler, venula, dan vena	151
Gambar 12.5. (A) Mikroarsitektur sinusoid hati. (B) Susunan hepatik chain sepanjang sinusoid hati	152
Gambar 12.6. Anatomy Jantung	155
Gambar 12.7. Susunan Otot Jantung.....	157
Gambar 12.8. Katub-katub Jantung.....	158
Gambar 12.9. Sistem Konduksi Jantung Normal.....	164
Gambar 12.10. Skema peredaran darah.....	168

DAFTAR TABEL

Tabel 6.1. Gambaran Penggunaan Sistem Energi	60
Tabel 9.1 Karakteristik Sistem Energi ATP-CP.....	105
Tabel 9.2. Karakteristik Sistem Energi Glikolisis Anaerobik	109
Tabel 9.3. Karakteristik Sistem Energi Glikolisis Anaerobik	113

BAB 1

PENGANTAR FISIOLOGI OLAHRAGA

Oleh Ilham Kamaruddin

1.1 Pendahuluan

Tiap-tiap individu, terdapat jiwa yang didalamnya terjadi benturan antara perasaan, nafsu, kebutuhan, nilai serta prinsip. Pada diri manusia juga terdapat akal sebagai tempat untuk bisa menyimpan berbagai prinsip, aksioma, pengetahuan, kreativitas dan analisis. Tubuh manusia terdiri atas beberapa ragam fungsi dari organ tubuh, diantaranya adalah sistem saraf, peredaran darah, pernapasan, pencernaan, penginderaan, reproduksi dan sistem ekskresi serta sistem koordinasi. Manusia mempertahankan kestabilan tubuhnya secara alami, meskipun berbagai kondisi di dalam maupun luar tubuh seringkali berubah, akan tetapi kondisi homeostatis tetap dipertahankan sehingga organ tubuh bisa menjalankan fungsinya dengan baik (Sartono 2014).

Dalam kajian fisiologi, yang dipelajari bukanlah bagian-bagian (struktur) tubuh makhluk hidup, melainkan cara kerja dan fungsi organ-organ tubuh. Hal ini bisa diartikan bahwa pada kajian fisiologi juga membahas terkait perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh yang berasal dari dalam dan luar tubuh masing-masing individu. Kita tentu ingat tahu, disaat seseorang beraktivitas, hanya dilihat dari beberapa perubahan yang terjadi dalam tubuh, seperti level denyutan nadi yang berbeda, intensitas keringat ataupun berbagai tanda tubuh mengalami kelelahan. Akan tetapi perubahan dari segi fisiologi cenderung jarang menjadi perhatian (Hb 2013).

Biasanya dalam melakukan aktivitas, hanya memperhitungkan denyut nadi yang dilakukan secara manual (palpase) maupun memanfaatkan alat. Sehingga denyut nadi yang kondisinya normal maupun dalam zona latihan akan dilihat dari level denyutannya (Dafriani 2019).

Sebagai salah satu bidang ilmu pengetahuan yang sering digunakan, fisiologi ini sangat bermanfaat bagi tiap-tiap individu dengan tujuan meningkatkan performanya, khususnya bagi atlet untuk memperoleh prestasi secara optimal. Fisiologi juga sangat erat kaitannya dengan kesehatan dan kondisi kesehatan dapat diketahui dengan cara mengamati fisiologis seseorang. Untuk mengetahui aktivitas yang cocok, khususnya di bidang olahraga biasanya mempergunakan tes pengukuran olahraga kemudian dianalisis menggunakan ilmu fisiologi (Utami 2015).

1.2 Sejarah Fisiologi

Sejarah perkembangan fisiologi manusia di dunia adalah sebagai berikut:

a. Fisiologi Kuno

Masa ini dimulai pada permulaan tahun 1600 SM, telah banyak dikenal berbagai pengetahuan tentang pembuluh darah dan organ di masa tersebut. Seperti Hipokrates yang merupakan ilmuan di bidang kedokteran dengan karya fenomenalnya dari zaman Yunani kuno sampai saat ini. Selain itu, sebagai dokter ahli di penghujung abad ke-6 SM, Hipokrates memahami mendalam mengenai otot, organ ginjal dan sistem kerangka manusia. Akan tetapi masih banyak karya beliau yang berdasarkan spekulasi dan tidak dibuktikan oleh riset. Ilmu tentang anatomi serta fisiologi manusia pertama kali dikembangkan oleh Herophilos. Begitupun dengan ilmuwan Galen (abad ke-2 M) sangat penting dalam

perkembangan anatomi kuno. Berbagai pengetahuan telah dikumpulkan dari berbagai ilmuwan melalui pembedahan hewan hidup untuk memahami fungsi berbagai organ makhluk hidup.

b. Zaman Pertengahan

Vesalius di abad ke-16 berhasil menggambar anatomi dan fisiologi setelah sukses melakukan pembedahan pada korban hukuman gantung. Sehingga Vesalius dapat menggambarkan perbedaan antara anatomi tubuh anjing dan manusia. Setelah pembedahan yang dilakukan Vesalius, ditemukan banyak kesalahan dari karya Galen yang selalu menjadi pedoman utama di bidang kedokteran masa itu. Diungkapkan Vesalius bahwa dasar penelitian dari Galen adalah anatomi binatang, terutama anjing. Walaupun begitu ajaran Galen masih banyak dipercaya. Diungkapkan juga oleh Vesalius mengenai kesalahan tentang fungsi dan struktur jantung sebagaimana diungkapkan Aristoteles. Ajaran Aristoteles yang mengatakan jantung sebagai pusat syaraf ditentang melalui karya Vesalius yang terkenal tahun 1547 berjudul *On the Fabric of the Human Body*. Dikatakan bahwa sistem saraf dan otak sebagai pusat emosi dan pikiran, bertentangan dengan ajaran Aristoteles yang menyatakan pusat tubuh berada di jantung.

c. Zaman Sains Arab

Ketika masa kejayaan Islam, studi terkait anatomi dan fisiologi terus berkembang di tangan ilmuwan Muslim. Mereka bukan hanya mengkaji berbagai buku hasil terjemahan Yunani, akan tetapi turut melakukan riset dan pengembangan dalam bidang fisiologi. Seperti ilmuwan terkenal Abu Bakar Muhammad Ibnu Zakariya Razi atau al-Razi (865 M-925 M) yang menumbangkan teori Galen mengenai *humorism*. Beliau meragukan pernyataan Galen

dalam teorinya di abad ke-10 M dan sebagai dokter pertama yang melakukan penolakan pada teori tersebut. Al-Razi mengkritisi teori Galen yang disebutkan bahwa terdapat zat cair (humor) dalam tubuh sebanyak empat jenis yang mengatur suhu dan keseimbangan tubuh. Namun teori itu dipatahkan dokter Muslim setelah melakukan riset dengan memasukkan ke dalam tubuh suatu cairan dengan suhu berbeda terhadap meningkat maupun menurunnya suhu tubuh, menyerupai suhu suatu cairan. Kemudian disimpulkan Al-Razi bahwa panas tubuh dapat meningkat dari suhu alaminya apabila dimasukkan minuman hangat. Maka dapat dikatakan tubuh mampu merespon minuman yang masuk, bukan sekedar menyalurkan suhu semata. Riset lebih lanjut dilakukan seorang dokter Muslim mengenai anatomi dan fisiologi yaitu Ibnu Nafis (1210 M-1288 M). Beliau dapat menjelaskan peredaran darah pada manusia dengan tepat. Kemudian dikembangkan aliran Nafisian dalam rangka mematahkan berbagai ajaran kedokteran terdahulu dari Ibnu Sina maupun Galen yang merupakan dokter Yunani. Dikatakan oleh Al-Nafis bahwa masih banyak kekeliruan dari teori yang dijelaskan dua dokter tersebut, termasuk mengenai tulang, denyut nadi, panca indera, otot, empedu dan berbagai anggota tubuh yang lain. Kemudian Al-Nafisi mampu menggambarkan sistem fisiologi yang beliau kembangkan tersebut.

d. Abad ke-14

Di Perancis dan Italia sudah dilakukan diseksi terhadap manusia untuk pertama kali. Kemudian dijelaskan pada publik di tahun 1315 oleh Mondino de Luzzi (1276-1326) untuk membenahi citra diseksi anatomi dan fisiologi.

e. Abad ke-15

Leonardo da Vinci (1452 – 1519) sudah mempelajari mengenai anatomi dan fisiologi. Kemudian dicetak gambaran anatomi tersebut di penghujung abad ke-15.

f. Abad ke-16

Terjadi reformasi Anatomi dan fisiologi saat Andreas Vesalius (1514-1564) masyhur di Brussel sebagaimana tertulis pada bukunya "*De Humani Corporis Fabrica*" tahun 1543. Sebagai dokter muda sekaligus profesor yang ada di Universitas Padua, Vesalius banyak memberikan kritik mengenai berbagai teori anatomi sebagaimana telah dijelaskan Galen, sehingga disebut *master of dissecting anatomy*.

g. Abad ke-17

Di bukunya berjudul "*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*", William Harvey (1578-1657) sudah menjelaskan fisiologi dari segi anatomi di tahun 1628. Sedangkan Marcello Malpighi (1628-1694) mempublikasikan mikroskopik anatomi perdana. Diantara para pakar anatomi dan fisiologi yang masyhur di zaman tersebut yakni Riolan, Casserio, Fabricius dan Thomas Bartholin.

h. Abad ke-18

Penjelasan mengenai penyakit anatomo telah dijelaskan Giovanni Battista Morgagni (1682-1771). Ahli anatomi yang terkenal saat itu ialah Albinus dan Winslow dan ahli anatomi komparativa ialah Buffon, Daubenton Vicquo, Azyr dan John Hunter telah meletakkan dasar-dasar anatomi gigi. Museum Anatomi yang terkenal dirancang oleh William (1718- 1783) dan John Hunter (1728-1793) sedangkan untuk embryology modern ditetapkan oleh Friedrich Wolff (1733-1794).

i. Di abad ke-19

Telah dipublikasikan oleh Xavier Bichat (1771-1802), tahun 1801 mengenai pembagian jaringan secara umum, selain itu diwajibkan diseksi anatomi kepada mahasiswa yang dilaksanakan di Edinburg pertama kali tahun 1826 serta di Myriland tahun 1833. Setelah peristiwa pembunuhan di London Tahun 1832, para mayat yang menjadi korban digunakan sebagai diseksi anatomi, yaitu dijadikan media praktik untuk mahasiswa kedokteran di zaman tersebut yang diistilahkan sebagai *An act for regulating schools of Anatomy*. Sangat penting peranan suatu penemuan terutama di bidang kedokteran sehingga kesehatan dapat ditunjang.

1.3 Pengertian Fisiologi

Secara *etimologi*, fisiologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Physis* yang bisa diartikan *function/faal* atau kerja (sesuatu yang ada kaitannya dengan mekanisme). Sedangkan *Logia* dapat diartikan sebagai ilmu, sehingga fisiologi merupakan ilmu yang mempelajari mekanisme fungsional tiap-tiap jaringan dan organ tubuh. Secara *epistemologi*, fisiologi adalah cabang ilmu biologi yang membahas terkait fungsi-fungsi dari organ tubuh makhluk hidup agar tetap mampu mempertahankan kehidupannya. Pada hakikatnya, fisiologi tidak terlepas dari yang namanya anatomi, karena keduanya saling berkaitan. Dapat dikatakan jika fisiologi merupakan penjelasan fungsi-fungsi dari bagian anatomi (fungsi organ, sel maupun bagian lainnya) (Gerard and Bryan 2009).

Pemahaman mengenai bagian serta fungsi tubuh berlandaskan pada kedua cabang ilmu yaitu anatomi dan fisiologi. Dikarenakan sulit untuk memisahkan fungsi dan strukturnya, maka kedua ilmu tersebut dikaji dengan serentak. Sehingga apabila seseorang mengkaji mengenai struktur

rangka manusia maka sekaligus akan membahas mengenai fungsinya. Dipelajari mengenai fungsi pada zat hidup melalui ilmu Fisiologi. Fisiologi mencoba untuk menjelaskan faktor-faktor fisik dan juga kimia bertanggungjawab akan asal, perkembangan serta gerak kehidupan. Dalam fisiologi manusia, dibahas terkait sel, jaringan, sistem organisme dalam tubuh serta pengantaran impuls (ransangan) dari satu bagian tubuh ke bagian lainnya (Irianto 2014).

Ada dua jenis pendekatan fisiologi dalam rangka untuk mendeskripsikan fenomena dalam tubuh manusia, diantaranya:

a. Pendekatan Mekanistik

Para pakar fisiologi banyak menerapkan pendekatan ini dalam mendeskripsikan fungsi tubuh makhluk hidup. Mereka menganalogikan tubuh layaknya sebuah mesin dengan mekanisme kerja yang bisa dideskripsikan melalui serangkaian konsep dari suatu proses kimiawi maupun fisik. Sehingga dapat dijelaskan oleh pakar fisiologi mengenai proses yang terjadi pada tubuh.

b. Pendekatan Teleologis

Pendekatan ini bisa mendeskripsikan berbagai fungsi tubuh dengan berlandaskan pada tindakan memenuhi kebutuhan tubuh namun tidak memperhatikan mengenai hasil akhir yang dicapai dari proses tersebut. Sehingga dapat dikatakan fokus pendekatan ini hanya pada alasan maupun tujuan suatu proses yang terjadi.

1.4 Fisiologi Menurut Para Ahli

Fisiologi berdasarkan pendapat (Sherwood 2011), merupakan ilmu yang membahas mengenai indikasi dan fungsi kerja dari suatu jaringan maupun organ yang ada di tubuh makhluk hidup. Prosedur serta sifat dalam tubuh manusia terjadi secara alami sehingga tidak disadari (*involunter*),

seperti saat rasa lapar muncul mengakibatkan seseorang otomatis mencari makanan untuk dimakan, suhu dingin menyebabkan tubuh menggigil, dan lainnya. Proses yang dilalui makanan dalam sistem pencernaan seperti mencerna serta menyerap, proses pernafasan yang dilakukan dengan menghirup oksigen serta mengeksresikan karbondioksida, seluruh proses tersebut dilakukan oleh suatu sistem fisiologis dari tiap organ dalam tubuh sesuai fungsi kerjanya.

Merujuk pendapat (Firdaus 2011), fisiologi merupakan ilmu yang membahas prosedur serta fungsi dari setiap organ tubuh yang menyesuaikan diri agar terbentuk *homeostatis* (kondisi lingkungan yang stabil untuk sel). Berbagai fungsi dari sistem tersebut secara jasmani digunakan untuk beraktivitas, mempertahankan kehidupan, maupun mendapatkan kepuasan dalam hidup.

Merujuk (Manaba 2014), fisiologi atau ilmu faal merupakan bagian dari Biologi yang membahas mengenai keberlangsungan proses kehidupan. Secara spesifik fisiologi (ilmu faal) berfokus pada bagaimana tubuh bekerja. Di tubuh manusia, terdapat berbagai sistem yang berkorelasi sebagai bentuk proses fisiologis, prosedurnya terjadi secara terstruktur diantara tiap sistem maupun organ dalam tubuh. Jika terdapat gangguan dari proses fisiologis karena sebab tertentu, dapat dikatakan proses dalam tubuh yang biasanya terjadi dengan sistematis akan mengalami gangguan, menyebabkan manusia kesulitan dalam beraktivitas normal. Supaya kondisi tersebut tidak terjadi, seseorang bisa selalu menjaga kesehatan organ tubuhnya sehingga komponen fisiologis bisa selalu menjalankan fungsinya secara optimal, cara yang bisa ditempuh adalah dengan membiasakan olahraga rutin.

1.5 Ruang Lingkup Fisiologi

Terdapat berbagai organisasi dari yang sangat sederhana hingga kompleks di tubuh manusia. Berikut ialah ruang lingkup dalam fisiologi, diantaranya:

a. Level kimia

Paling sederhana dalam tubuh adalah terdapat atom serta molekul. Diantara atom utama pembangun tubuh yaitu atom karbon (C), hydrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalsium (Ca) dan juga sulfur (S). Sementara itu deoksiribonukleat acid (DNA) sebagai molekul utamanya.

b. Sel

Sel merupakan kumpulan dari berbagai molekul dalam tubuh. Sebagai unit terkecil, sel berfungsi sebagai pembangun tubuh makhluk hidup, diantara sel dalam tubuh adalah seperti sel saraf, sel epitel dan sel otot.

c. Jaringan

Kumpulan dari sel yang berbeda akan membentuk suatu jaringan dengan suatu fungsi khusus. Terdapat 4 jaringan utama pembangun tubuh diantaranya jaringan otot, jaringan pengikat, jaringan saraf maupun jaringan epitel.

d. Organ

Umumnya organ dibentuk dari berbagai jaringan berbeda yang mampu menjalankan suatu fungsi khusus. Sehingga organ terdiri atas kumpulan jaringan sebanyak dua atau lebih.

e. Sistem organ

Kumpulan berbagai organ akan membentuk suatu sistem organ yang menjalankan suatu fungsi khusus sehingga kondisi homeostatis tubuh dapat terjaga.

f. Organisme

Sistem organ yang bersatu akan membentuk organisme yang secara dinamis serta berkelanjutan dapat menjalankan fungsinya untuk mempertahankan kehidupan makhluk hidup.

Sebagai makhluk hidup, manusia memiliki beberapa proses dasar kehidupan, yaitu:

a. Metabolisme

Berbagai reaksi kimia seperti anabolisme serta katabolisme dalam tubuh disebut sebagai proses metabolisme. Suatu reaksi untuk menggabungkan molekul sederhana agar lebih kompleks disebut anabolisme. Contohnya adalah dalam penggabungan molekul glukosa menjadi glikogen. Reaksi pembentukan tersebut memerlukan energi yang cukup. Selain itu terdapat juga proses katabolisme yang merupakan proses penguraian molekul kompleks agar menjadi lebih sederhana. Dalam prosesnya terjadi pelepasan energi, contoh reaksinya adalah saat terjadi pencernaan makanan dalam tubuh.

b. Responsive

Responsive adalah kemampuan tubuh manusia dalam mendeteksi dan merespon segala perubahan yang terjadi pada tubuh manusia. Contohnya adalah penurunan suhu tubuh ataupun kenaikan suhu tubuh. Pada penurunan suhu tubuh maka akan terjadi proses menggigil sehingga terjadi kenaikan suhu akibat kontraksi otot rangka. Jika suhu tubuh naik maka akan terjadi pengeluaran keringat dalam rangka agar suhu tubuh bisa turun lagi.

c. Bergerak

Setiap makhluk hidup pasti bergerak. Pergerakan terjadi pada tingkat organel sel, organ dan perpindahan individu manusia. Contohnya adalah koordinasi gerak yang

terjadi antara otot kaki dan tangan pada saat perpindahan tempat. Pada saat terjadi inflamasi, maka monosit akan keluar dari vascular ke jaringan inflamasi. Hal ini juga sebagai contoh pergerakan kemotaksis.

d. Tumbuh

Tumbuh adalah meningkatnya ukuran tubuh manusia. Hal ini terjadi karena meningkatnya jumlah dan ukuran sel tubuh.

e. Berkembang

Berkembang diartikan sebagai bertambahnya fungsi dari tubuh. Contohnya perkembangan cikal bakal sel darah (stem sel) menjadi eritrosit, leukosit dan trombosit.

f. Reproduksi

Reproduksi sebagai ciri manusia yang mengacu kepada pembentukan sel baru untuk mengganti jaringan yang rusak atau untuk menghasilkan individu yang baru. Pada manusia, proses ini terjadi secara terus menerus dan juga sepanjang kehidupan. Ketika proses ini tidak terjadi maka yang terjadi adalah kematian sel atau jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dafriani, Putri. 2019. *Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi Untuk Mahasiswa Kesehatan*. Padang: CV. Berkah Prima.
- Firdaus, Kamal. 2011. *Fisiologi Olahraga dan Aplikasinya*. Padang: FIK Press UNP.
- Gerrard, Tortora, and Bryan H. Derrickson. 2009. *Principles of Anatomy and Physiology*. Hoboken: John Wiley & Sons Publishing.
- Hb, Bafirman. 2013. "Kontribusi Fisiologi Olahraga Mengatasi Resiko Menuju Prestasi Optimal." *Jurnal Media Ilmu Keolahragaan Indonesia* 3(1):39–45.
- Irianto, Koes. 2014. *Anatomi dan Fisiologi*. Bandung: Alfabeta.
- Manaba, Faizin. 2014. *Anatomi Fisiologi Untuk Mahasiswa Gizi*. Jakarta: EGC.
- Sartono, Mohammad Bima Arrynugrah. 2014. *Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia: Membahasa Secara Mendalam dan Mudah Dipahami*. Yogyakarta: Bhafana Publishing.
- Sherwood, Lauralee. 2011. *Fisiologi Manusia: Dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
- Utami, Danarstuti. 2015. "Peran Fisiologi Dalam Meningkatkan Prestasi Olahraga Indonesia Menuju Sea Games Danarstuti." *Jurnal Olahraga Prestasi* 11(2):52–63.

BAB 2

FISIOLOGI OLAHRAGA

Oleh M. Imran Hasanuddin

2.1 Pendahuluan

Sepak bola menjadi salah satu cabang olahraga yang banyak digemari dan dikenal diseluruh belahan bumi. Tak asing lagi jika melalui olahraga sepak bola banyak yang berkontribusi agar bisa memberikan warna baru untuk negaranya terutama bagi negara yang unggul dalam sepak bola. Dimana negara Brazil menjadi salah satu negara yang memiliki segudang prestasi dalam olahraga sepak bola, sehingga hal tersebut patut diapresiasi, bahkan seluruh dunia pun tahu jika Brazil menjadi negara terkuat dalam olahraga sepak bola dan berhasil mendunia.

Era saat ini atau disebut dengan era modern menjadi era yang terjadi perubahan secara besar-besaran dan bisa dimanfaatkan oleh semua orang dalam berprestasi dalam jumlah banyak. Salah satunya melalui olahraga, semua orang berpeluang untuk menghasilkan uang dengan cara berprestasi dan unggul dalam dunia olahraga, apalagi jika mampu menggunakan dan mengelola teknologi dengan sangat baik. Unggul dalam olahraga akan lebih maksimal diperoleh jika rajin latihan dan mengikuti perlombaan olahraga. Selain itu prestasi dalam dunia olahraga sangat dipengaruhi oleh kesehatan fisik dilakukan dengan memeriksa dan mengamati perkembangan fisiologi setiap orang, agar bisa mengetahui kondisi kesehatan fisik maka diperlukan pengukuran melalui ilmu fisiologi, sehingga sudah banyak yang menjadi bukti

bahwa dengan olahraga memberi pengaruh cukup besar pada setiap sistem fisiologi. Dalam buku ini akan dirangkum dan diulas agar fisiologi bisa digunakan dengan sebaik-baiknya dalam dunia olahraga.

2.2 Mengenali Ilmu Fisiologis dan Dunia Olahraga

A. Ilmu Fisiologis

(Sherwood: 2011) berpendapat bahwa fisiologi merupakan salah satu ilmu yang mendalami mengenai fungsi, faal serta kegunaan setiap jaringan dalam tubuh manusia dan fisiologis menjadi bagian dari organ tubuh manusia. Adapun sifat mendasar manusia yang secara tanpa disadari muncul seperti rasa lapar sehingga mengarahkan diri untuk mencari makanan, munculnya rasa kedinginan yang bisa membuat tubuh menjadi menggigil, tentang sistem pencernaan dalam tubuh yang bisa mencerna makanan yang masuk ke dalam tubuh, sistem pernapasan yang bisa membuat manusia menghirup oksigen serta bisa mengeluarkan karbondioksida, hal tersebut menjadi bukti bahwa semua hal tersebut menjadi bagian dan kegunaan organ tubuh yang menjadi satu kesatuan dalam fisiologi.

(Isnaini: 2006) berpendapat bahwa fisiologi merupakan suatu ilmu yang berkaitan dengan kehidupan manusia dan termasuk dalam cabang biologi. Fisiologi berasal dari bahasa Belanda yaitu “physiologie” terbentuk juga dari bahasa Yunani Kuno yaitu “physis” artinya asal dan usul bisa juga diartikan sebagai hakikat serta “logia” artinya kajian. Sehingga secara khusus fisiologi atau ilmu faal pembahasannya fokus pada kondisi tubuh untuk bergerak dan berfungsi. Ada dua pendekatan agar dapat mendeskripsikan aktivitas tubuh yaitu melalui theleologis

dan mekanistik, dalam theologis mendeskripsikan fungsi dalam tubuh manusia yang berdasarkan pada proses pemenuhan kebutuhan dalam tubuh dan tidak begitu memperdulikan hasilnya. Jadi, theologis lebih mengarahkan aspek “mengapa” pada aktivitas fisiologis. Sedangkan mekanistik mengamati keadaan tubuh bekerja seperti mesin yang terdapat sejumlah rangkaian aktivitas di dalamnya, yang bergantung pada sebab dan akibat serta proses fisik secara kimiawi, bisa disimpulkan bahwa ilmu fisiologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari mengenai kondisi tubuh yang harus bekerja secara optimal dan bisa memperoleh hasil yang maksimal.

Sistem dalam tubuh yang saling berhubungan satu sama lain dalam aktivitas fisik disebut dengan proses fisiologi. Dalam prosesnya saling menghubungkan organ tubuh satu dengan yang lain. Jika proses fisiologi mengalami gangguan karena suatu hal yang seharusnya berjalan dengan baik dan berproses secara normal akhirnya bisa juga mengalami hambatan dan terganggu, untuk meminimalisir hal tersebut dan proses fisiologi tetap berjalan dengan baik komponen fisiologi harus tetap terjaga dan menjaganya tetap sehat dan untuk menjaga yaitu dengan melalui olahraga.

B. Pengertian Dunia Olahraga

Olahraga merupakan suatu aktivitas yang memiliki segudang kegunaan yang bermanfaat dalam melatih serta mempertahankan kondisi tubuh manusia secara jasmani dan rohani, namun ada juga para ahli yang memberikan pandangan terkait pengertian olahraga, yaitu menurut ensiklopedia Indonesia mengartikan olahraga sebagai gerakan tubuh yang bisa dilakukan secara individu dan kelompok sedangkan menurut kamus Webster's New

Collegiate Dictionary tahun 1980 olahraga merupakan aktivitas fisik yang bisa membuat manusia menyenangkan serta aktivitas dalam hal berburu ataupun dalam olahraga pertandingan yaitu salah satu atletik games di USA.

(Fox: 1993) berpendapat bahwa dunia olahraga ialah sebuah kegiatan yang berhubungan dengan fisik yang dilakukan secara berulang-ulang agar bisa memperoleh hasil yang optimal, yang tujuannya adalah untuk meningkatkan, menjaga, memelihara serta mengekspresikan kebugaran jasmani. Akan terjadi perubahan pada fisiologi, anatomi, psikologis dan biokimia pada manusia jika terus melakukan aktivitas fisik. Adapun efisiensi dari aktivitas fisik yang merupakan perpaduan volume yaitu jarak, durasi dan jumlah repetisi beban dan juga kecepatan serta frekuensi oleh latihan yang dilakukan. (Bompa: 1994) berpendapat bahwa dunia olahraga bisa diperoleh banyak manfaat jika olahraga dilakukan dengan teratur dan terukur, selain itu juga harus terprogram dalam arti olahraga dilakukan secara kontinu dimana sesuai kebutuhan serta mempertimbangkan volume yaitu jarak, durasi dan jumlah repetisi, serta intensitas yang kaitannya dengan beban juga kecepatan dalam olahraga.

Berkaitan dengan volume dalam olahraga tidak selamanya tentang durasi yang digunakan. Akan tetapi dari segi jarak yang ditempuh maupun beban yang dibebankan yaitu waktunya, sehingga implikasi dari kuantitas olahraga yang dilakukan disebut dengan volume, jika intens dalam latihan maka akan menunjukkan komponen performa olahraga yang digunakan sewaktu latihan, semakin banyak aktivitas yang dilakukan maka semakin tinggi juga intensitasnya. Sedangkan frekuensi latihan dihitung seberapa banyak jumlah latihan dalam kurun waktu satu minggu, bisa dilakukan satu sampai lima setiap minggu

tergantung tujuan yang diinginkan. (Fox: 1993) berpendapat bahwa jika olahraga dilakukan dengan intensitas yang biasa saja (rendah) maka akan membuat performa dalam olahraga menjadi menurun dan tidak optimal, akan tetapi olahraga yang intensitasnya tinggi namun adaptasi yang kurang baik dan performa yang rendah maka olahraga akan menjadi berat apabila target denyut nadi yang hendak dicapai 60-90% dari maksimal denyut nadi cadangan ataupun jika mengonsumsi oksigen maksimal VO_{2max} yaitu sekitar 50-85%. Dalam hal ini American Collage memberikan rekomendasi untuk latihan fisik bagi para remaja yang cukup dengan intensitas 50-85% dari VO_{2max} dengan frekuensi 3 sampai 5 kali setiap minggu dengan durasi waktu 15 sampai 60 menit.

2.3 Olahraga Berpengaruh Pada Fisiologi Manusia

Ketika olahraga maka semua anggota tubuh bergerak dan memberikan reaksi yang berbeda-beda, serta organ tubuh pun ikut bereaksi seperti otot, syaraf, jantung, paru-paru, pembuluh darah, otot dan kelenjar serta lain sebagainya. Melalui aktivitas olahraga maka diri akan menyesuaikan diri terhadap lingkungan yaitu proses adaptasi. Manusia banyak bergerak karena melakukan aktivitas fisik setiap harinya dan manusia akan bergerak dalam jumlah gerakan yang bervariasi dan jumlah banyak. Jika manusia bergerak maka akan masuk dalam kategori kehidupan dan dengan bergerak maka akan membangkitkan kualitas hidup lebih baik dan gerakan harus dijaga serta dipelihara dengan baik setiap hari.

(Giriwijoyo: 2012) berpendapat bahwa dengan melakukan olahraga yang berpengaruh pada kebugaran jasmani dan rohani manusia juga harus dilakukan proses berpikir yaitu menjalankan fungsi kognitif dengan baik ketika

bergerak. Apabila aktivitas fisik dilakukan dengan baik maka akan mendorong pertumbuhan serta perkembangan gerakan anggota tubuh yang dengan begitu maka aktivitas fisik akan berkontribusi secara langsung dalam kebugaran manusia. Olahraga bisa merangsang proses perkembangan struktur anatomi serta fungsi fisiologi manusia, kegiatan yang dilakukan di dalamnya merupakan aktivitas fisik yang dilakukan secara kontinu dan terprogram dengan baik sehingga nantinya tubuh akan melakukan adaptasi yang cukup baik pada proses kehidupan sehari-hari dan memberikan implikasi baik pada kesehatan.

Dari hasil deskripsi di atas yang merupakan definisi dari ilmu fisiologi dan kaitannya dalam dunia olahraga maka pembahasan-pembahasan dalam ilmu fisiologi akan mengalami keterkaitan dengan organ tubuh yang berkenaan dengan pergerakan seperti otot, sistem respirasi, tulang dan jantung, sebelum lebih jauh terlebih dahulu di buku ini akan ada pembahasan mengenai homeostasis serta sistem energi sebagai hal mendasar dalam ilmu fisiologi.

2.4 Konsep dalam Homeostasis

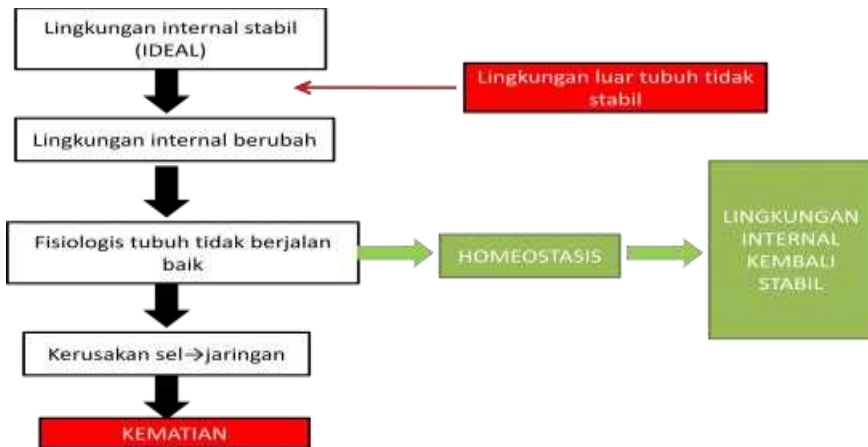
(Sherwood: 2011) berpendapat bahwa bagian organisme memiliki dua lingkungan, yaitu: dari segi eksternal atau dari luar yang dimana mencakup organisme secara menyeluruh. Organisme bisa tumbuh dan berkembang dengan organisme biotik lainnya dan objek yang mati atau abiotik serta lingkungan dari dalam atau internal yang bersifat dinamis yang memberikan pengaruh pada cara kerja organ yang ada di lingkungan sekitar. Kedua hal tersebut saling berkaitan dan memberikan pengaruh pada kehidupan manusia karena karena tubuh manusia memerlukan bahan serta zat yang hanya diperoleh dari lingkungan, sebagai contohnya yaitu oksigen

yang dihirup oleh manusia yang menjadi bagian dari eksternal kehidupan.

Adapun keadaan yang selalu mengalami perubahan dari segi keadaan, cuaca dan lainnya yang merupakan karakteristik dari lingkungan luar atau eksternal. Sedangkan lingkungan dari dalam atau internal dalam hal interaksi bisa juga rentan mengalami dampak yang mengalami perubahan yang menyesuaikan dengan lingkungan eksternal. Adapun organ di dalam tubuh manusia akan berjalan dengan optimal apabila faktor dari dalam yang menjadikan berlangsungnya kehidupan manusia. Oleh karena itu segi kimiawi serta kondisi fisik lingkungan internal perlu dipelihara dan dijaga sebaik mungkin dengan memperhatikan batas yang sesuai prosedur. Selain itu, aspek pada lingkungan internal paling terpenting agar bisa mempertahankan kehidupan yaitu suhu, PH, karbon dioksida dan konsentrasi zat sisa serta garam dan larutan elektrolit lainnya. Beberapa aspek tersebut perlu dipertahankan agar kondisi tubuh bisa berjalan dengan baik dan membuat tubuh bisa melakukan aktivitas fisik dengan maksimal. Untuk bisa memperoleh kondisi tubuh yang bisa tetap terjaga maka disebut dengan homeo, dimana homeostasis berasal dari kata "homeo" yang berarti sama dan statis artinya berdiri atau diam, sedangkan homeostasis merupakan mekanisme sistem pengaturan pada lingkungan internal agar kondisi tubuh bisa tetap stabil.

Terkait lingkungan dari luar atau eksternal juga cenderung mengalami perubahan, biasanya mengakibatkan komposisi, suhu serta karakteristik lainnya pun bisa mengalami resiko dan ancaman sehingga nantinya bisa berdampak dan membuat kondisi tubuh menjadi tidak kondusif dalam bergerak terutama organ yang mengalami pergerakan cukup banyak. Jika hal tersebut dibiarkan tanpa adanya penanganan atau solusi maka organ dalam tubuh bisa

saja mengalami kerusakan pada jaringan tubuh, kematian sebuah organ akan memberikan pengaruh pada organ lainnya juga dalam proses fisiologi tubuh yang nantinya bisa menyebabkan kematian pada bagian tubuh manusia. Sehingga pada akhirnya akan beresiko pada mekanisme homeostasis yang bisa mengakibatkan tubuh melakukan tindakan terhadap penyesuaian perubahan pada bagian dalam tubuh, sehingga kestabilan lingkungan internal harus segera mungkin diatasi dan dipulihkan agar kondisi fisiologi kembali normal.



Gambar 2.1 Bagan pentingnya homeostasis untuk tubuh manusia

Apabila sebuah faktor mengalami pergerakan lingkungan dari dalam atau internal ke arah yang tidak normal maka sistem pada tubuh akan memberikan reaksi tandingan yang tujuannya agar bisa mempersempit perubahan yang terjadi sehingga batasnya masih bisa ditoleransi oleh kondisi lingkungan internal, contohnya yaitu mengadakan perjalanan ke suatu tempat yang suhunya dingin yang akan cenderung akan menurunkan suhu internal pada tubuh. Dan sebagai respon atau tanggapan tubuh yaitu pusat kontrol suhu yang

ada dalam otak mulai mengalami tindakan kompensasi misal mengalami kedinginan atau tubuh akan menggigil, agar bisa meningkatkan suhu tubuh menjadi normal kembali seperti semula. Saat tubuh menggigil maka secara tidak langsung otot tubuh akan mengalami gerakan cepat dan bisa mengakibatkan otot-otot menjadi lebih aktif dan nantinya akan memproduksi panas sehingga meningkatkan suhu secara internal dalam tubuh.

2.5 Sistem Kontrol Pada Homeostasis

Rangkaian komponen pada tubuh yang saling berkaitan secara fungsional dan bisa bekerja agar bisa mempertahankan eksistensinya disebut sistem kontrol dalam kaitannya dengan lingkungan internal atau dari dalam agar relatif konstan. (Sherwood: 2011) mendeskripsikan agar dapat mempertahankan homeostasis pada sistem kontrol maka manusia harus mampu:

- a) Mengamati pelanggaran terhadap nilai normal yang berlaku dalam lingkungan internal yang harus dijaga dalam batas sempit atau kecil.
- b) Mengintegrasikan suatu informasi satu dengan informasi yang lainnya yang relevan.
- c) Mengadakan penyesuaian secara tepat dalam gerakan fisik yang bertanggung jawab dalam memulihkan faktor tersebut ke arah yang diinginkan dalam rangka menjaga kondisi tubuh.

Terdapat bagian yang disebut hipotalamus yang menjadi pusat pengaturan homeostasis yang jika mengalami rangsangan maka akan merangsang sistem koordinasi tubuh secara menyeluruh. Mekanisme homeostasis cara kerjanya secara kontinu dan berurutan mulai dari reseptor yang bisa mengetahui perubahan secara tidak normal dalam. Adapun

informasi yang nantinya akan didapatkan oleh reseptor akan tersampaikan sampai pada otak bagian hipotalamus yang tugasnya untuk mengolah informasi-informasi dan memberikan solusi yang bisa dilakukan oleh tubuh dalam mengatasi permasalahan tersebut. Jika setelah itu maka bagian otak akan mengaktifkan sistem efektor yang tugasnya adalah mengembalikan posisi internal pada kondisi awal. Jika berhasil maka efektor akan dinonaktifkan tugasnya, sistem koordinasi tubuh yang tugasnya melakukan kontrol pada homeostasis melalui sistem syaraf dan hormon. Pengontrolan oleh kedua sistem tersebut bisa mengakibatkan regulasi terpadu dengan beberapa organ yang mengambil peran sebagai efektor agar dapat bekerja memperbaiki dan mengembalikan kondisi tubuh ke keadaan yang lebih stabil. Contohnya yaitu pada saat melakukan olahraga tentunya tubuh membutuhkan oksigen dan nutrisi yang tepat agar bisa memperoleh energi bagi otot tubuh dalam bergerak, adapun otot yang menjadi reseptor dalam mengirim impuls syaraf ke dalam otak, lalu solusi agar kadar oksigen dan nutrisi bisa terpenuhi dengan baik maka otak akan memberikan rangsangan pada sistem respirasi agar bisa menghirup oksigen dengan cepat dan selain itu otak pun juga merangsang sistem kerja jantung agar bisa memompa darah bisa mengalir menuju arah otot yang membutuhkan. Keadaan seperti ini mengakibatkan jantung manusia berdetak kencang dan proses hirup oksigen udara menjadi cepat saat sedang olahraga.



Gambar 2.2 Bagan mekanisme homeostasis

Agar bisa memperbaiki faktor fisiologi seperti semula saat diatur, maka sistem kontrol homeostasis bisa untuk melakukan deteksi dan bisa menahan perubahan yang terjadi. Feedback atau umpan balik merupakan istilah kata yang banyak digunakan dalam melakukan rujukan setelah melakukan pendeteksian terhadap sesuatu perubahan. Adapun mekanisme kontrol homeostasis terkhusus yang kerjanya berdasarkan feedback negatif, sistem feedback bisa diartikan sebagai suatu perubahan variabel yang dilawan oleh suatu tanggapan yang bisa mengembalikan suatu perubahan dalam posisi semula, dalam proses feedback, terkait informasi inderawi mengenai variabel terkait suhu atau PH digunakan dalam melakukan pengendalian sebuah proses dalam sel dan jaringan dan organ yang berkontribusi dalam variabel tersebut. Mekanisme homeostasis paling utamanya yang diatur oleh hipotalamus. (Isnaini: 2006) berpendapat bahwa sistem feedback terbagi menjadi dua macam bentuk yaitu feedback positif dan feedback negatif, akan tetapi feedback yang berfungsi dalam mengendalikan keadaan homeostasis dalam tubuh manusia adalah feedback negatif. Feedback negatif

digunakan dalam proses pengendalian homeostasis karena feedback negatif diartikan sebagai perubahan sebuah variabel yang dilawan oleh berbagai macam tanggapan yang bisa mengembalikan perubahan tersebut ke arah seperti semula dan harus diketahui bahwa feedback negatif homeostasis merupakan keseimbangan antara input dan juga output.

Jika dilihat dari segi ilmu fisiologi dengan adanya latihan secara rutin dan aktivitas fisik yang mengarahkan tubuh untuk bergerak maka akan meningkatkan fungsi sel dalam tubuh, dimana nantinya bisa meningkatkan kemampuan fungsional setiap manusia. Aktivitas olahraga harus bersifat gerakan fisik yang dimana jika ditinjau dari segi sel tidak mengganggu atau merusak sistem homeostasis yang bisa melewati batas fisik manusia. Dalam kurun waktu 24 jam perubahan keadaan homeostasis harus benar-benar pulih dan mengenai pengetahuan mendasar mengenai hal yang terjadi pada saat latihan fisik dan perubahan yang terjadi sangat penting dimiliki oleh pembina, pelatih, guru olahraga dan mahasiswa olahraga.

Pada bab ini sudah dipaparkan mengenai homeostasis yang menjadi keadaan stabil dan mengalami konsisten keadaan dengan lingkungan dan tubuh. Apabila satu organ tubuh mengalami kegagalan dalam berfungsi dengan baik maka lingkungan internal akan sulit untuk dipertahankan secara optimal yang akan bisa membuat manusia memiliki penyakit bahkan sampai kematian.

2.6 Kebutuhan Energi Dalam Berolahraga

Adapun konsep paling terpenting yang mempunyai hubungan atau kaitan erat dengan gerakan tubuh atau fisik manusia serta menjadi sebuah pembahasan ilmu pengetahuan yang tidak bisa terlepas dalam proses jasmani dan olahraga yang bisa disebut sebagai energi. Adapun energi yang nantinya dihasilkan oleh tubuh yang besar dalam mendukung kegiatan

sehari-hari. Misalnya makan, minum, tidur, belajar, sholat dan sebagainya. Sedangkan yang berhubungan dengan olahraga misalnya menendang, memukul, mendorong, memukul, merangkak dan sebagainya.

Pentingnya konsep ini menjadi jelas ketika seseorang menyadari bagaimana tubuh melayani keragaman gerak serta juga mampu melakukan aktivitas olahraga yang berbeda. contoh gambaran ragam aktivitas dengan tingkat penggunaan energi yang berbeda, seperti lari jarak pendek, marathon, renang dengan berbagai jarak, dan lintas alam. Bahkan di dalam aktivitas yang sama pengeralan energi bisa berubah dari satu waktu ke waktu lainnya dan seterusnya, misalnya kegiatan olahraga seperti basket, sepak bola, baseball, dan tenis. Seorang atlet yang mampu mempertahankan suatu gerakan secara konstan, sedangkan pada saat yang bersamaan ia juga harus mampu melakukan lomba lari jarak pendek sekuat tenaga.

Konsep rangkaian (*continuum concept*) adalah secara keseluruhan dapat berguna pada aktivitas olahraga dan didukung oleh pengamatan yang lebih menyeluruh atau luas serta riset yang lebih spesifik.

a) Definisi energi

Energi didefinisikan secara sederhana sebagai kapasitas atau kemampuan untuk melaksanakan pekerjaan. Ada beberapa untuk energi yang kita kenal selama ini, yaitu energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi panas, energi listrik, dan energi kimia. Energi yang menghubungkan dengan gerakan dikenal sebagai kinetik, energi mekanis yang dilakukan berdasarkan posisi seperti membungkuk, menahan atau menangkap badan melawan gaya berat adalah sebuah hasil dari energi potensial. Energi kimia terjadi akan suatu sumber potensial Energi kimia menjadi suatu sumber energy sebagai contoh didalam tubuh

bahan makanan diuraikan secara reaksi kimia, pesan energi kimia pada gilirannya digunakan untuk melakukan campuran kimiawi yang lain. campuran tadi akan melepaskan energi kimia, dan ini semua digunakan dalam rangka melakukan pekerjaan secara mekanis.

Catatan : sebagai dari bahan kimia atau tenaga potensial yang tidak makan di dikonversi ke mekanis atau tenaga gerak dalam otot.

Satuan ukuran energi yang biasa dipakai adalah kalori. satu kalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 1 gram air sama dengan 1 celcius (c), Satu kilo kalori (kcal) adalah jumlah dari 1000 kalori. Unit yang paling sering digunakan dalam menggambarkan kandungan energi pada berbagai aktivitas fisik.

b) Penerapan konsep energi

Lima hal penting dari penerapan konsep energi pada olahraga dan pendidikan jasmani dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Penyusunan program latihan fisik (*the construction of physical training programs*)

Dalam penyusunan suatu program latihan agar memiliki hasil yang maksimal, maka harus dirancang berdasarkan pengembangan kemampuan atlet, khususnya aspek fisiologis yang melibatkan energi kerja untuk otot. sebagai contoh, energi yang dibutuhkan selama lomba lari jarak pendek beda dengan kebutuhan energi yang diperlukan sepanjang lari marathon. Program latihan dibuat dengan tujuan meningkatkan persediaan energi yang mampu diproduksi dalam tubuh khususnya untuk pencapaian program tadi. demikian pula pada khusus yang lain. Olahraga yang berbeda juga

memerlukan energi yang sama untuk mendukung program latihan masing-masing sebagai contoh, cara yang ditempuh menyediakan energi bagi perenang 400 m, sama besarnya dengan energi yang disediakan untuk seorang pelari .

Latihan harus juga dipertimbangkan kemampuan fisiologis yang memperhatikan secara spesifik jenis otot, yang ada di dalam setiap manusia. pada dasarnya, ada dua jenis cara berotot, yaitu serabut otot putih (*fast-twitch*/FT)untuk tenaga aktivitas tinggi yang cenderung bekerja lebih kuat secara “cepat”serabut otot merah (*slow-twitch*/ST) untuk tenaga yang beraktivitas rendah yang cenderung bekerja lebih kuat secara “lambat”. Perbedaan penggunaan energi potensial antara kedua serabut otot yang berhubungan dengan program latihan jasmani akan dibahas dalam bab khusus.

2) Pencegahan, penundaan ,dan pemulihan dari kelelahan (*the prevention, delay, and recovery from fatigue*)

Pengetahuan tentang bagaimana energi yang diproduksi selama di dalam tubuh guna menyediakan bagi manusia dengan berbagai pemahaman tentang kelelahan, bagaimana pula dapat menunda dari kelelahan. Contoh, hampir semua orang pernah melihat seorang pelari memimpin perlombaan berada pada barisan pertama dan akhirnya sampai finish. Dalam hal ini, berlari terlalu cepat merupakan awal timbulnya kelelahan sampai akhir lomba, sedangkan mencegah pelari dari kelelahan sampai akhir lomba, sedangkan mencegah pelari dari kelelahan sampai finish merupakan cara yang ditempuh melalui energi yang produk tubuh dan dapat dipertahankan, paling tidak menunda terjadinya kelelahan secara seksama. Dari

sudut pandang fisiologis, pelari dapat memelihara ritme langkah dari jarak tempuh lomba lari yang cukup panjang dengan penggunaan energi secara efisien dan tanpa menghamburkan tenaga yang lebih besar.

Memperlambat timbulnya kelelahan sampai akhir lomba dan pencegahan serta pemulihan dari kelelahan juga berhubungan dengan pemahaman dan bagaimana menyediakan energi bagi otot.dalam berbagai hal, kelelahan dapat sepenuhnya dicegah dengan membiarkan sejenak beristirahat dari pekerjaan yang berat. Sebagai contoh, kerja pada suatu situasi yang sangat berat dapat menyebabkan kelelahan dalam beberapa menit ketika dilakukan secara terus-menerus. Berilah waktu istirahat 10 sampai 20 detik untuk melakukan pemulihan otot agar terhindar dari kelelahan dengan cara melakukan relaksasi. Informasi semacam ini sangat berharga bagi perencanaan latihan yang saling intensif metode latihan seperti itu adalah metode yang efektif.

3) Nutrisi dan penampilan

Informasi mengenai ilmu gizi dan kemampuannya dalam tubuh manusia telah dibahas sangat luas dan beragam. Sebagai contoh, telah ditemukan pencapaian daya tahan otot yang dapat ditingkatkan melalui diet kaya akan karbohidrat. Demikian juga telah ditemukan, proses pencernaan dari glukosa dan konsentrasi sangat diharapkan pencapaiannya nya, dengan ditingkatkan pencapaian daya tahan dan penundaan dari kelelahan. Bahan proses pencernaan dari satu makanan yang banyak beberapa jam sebelum latihan secara eksperimen telah menunjukkan adanya peningkatan pencapaian daya tahan dan penundaan kelelahan.

Bahkan proses pencernaan dari satu makanan yang banyak beberapa jam sebelum latihan secara eksperimen telah menunjukkan adanya peningkatan pencapaian daya tahan dan penundaan kelelahan. Penerapan dari hasil penemuan ini pada olahraga melibatkan suatu pemahaman dimana makanan lebih digunakan untuk energi otot dan menunjukkan saluran yang berkenaan dengan aturan makan yang mempengaruhi ketersediaan bahan bakar energi.

4) Pemeliharaan suhu tubuh (*the maintenance of body temprature*)

Suhu badan yang stabil memerlukan jumlah panas (energi) yang diproduksi oleh badan sama dengan jumlah panas yang diserap oleh lingkungannya. Selama latihan, produksi panas meningkat di dalam tubuh sesuai dengan jumlah pekerjaan yang dilakukan, untuk mencegah naikkkan yang berlebihan suhu tubuh atlet selama latihan, berarti harus mengenali efektivitas kerugiannya terutama penguapan keringat tidak dilarang menggunakan peralatan olahraga atau pakaian yang lengkap pelatih. Sepakbola harus mengatakan bahwa pemain yang menggunakan pakaian lengkap selama sesi latihan pada hari yang panas dapat meningkatkan serangan panas. Serangan panas yang serius di dalam olahraga terbatas pada sepakbola saja, olahraga apapun atau aktivitas fisik apapun dapat berpotensi penuh risiko sepanjang terkait dengan panas. Dalam olahraga gulat, pegulat sering kehilangan jumlah air yang banyak, olahraga yang diselenggarakan di luar rumah. Sebagai contoh serangan panas banyak menyerang pelari jarak jauh.

Kenyataan sedikit sekali pelatih yang menyadari akan bahaya terhadap kehidupan atlet. Apabila keringat keluar semakin deras karena disebabkan serangan panas yang berlebihan maka akan terjadi kehilangan cairan tubuh mengalami dehidrasi yang menyebabkan darah menjadi pekat dan lebih parah lagi akan muncul penyakit *heat stroke*. Salah satu upaya mengurangi terjadinya pengeluaran keringat yang berlebihan dan untuk menurunkan suhu tubuh maka minum sangat dianjurkan oleh para pelatih kepada atletnya dalam situasi latihan yang panas, baik yang disebabkan karena intensitas latihan yang tinggi maupun lingkungan tempat berlatih yang suhunya tinggi pula.

5) Pengendalian berat badan (*the control of body weight*)

Hubungan yang sangat erat dengan gizi adalah permasalahan kegunaan dan pengendalian berat badan. Penyebab utama kegunaan karena kurang gerak atau ketiadaan aktivitas fisik. Salah satu konsep yang paling utama mengenai badan adalah keseimbangan energi. Ketidak wujud makanan yang dimakan lebih banyak dari energi yang digunakan dalam wujud aktivitas atau berlatih, maka berat badan akan meningkat.

Pada prinsip pengendalian berat badanputar lagu pula untuk yang bukan atlet, seperti seperti halnya seorang atlet pasti punya permasalahan berat badan, sedangkan atlet lebih terkait dengan pencapaian massa otot atau bebas lemak. Dalam kasus apapun, pengontrolan berat badan harus dipelajari dan secara menyeluruh dipahami oleh pelatih maupun guru pendidikan jasmani. Dengan dengan dari pengendalian dan berat badan perlu melibatkan prinsip ilmu gizi dan komposisi tubuh. Sebagai contoh, pemahaman nilai

energi dari makanan, perbedaan antara kekurangan berat dalam kaitan dengan dehidrasi dan dalam kaitan kehilangan berat badan, serta risiko atau juga dengan cepat menunjukkan keberhasilan berat yang diinginkan akan memungkinkan untuk mengadopsi secara ilmiah praktek mengenai berat badan yang diinginkan dan kebiasaan makan yang bergizi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bompa TO. 1994. Theory and methodology of training, the key to athletic performance 3rd ed. Iowa: Hunt Publising Company, pp 24-26.
- Fox EL. 1993. The physiological basis exercise and sport 5th ed. USA: MW. Crown Communication, pp 287-289, 430-436, 514.
- Giriwijoyo S, Zafar DD. 2012. Ilmu Kesehatan Olahraga. Bandung: Rosda Karya.
- Herawan, Rahman. 2020. Fisiologi Olahraga Edisi Revisi. Anugrah Utama Raharja.
- Isnaini, Wiwi. 2006. Fisiologi Hewan. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Lesmana, Heru Syarli. 2018. Bahan Ajar Fisiologi Olahraga *Sport Physiology*. Universitas Negeri Padang.
- Sherwood L, 2011. Human physiology from cell to systems 6th ed. Canada: Cengage Learning, pp 741-745, 800, 801.

BAB 3

RESPON TUBUH

TERHADAP AKTIFITAS FISIK

Oleh Muhammad Qasash Hasyim

3.1 Pendahuluan

Studi mekanis, fisik, dan biologis tentang bagaimana manusia, organ-organnya, dan sel-sel yang membentuk tubuhnya berfungsi secara normal dikenal sebagai "respons tubuh manusia yang sangat erat kaitannya dengan fisiologi". Ini mencakup histologi jaringan, anatomi, dan fisiologi tubuh manusia, serta sistem pengunyahan dan persarafan serta karakteristik histologis, anatomis, dan fisiologis leher, kepala, dan rongga mulut.

Tubuh manusia merupakan bagian terpenting dari sistem biologis yang memastikan fungsi dan integritas fisik dan mental individu. Tubuh manusia terdiri dari berbagai sistem dan organ, seperti sistem muskuloskeletal, sistem kardiovaskular, sistem respirasi, sistem saraf, sistem pencernaan, dan lain-lain. Dalam melaksanakan aktifitas fisik harus dalam kondisi tubuh yang sehat sehingga dalam melaksanakan aktifitas fisik tubuh dapat melakukan respon dengan baik sehingga apa yang dilakukan berdampak positif terhadap kebugaran.

3.2 Respon tubuh

Respon tubuh adalah bagaimana tubuh merespons terhadap rangsangan dari dalam maupun luar. Ini melibatkan sistem saraf, endokrin, dan imun dalam memastikan bahwa

tubuh bereaksi dengan tepat dan sesuai dengan situasi. Respon tubuh terhadap rangsangan dapat berupa refleks (respon cepat dan instan), atau respon yang lebih lambat dan kompleks seperti memproduksi hormon.

Beberapa contoh respon tubuh meliputi detak jantung yang meningkat saat stres, suhu tubuh yang meningkat saat demam, atau peningkatan produksi insulin saat makan. Dalam banyak kasus, respon tubuh dapat membantu menjaga keseimbangan dan kesehatan tubuh, tetapi juga dapat menimbulkan masalah jika respon tersebut tidak sesuai dengan situasi.

3.3 Aktifitas Fisik

Melakukan aktifitas fisik adalah suatu keniscayaan dalam melakoni peran hidup sebagai manusia, manusia yang beraktifitas adalah manusia yang mampu eksist, manusia yang melakukan aktifitas fisik ialah manusia yang produktif.

Aktifitas fisik dibutuhkan oleh manusia untuk melanggengkan kehidupan individu maupun sosial, karena salah satu indikator kehidupan ialah bergerak. Aktivitas fisik adalah aktivitas yang melibatkan gerakan tubuh dan memerlukan energi fisik. Aktivitas fisik dapat berupa olahraga, latihan fisik, pekerjaan, maupun aktivitas sehari-hari seperti berjalan, naik tangga, atau bekerja di kebun.

Secara umum, ada tiga kategori aktivitas fisik: olahraga, aktivitas fisik harian, dan aktivitas fisik yang mencakup olahraga. Ada berbagai kategori di mana aktivitas fisik dapat dibagi, misalnya Kegiatan rutin harian Anda merupakan hal yang paling mendasar yang dilakukan sehari-hari. Anda dapat membakar kalori yang Anda konsumsi dari makanan dengan melakukan pekerjaan rumah tangga sehari-hari. Mencuci baju, mengepel, berjalan-jalan, membersihkan jendela, berkebun, menyetrika, bermain dengan anak, dan aktivitas lainnya.

Kegiatan ini dapat menghasilkan pembakaran 50–200 kilogram kalori per aktivitas. Maka di sarankan untuk melakukannya aktifitas ini secara rutin setiap harinya demi membakar kalori yang masuk di dalam tubuh.

Aktivitas fisik merupakan salah satu Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS). Tubuh harus dijaga dalam kondisi prima agar semua anggota tubuh dapat bekerja secara efektif. Melakukan tindakan tubuh yang menghasilkan pengeluaran energi dikenal sebagai aktivitas fisik, dan sangat penting untuk menjaga kesehatan fisik dan mental serta kualitas hidup agar tetap aktif dan bugar sepanjang hari. Selain itu, aktivitas fisik sangat membantu dalam pertumbuhan dan perkembangan otak anak. Aktivitas fisik sederhana bisa dilakukan di rumah dan di lingkungan sekitar, seperti bermain bola, bersepeda, naik turun tangga, jalan santai, dan lain-lain. Tidak perlu melakukan aktivitas fisik yang berat.

Olahraga selama 30 menit memiliki beberapa efek kesehatan yang positif. Membuat tubuh bugar, menurunkan risiko penyakit kardiovaskular, dan meningkatkan kesehatan pencernaan adalah beberapa di antaranya.

Setiap gerakan tubuh yang dihasilkan dari penggunaan otot rangka selama latihan fisik menyebabkan tubuh mengeluarkan energi (pembakaran kalori). Olahraga merupakan kegiatan fisik yang dilakukan secara teratur untuk memperbaiki kondisi fisik dan mental, serta meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup. Olahraga dapat berupa aktivitas individu atau kelompok, dan dapat melibatkan berbagai jenis gerakan dan alat, seperti lari, bersepeda, berenang, atau berolahraga dengan alat gym.

Bukti ilmiah yang kuat mendukung gagasan bahwa melakukan aktivitas fisik intensitas sedang secara teratur setidaknya 150 menit per minggu atau 30 menit per hari dapat menurunkan risiko pengembangan sejumlah penyakit tidak

menular serta risiko kematian akibat penyakit kronis. sebelum waktu mereka.

Kesehatan sistem kardiovaskular Anda secara signifikan dipengaruhi oleh aktivitas fisik secara teratur. Menurut penelitian, ada 5% peningkatan risiko kejadian penyakit kardiovaskular untuk setiap tambahan 2 jam duduk. Namun, jika Anda berolahraga bahkan selama satu jam, Anda dapat mengganti kebugaran yang hilang dari tubuh Anda karena menghabiskan 6-7 jam duduk diam.

Setiap peningkatan latihan fisik akan sangat baik untuk kesehatan Anda. Mengambil langkah lebih sering lebih baik daripada duduk diam di sofa. Risiko penyakit jantung koroner (PJK) dapat diturunkan sebesar 19%, atau sekitar 1/5 kali lebih rendah, dengan berjalan cepat atau berolahraga ringan selama 30 menit, 5 kali per minggu.

Jalan kaki adalah latihan fisik yang sederhana, terjangkau, dan dapat diakses secara universal yang dapat digunakan sebagai titik awal. Jika Anda cukup sehat secara fisik, Anda setidaknya dapat berjalan cepat selama 30 menit (sekitar 100 langkah per menit), yang dapat menambah 3.000–4.000 langkah lagi ke total Anda. Bertujuan untuk berjalan setidaknya 10.000 langkah setiap hari. Jangan berhenti berolahraga setelah sering melangkah; tambahan 30 menit aktivitas sedang masih akan memberikan efek positif.

Nantinya, jenis olahraga yang bisa dilakukan bisa diperluas. Misalnya, di akhir pekan, seseorang dapat melakukan aktivitas fisik dengan bersepeda bersama keluarga atau teman ke tempat kerja atau bergabung dengan grup bersepeda yang sudah ada. Diharapkan semua anggota keluarga dapat.

Olahraga yang dilakukan secara terstruktur dan terencana disebut sebagai aktivitas fisik. Contohnya termasuk berjalan, jogging, push-up, peregangan, aerobik, bersepeda, dan

aktivitas serupa lainnya. Aktivitas fisik terkadang didefinisikan sebagai olahraga berdasarkan aktivitasnya. Olahraga digambarkan sebagai aktivitas jasmani yang terorganisir yang dilakukan sesuai dengan aturan untuk mencapai tujuan di samping meningkatkan kebugaran jasmani. termasuk dalam kegiatan seperti renang, bulu tangkis, bola basket, sepak bola, dan olahraga lainnya. aktivitas fisik berat ada-lah pergerakan tubuh yang menyebabkan pengeluaran tenaga cukup banyak (pembakaran kalori) sehingga nafas jauh lebih cepat dari biasanya, misalnya basket, sepak bola, berenang, dan angkat besi. (Yani NG.2016)

Disarankan untuk berolahraga sesuai dengan prinsip BBTT yaitu Baik, Benar, Terukur, dan Teratur, untuk mendapatkan manfaat yang terbaik. Aktivitas fisik yang baik adalah melakukannya sesuai kemampuan, aktivitas fisik yang benar dengan melakukannya secara bertahap, dimulai dengan pemanasan dan diakhiri dengan pendinginan atau peregangan. Aktivitas fisik terukur adalah aktivitas fisik yang diatur waktunya dan diukur intensitasnya, aktivitas fisik secara rutin sebaiknya dilakukan tiga sampai lima kali seminggu atau lebih.

Aktivitas fisik secara teratur, seperti olahraga bersepeda, berenang, atau jalan kaki, dapat meningkatkan kebugaran dan memperpanjang usia Anda. Kita sudah ketahui bersama bahwa bagaimana jantung, paru-paru, dan aliran darah Anda bereaksi saat Anda melakukan aktivitas fisik. Dengan melakukan aktivitas fisik secara berulang kali dengan menggerakkan otot-otot besar di lengan, kaki, dan pinggul selama latihan. Dampaknya pada tubuh akan langsung terasa.

Ketika anda menarik napas lebih dalam dan lebih cepat. Hasilnya, darah akan mengandung oksigen paling banyak. Selain itu, karena jantung akan berdetak lebih cepat, maka akan terjadi peningkatan aliran darah ke otot dan kembali ke paru-paru. Selama waktu ini, kapiler (pembuluh darah kecil)

melebar untuk mengangkut kembali produk limbah seperti karbon dioksida dan lebih banyak oksigen ke otot.

Aktivitas fisik yang dilakukan secara santai, seperti olahraga bersepeda, berenang, atau jalan kaki, dapat meningkatkan kebugaran dan memperluas wawasan. Ketahui bagaimana reaksi jantung, paru-paru, dan aliran darah Anda saat Anda melakukan aktivitas fisik. Selama latihan secara teratur otot-otot bergerak dalam jumlah besar di lengan, kaki, dan pinggul. Sehingga otot-otot akan terbiasa melakukannya.

Sebaliknya, adaptasi yang terbentuk sebelumnya dapat "menghilang" dan menyebabkan fungsi sistem organ kembali ke periode sebelum latihan jika sistem tubuh yang telah beradaptasi karena paparan jangka panjang tiba-tiba berhenti menerima beban yang sama seperti sebelumnya, misalnya seperti pada seseorang yang sebelumnya melakukan aktivitas fisik untuk jangka waktu tertentu dan kemudian berhenti berolahraga dan menjadi tidak aktif untuk waktu yang cukup lama.

Satu hal yang perlu diingat bahwa faktor personal aktivitas fisik memiliki hubungan yang kuat dengan respons fisiologis tubuh terhadap olahraga. Maka dari itu anda layak untuk mengantisipasi respon potensial tergantung pada tubuh yang akan berusaha menyeimbangkan pasokan dan kebutuhan metabolisme selama latihan intensif. Saat berolahraga, daerah aktif otot rangka membutuhkan lebih banyak oksigen, dan sistem organ lain dalam tubuh bereaksi untuk membantu metabolisme otot meningkat.

Bergantung pada jenis olahraga yang dilakukan, tubuh seseorang mungkin mengalami beban metabolisme yang lebih besar. Misalnya, seorang pelari maraton mungkin mengalami peningkatan beban metabolisme tubuh sebesar 2000%.

Kebutuhan oksigen jaringan akan meningkat pada area otot yang mengalami aktivitas lebih tinggi. Vasodilatasi pembuluh darah di jaringan otot dan pengalihan aliran darah dari jaringan yang tidak terlibat dalam aktivitas utama adalah dua cara tubuh akan meningkatkan aliran darah ke jaringan otot yang terhubung untuk memenuhi kebutuhan ini.

Organ perut, termasuk ginjal, hati, usus, dan struktur serupa lainnya, memiliki volume darah tertinggi saat kita istirahat. Sementara itu, saat berolahraga, sebagian besar aliran darah dialirkan ke jaringan otot, dan jika tingkat intensitas olahraga ditingkatkan, jumlah darah yang diarahkan ke otot bisa bertambah hingga 80%.

Ketika detak jantung melebihi ambang batas ini, ventrikel jantung tidak dapat lagi terisi penuh, yang mengurangi jumlah darah yang dipompa jantung. Oleh karena itu, sebaiknya Anda tidak melakukan aktivitas berlebihan yang justru menyebabkan penurunan fungsi tubuh jika ingin mendapatkan efek terbaik dari olahraga. Tekanan darah sistolik akan naik dengan peningkatan curah jantung, sedangkan tekanan darah diastolik dapat turun karena penurunan resistensi perifer tubuh karena kapiler darah di otot membesar.

Tubuh merespons latihan aerobik dengan beradaptasi ketika dilakukan sering dan dalam jangka waktu yang lama — setidaknya 3-5 kali per minggu selama setidaknya 45 menit. Dinding ventrikel akan menebal di jantung. Sebagai kesimpulan dapat kita katakan bahwa pengejawantahan dari realitas kehidupan manusia adalah beraktifitas dimana dalam menggerakkan tubuh pada proses aktifitas itu memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap banyak aspek diantaranya kesehatan jasmani serta rohani dan produktifitas duniawai.

DAFTAR PUSTAKA

- A Fadlih., Asmul F I., M F dongoran. *Effect of doping on physical and mental health of sport athlates. Enfermeria Clinica (2020) 30 504-506.*
- Baechle, Thomas, R dan Grove Barney R. *Latihan Beban*, Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2003.
- Bompa, T.O. c, *Theory and methology of training, the key to athletics performance.* 2nd.ed. Iowa; Kenal/Hunt Publishing Company, 1999.
- Bompa, Tudor O. *Total Training for Yaoung Champoins.* York University: Human Kinetics, 2000.
- Bowers, R.W & Fox, E.L, *Sports Physiology* 3rd.ed. Iowa Wm.C Brown Publisher, 1992.
- Depdiknas, *Pedoman dan Modul Pelatihan Kesehatan Olahraga bagi Pelatih Olahragawan Pelajar*, Jakarta: Depdiknas, PPKJ, 2000.
- Fox, E.L., Kirby, T.E and Fox, A.N. *Bases of fitness.* New York: Macmillan Publishing Company, 1992.
- Harsono. *Coaching dan Aspek-aspek Psikologis dalam Coaching.* Bandung. Pioner jaya. 1988.
- Iwan Setiawan, dkk, *Manusia Dalam Olahraga; Prinsip-Prinsip Pelatihan*, Bandung: ITB dan FPOK IKIP Bandung, 1991
- Yani NG. Hubungan aktivitas fisik dengan siklus menstruasi pada atlet kontingen PON XIX Jawa Barat di KONI Sulawesi Selatan. [Skripsi]. Makassar: Universitas Hasanudin, 2016. Available from: <http://core.ac.uk/display/77626835>

BAB 4

FISIOLOGI DAN KLASIFIKASI OTOT

Oleh Jumaking

4.1 Pendahuluan

4.1.1 Sejarah Fisiologi

Sejarah ilmu fisiologi makhluk hidup khususnya manusia itu dimulai pada kisaran tahun 420 sebelum masehi sampai pada zaman Hipokrates yang tak lain dikenal sebagai bapak kedokteran. Berikutnya, Aristoteles melalui pemikirannya yang kritis dan perhatiannya pada hubungan antara struktur dan fungsi melahirkan ilmu fisiologi pada masa atau zama Yunani Kuno.

Seorang peneliti yang berkewarganegaraan Prancis (Jean Fernel), mengemukakan istilah fisiologi pada tahun 1525. Akan tetapi fisiologi eksperimental baru diawali pada abad ke – 17, saat Wiiliam Harvey sebagai ahli anatomi yang menjelaskan tentang adanya sirkulasi darah dalam tubuh makhluk hidup. Selain itu, Herman Boerhave yg juga sering disebut sebagai bapak fisiologi karena adanya karya monumental berupa buku teks dengan topik *Instituones Medicae* pada tahun 1708 yang dibarengi dengan teknik mengajarnya yang begitu cemerlan di Leiden. Pada abad ke -19 perkembangan ilmu fisiologi sangat pesat, terkhusus ketika tahun 1838 saat teori sel ditemukan oleh ilmuwan Matthias Schleiden dan Theodor Schwann. Pada prinsipnya teori ini menyatakan bahwa organisme yang terdapat dalam tubuh itu terdiri atas unit yang disebut dengan sel. Selanjutnya pakar Claude Bernard (1813-1878) yang kemudian dalam temuannya tentang milieu interieur

(lingkungan internal, yang biasa disebut dengan homeostasis oleh peneliti dari Amerika, Walter Cannon.

Selanjutnya pada abad ke – 20 seorang pakar biologi yang juga mengalami kegemaran pada bagian organisme yang selain manusia melakukan fungsinya, lalu kemudian dapat menimbulkan adanya fisiologi komparatif dan ekofisiologi. Beberapa tahun terakhir fisiologi efologi bahkan telah menjadi salah satu bagian subsidisiplin dari fisiologi itu sendiri.

4.1.2 Pengertian Fisiologi dan Otot

Fisiologi atau yang biasa dikenal dengan istilah ilmu faal adalah salah satu bagian dari cabang – cabang ilmu biologi yang secara khusus mempelajari keberlangsungan sistem atau tatanan kehidupan. Adapun istilah fisiologi adalah berasal dari bahasa Yunani yaitu physis dan logos yang artinya alam dan cerita. Adapun metode secara ilmiah yang digunakan dalam fisiologi bertujuan untuk mempelajari fungsi fisikan dan kimia dari biomolekul, sel, jaringan, organ, sistem organ dan organisme keseluruhan. Beberapa kajian atau pembahasan terkait fisiologi dimulai saat ahli anatomi William Harvey yang menjelaskan tentang sirkulasi darah pada abad ke -17.

Fisiologi merupakan salah satu bidang ilmu yang dijadikan sebagai objek pemberian penghargaan Nobel (Penghargaan Nobel dalam Fisiologi atau Kedokteran). Fisiologi tidak memperdulikan jenis makhluk hidup yang dipelajari. Disamping itu adapun ilmu lain yang telah mengalami tahap pengembangan dari fisiologi mengingat ilmu ini terbilang tua usianya. Beberapa turunan dari fisiologi diantaranya adalah seperti biokimia, biofisika, farmakologi, ekofisiologi, biomekanika, dan genetika sel. Dalam tubuh manusia terdiri dari beberapa organ yang sangat penting.

Otot merupakan sebuah jaringan dalam tubuh makhluk hidup seperti manusia dan hewan yang memiliki fungsi sebagai alat penggerak aktif dan menggerakkan tulang - belulang. Otot adalah sekumpulan jaringan otot yang satu sama lain saling berkontraksi dan akhirnya menghasilkan gerakan. Otot ini terdiri dari serabut sel otot yang keseluruhan dilapisi oleh jaringan sebagai pelindung. Saat otot hendak melakukan kontraksi dan relaksasi maka ia menggunakan adenosin tri fosfat (ATP). Pada rangka tubuh makhluk hidup itu terdiri dari tulang dan juga sendi, namun demikian kedua organ tersebut tidak dapat bergerak secara mandiri. Karena terlebih dahulu energi kimia berupa adenosin trifosfat (ATP) ini akan diubah terlebih dahulu menjadi energi mekanik sehingga dapat menghasilkan pergerakan berupa pergantian kontraksi dan relaksasi. Pada umumnya, dari hasil otot berkontraksi ini akan memunculkan suhu tubuh yang panas. Selain itu otot juga berfungsi sebagai pergerakan, fungsi stabilitas atau fungsi keseimbangan dan fungsi termogenesis.

4.2 Fisiologi Otot

Berbicara masalah fisiologi otot berarti berbicara tentang fungsi dan sistem kerja otot. Kita telah ketahui bahwa di dalam tubuh manusia terdiri dari berbagai macam jenis otot, sel, dan bagian - bagian organ tubuh lainnya. **Termasuk didalamnya otot yang berada diseluruh tubuh manusia**. Otot merupakan bagian penting dalam kelangsungan setiap makhluk hidup pada umumnya. Setiap makhluk hidup memiliki otot, baik itu hewan maupun manusia. Otot itu sendiri terdiri dari beberapa atau kumpulan serabut yang terbentuk dari sel-sel dalam tubuh. Otot yang juga berfungsi membungkus tulang belulang sehingga kelihatan indah bentuk tubuh manusia. Otot merupakan sekumpulan dari sel - sel

otot (serabut otot) yang menghasilkan bentukan jaringan serta memiliki fungsi untuk mengaktifkan gerakan organ. Otot manusia punya sifat yaitu dapat atau senantiasa berkontraksi yang dapat mengakibatkan tubuh dapat bergerak. Disamping, karena otot bertugas berkontraksi, akhirnya otot mampu menarik dan mendorong tulang. Kerja otot yang terdapat dalam tubuh manusia itulah yang membuat tubuh manusia mampu menggerakkan leher, mengangkat kedua tangan, berjalan menulis, dan sebagainya.

Kegiatan atau aktivitas fisik karena dipengaruhi oleh otot yang bertugas sebagai mesin utama yang mampu merekonstruksi energi kimia menjadi suatu energi mekanik. Sistem energi yang mampu menghasilkan energi sehingga mengakibatkan otot mampu melakukan suatu kontraksi serta relaksasi. Sebagaimana mesin demikian juga otot senantiasa melakukan kontraksi sebagai suatu tugas utama.

4.2.1 Histologi Otot

Kemampuan tubuh bergerak itu erat kaitannya karena kontraksi yang disebabkan oleh otot. Disamping itu otot yang terdapat dalam tubuh manusia dibangun oleh beberapa jenis sel otot diantaranya adalah miosit (sel otot) dan filamen (serat otot). Dalam serat otot ini juga dirampingkan lagi menjadi dua jenis yaitu aktin (serat otot tebal) dan miosin (serat otot tipis). Adapun fungsi dari keduanya adalah untuk melakukan sebuah kontraksi otot dan relaksasi otot. Ada beberapa faktor yang biasa mempengaruhi sistem kerja otot, seperti diantaranya protein yang berlebih, waktu mengkonsumsi protein yang tidak teratur, serta berbagai jenis protein yang tidak tepat penggunaannya. Selain juga sistem kerja otot dapat pula dipengaruhi oleh . berbicara mengenai anatomi tubuh manusia, jaringan – jaringan otot manusia pada umumnya terletak pada bagian tulang (menempel) yang berfungsi sebagai pusat

pergerakan. Selain itu otot juga banyak dijumpai pada daerah yang rawan (vital) seperti pada bagian organ pencernaan dan bagian jantung. Kita telah ketahui bersama bahwa otot manusia itu dilapisi oleh berbagai jaringan otot sebagai pelindung serta serabut sel otot.

1) Serat Otot.

Para pakar fisiologi telah mengemukakan bahwa otot itu terdiri dari berbagai serabut, dan serabut otot tersebut juga terdiri dari sel otot. Adanya kekuatan jika yang dihasilkan itu karena akibat dari kendali serabut otot yang dimiliki manusia. Bahkan adanya gerakan yang teroganisir dan sistematis dari tubuh manusia itu karena peranan kelompok serabut otot secara bersama – sama. Munculnya protein kontraktile (aktin dan myosin) ini menghasilkan mikrofilamen dalam jumlah yang besar, yang biasa kita simpulkan sebagai arti dari susunan jaringan otot yang berparalel dalam sebuah sitoplasma.. Kita telah ketahui bersama dalam otot manusia kita kenal juga tipe otot (kejang lambat atau otot merah). Jenis ini biasanya memiliki mitokondria dan mioglobin yang memiliki sebuah karakter berupa jaringan otot yang berwarna merah. Jenis otot ini menghasilkan bahan bakar tubuh yang bersumber dari lemak atau karbohidrat sebagai akibat dari adanya aktivitas aerobik yang berdurasi lama. Sehingga pada akhirnya tercipta sebuah kekuatan sebagai hasil dari kontraksi yang berdurasi lama dari serat.

Itulah yang sering dinamakan sebagai otot lambat. Selain jenis otot tersebut, dikenal pula adanya jenis otot dengan sistem kerja yang begitu cepat, jenis otot ini memiliki durasi kontraksi dengan kecepatan tinggi. Jenis serabut ini kontraksinya begitu cepat akan tetapi durasinya sangat singkat dan cepat mengalami kelelahan

karena hanya menopang aktivitas anaerobik yang begitu singkat. Dan pada akhirnya sering mengalami rasa nyeri otot pada bagian ini. Selain itu jenis otot ini juga memiliki sumbangsi kekuatan yang besar untuk kekuatan pada bagian otot dan juga memiliki potensi dalam jumlah besar untuk mendapatkan massa.

Selain itu pada serat ini pendarahan, kelelahan sedang, pekerjaan dalam jumlah sedang lebih sedikit atau minim terjadi akibat dari fungsi serat ini. Serat ini membutuhkan suplai glikogen sebagai alat bahan bakar dalam sederhana terkhusus dalam olahraga, seperti permainan Basket, sepak bola, bisbol dan lain – lain.

2) Membran Otot

Dalam otot dikenal ada istilah membran otot. Membran otot ini memiliki fungsi yang sangat vital dalam tubuh manusia. Ritikulum sarkoplasma, tubulus transversal, dan sarkolesma adalah bagian yang tak terpisahkan dari membran otot. Sebagai pelindung dari bagian – bagian dalam otot adalah salah satu fungsi dari membran otot karena membran ini letaknya berada pada posisi terluar jaringan otot manusia.

3) Jaringan Otot

Pada pembahasan sebelumnya telah diuraikan bahwa otot jantung, otot lurik dan otot polos adalah bagian dari sebuah jaringan otot yang terdapat dalam tubuh manusia. Disepanjang sel otot terdapat susunan protein kontraktile. Adanya keterhubungan pada serat dan lembaran adalah hasil dari kerja sebuah jaringan otot yang biasa juga disebut dengan sarkomer. Terjadinya suatu kekuatan karena dipengaruhi oleh kontraksi sebagai bagian dari fungsi jaringan otot. Letak dan struktur masing masing jaringan otot ini (otot polos, lurik dan jantung) berbeda – beda.

4) Sistem Kerja Otot

Sebagaimana diketahui bahwa dalam tubuh manusia terdapat berbagai jenis organ, dan juga organ – organ tersebut memiliki sistem kerja yang berbeda – beda. Demikian halnya dengan sistem kerja otot, saraf sebagai pusat perangsang yang memiliki pengaruh utama. Rangsangan saraf inilah sehingga terjadi suatu kontraksi dan relaksasi pada otot. Selain itu, sistem kerja otot ini biasa juga dikenal dengan istilah antagonis (sistem kerja berlawanan) dan secara sinergis (sistem kerja bersamaan).

5) Kontraksi otot

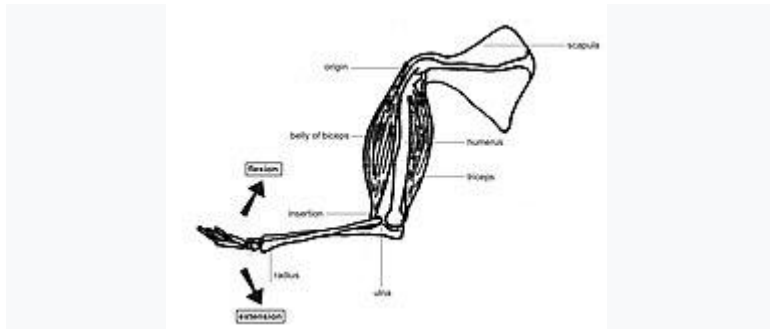
Kontraksi atau pola kerja dari sebuah otot mengakibatkan adanya gerakan atau pergeseran yang menghasilkan sebuah tenaga. Keadaan memendek atau memanjang nya otot dapat menghasilkan suatu gerakan tubuh. Sedangkan relaksasi otot adalah kondisi dimana otot dalam posisi memanjang. Sliding filamen adalah suatu akibat dari kontraksi otot, ini terjadi akibat adanya pengaruh atau rangsangan yang berasal dari lalu dihantar menuju otak, selanjutnya rangsangan yang dihasilkan dari otak melalui perantara serabut otot dan akson neuron, lalu terjadi depolarisasi membran otot sehingga muncullah potensi aksi oleh sel otot rangka yang mengeluarkan natrium dan kalium.

Jika otot berkontraksi maka motoneuron atau saraf yang terdapat pada serat otot juga berkontraksi. Bahkan populasi serat otot yang dalam unit motorik itu bermacam – macam berdasarkan fungsinya masing – masing. Sebagai contoh kondisi wajah membutuhkan lebih sedikit serat otot dibandingkan saat kegiatan berat seperti renang, ini semua adalah tanggungjawab dari unit motorik. Disamping itu kontraksi pada otot polos dan pada otot lain itu karena dipicu oleh meningkatnya ion kalsium intra sel.

6) Gerak pada otot

Otot akan bekerja sama dengan tulang dalam melakukan suatu gerak oleh karena itu otot disebut alat gerak aktif sementara tulang merupakan alat gerak pasif. Otot melekat pada tulang dengan jaringan ikat kuat disebut tendon. Tendon ini merupakan penghubung antara tulang dan otot. Tendon yang menempel pada tulang yang bergerak disebut insersi. Terdapat juga ligamen yang merupakan jaringan ikat kuat pembungkus sendi agar sendi tidak terurai. Otot, sendi, dan tulang bekerja sama dalam menciptakan suatu gerak. Gerak tersebut dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu gerak antagonis dan gerak sinergis. Ada dua moto penggerak yang adalah dalam tubuh manusia yaitu otot sebagai alat gerak yang aktif dan tulang sebagai alat gerak yang pasif. Telah diketahui bahwa tendon adalah tempat melekatnya otot – otot yang terdapat dalam tubuh manusia. Disamping itu yang menghubungkan antara tulang dan otot adalah tendon. Insersi adalah jenis tendon yang menempel pada tulang manusia yang bergerak aktif. Selain tulang dan otot juga dikenal adanya sendi yang dibungkus oleh ligamen agar posisi sendi ini tidak terurai. Jadi tulang, otot dan sendi inilah yang berkolaborasi untuk menciptakan suatu gerakan sebagaimana gerakan yang dilakukan pada hari ini. Gerak antagonis dan gerak sinergis adalah dua jenis gerak yang terjadi dalam kehidupan, yang dijabarkan sebagai berikut :

a) Gerak antagonis



Gambar 4.1. posisi gerakan otot bisep dan otot trisep

Dalam melakukan aktivitas gerak tentunya sering terjadi posisi gerakan menurunkan dan menaikkan lengan maka pada kondisi inilah terjadi gerakan relaksasi otot bisep dan kontraksi otot trisep. Pada posisi yang bersamaan saat satu bagian otot melakukan aktivitas atau kontraksi atau mengencang, maka posisi otot yang sebaliknya akan mengendur. Hal ini biasa terjadi pada otot bisep pada lengan bagian atas dan otot trisep pada lengan bagian bawah. Saat mengangkat beban akan terjadi proses kontraksi otot bisep dan sebaliknya. Bukan hanya pada gerakan tangan tapi demikian halnya juga biasa terjadi pada otot kaki dan lutut. Kontraksi antagonis bekerja secara berlawanan.

b) Gerak sinergis

Selain antagonis juga dikenal adanya kerja otot secara sinergis atau gerak sinergis. Jenis gerak ini identik melakukan gerak dengan posisi bersamaan antara relaksasi dan kontraksinya. Pada gerakan ini dua unsur otot atau lebih akan bekerjasama dalam

mencapai tujuan yang sama. Misalnya dalam menelungkupkan dan menengadahkan telapak tangan terjadi sinergitas pronator kuadratus dan pronator teres.

c) Kelelahan otot

Dalam hal otot berkontraksi tentunya terkadang mengalami yang namanya kelelahan, karena adanya keterbatasan energi dalam tubuh manusia. Hal ini bukan hanya terjadi pada manusia tapi juga pada hewan. Kelelahan otot yang terjadi itu biasanya dipicu oleh banyak faktor, diantaranya adanya masalah saraf, gagalnya konsentrasi mekanik otot, adanya *glikolisa anaerobic*, adanya masalah pada *adenosi tri fosfat* (ATP+PC) dan lain- lain. Kelelahan otot biasanya ditandai dengan kurang maksimalnya kondisi tubuh dalam melakukan sebuah aktivitas, adanya rasa kurang nyaman pada otot, adanya rasa sakit dan lain – lain.

4.2.2 Otot Lurik

Tubuh manusia terdapat berbagai jenis otot, diantaranya secara umum para pakar telah mengklasifikasikannya menjadi tiga bagian, yaitu otot lurik, otot jantung, dan otot polos. Adapun otot lurik memiliki ciri yaitu otot yang bekerja dibawah kesadaran. Jenis otot ini berada dibawah kendali atas arahan langsung dari kepala (otak). Misalnya mengambil barang, menyapu, dan lain sebagainya. Artinya aktivitas yang dikerjakan itu karena adanya komando dari otak. Jenis otot ini terkenal juga bekerja dengan tempo yang cepat, bahkan tidak teratur secara sistematis, dan juga mengalami kelelahan. Apabila merasakan kram akibat banyak melakukan rangkaian pekerjaan itulah salah satu kelelahan yang terjadi pada jenis otot ini.

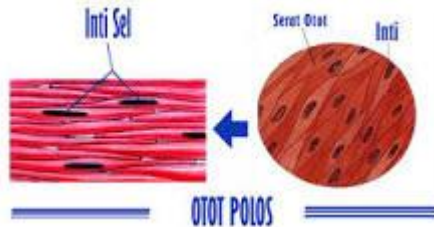
Untuk memahami mekanisme otot lurik berkontraksi, pertama-tama penting untuk memahami strukturnya. Otot-otot lurik di tubuh kita terdiri dari banyak serat otot individu. Di dalam serat otot ini terdapat unit yang lebih kecil yang disebut miofibril yang terbuat dari filamen tipis dan tebal paralel. Filamen ini disusun secara longitudinal dalam unit-unit kecil yang dikenal sebagai sarkomer. Sarkomer berulang ini memberikan otot penampilan lurik di bawah mikroskop, yang menjelaskan namanya (Gash et al., 2021). Filamen tebal terbuat dari protein miosin, yang memiliki 2 rantai berat dan 2 pasang rantai ringan (hati-hati agar tidak rantai rantai berat dan ringan miosin dengan filamen tipis dan tebal miofibril). Pada ekor filamen tebal, 2 rantai berat terjalin dalam formasi heliks. Di ujung lain dari filamen tebal, setiap rantai berat dipasang dengan dua rantai ringan sehingga menghasilkan 2 kepala. Kepala miosin memiliki situs pengikatan aktin yang membantu mereka menempel pada filamen tipis (Gash et al., 2021). Troponin, tropomiosin dan bahkan aktin ini adalah bentuk susunan dari filamen tipis. Aktin adalah protein globular yang bergabung dengan globul aktin lain untuk membentuk dua untai yang saling terkait dengan ujung positif dan negatif. Filamen aktin beruntai ganda ditutup oleh tropomiosin, yang menahan interaksi antara miosin dan aktin ketika otot tidak aktif. Troponin terdiri dari troponin I, T, dan C, dan terletak di sepanjang filamen aktin di sebelah tropomiosin (Gash et al., 2021). 8 Proses kompleks yang mengarah pada kontraksi otot, yang disebut kopleing eksitasi-kontraksi, dimulai ketika potensial aksi menyebabkan depolarisasi pada membran miosit. Depolarisasi menyebar melalui tubulus transversal (T), yang merupakan invaginasi dari membran sel otot – ini membantu menyebarkan sinyal depolarisasi ke seluruh serat otot. Depolarisasi tubulus T menyebabkan perubahan konformasi pada reseptor dihidropiridin, yang menyebabkan

pembukaan reseptor ryanodine di lingkungan pada retikulum sarkoplasma (SR), tempat penyimpanan kalsium dalam sel otot. Ketika kalsium berasal dari SR, ia mengikat troponin C. Hal ini menyebabkan perubahan konformasi, yang menggeser tropomiosin, memungkinkan kepala miosin untuk menempel pada filamen aktin menciptakan apa yang dikenal sebagai jembatan silang. Kemudian bersepeda lintas jembatan dimulai. Ketika ATP terikat dengan domain pengikatan ATP pada kepala miosin, hal itu menyebabkan miosin terlepas dari aktin, memutus jembatan silang. ATP kemudian dihidrolisis menjadi ADP dan P, yang menyebabkan kepala miosin mengubah konformasi dan bergerak menuju ujung aktin positif, memiringkan kepala miosin. Fosfat rilis, dan miosin mengikat ADP mengikat ke lokasi baru pada filamen aktin. ADP kemudian dirilis, yang menyebabkan miosin kembali ke posisi semula, menarik filamen aktin saat melakukannya, menyebabkan sarkomer (dan karena itu serat otot) berkontraksi. Siklus ini berlanjut sampai kadar kalsium dalam miosit turun, menyebabkan tropomiosin untuk tempat pengikatan miosin pada filamen aktin lagi (Gash et al., 2021).

4.2.3 Otot Polos

Sebagai mana otot lurik otot polos juga ini merupakan jenis otot yang memiliki peranan penting dalam tubuh makhluk hidup. Karena sangat diperlukan adanya gerakan ototmasisasi tanpa harus kita kehendaki. Jenis otot ini pada dasarnya melakukan aktivitas tanpa menunggu arahan dari otak, atau bekerja secara tidak dalam posisi sadar. Otot polos, yang ditemukan di pembuluh darah, saluran gastrointestinal (GI), bronkiolus, rahim, dan kandung kemih, berada di bawah kendali tak sadar oleh refleks dan sistem saraf otonom tubuh (Gash et al., 2021). Sistem muskuloskeletal adalah kompleks dan membutuhkan kontrol volunter, yang bermanifestasi

dalam tupoksi dinamis melalui otot rangka lurik. Ini membantu orang melakukan sebagian besar gerakan kognitif mereka, misalnya, berjalan, berbicara, melempar bola, atau bahkan duduk tegak di kursi. Otot polos terlibat dalam banyak sistem organ seperti sistem pembuluh darah, saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan saluran reproduksi (Gash et al., 2021).



Gambar 4.2. Otot Polos

4.2.4 Otot Jantung

Sebagaimana otot lurik dan otot polos, juga tatkala penting keberadaan otot Jantung. Otot jantung ini merupakan otot yang tidak mengalami kemacetan atau istirahat dalam berkontraksi. Selama mahluk hidup belum menghembuskan nafas terakhirnya maka selama itu pula otot ini bekerja secara terus menerus. Otot ini tidak pernah mengalami kelelahan dan juga jenis kerjanya tidak teratur. Bekerja bukan dibawah alam kesadaran dan bukan atas dasar perintah. Selama 24 jam otot ini berkontraksi terus menerus.

4.3 Klasifikasi Otot

Sebagaimana fisiologi otot dalam tubuh mahluk hidup yang dipetakan sesuai dengan fungsinya masing – masing, maka otot ini pun perlu di kasifikasikan secara teratur agar mudah dipahami. Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas bahwa dalam fisiologi otot di rangkum dalam 3 jenis, maka pada bagian ini pun diklasifikasikan menjadi 3 jenis otot secara

umum, yaitu otot lurik (rangka) otot polos dan otot jantung sebagaimana tertera pada gambar berikut ini :



Gambar 4.3. Jenis – jenis otot

4.3.1 Otot Rangka / Otot Lurik (*skeletal muscle*)

Dalam tubuh manusia ataupun hewan terdapat tiga jenis otot besar secara umum, salah satu diantaranya adalah otot rangka. Sistem musculoskeletal ini adalah bagian sangat vital posisinya. Jenis otot ini merupakan Jaringan otot yang melekat pada tulang manusia. Disamping itu jenis otot ini berada dalam sistem kendali pada otak atau sistem kerjanya secara sadar. Jenis otot ini memiliki bantuk atau profil berbentuk silindris yang terdiri dari ribuan serat dengan ukuran yang panjang. Serat – seratnya berada pada susunan yang sejajar dengan ukuran yang berkisar panjang 100 mm dan 10 – 100 mm diameternya.

Penjelasan sebelumnya terdapat myofibril dalam setiap serabut otot yang jumlahnya ada ribuan. Didalam setiap myofibril ini ada myosin dan aktin yang jumlahnya dikisaran 1500 sampai 3000. Aktin memiliki ciri filamennya tipis dan tampak jelas sedangkan myosin tampak gelap dan filamennya tebal. Adanya kontraksi otot itu karena disebabkan oleh kandungan protein kontraktil. Selain itu myofibril ini adalah salah satu unit terpenting pada otot rangka. Adanya ikatan protein myosin karena disebabkan oleh kontraksi atau gerakan kompleks tropomyosin – troponin – aktin yang tak lain merupakan tugas utama dari aktin.

Disamping itu dikenal istilah sliding filamen, yang mana hal ini terjadi karena akibat adanya kontraksi otot yang berakibat pada pembentukan cross -bridge atas susunan myosin dan juga aktin. Ini berfungsi untuk menggeser atau menarik posisi aktin menuju ke arah myosin. Selain itu *adenosin tri fosfat* merupakan sumber tenaga yang digunakan sebagai sumber kekuatan memiliki fungsi, otot rangka juga ini terdiri dari beberapa jenis diantaranya ada otot lambat, otot cepat dan juga otot fast glykolitik. Otot lambat atau slow oksidative adalah sistem kerjanya perlahan atau lambat karena harus membutuhkan asupan oksigen dalam kapasitas yang banyak demi keperluan pasokan energi. Jenis otot ini biasanya berlangsung pada jenis olahraga yang berdurasi lama. Kemudian otot cepat adalah jenis otot yang bekerja secara ekstra dan dalam tempo yang sangat cepat. Ini disebabkan karena cadangan energi pada jenis otot ini telah ada berupa fosfokreatin serta jenis otot ini tidak terlalu membutuhkan banyak oksigen sebagai bahan untuk memasok tenaga. Akan tetapi jenis otot ini bekerjanya dalam durasi yang singkat tanpa memerlukan oksigen. Selanjutnya jenis otot fast glicolitik adalah jenis otot yang bekerja dalam durasi yang sangat cepat tanpa memerlukan oksigen namun memerlukan perubahan asam pyruvat ke asam laktat disebabkan karena tidak adanya oksigen. Jenis otot ini juga sangat mudah mengalami kelelahan disebabkan karena penyediaan asam laktat yang mengalami peningkatan.

Beberapa gerakan dengan durasi yang cepat seperti lari cepat itu didominasi oleh gerakan otot oxidative dan juga otot fast glykolitik. Karena kedua jenis otot ini memiliki ciri yang hampir sama. Namun demikian otot fast glykolitik agak sedikit lebih lambata ketimbang otot fast oxidative. Selain itu pada jenis olahraga kekuatan atau daya tahan atau durasi waktu yang relatif lama, maka jenis otot slow oxidative lah yang

memiliki peranan penting. Misalnya lari marathon atau lari 5000 meter ke atas. Jadi secara umum ketiga jenis otot yang telah dijelaskan diatas tentunya digunakan disemua jenis olahraga, baik itu olahraga jenisnya cepat, agak cepat maupun jenis olahraga lambat. Ditinjau dari sisi sumber energinya maka sumber energi untuk kebutuhan kontraksi otot dapat dibedakan sebagai berikut, diantaranya :

- a) Memiliki kandungan adenosin tri fosfat (ATP) yang lebih banyak bahkan memungkinkan langsung digunakan oleh otot, itu adalah jenis energi fosfokreatin.
- b) Asam laktat pyruvat terbentuk oleh adanya glikolisis dari glikogen. Namun dalam proses ini dibutuhkan pembentukan energi dan oksigen yang lebih cepat dari proses fosfokreatin.
- c) Perpaduan antara oksigen dan produk glikolisis akan tetapi waktu yang digunakan lebih lama untuk menghasilkan energi inilah yang dimaksud dengan fosforilasi. Pada bagian ini sumber energi yang dibutuhkan sangat besar.

Adanya kontraksi pada otot rangka itu disebabkan karena memiliki protein dan filamen yang saling terikat. Adapun dari sistem jaringan, otot ini memiliki serat otot dengan kapasistas yang sangat panjang serta memiliki jaringan inti yang terdapat pada sel sel otot. Selain itu jenis otot membutuhkan pasokan energi, oksigen dalam jumlah yang besar.

Jaringan otot ini dinamakan otot lurik karena jenis otot ini berbentuk seperti lurik, dan disebut sebagai otot rangka karena jenis otot ini posisinya melekat pada tulang (rangka) yang tak lain berguna sebagai penggerak yang aktif. Sel – sel pada otot ini juga memiliki banyak inti sel yang posisinya berada pada bagian tepi. Jenis otot ini bisa diamati dengan jelas jika menggunakan alat berupa mikroskop. Jenis

otot ini hampir menempel diseluruh bagian – bagian tubuh manusia. Otot lurik dan bagian – bagiannya meliputi serabut otot dan tendon, yang ciri – cirinya sebagai berikut :

- a) Silindris dan panjang adalah bentuk dari sel otot rangka
- b) Seratnya nampak terang dan juga gelap
- c) Posisinya berada dan melekat pada beberapa bagian, seperti dada, leher, kaki, tubuh dan lengan.
- d) Memiliki bagian serabut dengan model runcing
- e) Bekerja dengan sistem dibawah kesadaran
- f) Kontraksinya cepat dan sangat teratur.
- g) Mudah mengalami kelelahan
- h) Inti selnya dalam jumlah yang banyak.

4.3.2 Otot Jantung

Selain otot rangka atau lurik juga terdapat otot jantung yang fungsinya tatkala penting dalam keberlangsungan hidup kita. Kerja atau kontraksi otot jantung erat kaitannya dengan pengaruh saraf, cepat atau lambatnya denyut jantung dipengaruhi oleh kerja saraf yang dikenal dengan saraf para simpatetik. Namun dalam hal kerja saraf ini tidak mampu mengontrol dibawah kesadaran. Adanya proses pemompaan darah pada jantung untuk seluruh tubuh dilakukan oleh jenis otot yang bisa bekerja secara terus menerus tanpa mengalami kelelahan atau istirahat. Akan tetapi saraf pusat tidak dapat mempengaruhinya. Selain itu adanya relaksasi pada bagian otot jantung karena akibat dari denyut jantung yang melakukan kontraksi. Otot jantung memiliki karakteristik, diantaranya :

- a) Memiliki inti yang banyak namun modelnya bercabang – cabang.
- b) Inti selnya berada pada pertengahan serabut.
- c) Memiliki saraf otonom yang mampu mengontrol otot dalam bekerja secara sadar.

- d) Kerjanya sampai seumur hidup dan tidak mudah kelelahan.
- e) Sistem kerjanya teratur.

4.3.3 Otot Polos

Otot polos merupakan penyusun organ-organ dalam tubuh manusia seperti usus halus, lambung, pembuluh darah, saluran pernafasan, dinding rahim dan bagian lainnya. Karena itu otot halus disebut juga otot dalam. Otot polos biasa juga dapat diartikan sebagai otot licin yang terdapat pada organ tubuh kita. Jenis otot ini juga ditemukan dalam organ pencernaan dan pembuluh darah yang bertugas dengan sistem pengaturan dari sistem saraf tak sadar atau saraf otonom. Otot polos dibentuk oleh sel-sel otot yang terbentuk dari gelendong dengan kedua ujung meruncing, serta mempunyai satu inti tunggal. Adapun ciri-ciri dari otot polos adalah sebagai berikut:

- a) Bentuk sel otot polos adalah gelendong dengan kedua ujungnya yang runcing.
- b) Berbeda dengan otot lurik, inti dari sel otot polos hanya ada satu dan terletak di tengah sel.
- c) Otot bekerja secara tidak sadar.
- d) Tidak mudah lelah.
- e) Reaksi kerja ototnya teratur dan lambat

DAFTAR PUSTAKA

<https://staff.ui.ac.id/system/files/users/kuntarti/material/fisiologiotot.pdf>
<https://www.bola.com/ragam/read/4492341/macam-macam-otot-manusia-dan-fungsinya-yang-perlu-diketahui>
<https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6366455/kenali-jenis-otot-manusia-dan-cara-kerjanya-dalam-tubuh>
<http://sce-journal.sport-excell.com/index.php/sfj/article/view/1>

BAB 5

MEKANISME KONTRAKSI DAN PENGARUH LATIHAN TERHADAP SISTEM OTOT

Oleh Andi Muhammad Fadlih

5.1 Pendahuluan

Dalam aktifitas manusia tentu akan banyak hal yang akan berkontibusi dalam hal proses terjadinya suatu aktifitas gerak, dimana pada masyarakat olahraga aktifitas gerak ini sering diidentikkan dengan suatu sistem usaha dalam melakukan suatu peningkatan fungsi dan kinerja tubuh manusia yaitu Latihan.

Pada proses latihan yang dilakukan oleh manusia tentu akan melibatkan pula beberapa macam komponen tubuh yang saling bekerja sama dalam proses latihan tersebut, dimana diantaranya ada otot, ada sendi, tulang dan saraf yang dalam proses latihan memegang peranan penting dan juga mengalami perubahan- perubahan fungsi dan dan system kinerja yang dapat meningkat akibat dilakukannya peroses latihan dengan intensif, baik serta benar dalam pengejawantahan system biomekanikanya.

Pengaruh latihan terhadap sistim otot manusia dalam proses gerak aktif didalam latihannya tentu terjadi banyak kontraksi, dimana otot scelet atau yang juga akarab pada masyarakat olahraga disebut denga otot rangka akan melami banayak hal diantaranya perubahan pada fungsi fisiologis, massa serta kemampuan jaringan pada otot rangka tersebut.

Otot pada dasarnya memiliki sifat yang mudah berubah dalam fungsi fisiologisnya karena latihan tentu banyak mengalami proses perubahan yang dimaksud itu, secara garis besar perubahan kemampuan kontraksi pada otot khususnya pada jenis otot *skeletal* atau otot rangka ini secara signifikan dapat mengalami perubahan-perubahan yang mencolok, yang paling sederhana ialah. dapat terkonfirmasi, melalui tampilan otot-otot yang mengalami volume mebesar...

5.2 Mekanisme Kontraksi dan Pengaruh Latihan Terhadap Sistem Otot

Mekanisme kerja otot atau kontraksi otot itu dimulai saat implus sistem saraf dikirim kedalam sel pada otot yang juga dapat disebut sebagai sistem muskular. implus ini adalah respons otak ketika individu akan melakukan sesuatu yang memerlukan kerja otot. Setelahnya, reaksi kimia dari neurotransmitter yang keluar membuat otot-otot dapat berkontraksi.

Untuk *mendevlope* ranah olahraga prestasi, peran ilmu pengetahuan khususnya *sport science* tentu niscaya eksistensinya, sama halnya dengan membuat obat-obatan tentunya mesti didasari dengan ilmu kimia dan ilmu kefarmasian yang mumpuni.

Sistem keilmuan yang dibutuhkan, merupakan penggabungan atau paduan antara teori-teori kajian serta riset-riset yang telah ada dengan memperhatikan realitas di masyarakat. Kajian teori-teori dan penelitian-penelitian inilah seyogiyanya dapat diterapkan sebagai landasan dalam menentukan permodelan system latihan dalam rangka menentukan suatu model yang layak dipergunakan dalam rangka melakukan aktifitas fisik yang tepat guna dalam meningkatkan kemampuan fisik individu.

Dilain sisi lain, bahwasanya aktifitas berlatih merupakan faktor mendasar bila mana menginginkan performa fisik yang

prima. Kondisi ini memaksa setiap insan olahraga yang hendak melakukan latihan olahraga prestasi harus memahami sistematika latihan itu sendiri guna menggapai tujuan yang diharapkan.

Seorang individu seharusnya mampu merancang program aktifitas fisik ataupun latihan latihan yang bermakna baik serta bermutu tinggi dengan memadukan perkembangan *science* dan teknologi serta realitas kedalam penyusunan aktifitas fisi yang dilakoni begitupun pada latihan yang diemban. penting kiranya mengetahui struktur dan tipe otot sebagai dasar pemilihan cabang olahraga. Selanjutnya bagaimana membangun otot tersebut, sehingga mampu melakukan aktivitas olahraga dengan harapan memperoleh hasil prestasi yang diharapkan.

Hasil evaluasi dan analisis terhadap para juara pada even dunia seperti olimpiade menunjukkan bahwa atlet-atlet yang mampu menghasilkan prestasi yang baik hanyalah etlet-atlet yang memiliki potensi fisik yang prima, menguasai teknik dan taktik sempurna, memiliki faktor psikologi dan moral yang disesuaikan dengan cabang ditekuninya, dan memiliki pengalaman berlatih dan bertanding cukup lama. Hasil ini tentunya melalui pembinaan berjenjang dan berkelanjutan melalui proses latihan secara sungguh-sungguh sesuai dengan program latihannya.

Sebagai contoh efek dari latihan beban akan memberikan dampak terhadap perubahan struktur dan fungsi fisiologis otot dalam menyimpan cadangan kalori sekaligus dapat memberikan dukungan terhadap kinerja fisik,, dimana semakin tinggi cadangan kalori didalam otot, maka akan menjadi semakin besar pula energi yang dikeluarkan oleh tubuh seseorang. Begitupula dengan besarnya energi yang dimiliki, maka akan memberikan kontribusi efektif yang besar terhadap penampilan prima seseorang dalam beraktifitas.

Seorang tidak akan mampu memebrikan hasil performa yang prima atau menampilkan kemampuannya jika tidak berada pada puncak kondisi baik secara fisiologi ataupun psikologi. Kemudian seorang juga tidak akan mampu meningkatkan prestasinya jika metode latihan yang dilakukan tidak disesuaikan dengan prosedur latihan yang ada. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi harusnya menjadi pedoman utama dalam menyusun program. Kemudian dipadukan dengan metode latihan yang mendukung tujuan latihan itu sendiri. Pemanfaatan metode latihan yang umum dilakukan orang dan mutlak dibutuhkan dalam proses latihan adalah latihan beban.

Jika dilihat uraian ringkas tersebut, maka kedudukan latihan sangat dibutuhkan oleh semua jenis aktifitas manusia, semisal dalam proses latihan olahraga apapun harus melalui proses latihan beban yang terstruktur secara sistematis gar kemampuan kontraksi menjadi maksimal dalam melakukan aktifitas. Latihan-latihan yang dilakukan juga hendaknya melalui prosedur latihan yang benar pengejawantahan biomekanika yang tepat sehingga fungsi kinerja otot menjadi optimal kintraksi otot prima serta terhindar dari cedera akibat kekeliruan dalam latihan.

Telah menjadi konsumsi umum bahwasanya sel-sel pada otot dalam menciptakan power akan mengalami peningkatan signifikan dan ataupun menurun sesuai dengan kontraksi otot yang terjadi pada sistem perototan terutama pada otot rangka. Apabila sel-sel otot mengalami beban yang *overload* atau melebihi dari kampuan penggunaan yang normal, sebagai contoh dalam melakukan program latihan wight training atau latihan beban, sel-sel pada otot manusia akan mengalami pembesaran massa atau volume otot yang disebut dengan *muscle hypertrophy* bertambah kuatnya otot-otot efek latihan. Begitupun juga sebaliknya, bilamana tuntutan power terhadap

sel-sel otot menurun, seperti dalam kehidupan tidak aktif *sedentary living* atau mungkin dalam Bahasa melenial “banyak rebahan”, atau suatu kondisi yang mengharuskan melakukan istirahat panjang akibat pasca cedera atau proses pemulihan karena sakit, maka juga dapat terjadi hal – hal dimana sel pada otot volmenya atau massa ototnya akan menurun yang bias disebut *muscle atrophy*, keadaan ini tidak terjadi pada penurunan massa otot saja tetapi juga pada kemampuan dan daya otot yang ikut terdegradasi akibat perubahan aktifitas fisik atau latihan yang menurun..

Kecakapan yang fundamental akan kecakapan logis yang ilmiah secara dasar dari faktor- faktor ini sangat penting untuk mengerti serta memahami dengan dalam akan perinsip-perinsip yang berperan didalam peningkatan power otot. Berbagai faktor-faktor secara fisiologis yang erat kaitannya pada kontraksi otot dan peningkatan daya otot begitupun juga dengan ukuran otot. Indikator lainnya juga ada pada rangsangan persyarafan, tipe serabut otot, yang dimana menjadi perinsip penambahan beban secara bertahap serta sistematis dapat diaplikasikan dengan baik.

5.3 Penutup

Aktifitas gerak yang prima sangat banyak ditentukan berdasarkan kontribusi dari kontraksi pada otot. Kemampuan kinerja otot juga ditentukan oleh total simpanan energi didalamnya melalui Adenosine thriphosphate, atau ATP yang ada pada otot. Volume jumlah ATP dapat diperoleh dengan malalui proses Latihan yang tepat yaitu dengan metode latihan terstruktur dan sestematis dapat meningkatkan stres otot pada tahap optimal hal ini merupakan dampak latihan pada kontaksi otot secara fundamental. Pemaksimalan ini bisa meberikan pengaruh signifikan pada otot terlebih pada aspek volum

massa otot dalam hal menyimpan cadangan adenosine thriphosphate atau ATP itu tadi.

Pada hal lain pula di katakana bahwa kinerja otot juga ditentukan oleh banya faktor-faktor diantaranya tipe serabut otot yang ada. Dimana tipe -tipe serabut otot ini ada dua yaitu serabut otot putih, *fast twich* atau otot tipe B atau juga akrab disebut otot cepat, maka tipe otot ini hanya akan dapat dengan maksimal dilatih dengan mengarah pada aktifitas aktifitas yang membutuhkan kemampuan kecepatan misalkan dalam cabang olahraga ialah yang dominan sistem anaerobik atau kegiatan cepat sepetri lari jarak pendek atau sprint.

Sedangkan ada lagi satu tipe otot yaitu otot merah *slow twich* juga biasa disebut oleh masyarakat olahraga dengan sebutan otot lambat atau otot tipe A tentu hanya dapat berkinerja maksimal apabila digunakan pada aktifitas yang tidak dominan dalam menggunakan kecepatan gerak dan cenderung membutuhkan intesistas waktu yang agak lama, karena tipe otot A ini cenderung memiliki kemapuan daya tahan yang lebih Panjang dibanding otot tipe B, sehingga dapat dilatih dan menjadi prima performanya dalam aktifitas aerobik. Bila dikaitkan ke olahraga maka olahraga yang membutuhkan daya tahan adalah tipe aktifitas fisik yang sesuai.

Keputusan yang keliru dalam pemilihan aktifitas fisik tentu akan berakibat negative pada system oprasi kinerja dimana bila otot merah dilatih pada cabang olahraga yang membutuhkan aktifitas kemampuan gerak cepat kelincahan dan maksimal power dalam pemenuhan target geraknya , maka tetu akan tidak maksimal dalam implemtasinya pada realitas.

Kualitas otot dipengaruhi oleh pemberian beban terhadap otot tersebut yan dilakukan secara sitematis dan terstruktur denga menggunakan prinsip peningkatan bebabn disetiap periode latihan.

Semakin besar kontraksi yang terjadi pada otot, maka akan semakin besar pula kemampuan fisiologis pada otot. Sehingga jika kondisi ini dilakukan sesering mungkin dengan sistematis serta periodik, maka kondisi otot akan semakin besar volumenya atau massa ototnya. Sehingga semua aktifitas yang dilakukan oleh seorang individu dapat maksimal atau dengan kata lain mengandalkan kinerja otot harus melakukan latihan dengan baik karena efek dari latihan yang tepat akan meningkatkan fungsi-fungsi fisiologis otot manusia.

DAFTAR PUSTAKA.

- Baechle, Thomas, R dan Grove Barney R. *Latihan Beban*, Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2003.
- A Fadlih., Asmul F I., M F dongoran. *Effect of doping on physical and mental health of sport athlates. Enfermeria Clinica (2020) 30 504-506.*
- Bompa, T.O. c, *Theory and methology of training, the key to athletics performance.* 2nd.ed. Iowa; Kenal/Hunt Publishing Company, 1999.
- Bompa, Tudor O. *Total Training for Yaoung Champoins.* York University: Human Kinetics, 2000.
- Bowers, R.W & Fox, E.L, *Sports Physiology* 3rd.ed. Iowa Wm.C Brown Publisher, 1992.
- Brooks, G:A., & Fahey, T.D. *Fundamentals of human performance.* New York: Macmillan Publishing Company, 1987.
- Cox, H. Richard, *Sport Psychology: Concepts and Aplication*, Dubuque Iowa: Wm. C. Brown Publisher, 1985.
- Depdiknas, *Pedoman dan Modul Pelatihan Kesehatan Olahraga bagi Pelatih Olahragawan Pelajar*, Jakarta: Depdiknas, PPKJ, 2000.
- Junusul Hairy. *Fisiologi olahraga.* Jilid I. Jakarta: Depdinas, 2003.

BAB 6

KLASIFIKASI DAN FISIOLOGI SARAF

Oleh Ika Nilawati

6.1 Pendahuluan

Neurologi adalah dari kata *neuro* dan *logos*. *Neuro* berarti system saraf kemudian *logos* memiliki arti ilmu. Jadi neurologi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang saraf. Neurologi berarti ilmu pengetahuan tentang saraf dan struktur sara (Evelyn Pierre, 2016). Dalam pembelajaran ilmu saraf tentunya harus mengetahui dasar-dasar dari neurologi. Ilmu saraf Sangat erat laitannya dengan makhluk hidup seperti halnya ilm pengetahuan reaksi alam terhadap fisik dan Gerakan-gerakan pada tubuh dan ilmu pengetahuan tentang biologis. Ruang lingkup dalam pembelajaran neurologi atau ilmu saraf meliputi: Pengetahuan dasar tentang ilmu saraf, fungsi kerja saraf, istilah-istilah yang digunakan dalam system saraf, perkembangan system saraf, mikro anatomi sel, dan struktur histologi system saraf.

System maupun susunan saraf merupakan bagian terkecil dalam organ tubuh, memiliki peran yang sangat penting dan kompleks. Manusia memilikisusunan saraf yang memberikan informasi dan memproses dengan cepat dengan kecepatan dan hal tersebut dipengaruhi oleh aktivitas listrik (Bahrudin, 2017). saraf dapat diartikan sebagai koordinasi yang mengantarkan impuls saraf ke dalam susunan saraf pusat, dengan cara system saraf merespon rangsangan (Feriyawati, 2006).

Saraf pusat mengatur informasi dengan alur menjadi 3 bagian secara atik. Stimulus internal ataupun eksternal pada bagian organ-organ sensorik akan menginduksi pembentukan impuls yang melintas ke dalam susunan saraf pusat. proses pengolahan atik pada susunan saraf pusat. Hasil dari pengolahan susunan saraf pusat yaitu menjadi impuls yang melintas ke dalam perifer kemudian dapat mempengaruhi respons motorik terhadap stimulus (Bahrudin, 2017).

6.2 Struktur System Saraf

Sruktur system saraf pada manusia dapat digolongkan menjadai dua bagian. (Bahrudin, 2017) mengatakan bahwa susunan atau bagian-bagian pada system saraf terdiri dari ata otak, saraf tepi, dan tulang belakang dalam anatomi. Dalam sisi fisiologi terdiri atas saraf otonom dan saraf somatik.

6.2.1 System Saraf Pusat

System saraf pusat adalah pusat integrasi dan kontrol dari semua aktivitas tubuh yang terdiri dari otak dan medulla spinalis. (Bahrudin, 2017) mengatakan bahwa euron akson adalah bagian dari system saraf pusat dan dikelilingi oleh sel glia yang sangat mempengaruhi system kerja mekanik dan metabolik.

A. Otak

Otak dapat diartikan sebagai pusat dari semua aktivitas manusia dan terletak di tengkorak. Otak terdiri dari otak besar, otak kecil dan otak tengah (Khanifuddin, 2012). Otak besar dapat dikatagoriakan menjadi 2 bagian, meliputi baian kanan dan kiri. Setiap bagian dibagi 4 bagian yaitu temporal, oksipital, frontal, dan parietal. Disenfalon merupakan sisi dari otak besar yang mecakup yaitu epitalamus, talamus, dan hipotalamus (Khafinuddin, 2012).

Jadi poros utama kendali untuk aktivitas tubuh yang sadar adalah otak besar. Metensefalon dan mielensefalon adalah dua subdivisi dari otak kecil. Batang otak dan otak kecil adalah hasil dari metensefalon. Medulla oblongata akan menjadi mielensefalon (Nugroho & Yuliandra, 2021), Otak tengah/ limbik terdiri dari hipotalamus, hipokampus dan amigdala (Khafinuddin, 2012). Cerebrospinalis merupakan cairan yang terdapat di dalam otak. Ruang sub araknoid disekitar otak dan tulang belakang dikelilingi oleh cairan cerebrospinalis dan cerebrospinalis mengisi juga bagian dari ventrikel otak. Cairan ini diproduksi oleh plesus koroid, yang terletak di pembuluh darah dan melapisi kanal sentral tulang belakang dan pemuluh darah manusia. Cairan cerebrospinalis bermanfaat sebagai bantalan untuk pemeriksaan lunak otak dan tulang belakang, Cairan cerebrospinalis memiliki fungsi sebagai media pertukaran nutrien dan zat buangan antara darah, otak, dan tulang belakang (Nugroho & Yuliandra, 2021).

B. Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang mengontrol semua kativitas pada tubuh manusia. Emiliki tugas menghantar implus ke dalam otak melewati tractus asenden dan desenden. Jadi Sumsum tulang belakang merupakan pusat pengatur gerak reflek (Khafinuddin, 2012). Sumsum tulang belakang memiliki tali yang membentang ke rongga tulang belakang, di awali di bagian-bagian tulang leher serta bagian-bagian tulang pinggang. Sumsum tulang belakang terdapat dua belah lapisan yang pertama adalah lapisan dalam bercorak abu-abu dan lapisan luar bercorak putih (Chamidah, 2013). Lapisan dalam berisi badan saraf, pada bagian luar berisi serabut saraf. Saraf motorik, saraf penghubung, dan saraf

sensorik pada tubuh terdapat dibagian sumsum tulang belakang.

6.2.2 Saraf Tepi

Saraf spinalis dan saraf kranial adalah satu saluran penerima dan pemberi arah diantara system saraf pusat ataupun tubuh yang terdapat dalam susunan saraf tepi. saraf pusat menerima informasi dari semua saraf dari saraf tepi (Bahrudin, 2017). saraf tepi memiliki fungsi yang dibagi menjadi dua bagian meliputi:

A. Saraf Somatik

Saraf somatik meliputi 31 pasang saraf spinal dan 12 pasang saraf kranial.

1. Saraf kranial

Saraf Kranial atau batang otak memiliki 12 pasang saraf kranial. Tersusun dari serabut sensorik, akan tetapi bagian besar dibentuk oleh serabut sensorik dan motorik. Macam-macam saraf kranial yaitu: saraf olfaktorius. Saraf optik, saraf saraf okulomotorius, saraf traklear, saraf trigeminal, saraf abduksen, saraf fasial, saraf vestibulokoklearis, saraf glosfaringeal, saraf vagus, saraf aksesori spinal, saraf hipoglosal.

2. Saraf Spinal

Saraf spinal memiliki 31 pasang saraf yang dimulai dari korda kemudian ke radiks dorsal ataupun yang terakhir adalah ventral. Saraf motorik dan sensorik merupakan bagian dari saraf spinal, yang memiliki tugas yaitu memberikan informasi kepada korda melewati neuron aferen kemudian keluar melalui eferen. Saraf spinal diberikan nama dan angka dengan rega kolumna vertebra tempat dan munculnya saraf.

- a) Saraf serviks : 8 Pasang (C1-C8)
- b) Saraf Toraks : 12 Pasang (T1-T12)
- c) Saraf Lumbal : 5 Pasang (L1-L5)
- d) Saraf Sacral : 5 Pasang (S1-S5)
- e) Saraf Koksigis : 1 Pasang

B. Saraf Otonom

System saraf otonom merupakan pengatur jaringan dan organ tubuh yang tidak disadari. saraf otonom merupakan pengatur organ tubuh dan jaringan manusia meliputi pembuluh darah dan jantung. System saraf simpatik, system saraf parasimpatik merupakan bagian dari pada otonom. Kedua system memiliki fungsi kebalikan.

System saraf tepi dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu:

1. Bagian motorik merupakan penghubung dari system saraf pusat ke dalam effector. Jadi dapat dikatakan memiliki sifat *desendens* karena meliki tanggung jawab merespon impuls dari reseptor didalam kulit dan otot dari lingkungan sekitar (Bahrudin, 2017).
2. Bagian sensori terdiri dari susunan saraf tepi yang diawali dari receptor pada otot dan kulit menuju ke radiks, pleksus, kemudian ke dalam system saraf pusat. Jadi dapat dikatakan memiliki sifat *ascendens*.

6.3 Sel-Sel pada System Saraf

Komponen saraf pada manusia dibedakan menjadi dua bagian yaitu sel saraf dan sel glial. Sel saraf memiliki fungsi yaitu menjadi alat mengatarkan impuls dimulai dari panca indera menuju otak kemudian dilanjutkan otak akan mengirim ke otot. Sedangkan sel glial memiliki fungsi yaitu memberi nutrisi kepada neuron (Feriyawati, 2006).

6.3.1 Klasifikasi Neuron

Neuron diklasifikasikan secara fungsional berdasarkan arah transmisi impuls. (Bahrudin, 2013) mengatakan bahwa sel saraf memiliki tanggung jawab yaitu memproses dan memberikan informasi kepada saraf. Sel-sel saraf bertugas yaitu memberikan impuls. Bagian utama dari neuron-neuron yaitu dari akson, badan sel, dan dendrit (Feriyawati, 2006). Badan sel mempunyai 1 ataupun lebih tonjolan (Feriyawati, 2006). Badan sel memiliki kandungan organel yang memiliki tanggung jawab yaitu menghasilkan molekul organik, biosintesis dan energi, contohnya adalah enzim. Badan sel mempunyai nukleus, sedangkan perikaryon adalah disekitar nukleus. Badan sel mempunyai banyak cabang-cabang dendrit (Bahrudin, 2017).

- A. Perikarion yaitu neuron yang mengontrol sistem metabolisme tubuh secara keseluruhan. Fungsi dari soma adalah mengatur seluruh metabolisme neuron (Nugroho & Yuliandra, 2021).
- B. Dendrit memiliki fungsi yaitu impuls ke sel tubuh manusia. Proliferasi sarkomer yang biasanya menjadi ganda atau pendek serta berfungsi sebagai impuls ke sel tubuh. Arti lain yaitu perluasan dari badan sel yang memiliki serabut sel saraf pendek dan bercabang-cabang. Dendrit memiliki fungsi yaitu memberikan dan menerima rangsangan ke dalam badan sel (Khafinudin, 2012). *Dendritic spines* merupakan sebutan proses dari cabang-cabang. Dendrit sangat khas karena memiliki banyak cabang (Bahrudin, 2017).
- C. Akson yaitu suatu proses tunggal, yang tipis dan lebih Panjang dari dendrit atau dapat diartikan sebagai tonjolan satu atau panjang dapat memberikan atau mengeluarkan informasi dari badan sel (Feriyawati, 2006). Bagian akson dalam memiliki benang-benang halus disebut neurofibril

dilapisi dari beberapa lapis selaput mielin yang memiliki kandungan zat lemak dengan fungsi yaitu mempercepat proses rangsangan. Badan sel dihubungkan dengan sel yang lain melalui akson, ujung satu dengan yang lain menjadi sinaps. Setiap sinaps terjadi komunikasi yaitu antara neuron dan sel (Bahrudin, 2017). Selaput mielin dilapisi dengan sel-sel Schwann bertugas membentuk jaringan yang memberi makanan dan membantu pembentukan neurit. Neurit memiliki bagian yang tidak dibungkus oleh lapisan mielin yaitu nodus ranvier (Khafinudin, 2012).

6.3.2 Sel Glial

Sel glial dapat diartikan sebagai sel penunjang dari saraf tepi yang memiliki fungsi sebagai jaringan ikat (Nugroho & Yuliandra, 2021), fungsi lain yaitu menyendirikan neuron, mempertahankan kerangka yang membantu jaringan, merawat lingkungan interseluler sebagai fagosit. Jaringan tubuh mempunyai kira-kira 1 milyar neuroglia dan sel glia. Jumlahnya lima kali dari jumlah neuron (Feriyawati, 2006).

Neuron memiliki bentuk yang lebih besar dari Sel glia. Neuroglia bertugas di dalam system saraf. System saraf pusat dan sitem saraf tepi memiliki perbedaan yang perbedaan penting dalam sistem jaringan yaitu:

A. Jenis-jenis Sel Glia

Fungsi sel glia berbeda yaitu (Feriyawati, 2006):

1. Sel ependymal memiliki fungsi yaitu sebagai produksi cairan cerebrospinal
2. Astroglia merupakan sel pemberi makan untuk sel saraf.
3. Oligodendroglia merupakan sel yang memiliki tanggung jawab memproduksi mielin untuk Menyusun system saraf pusat. Sel ini memiliki komposisi yaitu lemak yang mengelilingi sel saraf sehingga membentuk selubung

mielin. Schwann membentuk mielin pada susunan saraf tepi dan neurolemma. Mielin menutupi ion natrium dan kalium yang melewati membran neuronal secara keseluruhan. Tidak semua serabut saraf memiliki mielin. Perpindahan impuls saraf disepanjang serabut yang tidak bermielin lebih lambat di bandingkan dengan serabut yang memiliki mielin, dikarenakan impuls melintas dengan cara melompat dari nodus ke nodus sepanjang selubung mielin (Feriyawati, 2006). Mielin memiliki fungsi yang sangat penting bagi tubuh manusia

4. Mikroglia yaitu fagosit yang merupakan hasil dari sifat sel glia untuk menghilangkan sel-sel otak yang tidak berfungsi lagi, bakteri dan lain-lain. Sel ini didapatkan dari seluruh system saraf pusat dan memiliki fungsi penting dalam proses melawan infeksi.

B. Sel Glia System Saraf Tepi

Berkumpulnya neuron pada system saraf adalah ganglia. System saraf tepi juga terdiri dari gabungan akson. Seluruh akson maupun neuron dipisahkan dan dilindungi oleh sel glia. Sel glia terdiri dari sel satelit dan sel Schwann. Sel Satelit merupakan badan neuron ganglia perifer dilindungi oleh sel satelit. Sel satelit memiliki fungsi sebagai pertukaran nutrisi dan produk sisa dari badan neuron dan cairan-cairan ekstraseluler. Fungsi lainnya yaitu memisahkan neuron dari rangsangan lain. Sedangkan Sel-sel Schwann yaitu Akson saraf tepi, yang terbungkus oleh mielin ataupun tidak, ditutup dengan sel-sel Schwann atau sel-sel neurolemmosit. Plasmalemma dari akson disebut *axolemma*; pembungkus sitoplasma superfisial yang dihasilkan oleh sel Schwann disebut *neurilemma* (Bahrudin, 2017)

Efektor perifer merupakan implus dari reseptor dengan cara yang tidak sama. saraf somatik meliputi seluruh neuron motorik ataupun somatik. Neuron memiliki letak di dalam saraf pusat, kemudian akson-akson dari saraf somatik melebar sampai ke bagian sinapsis neuromuskuler yang mengatur otot rangka (Bahrudin, 2017). Efektor di perifer memiliki fungsi yaitu untuk mengontrol neuron dalam system saraf pusat dan neuron di ganglia perifer. Neuron pada ganglia perifer dan didalam system saraf pusat mengatur semua secara bergantian. Panjang akson yaitu dari system saraf pusat menuju ke ganglion yang dapat diartikan sebagai serat preganglionik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, Nelson. 2015. The Effect of Local Government Heads' Commitment and Human Resource Competency on Local Government Accounting Information System, Internal Control System, and Audit Opinion of Local Government Financial Statements in Southeast Sulawesi Indonesia. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. ISSN: 2319-7064.
- Bahrudin, M. (2017). *Neurologi Klinis*. UMM Press.
- Evelyn Pierre, C. (2016). Anatomi Dan Fisiologi Untuk Paramedis - Evelyn Clare Pearce -. In *PT. Gramedia Pustaka Utama*. Gramedia.
[https://books.google.co.id/books?id=550ShlTLNMC&pg=PA60&dq=anatomi+dan+fisiologi+kepala&hl=en&sa=X&ved=2ahUKewjus4vKmMjvAhW63MBHY63B7AQ6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=anatomi dan fisiologi kepala&f=false](https://books.google.co.id/books?id=550ShlTLNMC&pg=PA60&dq=anatomi+dan+fisiologi+kepala&hl=en&sa=X&ved=2ahUKewjus4vKmMjvAhW63MBHY63B7AQ6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=anatomi%20dan%20fisiologi%20kepala&f=false)
<https://books.google.co.id/books?id=550ShlTLNMC&pg=PA60&dq=anatomi+dan+fisiologi+kepala&hl=en&sa=X&ved=2ahUKewjus4vKmMjvAhW63MBHY63B7AQ6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=anatomi dan fisiologi kepala&f=false>
- Feriyawati, L. (2006). Anatomi Saraf Dan Peranannya Dalam Regulasi Kontraksi Otot Rangka. *Neuron*.
- Khanifuddin, Ahmad. 2012. Organ Pada Saraf
- Nugroho, R. A., & Yuliandra, R. (2021). Analisis Kemampuan Power Otot Tungkai Pada Atlet Bolabasket. *Sport Science and Education Journal*, 2(1), 34–42.
<https://doi.org/10.33365/ssej.v2i1.988>
- Tandel H, Vanza J, Pandya N, Jani P. 2016. Guillain- Barre Syndrome (GBS): A Riview. *Ejpm*; 3(2): 366-371.

BAB 7

PENGARUH LATIHAN PADA SYSTEM SARAF

Oleh Agus Sutriawan

7.1 Pendahuluan

Telah lama diketahui bahwa olahraga meningkatkan perkembangan sistem saraf dan dengan demikian, sangat penting bagi anak-anak. Sebagian besar sekolah memasukkan pendidikan jasmani sebagai bagian dari kurikulum dan anak-anak didorong untuk berpartisipasi dalam banyak aktivitas fisik, termasuk permainan fisik, olahraga, senam, dan menari. Serangkaian studi yang sangat mengejutkan bahkan mengungkapkan bahwa wanita hamil yang berolahraga meningkatkan perkembangan saraf janin dalam rahim.

Olahraga juga diperlukan untuk perkembangan saraf pada remaja. Namun, banyak remaja menjadi kurang aktif seiring bertambahnya usia. Seperti yang terlihat pada anak-anak, hal ini telah terbukti berdampak buruk pada kinerja kognitif dan akademik mereka dan merupakan persyaratan yang sama. Persyaratan minimal untuk kesehatan masa kanak-kanak dan remaja cenderung satu jam aktivitas fisik sedang hingga berat per hari, sedangkan rekomendasinya adalah setengah dari intensitas yang lebih rendah untuk orang dewasa. Olahraga merupakan kegiatan yang menunjang dan merangsang perkembangan dan tumbuhan fisik baik itu jasmani rohani dan sosial.

Dalam dekade terakhir, minat masyarakat dunia terhadap gaya hidup sehat semakin meningkat, termasuk juga dengan melakukan olahraga secara rutin. Selain memberi dampak positif bagi kesehatan tubuh, olahraga ternyata juga memberikan manfaat terhadap perkembangan otak dan fungsi kognitif. Penelitian-penelitian terbaru membuktikan bahwa olahraga dapat meningkatkan memori, meningkatkan konsentrasi serta menurunkan berbagai risiko penyakit yang berhubungan dengan otak seperti demensia, atau Alzheimer dan Parkinson serta berbagai manfaat lainnya.

Berolahraga secara rutin dapat menghambat pembentukan hormon kortisol atau hormon stres. Hal tersebut akan membuat kamu berpikir lebih jernih. Tak hanya itu, rutin berolahraga juga dapat membantu otak dalam menghasilkan sel saraf baru menggantikan sel saraf yang rusak karena stress. Begitu pula dengan Hidup adalah tentang gerak setiap harinya dalam melakukan aktivitas fisik baik itu ringan maupun berat, Terkait bagaimana olahraga berdampak pada sistem saraf ini mengenai hubungan antara aktivitas fisik dengan sistem saraf teman-teman perlu tahu juga mengenai pengertian sistem saraf, selain kita mengetahui pengertian dari aktivitas fisik itu sendiri agar kita dapat mudah dalam memahami hubungannya.

7.2 Latihan

Latihan fisik merupakan aktivitas gerak yang dilakukan otot dengan terencana, dan terstruktur yang menggunakan energy untuk meningkatkan kebugaran yang paripurna. Olahraga pada dasarnya memiliki efek yang dapat meningkatkan tarap kesehatan terututama membantu mencegah berbagai penyakit. Menurut Ratey (2008), latihan fisik dapat meningkatkan atensi dan motivasi dengan cara meningkatkan kadar dopamin dan norepinefrin, membuat mood lebih positif, kecemasan lebih rendah, dan rasa percaya diri lebih tinggi. Selain itu, efek latihan fisik adalah

meningkatkan aktivitas neuro transmitter, memperbaiki aliran darah, dan memicu produksi faktor pertumbuhan otak (brain growth factor).

Kebugaran jasmani atau physical fitness memiliki 10 komponen yaitu kekuatan atau strength, daya tahan (*endurance*), daya otot (*muscular power*), kecepatan (*speed*), kelenturan (*flexibility*), kelincahan (*agility*), koordinasi (*coordination*), keseimbangan (*balance*), ketepatan (*accuracy*), dan reaksi atau *reaction*. Ke-10 komponen kebugaran jasmani tersebut dapat dilatih dengan aktivitas fisik yang berbeda-beda.

Dengan demikian, latihan fisik menyiapkan sel saraf untuk terhubung lebih mudah dan lebih kuat. Latihan fisik dapat meningkatkan aliran darah ke otak. Latihan aerobik adalah latihan fisik yang melibatkan pergerakan kelompok otot rangka besar dan mengonsumsi oksigen seperti berjalan, berlari, berenang, bersepeda dan lainnya (Asrizal and Fitra, 2020). Aktivitas olahraga yang dilakukan akan menyebabkan sistem tubuh dalam keadaan aktif, otot akan bekerja yang menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Kebutuhan oksigen pada jaringan yang bekerja menimbulkan pelebaran pembuluh darah otot, sehingga meningkatkan aliran balik vena dan curah jantung. Selama latihan sekresi glucagon meningkat, aktivitas juga meningkat, katekolamin keluar dari medulla adrenal dan hormon-hormonnya (epineprin dan nonepineprin) bekerja dengan glucagon untuk kemudian meningkatkan glikogenolisis (Badriyah, 2011).

A. Jenis Latihan Fisik Berdasarkan Lamanya Latihan

Selain berdasarkan metabolismenya, latihan fisik dapat dibagi berdasarkan lamanya latihan yaitu latihan fisik akut dan latihan fisik kronik. Latihan fisik akut adalah latihan fisik yang dilakukan sesaat atau tidak berkelanjutan

(single bout of exercise), sedangkan latihan fisik kronik adalah latihan fisik yang dilakukan secara berkelanjutan (chronic exercise). Pendapat lain menyebutkan bahwa latihan fisik akut adalah latihan fisik dengan durasi yang singkat maksimal 30 menit sedangkan latihan fisik kronik adalah latihan fisik yang memerlukan durasi yang lama minimal 30 menit.

B. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam latihan fisik

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan latihan fisik atau olahraga, yaitu: (1) intensitas latihan, (2) lamanya latihan, (3) frekuensi latihan, dan (4) macam aktivitas latihan, yang masing-masing dapat diterangkan sebagai berikut:

a) Intensitas Latihan

Kualitas yang menunjukkan berat ringannya latihan disebut sebagai intensitas. Besarnya intensitas bergantung pada jenis dan tujuan latihan. Intensitas latihan kebugaran adalah 60% - 90% detak jantung maksimal dan secara khusus besarnya intensitas latihan bergantung pada tujuan latihan. Latihan untuk membakar lemak tubuh menggunakan intensitas 65% - 75% detak jantung maksimal yang dilakukan 20- 60 menit setiap latihan dan dilakukan 3-5 kali perminggu.

b) Lamanya Latihan

Takaran lamanya latihan untuk olahraga prestasi adalah 45-120 menit dalam training zone, sedangkan untuk olahraga kesehatan seperti program latihan untuk menurunkan berat badan antara 20-30 menit dalam training zone. Maksudnya yaitu bahwa latihan-latihan tidak akan efisien, atau kurang membuahkan hasil jika takaran latihan di atas tidak terpenuhi.

c) Frekuensi Latihan

Frekuensi latihan berhubungan erat dengan intensitas latihan dan lama latihan. Dalam melakukan latihan sebaiknya frekuensi latihan dilaksanakan paling sedikit tiga kali seminggu, baik untuk olahraga kesehatan maupun untuk olahraga prestasi. Untuk meningkatkan kebugaran perlu latihan 3-5 kali per minggu.

d) Macam Aktivitas Latihan

Sebuah latihan akan berhasil jika latihan tersebut memiliki metode latihan yang tepat. Macam aktivitas fisik dipilih disesuaikan dengan tujuan latihan. Misalnya, bentuk latihan untuk mengembangkan berbagai macam Latihan kardio seperti: lari, sepeda, jogging, berenang, senam aerobik, atau jalan kaki.

Setiap sesi latihan fisik terdiri dari (1) latihan pemanasan selama 5 sampai dengan 10 menit, (2) latihan inti selama 15 sampai 60 menit dan (3) pendinginan selama 5-10 menit.

Latihan pendinginan meliputi latihan yang membantu adaptasi tubuh dalam menurunkan kapasitas latihan sampai latihan dihentikan. Latihan ini baik untuk memulihkan sirkulasi tubuh secara perlahan-lahan. Aliran darah yang semula terutama didistribusikan pada otot secara perlahan dialihkan pula agar merata keseluruh bagian tubuh.

C. Manfaat Latihan Fisik

Latihan fisik memberikan manfaat yang luar biasa terhadap tubuh, diantaranya:

- a) Gerakan motorik kasar yang dilakukan berulang-ulang dapat memperkuat cabang-cabang dendrit sekunder (bagian saraf yang dapat mengingat detail). Latihan fisik

- setiap hari memungkinkan seseorang mengingat apa yang dipelajari dalam 48 jam terakhir.
- b) Terjadi proses neurogenesis, terutama pada hipokampus sebagai pusat belajar dan memori.
 - c) Terbentuknya BDNF (brain derived neurotropic factor) menyebabkan neuron dapat bekerja lebih efisien. BDNF adalah suatu neurotrofin yang berfungsi sebagai pengatur survival, pertumbuhan dan diferensiasi neuron selama perkembangan sampai sistem saraf dewasa.
 - d) Suplai oksigen dan glukosa ke otak lebih baik.
 - e) Sistem vestibular diaktivasi untuk keseimbangan yang lebih baik, sehingga memungkinkan siswa untuk membaca dengan lebih baik.
 - f) Gerakan menyilang garis tengah tubuh dapat mengintegrasikan dan membuat otak lebih fokus.
 - g) Latihan fisik mengaktifkan substansi kimia otak yang mengurangi stres dan meningkatkan rasa percaya diri.
 - h) Latihan fisik membantu memantapkan informasi baru.

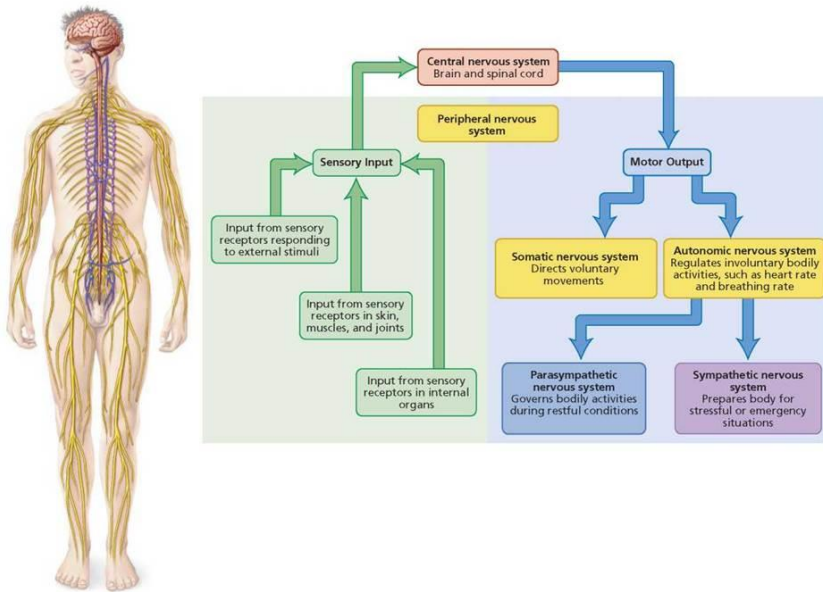
Manfaat aktivitas fisik secara fisiologis adalah mencapai kebugaran fisik yang prima dan meningkatkan kapasitas ketahanan sistem organ tubuh seperti kardiovaskuler, pernapasan, ketahanan otot dan rangka tubuh, pencernaan, sistem imun, dan organ vital lain. Dengan demikian aktivitas fisik dapat menurunkan risiko kejadian penyakit kronis, maupun penyakit resiko tinggi yang terkait obesitas seperti diabetes mellitus, hipertensi, penyakit jantung koroner, dan sebagainya.

7.3 Sistem Saraf

Perlu diketahui bahwa otak merupakan pusat berpikir, perilaku, dan beremosi manusia yang mencerminkan seluruh dirinya, kebudayaan, kejiwaan, serta bahasa dan ingatan. Secara garis besar struktur otak manusia dibagi menjadi dua belahan, yaitu belahan otak kanan dan belahan otak kiri yang dihubungkan oleh segumpal serabut saraf yang disebut corpus callosum (Morgan, et.al., 1986) dalam jurnal (Zulkarnain, 2019).

Neoro (Saraf) Yang dimaksud adalah otak, otak kecil, batang otak, sumsum tulang belakang dan serabut saraf yang keluar masuk menuju tempat tempat tertentu dan saraf berfungsi untuk menerima rangsangan (sensor), penggerak (motoris), persepsi, pengatur dan fungsi psikologis lainnya.

Otak merupakan pusat seluruh sistem dalam tubuh. Jika organ ini sehat, kesehatan tubuh dan mental akan terjaga. Otak memiliki fungsi kognitif, yaitu mengatur fokus dan berpikir. Dengan berolahraga, kamu akan berisiko lebih rendah mengalami penurunan fungsi intelektual dan daya ingat.



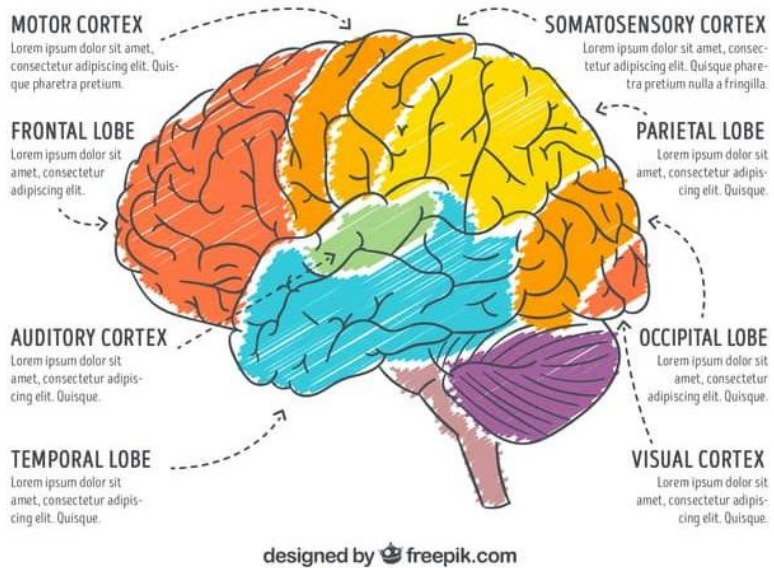
Gambar 7.1 Nervous System Works

(Sumber : <https://lebanesearchive.co.uk/how-the-peripheral-nervous-system-works/>)

1. Serabut saraf berfungsi sebagai pembawa rangsang baik tepi ke pusat atau sebaliknya.
2. Fungsi otak kecil sebagai koordinasi rangsang baik dari pusat maupun tepi
3. Motor kontrol (proses reaksi) : menerima rangsang, proses mengingat (berpikir), perintah yang rangsang ke otot lurik.
4. Reaksi dapat dilatihkan = automatisasi.

Otak terletak dalam rongga kranium (tengkorak), memiliki volume sekitar 1350 cc dan terdiri atas $\pm$ 100 milyar neuron yang tersusun membentuk anyaman kompleks dan terhubung secara anatomis oleh sinaps sehingga memungkinkan untuk mengatur lingkungan internal secara bawah sadar melalui sistem saraf, emosi, mengontrol gerakan

secara sadar, melakukan fungsifungsi kognitif seperti berfikir dan mengingat. Dibawah ini tercantum gambar struktur otak tersebut :



Gambar 7.2 Bagian Otak Manusia

(Sumber : <https://app.bitly.com/Bm9caQISwv/bitlinks/3QbuJbX/details>)

Pengaruh latihan olahraga terhadap otak berdasarkan workshop oleh National Institute of Mental Health tahun 1984 dalam Nieman (1986: 254) menyimpulkan bahwa:

- Kebugaran jasmani secara positif berkaitan dengan kesehatan mental dan kesehatan badan.
- Latihan berkaitan dengan penurunan tekanan emosi-emosi seperti kecemasan yang tetap (*state anxiety*).
- Kecemasan dan depresi merupakan gejala umum kegagalan mengatasi tekanan mental, dan latihan berkaitan dengan penurunan depresi dan kecemasan dari tingkat ringan sampai moderat.

- d. Latihan jangka panjang biasanya berkaitan dengan menurunnya sifat- sifat seperti gangguan syaraf (neuroticism) dan kecemasan.
- e. Latihan yang cukup menghasilkan penurunan berbagai gejala stress seperti ketegangan syaraf otot, denyut jantung istirahat, dan beberapa hormon, dan secara klinis Latihan berpengaruh baik terhadap kondisi emosiorral untuk semua usia dan jenis kelamin.

Dengan demikian, latihan olahraga memberikan dampak yang positif terhadap kesehatan baik secara jasmaniah maupun rohaniah. Secara jasmaniah, dampak latihan yang baik akan memperlancar proses sirkulasi darah dan pemenuhan kebutuhan oksigen ke seluruh bagian tubuh, termasuk ke otak, sehingga otak selalu mendapatkan pasokan cukup energi yang dibawa oleh darah. Sedangkan secara rohaniah, latihan olahraga dapat menurunkan berbagai ketegangan, memberikan kepuasan batiniah bagi pelakunya

7.4 Kesimpulan

Struktur kerangka merupakan embrio dan pondasi, dan akan terus berkembang sebagai hasil dari kognisi individu dan interaksi dengan lingkungan. Dibutuhkan lingkungan lingkungan yang stabil untuk membantu perkembangan umat manusia. Salah satu dari sedikit cara untuk mengidentifikasi lingkungan adalah melalui aktivitas fisik atau mental. Latihan fisik Aktivitas fisik atau latihan olahraga yang terorganisir, tidak ramah, atau jauh dari rumah akan gagal. Selain itu, gulat olimpiade memberikan manfaat psikologis bagi kesehatan mental. Tingkat otot dan energi individu juga akan mempengaruhi kualitas hidupnya karena kebutuhan otot dan energi dalam tubuh akan meningkat. Terjadinya pasokan darah secara terus-menerus di dalam otak akan meningkatkan daya

tahan otak sehingga mampu melakukan refleksi lebih lama. Memanfaatkan aktivitas dan lingkungan sebagai sarana pembelajaran akan memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan berbagai kecerdasan, antara lain kecerdasan spasial, interpersonal, musikal, linguistik, logis-matematis, naturalistik, dan kinestetik-jasmani.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrizal, C.W. and Fitra, F. (2020) 'Pengaruh latihan aerobik terhadap fungsi Kognitif, mood dan proses aging pada sistem saraf pusat', *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*, 3(1), pp. 16–20.
- Badriyah, M. (2011) 'Fisiologi Olahraga', (July), pp. 1–7.
- Otak, P. (2004) 'Peranan Latihan Olahraga Terhadap Perkembangan Otak', *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 1(1), pp. 99–118.
- Pranata, D. and Kumaat, N. (2011) 'Pengaruh Olahraga Dan Model Latihan Fisik Terhadap Kebugaran Jasmani Remaja: Literature Review', *Jurnal Universitas Negeri Surabaya*, 10(02), pp. 107–116. Available at: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kesehatan-olahraga/article/view/45189>.
- Zulkarnain, M. (2019) 'Latihan Fisik dan Fungsi Kognitif', pp. 9–25.

BAB 8

SISTEM ENERGI

Oleh Nur Amin

8.1 Pengertian Sistem Energi

Sistem energi di dalam tubuh bertujuan untuk menghasilkan energi yang digunakan dalam melakukan aktivitas. Terdapat tiga sistem energi yaitu sistem energi ATP-PC, sistem anaerobik (yaitu sistem energi yang tidak memerlukan oksigen) dan sistem aerobik (yaitu sistem pembentukan energi yang memerlukan oksigen). Peranan ATP dalam pembentukan energi adalah sebagai bahan utama pembentukan energi (yang terjadi di dalam sel yang terdapat di dalam otot). ATP pada prosesnya akan dipecah menjadi ADP (Adenosin Di Phosphate/ 2 pospagen) dan Pospagen, kemudian ADP akan dibentuk kembali menjadi ATP dengan digabungkannya ADP dengan pospagen baru melalui proses fosforilasi yang disertai dengan proses oksidasi molekul yang dapat menghasilkan energi. Proses tersebut akan berlangsung secara berulang, sehingga terjadi pembentukan energi secara terus menerus selama bahanpembuat energi tersebut tersedia (Syafrizar and Welis, 2009; Amin, 2018). Bahasa sederhananya adalah proses terpecahnya ATP (Tri phosphate) menjadi ADP (Di Phosphate dan Phosphate), kemudian ADP mendapatkan pasangan phosphate kembali sehingga terbentuk ATP. Proses tersebut terjadi secara berulang sampai bahan pembentuk phosphate habis. Proses pelepasan tersebutlah yang membuat terciptanya energi. (Shadiqin, 2012).

Otot merupakan salah satu jaringan tubuh yang menggunakan ATP sekaligus menyimpan bahan pembuat ATP (salah satunya glikogen), yang berfungsi untuk kontraksi, sehingga hal tersebut dapat menimbulkan gerak yang digunakan sebagai kinerja fisik tubuh. Kandungan ATP di dalam tubuh yang paling banyak adalah terdapat di dalam sel otot, yaitu sekitar 4-6 mmol/kg otot dibandingkan dengan anggota tubuh lainnya.

Tubuh manusia memiliki sistem kerja yang unik. Yaitu di mana pada saat tubuh melakukan aktivitas fisik dengan intensitas apapun, maka tubuh akan secara otomatis akan menggunakan sistem energi sesuai dengan kebutuhan berdasarkan aktivitas tersebut.

Tabel 8.1. Gambaran Penggunaan Sistem Energi

No	Jenis Intensitas Aktivitas Fisik	Jenis Sistem Energi
1	Awal (8-10 detik) Intensitas sedang/berat	ATP-PC
2	Intensitas Rendah dan atau Sedang	Aerobik (dominan*)
3	Intensitas Berat	Anaerobik (dominan*)

*Dominan artinya sistem tersebut lebih banyak porsinya pada proses pembentukan energi (ada kemungkinan sistem energi lainnya juga ikut berproses).

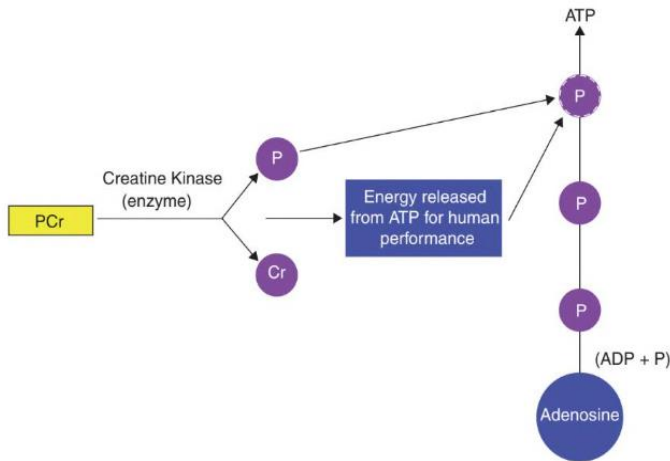
8.2 Macam-Macam Sistem Energi

Proses pembentukan energi yang dapat diketahui ada tiga cara, antara lain; 1) Sistem ATP-PC (phosphagen system), 2) Sistem aerobik (aerobic system) yang meliputi proses oksidasi lemak dan karbohidrat, dan 3) Sistem glikolisis (lactic acid system). Hal dasar yang membedakan dari ketiga sistem energi tersebut adalah lama waktu pembentukan energi, bahan yang

digunakan dalam pembentukan energi, tempat pada bagian sel mana yang digunakan dalam pembentukan energi serta jumlah energi yang dihasilkan.

8.2.1 Sistem Energi ATP-PC (*Phosphagen System*)

Creatine (Cr) adalah jenis asam amino yang disimpan dalam otot untuk energi. Di dalam otot, bentuk kreatin yang terfosforilasi adalah fosfokreatin (PCr), yang berperan penting dalam metabolisme energi secara anaerobik dalam menghasilkan ATP. Dalam prosesnya, dibantu oleh enzim creatine kinase, Pi (fosfat anorganik) dan creatine merupakan hasil dari pemecahan PCr yang tersimpan di dalam otot, proses ini juga disertai membutuhkan energi sebesar 43 (10,3 kkal) per 1 mol PCr. Fosfat anorganik (Pi) yang merupakan hasil dari pemecahan PCr melalui proses fosforilasi ini, dapat mengikat molekul ADP (adenosine diphosphate), yang kemudian dapat meregenerasi ATP dalam proses pembentukan energi serta berlangsung secara terus-menerus selama bahan pembentukan ATP masih tersedia di dalam tubuh.



Gambar 8.1. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi ATP-PC (Balasekaran *et al.*, 2021)

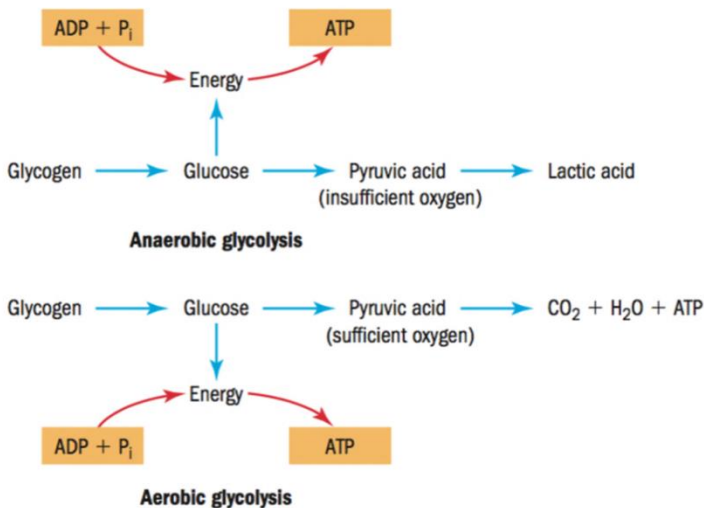
Melalui proses hidrolisis, PCr dapat dengan mudah menghasilkan energi dalam jumlah cukup besar (2,3 mmol ATP/kg) untuk memenuhi kebutuhan energi selama aktivitas fisik/olahraga dengan intensitas tinggi. Akan tetapi, hal tersebut dikarenakan terbatasnya penyimpanan PCr di dalam otot yang hanya berjumlah sekitar 14-24 mmol ATP/kg berat badan, energi yang dihasilkan selama proses hidrolisis ini hanya dapat bertahan 5-10 detik untuk mendukung aktivitas fisik yang bersifat anaerobik. Hal ini dikarenakan fungsinya sebagai salah satu sumber energi tubuh selama aktivitas anaerobik. Proses ini disebut sistem energi ATP-PC, yaitu digunakannya energi (ATP-PC) yang sudah tersedia di dalam otot. Akan tetapi, jumlahnya sangat sedikit, sehingga hanya bias digunakan dalam waktu yang singkat.

Secara alamiah, creatine ini banyak bersumber dari makanan yang mengandung protein yang berasal dari hewani, seperti daging dan ikan. Hasil studi olahraga menunjukkan bahwa asupan rutin 5-20 g creatine/hari 20 hari sebelum dimulainya musim kompetisi dan penurunan menjadi 5 g/hari setelah dimulainya kompetisi dapat meningkatkan jumlah creatine dan phosphocreatine di otot, yang juga meningkatkan peningkatan efisiensi dalam latihan anaerobik. Hasil beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa cara terbaik untuk menambah creatine otot selama rutinitas latihan adalah dengan menyeimbangkannya dengan mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah besar dan sedikit lemak (Irawan, 2007).

8.2.2 Sistem Energi Anaerob

Sistem energi berikutnya adalah sistem energi anaerobik dibagi menjadi sistem asam laktat anaerob (sistem fosfagen yang tidak menghasilkan laktat) dan sistem asam laktat anaerob (sistem laktat yang menghasilkan laktat). Sistem

ataktik-anaerobik menyediakan energi yang sudah siap pakai yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas fisik dengan intensitas yang tinggi. Sumber energi tersebut diperoleh dari pemecahan simpanan ATP dan PCr di dalam otot. Pada aktivitas yang tinggi, sistem ini dipertahankan hanya selama 5-10 detik, karena simpanan ATP dan PCr di otot sangat sedikit, setiap 1 kg otot mengandung 4-6 mM ATP dan 15-17 mM PCr. 1 mol = 1000mM sama dengan 7-12 kalori. Olahraga yang menggunakan sistem energi ini antara lain sprint 100m, renang 25m dan angkat besi. Jika aktivitas fisik berlanjut saat pasokan energi sistem laktat anaerob tidak lagi mencukupi, hal ini dicapai dengan memecah glikogen otot dan gula darah melalui jalur glikolitik anaerob (tanpa dukungan oksigen).



Gambar 8.2. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi Aerobik (Telford *et al.*, 2010)

Glikolisis anaerobik dapat menghasilkan energi (2-3 ATP) dan asam laktat. Cabang olahraga seperti bola voli, sepak bola dan bola basket menggunakan sistem energi anaerobik ini.

Salah satu efek samping yang dihasilkan dari penggunaan sistem energi ini adalah dihasilkannya asam laktat. Hal ini menyebabkan proses terjadinya kelelahan (Amin, 2018). Sistem energi ini memiliki waktu lebih cepat dalam proses pembentukan ATP dibandingkan dengan sistem energi aerobik. Akan tetapi, sistem energi anaerobik menghasilkan lebih sedikit ATP dibandingkan dengan sistem energi aerobik.

Glikolisis adalah metabolisme sistem energi anaerobik yang prosesnya tidak menggunakan oksigen. Proses metabolisme energi ini menggunakan glukosa yang disimpan, sebagian besar berasal dari glikogen otot atau glukosa yang bersirkulasi, untuk menghasilkan ATP. Inti dari proses glikolitik dalam sitoplasma sel ini adalah pengubahan molekul glukosa menjadi asam piruvat, yang juga disertai dengan pembentukan ATP. Besarnya jumlah ATP yang dapat dihasilkan dalam proses glikolisis tersebut bervariasi tergantung pada asal molekul glukosa. Ketika molekul glukosa berasal dari darah, 2 ATP diproduksi, tetapi ketika molekul glukosa berasal dari glikogen otot, hingga 3 ATP diproduksi.

Molekul asam piruvat yang dibentuk oleh glikolisis dapat mengalami proses metabolisme lain baik secara aerobik maupun anaerobik, tergantung ketersediaan oksigen dalam tubuh. Pada kondisi aktivitas dengan intensitas rendah, ketika ketersediaan oksigen dalam tubuh cukup tinggi, molekul asam piruvat yang terbentuk dapat diubah menjadi karbon dioksida dan air di dalam sel, tepatnya bagian mitokondria. Dan ketika ketersediaan oksigen dalam tubuh terbatas atau ketika pembentukan asam piruvat terjadi dengan cepat, seperti pada saat lari sprint, asam piruvat selain berubah menjadi ATP juga menjadi asam laktat (Irawan, 2007).

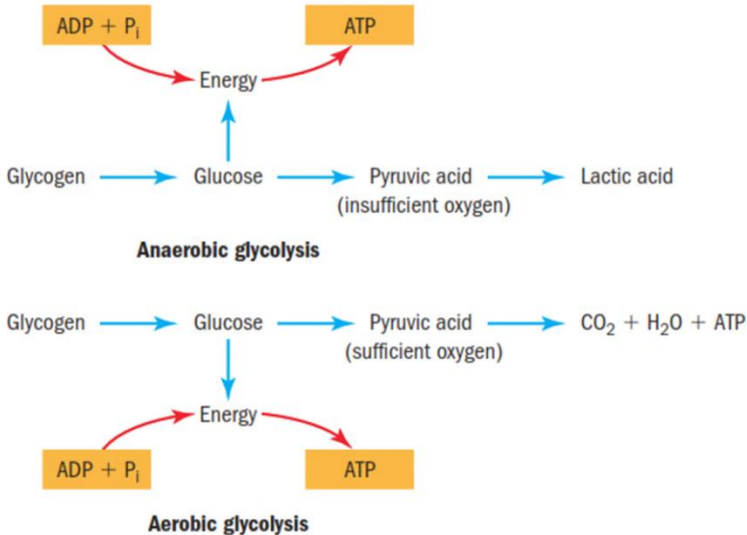
8.2.3 Sistem Energi Aerob

Pada aktivitas fisik dengan intensitas rendah yang dilakukan dalam waktu yang lebih lama atau lebih dari 2 menit, energi diperoleh melalui sistem energi aerobik, yaitu dengan cara memecah nutrisi (protein, lemak dan protein) menggunakan oksigen. Sistem aerobik dan anaerobik bekerja secara bersamaan sesuai dengan kebutuhan ATP tubuh. Kemampuan tubuh untuk menggunakan oksigen (kapasitas paru) secara maksimal merupakan cara yang efisien untuk menyediakan energi yang dibutuhkan atlet untuk berkembang. Semakin lama dan semakin keras Anda berlatih, semakin banyak oksigen yang Anda butuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi Anda. Namun, tubuh memiliki kapasitas yang terbatas untuk menyerap oksigen, sehingga setiap orang memiliki kapasitas maksimal yang berbeda-beda (Syafrizar and Welis, 2009).

Dalam olahraga ketahanan seperti maraton, bersepeda jarak jauh, dan lari 10 km, produksi energi tubuh bergantung pada sistem energi-metabolik aerobik dengan membakar karbohidrat, lemak, dan terkadang juga protein. Oleh karena itu, atlet endurance harus memiliki suplai oksigen yang baik ke dalam tubuh, agar supaya proses metabolisme energi aerobik tersebut dapat berjalan dengan lancar.

Metabolisme energi aerobik adalah proses metabolisme energi yang membutuhkan pasokan oksigen agar proses produksi ATP dapat berfungsi dengan baik. Selama beraktivitas/berolahraga, baik cadangan energi tubuh yaitu cadangan karbohidrat (gula darah, glikogen otot dan hati) maupun cadangan lemak berupa trigliserida berpengaruh terhadap produksi energi aerobik tubuh. Namun, kedua simpanan energi ini dapat menyumbang jumlah yang berbeda tergantung pada intensitas latihan. Dari ketiganya, simpanan

karbohidrat dan lemak adalah sumber energi terpenting selama berolahraga (Irawan, 2007).



Gambar 8.3. Metabolisme Energi Pada Sistem Energi Aerobik (Telford *et al.*, 2010)

8.3 Metabolisme Sistem Energi

8.3.1 Metabolisme Karbohidrat

Menurut Hidayati (2015) bahwa karbohidrat dipecah setelah keluar dari mulut karena air liur mengandung enzim amilase yang memiliki fungsi dapat menghidrolisis pati menjadi bentuk yang lebih sederhana yang disebut dextrin. Bahkan ketika karbohidrat memasuki usus kecil, sebagian besar pencernaan karbohidrat terjadi. Enzim amilase yang dihasilkan oleh pankreas memecah pati menjadi dekstrin dan maltosa. Selain itu, enzim disakaradase dari sel mukosa usus halus yaitu maltase, sukrosa dan laktase, sukrosa menjadi

glukosa dan fruktosa, memecah maltosa menjadi glukosa dan laktosa menjadi glukosa dan galaktosa.

Monosakarida berupa glukosa, fruktosa, dan galaktosa selanjutnya diserap sel epitel usus halus untuk selanjutnya memasuki sirkulasi darah. Glukosa lebih cepat diserap daripada fruktosa. Monosakarida kemudian dibawa melalui vena porta hati, dimana galaktosa dan fruktosa akhirnya diubah menjadi glukosa. Setelah mengonsumsi glukosa, kadar glukosa darah akan naik selama kurang dari 30 menit dan secara perlahan akan kembali ke kadar gula darah puasa (70-100 mg/100mL) setelah 90-180 menit.

Setelah 1-4 jam selesai makan, karbohidrat berupa serat makanan yang tidak dapat dicerna akan masuk ke dalam usus besar untuk selanjutnya dibuang. Sementara di dalam hati, kelebihan glukosa disimpan dalam bentuk glikogen. Jadi, ketika glukosa darah menurun, hati akan mengubah simpanan glikogen menjadi glukosa yang dilepas ke dalam darah untuk diedarkan pada jaringan yang membutuhkan. Sekitar dua pertiga bagian glikogen disimpan di dalam otot. Glikogen ini digunakan sebagai energi otot tersebut saja dan tidak dikembalikan ke sirkulasi darah. Tubuh hanya dapat menyimpan glikogen dalam jumlah terbatas untuk energi beberapa jam. Oleh karena itu, untuk mencukupi kebutuhan energi secara terus menerus, terutama pada atlet, konsumsi karbohidrat harus selalu dibutuhkan.

Sumber energi dari karbohidrat, selain disimpan dalam bentuk glikogen, kelebihan karbohidrat juga diubah menjadi lemak disimpan di dalam jaringan tertentu dalam jumlah tak terbatas. Energi yang diproduksi untuk aktivitas fisik selama olahraga tergantung dari simpanan glikogen di dalam otot dan glukosa darah. Penyimpanan glikogen ada di dua tempat yaitu di simpan di otot dan hati.

8.3.2 Metabolisme Protein

Menurut Hidayati (2015), apabila sel membutuhkan protein tertentu, sel tersebut akan membentuk protein tersebut dari asam amino yang tersedia di dalam tubuh. Sel memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan-ikatan lain dari asam amino, seperti: Prekursor pengantar saraf, amni tirosin, epinefrin dan neropinefrin yang mengantar pesan-pesan saraf ke seluruh tubuh. Asam amino tirosin juga dapat diubah menjadi asam amino melanin (yang lebih mudah dikenal sebagai pigmen tubuh) atau tiroksin (hormon mengatur laju metabolisme), dsb. Sel dapat menggunakan protein sebagai energi jika glukosa dan asam amino yang terbatas. Maka dari itu, protein sebetulnya bukan merupakan sumber utama energi (Amin, 2018). Sel juga dapat melepaskan gugus amino (NH₂) dari asam amino yang akan menghasilkan sisa berupa ammonia dalam sel. Tubuh dengan kondisi kelebihan jumlah protein, akan diubah menjadi lemak dan akan disimpan dalam tubuh. Di dalam tubuh, jika terdapat kelebihan asam amino yang digunakan untuk keperluan sintesis protein dan berbagai ikatan lainnya, maka secara otomatis tubuh akan melakukan proses metabolisme. Akan tetapi, protein yang berada di sel-sel juga diperlukan adanya persediaan metabolik asam amino yang setiap waktu dapat digunakan oleh tubuh.

8.3.3 Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak sebagian besar terjadi didalam usus halus oleh enzim amylase. Sebagian lemak diubah menjadi asam lemak dan gliserol. Penyerapan lemak terjadi di jejunum melalui membran mukosa dengan cara difusi aktif. Gliserol dan asam lemak rantai pendek dan menengah diserap langsung ke dalam darah. Asam lemak rantai panjang dan monogliserida diubah menjadi trigliserida didalam sel-sel usus. Trigliserida

yang terbentuk bergabung dengan protein khusus dan membentuk lipoprotein.

Lipoprotein memiliki 4 jenis, yaitu kilomikron, lipoprotein densitas rendah (LDL) lipoprotein densitas sangat rendah (VLDL), lipoprotein densitas tinggi (HDL). Kilomikron bertugas mengangkut lemak dan lipid lainnya seperti kolesterol dan fosfolipid dari saluran pencernaan ke dalam aliran darah. VLDL adalah lipoprotein yang membawa trigliserida dari hati. Ketika banyak trigliserida yang berkurang, maka VLDL menjadi bertambah berat dan berubah menjadi LDL yang membawa kolestrol dari hati. LDL yang berlebihan dapat menumpuk dan membentuk plak. HDL adalah lipoprotein hasil produksi hati dan usus halus yang bertugas mengambil kembali kolestrol dari tubuh kembali ke hati untuk dikeluarkan.

Lemak disimpan di dalam tubuh dalam bentuk trigliserida, yang terdiri dari tiga asam lemak yang melekat pada molekul gliserol. Asam lemak terdiri dari rantai atom karbon dengan atom hidrogen yang terikat. Biasanya sekitar 50.000–60.000 kkal energi disimpan sebagai trigliserida adipositi seluruh tubuh (Harti, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. (2018) Buku Ajar: Gizi Olahraga. Surabaya: UNUSA PRESS.
- Balasekaran, G. et al. (2021) Applied Physiology of Exercise. Singapura: World Scientific.
- Harti, A.S. (2014) Biokimia Kesehatan. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Hidayati, N.L. (2015) Buku Ajar Asuhan Gizi Olahraga. Yogyakarta: Rapha Publishing.
- Irawan, M.A. (2007) 'Metabolisme Energi Tubuh dan Olahraga', Sports Science Brief, 01(07), pp. 1–9. Available at: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132318122/pendidikan/metabolisme+energi.pdf>.
- Shadiqin, A.R. (2012) 'SISTEM ENERGI DAN LATIHAN FISIK', Multilateral Jurnal Penjas Or, (Vol 11, No 2 (2012)), pp. 21–34. Available at: <http://ejournal.unlam.ac.id/index.php/multilateral/article/view/190>.
- Syafrizar and Welis, W. (2009) 'Gizi Olahraga', Ilmu Gizi:Teori & Aplikasi, pp. 1–441.
- Telford, A. et al. (2010) 'Chapter 3 "Aerobic and Anaerobic Pathways - an Introduction to The Energy Systems', in Nelson Physical Education VCE 1&2 Chapter 3. South Melbourne: Cengage Learning Australia, pp. 45–60.

BAB 9

SISTEM ENERGI DAN AKTIVITAS FISIK

Oleh Yanesti Nuravianda Lestari

9.1 Pendahuluan

Sistem energi merupakan konsep yang sangat erat kaitannya dengan aktivitas gerak atau aktivitas fisik. Setiap gerakan maupun aktivitas fisik yang dilakukan seseorang tentu membutuhkan energi atau tenaga, contohnya saat beraktivitas ringan seperti membaca, berjalan, berlari maupun aktivitas olahraga seperti melompat, menendang, melempar, dan lain sebagainya (Hermawan, 2021).

Lebih spesifik lagi, sistem energi menjadi sangat penting dan mendasari manifestasi keragaman gerak yang dihasilkan, dimana ketika seseorang melakukan suatu aktivitas dengan lingkup penggunaan energi yang berbeda, maka besarnya energi dan durasi gerakan yang dilakukan juga akan beragam. Misalnya, saat seorang atlet sprinter melakukan lari jarak pendek, maka energi yang digunakan akan berbeda dengan atlet maraton (Hermawan, 2021).

Adapun konsep energi dapat diterapkan pada olahraga dalam lima hal penting antara lain dalam penyusunan program latihan fisik; pencegahan, penundaan, dan pemulihan dari kelelahan; gizi dan penampilan (performa); pemeliharaan suhu tubuh; serta pengendalian dan pengaturan berat badan. Dalam menyusun suatu program latihan haruslah mengacu pada pengembangan kemampuan atlet terutama aspek fisiologi yang terkait dengan energi untuk kinerja otot. Dengan kata lain,

program latihan yang disusun diharapkan mampu meningkatkan produksi dan mobilisasi cadangan energi di dalam tubuh untuk optimalisasi pencapaian program latihan. Selain itu, pemahaman tentang konsep produksi dan utilisasi energi diperlukan untuk dapat memahami konsep terjadinya kelelahan, bagaimana cara menunda kelelahan, serta bagaimana pemulihan jika kelelahan sudah muncul. Hal ini bertujuan untuk dapat menggunakan energi seefisien mungkin. Adapun hal ketiga yang juga membutuhkan pemahaman konsep energi adalah gizi dan penampilan. Hal ini sangatlah jelas, mengingat sumber energi utama dari seseorang untuk dapat melakukan aktivitas berasal dari makanan yang dikonsumsi. Dengan mengetahui sumber energi dan utilisasi energi dari aktivitas fisik yang akan dilakukan maka dapat dirancang asupan makanan yang sesuai sehingga tujuan aktivitas fisik tersebut dapat tercapai. Semakin baik kualitas dan kuantitas asupan makanan maka semakin baik energi dan utilisasi energi yang dihasilkan. Keterkaitan antara asupan makanan dengan produksi dan utilisasi energi tidak hanya perihal aktivitas fisik, namun juga berkaitan dengan pengendalian berat badan. Melalui asupan makanan yang baik (secara kuantitatif maupun kualitatif) dan sesuai dengan sistem energi yang digunakan untuk aktivitas fisik, maka berat badan dapat dikendalikan untuk mencegah terjadinya kegemukan atau penurunan berat badan yang drastis.

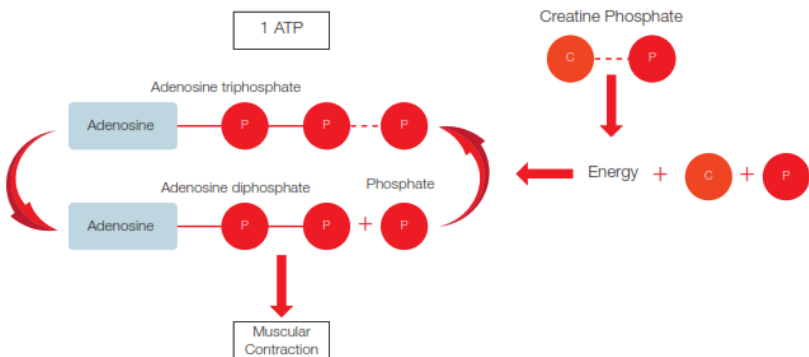
Energi yang diproduksi dan diutilisasi selama seseorang melakukan aktivitas fisik tentu akan menghasilkan sejumlah kalor tertentu baik dari dalam tubuh maupun dari kalor yang diserap oleh lingkungannya. Pemahaman tentang konsep sistem energi sangat dibutuhkan untuk menghindari terjadinya *heat stroke* maupun dehidrasi selama melakukan aktivitas fisik (Hermawan, 2021).

9.2 Sistem Energi dalam Aktivitas Fisik

Secara garis besar terdapat tiga sistem metabolisme energi yang digunakan untuk menghasilkan energi dalam melakukan aktivitas fisik, yaitu sistem energi ATP-CP, glikolisis anaerobik, dan sistem energi aerobik (Hudd & Edrolo, 2017).

9.2.1 Sistem Energi ATP-CP (ATP - *Creatine Phosphate*)

Sistem energi ATP-CP menghasilkan energi melalui pemecahan senyawa berenergi tinggi yaitu *Creatine Phosphate*. Energi yang dihasilkan berupa ledakan energi yang tinggi dan digunakan untuk aktivitas yang waktunya amat singkat (Hudd & Edrolo, 2017).



Gambar 9.1 Pelepasan energi dari Pemecahan *Creatine Phosphate* (CP) untuk Menghasilkan ATP Kembali

(Sumber : Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition)

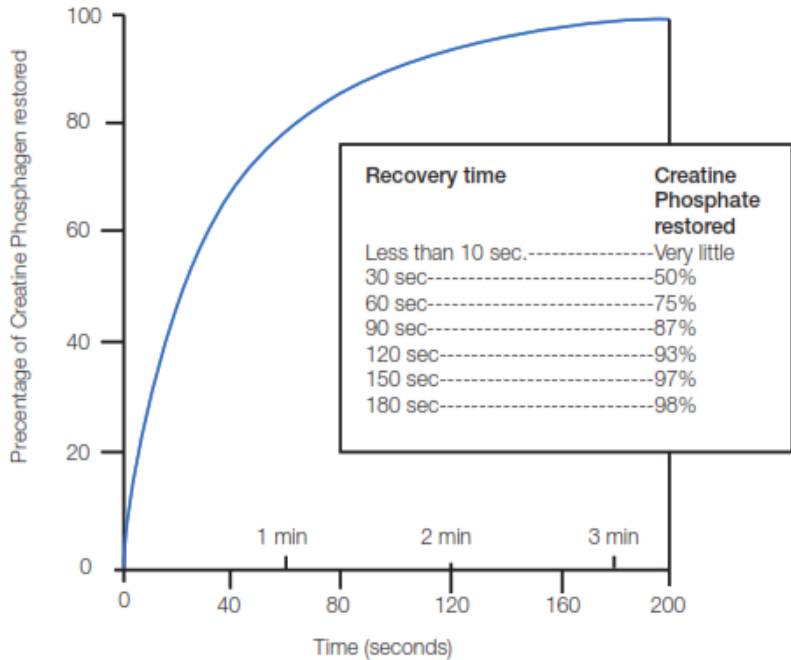
Sistem energi ini bersifat terbatas berdasarkan jumlah simpanan fosfokreatinin di otot (Hudd & Edrolo, 2017). Adapun karakteristik sistem energi ATP-CP dapat dilihat secara detil pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Karakteristik Sistem Energi ATP-CP

Karakteristik	Sistem Energi ATP-CP
Latihan	Sistem predominan untuk seluruh latihan dengan intensitas maksimum dan durasi lebih dari 20 detik
Sumber bahan bakar	Fosfokreatin (<i>creatine phosphate</i>)
Aerobik/anaerobik	Anaerobik
Laju pembentukan ulang ATP	Bersifat ledakan (<i>explosive/instantaneous</i>) 3,6 mol/menit
Intensitas aktivitas	Intensitas maksimal (95+% denyut jantung maksimal)
Faktor yang membatasi	Keterbatasan simpanan bahan bakar
Jumlah energi yang dihasilkan	Terbatas (0,7 ATP untuk setiap 1 molekul CP)
Durasi aktivitas	0-10 detik
Produk sisa	Kreatin

Sumber: Chris Hudd & Edrolo. Characteristics of The Three Energy Systems. 2017

Saat persediaan fosfokreatin di otot mengalami penurunan, sistem energi ATP-CP mampu menyediakan kembali 50% CP setelah 30 detik pemulihan (*pasive recovery*) dan mampu pulih sepenuhnya (100% CP) setelah sekitar 3 menit waktu pemulihan (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020). Meskipun sistem energi ini merupakan sistem energi anaerobik atau tidak membutuhkan oksigen, namun di akhir metabolisme tidak ada asam laktat yang terbentuk. Maka dari itu, sistem energi ini juga sering dikenal dengan istilah *alactacid*.



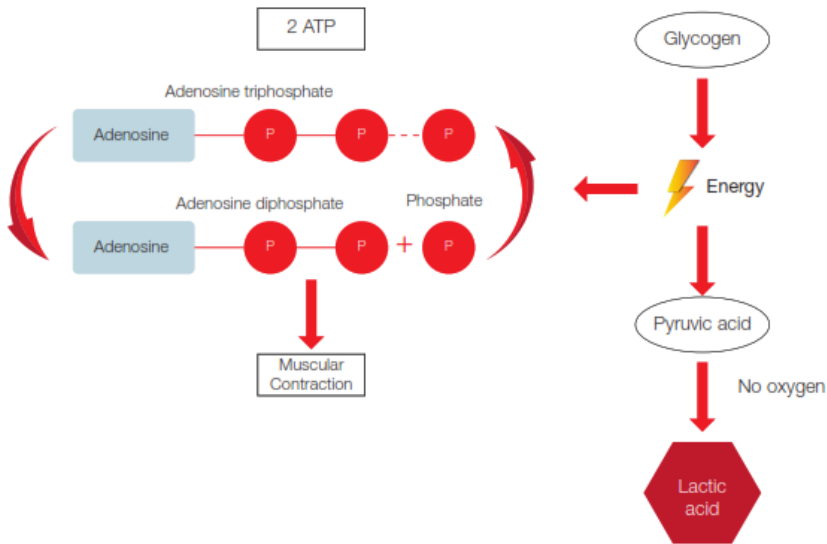
Gambar 9.2. Laju Pengembalian Simpanan *Creatine Phosphate* Berdasarkan Waktu Pemulihan

(Sumber : Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition)

Mengacu pada pengertian sistem energi ATP-CP maka aktivitas fisik maupun olahraga yang sebagian besar produksi energinya menggunakan sistem energi ATP-CP antara lain golf, sepak bola (melompat tinggi/menyundul bola), dan sprint 100 meter. Dalam melakukan olahraga golf, hanya dibutuhkan beberapa detik saja untuk melakukan pukulan pada bola golf yaitu sekitar 2-3 detik. Adapun untuk olahraga sprint 100 meter membutuhkan ledakan energi tinggi dalam waktu yang sangat singkat. Laju pembentukan ATP per menitnya adalah 3,6 mol (Balasekaran et al, 2021).

9.2.2 Glikolisis Anaerobik

Sistem energi glikolisis anaerobik menghasilkan energi melalui pemecahan molekul glukosa secara anaerobik atau tanpa adanya oksigen.



Gambar 9.3. Sistem Energi Glikolisis Anaerobik

(Sumber : Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition)

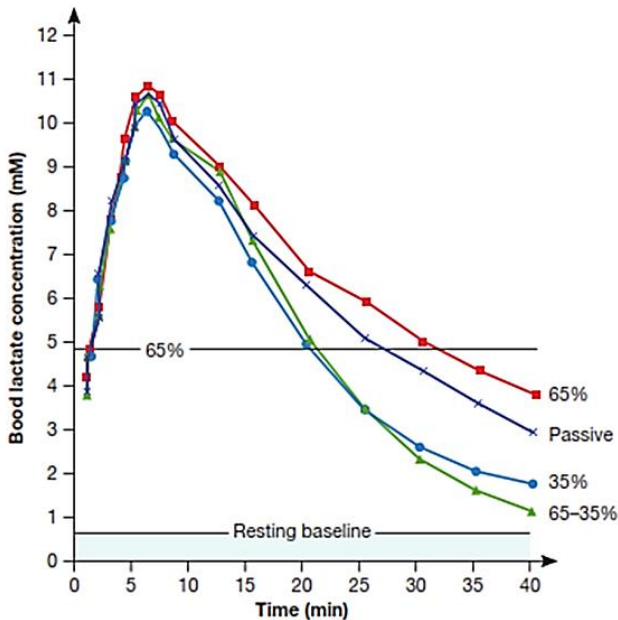
Energi dihasilkan secara cepat melalui reaksi kimia sederhana. Berbeda dengan sistem energi ATP-CP, metabolisme pembentukan energi melalui sistem energi glikolisis anaerobik lebih kompleks dan melibatkan beberapa tahapan. Sistem energi ini dibatasi dengan adanya akumulasi ion Hidrogen (H^+) yang merupakan produk samping di akhir reaksi kimia. Sistem energi glikolisis anaerobik juga dikenal dengan istilah lain yaitu sistem energi asam laktat atau sistem energi *lactacid* karena di akhir metabolisme energi terdapat asam laktat sebagai produk sisa metabolisme.

Tabel 9.2. Karakteristik Sistem Energi Glikolisis Anaerobik

Karakteristik	Sistem Energi ATP-CP
Latihan	Sistem predominan untuk latihan intensitas tinggi dengan durasi lebih dari 60 detik
Sumber bahan bakar	Glikogen
Aerobik/anaerobik	Anaerobik
Laju pembentukan ulang ATP	Cepat namun tidak secepat sistem energi ATP-CP (1,6 mol/menit)
Intensitas aktivitas	Latihan dengan intensitas tinggi (85-95% denyut jantung maksimal)
Faktor yang membatasi	Akumulasi produk sisa hasil metabolisme (ion H^+)
Jumlah energi yang dihasilkan	Jumlah kecil (2-3 ATP untuk setiap 1 molekul Glukosa)
Durasi aktivitas	10-75 detik
Produk sisa	Laktat, ion H^+

Sumber: Chris Hudd & Edrolo. Characteristics of The Three Energy Systems. 2017

Ketika seseorang melakukan aktivitas fisik atau latihan dengan intensitas yang tinggi, sirkulasi oksigen ke jaringan otot menjadi sangat rendah. Hal ini menyebabkan simpanan glikogen dan juga glukosa darah hanya dipecah sebagian menjadi asam piruvat yang kemudian akan dipecah menjadi ATP dan karena tidak adanya oksigen akan menghasilkan pula asam laktat dan ion H^+ (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020).



Gambar 9.4. Hubungan Waktu Istirahat dengan Konsentrasi Asam Laktat Darah

(Sumber : Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition)

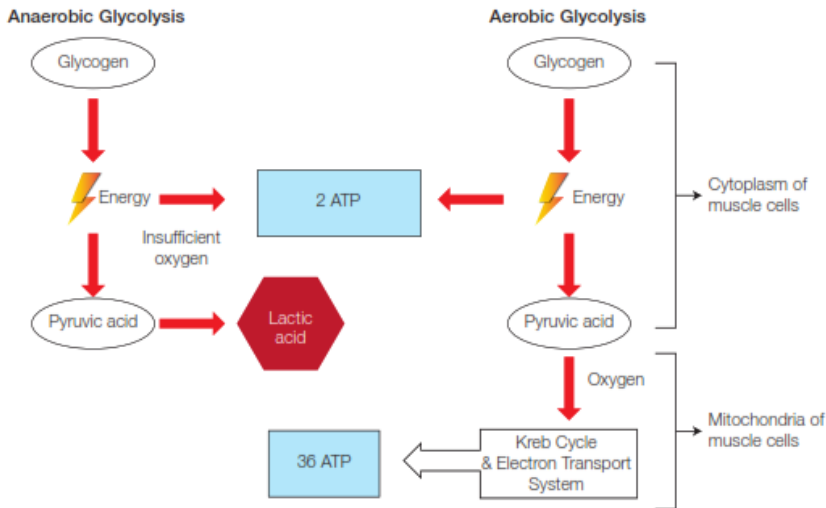
Jika kebutuhan energi sangat tinggi dan tubuh konsisten didominasi dengan sistem energi glikolisis anaerobik, maka akan terjadi penumpukan asam laktat dan ion H^+ di darah yang kemudian akan memicu terjadinya penurunan pH darah yang berakibat adanya penurunan kontraksi otot skeletal (kelelahan). Kondisi tersebut dapat diartikan bahwa seseorang telah melampaui *lactate threshold* atau *Onset of Blood Lactate Accumulation* (*OBLA*) yaitu lebih dari 4 mmol/L (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020). Berdasarkan hasil penelitian, penurunan kadar asam laktat dan ion H^+ dapat dicapai melalui pemulihan pasif maupun pemulihan aktif, namun pemulihan aktif lebih disarankan untuk dilakukan

karena lebih cepat menurunkan kadar asam laktat dalam darah. Dalam waktu 15 menit pemulihan pasif, asam laktat dan ion H^+ darah dapat menurun jumlahnya sebanyak 50% dan baru dapat hilang sepenuhnya (100%) setelah 90 menit waktu pemulihan (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020).

Adapun jenis aktivitas fisik maupun olahraga yang sistem energinya didominasi sistem energi glikolisis anaerobik yaitu lari 400 meter (10-45 detik) atau sprint 100 meter yang berulang (Balasekaran et al., 2021).

9.2.3 Sistem Energi Aerobik

Sistem energi aerobik menghasilkan energi melalui pemecahan molekul glukosa melalui beberapa tahapan yang kompleks dan menghasilkan ATP dalam jumlah yang sangat tinggi. Sistem energi ini biasanya mendominasi jenis aktivitas fisik atau latihan dengan intensitas yang rendah (*submaximal*) dengan durasi yang relatif lama, dimana saat melakukan latihan intensitas rendah tubuh memiliki waktu yang lebih panjang untuk mengantarkan oksigen ke seluruh jaringan otot yang aktif berkontraksi sehingga molekul karbohidrat dapat dipecah secara sempurna dan menghasilkan ATP dalam jumlah yang tinggi. Sistem energi ini diasosiasikan dengan aktivitas fisik yang sifatnya *endurance* (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020).



Gambar 9.5. Perbandingan Metabolisme Sistem Energi Aerobik dan Anaerobik

(Sumber : Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition)

Berbeda dengan sistem energi anaerobik, sistem energi aerobik tidak menghasilkan produk sisa metabolisme yang memicu kelelahan. Sistem energi ini mampu memecah seluruh bahan bakar yang berasal dari makanan antara lain karbohidrat (glikogen dan glukosa) dan lemak (asam lemak). Karena sistem energi ini mendominasi aktivitas fisik maupun latihan yang berlangsung dalam waktu yang lama, dengan kata lain sistem energi ini mampu menyediakan energi yang cukup sebagai bentuk pemulihan (*recovery*) dari latihan dengan intensitas tinggi dalam waktu singkat (Alghannam et al., 2021; Hargreaves & Spriet, 2020).

Tabel 9.3. Karakteristik Sistem Energi Glikolisis Anaerobik

Karakteristik	Sistem Energi ATP-CP
Latihan	Sistem predominan untuk latihan intensitas rendah atau submaksimal dengan durasi yang lama
Sumber bahan bakar	Glikogen dan trigliserida
Aerobik/anaerobik	Aerobik
Laju pembentukan ulang ATP	Lambat Glikogen 1,0 mol/menit Trigliserida < 1,0 mol/menit
Intensitas aktivitas	Latihan intensitas submaksimal (70-85% denyut jantung maksimal) Istirahat/latihan intensitas rendah (>70% denyut jantung maksimal)
Faktor yang membatasi	Penurunan jumlah simpanan bahan bakar (glikogen) <i>Thermoregulatory fatigue</i>
Jumlah energi yang dihasilkan	Jumlah sangat besar 38 ATP untuk setiap satu molekul glikogen 441 ATP untuk setiap molekul trigliserida (147 ATP per 1 molekul asam lemak)
Durasi aktivitas	Lebih dari 75 detik
Produk sisa	CO ₂ , H ₂ O, kalor

Sumber: Chris Hudd & Edrolo. Characteristics of The Three Energy Systems. 2017

Adapun aktivitas fisik maupun jenis olahraga yang didominasi oleh sistem energi aerobik adalah triathlon, bersepeda jarak jauh (40km), maraton (10km), berenang (1500m), dan aktivitas lainnya dengan durasi yang panjang (Hudd & Edrolo, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Alghannam, A.F., Ghaith, M.M., & Alhussain, M.H. 2021. Regulation of Energy Substrate Metabolism in Endurance Exercise. *Int J Environ Res Public Health*. 18(9): 4963. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094963>.
- Balasekaran, G., Govindaswamy, V.V., Lim, J.Z., Boey, P.P.K., & Ng Cheo, Y. 2021. *Applied Physiology of Exercise*. Singapura: World Scientific Publishing Co Pte Ltd.
- Essentials Education. 2020. Application of Energy Sources Affecting Physical Performance 5th Edition. [Online] <https://www.jacaranda.com.au/wp-content/uploads/2017/04/c05EnergySystemsAndInterplayOfEnergySystems.pdf>.
- Hargreaves, M., & Spriet, L.L. 2020. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*. 2: 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>.
- Hermawan, R. 2020. *Buku Ajar Fisiologi Olahraga*. Edisi Revisi. Bandar Lampung: LPPM Unila.
- Hudd, C., & Edrolo. 2017. *Characteristics of The Three Energy Systems*. [Online] <https://bpb-ap-se2.wpmucdn.com/learn.stleonards.vic.edu.au/dist/7/166/files/2018/09/Characteristics-of-the-Three-Energy-Systems.pdf>.
- Sofianos, J. 2015. *Energy Systems and Interplay of Energy Systems*. [Online] <http://sportscienceskc.weebly.com/interplay-of-energy-systems.html>.

BAB 10

ANATOMI DAN FISIOLOGI

RESPIRASI

Oleh Agustiawan

10.1 Pendahuluan

Sistem paru merupakan tingkat paling dasar dalam memfasilitasi pertukaran gas dari udara lingkungan ke sistem sirkulasi. Kita menghirup oksigen yang berdifusi ke dalam darah untuk masuk ke sirkulasi sistemik dan akhirnya menghasilkan ATP yang digunakan sebagai energi pada tingkat sel, dan selanjutnya menghembuskan karbon dioksida bersama dengan produk sampingan metabolisme lainnya dari tubuh (Brinkman JE; Sharma S, 2019).

Proses pernafasan difasilitasi oleh organ saluran pernapasan terdiri dari meliputi hidung, tenggorokan, laryng, trakea, bronkus, dan paru-paru. Sistem pernapasan memiliki fungsi untuk mempertahankan kadar gas darah arteri sistemik dalam kisaran normal. Tingkat penyerapan O₂ dan ekskresi CO₂ di paru harus sesuai dengan tingkat masing-masing penggunaan O₂ dan produksi CO₂ melalui respirasi seluler untuk memenuhi kebutuhan ini (Brinkman JE; Sharma S, 2019).

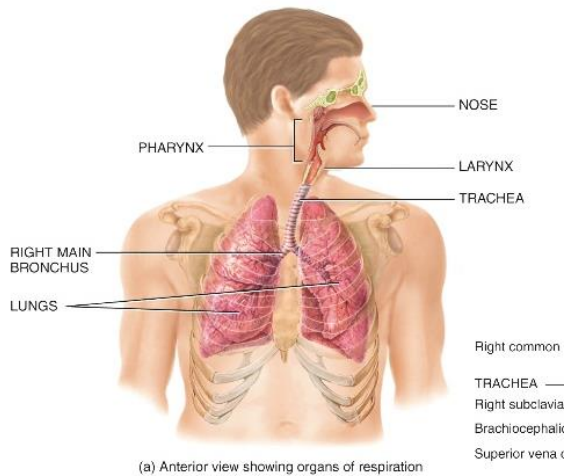
Komponen utama sistem pernapasan adalah paru-paru, dinding dada, dan pembuluh darah paru-paru. Otot dinding dada memberi tenaga pada pergerakan udara ke paru-paru selama inspirasi (Kibble & Halsey, 2014; Tortora & Derrickson, 2012). Paru selanjutnya dibagi menjadi lima lobus yang terpisah, dua di kiri dan tiga di kanan. Setiap lobus paru

memiliki kantung udara yang disebut dengan alveolus. Terdapat setidaknya sekitar tiga ratus juta alveolus pada paru seseorang yang sehat. Itu adalah pada permukaan alveoli di mana difusi dari udara ke arteriol paru terjadi (Brinkman JE; Sharma S, 2019).

Distribusi aliran darah paru, agar sesuai dengan ventilasi, memastikan pertukaran gas yang tepat. Tingkat O₂ dan CO₂ sistemik dipantau oleh chemoreceptors, memungkinkan sistem paru untuk merespon perubahan dalam respirasi seluler. Pengobatan gangguan pernapasan membutuhkan pemahaman tentang faktor-faktor yang mengatur ventilasi (aliran gas), difusi gas, dan perfusi (aliran darah) di paru-paru (Ganong F; William, 2013; Kibble & Halsey, 2014).

10.2 Anatomi Respirasi

Fungsi paru dalam kehidupan manusia sangat penting. Paru-paru berperan penting dan memiliki peran utama terhadap keseimbangan fungsi ventilasi terhadap perfusi, dimana paru-paru menjadi pusat pertukaran gas yang terdiri dari oksigen menuju seluruh tubuh serta mengeluarkan karbon dioksida yang dihasilkan dari proses metabolisme. Fungsi lain dari paru-paru adalah memproteksi diri dari patogen yang menular melalui *airborne*, zat kimia dan partikel lainnya (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016).



Gambar 10.1. Anatomi Respirasi
(Tortora & Derrickson, 2012)

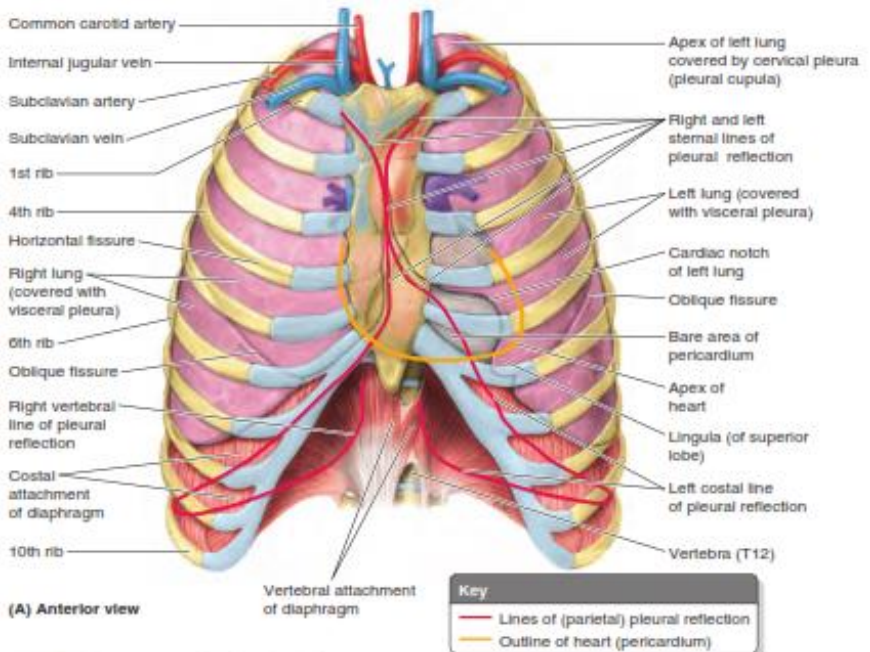
Fungsi penting di atas dibantu oleh banyak struktur yang terdiri dari struktur makro, histologi maupun faktor ultrastruktur lainnya pada pertukaran gas respirasi yang dapat ditemukan pada paru yang sehat. Paru juga berfungsi sebagai tempat pembentukan surfaktan, sekresi dan daur ulang serta mukosiliar *clearance*, *neuroendocrine signaling*, sintesa dan sekresi sel epitel maupun sel endotel. Fungsi paru yang kedua ini memang banyak, serta menekankan mengenai pentingnya fungsi paru dalam proses keseimbangan yang ada pada tubuh manusia (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016; Ganong F; William, 2013).

Ada hubungan yang kuat antara proses pertukaran gas dengan fungsi ventilasi dan aliran darah. Fungsi ini dapat terganggu oleh berbagai macam gangguan paru-paru, yang kemudian dapat menyebabkan anomali pada ventilasi, aliran darah, dan proses pertukaran gas pernapasan. Apabila hal tersebut tidak ditangani dengan cepat, maka pada akhirnya

dapat mengakibatkan kegagalan pernapasan dan kematian (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016; Ganong F; William, 2013).

Tujuan dari sistem pernapasan adalah untuk bertindak sebagai distributor dan penukar udara yang kita hirup. Hal ini memungkinkan tubuh untuk memenuhi kebutuhan oksigen sekaligus mengeluarkan karbon dioksida dari sel-sel tubuh. Sel terletak sangat jauh dari paru-paru, sehingga sistem organ perantara khususnya sistem peredaran darah diperlukan untuk mengangkut oksigen dan karbon dioksida dari paru-paru ke sel (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016; Fishman JA et al, 2016; Ganong F; William, 2013).

Organ pernapasan bagian atas dan organ pernapasan bagian bawah adalah dua kategori yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan organ yang menyusun sistem pernapasan. Hidung, nasofaring, orofaring, laringofaring, dan laring adalah bagian dari sistem pernapasan bagian atas yang terletak di luar rongga dada. Bagian-bagian ini membentuk sistem pernapasan bagian atas. Rongga toraks menampung hampir semua saluran pernapasan bagian bawah, yang meliputi trakea, bronkus, dan semua cabang yang bercabang, serta paru-paru itu sendiri (Hansen JT, 2015).



Gambar 10.2. Sistem Respirasi
(Hansen JT, 2015)

Dalam sistem pernapasan, setiap bagian berfungsi sebagai distributor, kecuali alveoli dan duktus alveolar yang keduanya terlibat dalam proses pertukaran gas. Selain itu, sistem pernapasan didukung oleh organ aksesori seperti rongga mulut dan rongga dada, serta otot pernapasan yang meliputi diafragma (Hansen JT, 2015).

Fungsi utama paru adalah pertukaran gas. Ini membutuhkan perpindahan O_2 ke dalam darah untuk menunjang respirasi aerobik di dalam mitokondria dan membuang CO_2 yang dihasilkan jaringan dari darah. Sistem yang bekerja terintegrasi dan harmonis dari sistem pernapasan dibutuhkan untuk melaksanakan fungsi ini, sistem sirkulasi yang menghubungkan paru dengan jaringan perifer dan sistem

pernapasan selular (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016; Fishman JA et al., 2016; Ganong F; William, 2013).

Sistem pernapasan eksternal ini terdiri dari: pompa ventilasi, penukar gas dan pengontrol pernapasan. Pompa respirasi terdiri dari berbagai struktur sistem pernapasan yang memungkinkan pertukaran gas antara alveoli dan kapiler pulmonal. Pengontrol pernapasan menerima informasi yang berupa input dari seluruh tubuh yang mengatur kecepatan dan kedalaman pernapasan secukupnya (Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al, 2016; Hansen JT, 2015).

10.3. Fisiologi Respirasi

Proses pertukaran gas antara organisme hidup dan lingkungan sekitarnya dikenal sebagai respirasi. Pertukaran gas yang terjadi selama proses yang dikenal sebagai respirasi eksternal terjadi antara darah dan udara yang ada. Pertukaran ini terdiri dari berbagai proses, termasuk yang tercantum di atas. (Kibble & Halsey, 2014):

1. Ventilasi adalah proses menarik udara dari lingkungan dan menyebarkan ke alveoli.
2. Distribusi, meliputi distribusi molekul gas di dalam paru-paru dan pencampurannya,
3. Difusi adalah proses masuknya gas ke dalam paru-paru melalui membran alveolo-kapiler, dan
4. Perfusi adalah proses masuknya gas ke dalam paru-paru oleh aliran darah yang cukup di dalam kapiler paru.

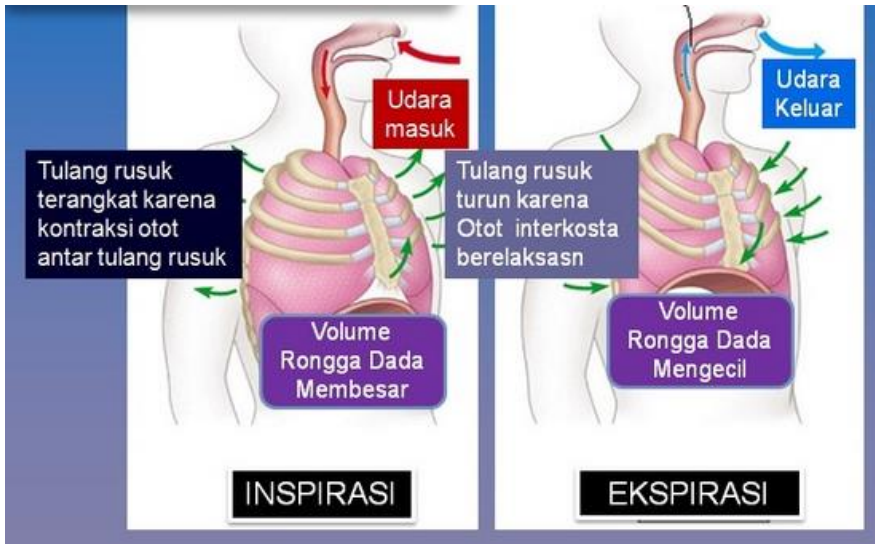
Respirasi internal ialah pertukaran gas-gas antara darah dan jaringan. Pertukaran ini meliputi beberapa proses, antara lain (Kibble & Halsey, 2014):

1. Efisiensi kardiosirkulasi dalam menjalankan darah kaya oksigen
2. Distribusi kapiler

3. Difusi, perjalanan gas keruang interstisial dan menembus dinidng sel
4. Metabolisme sel yang meilbatkan enzim.

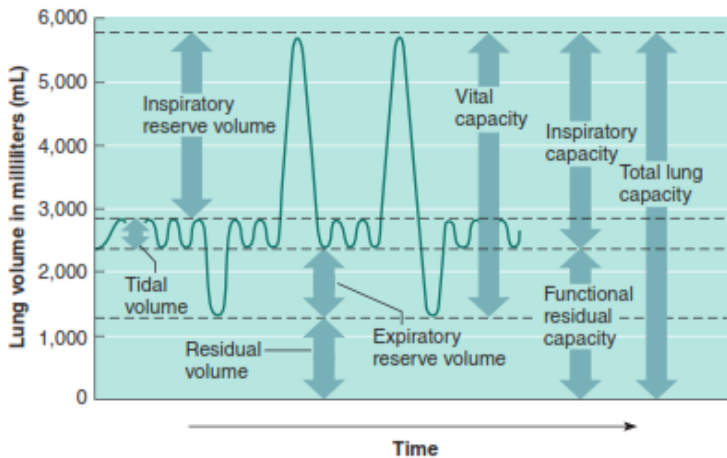
Tujuan utama respirasi adalah transfer oksigen dan karbon dioksida dari darah ke udara yang dihirup selama proses pernapasan. Kontrol keseimbangan asam-basa, metabolisme hormon, dan eliminasi partikel adalah tiga peran lainnya. Paru-paru adalah satu-satunya organ dalam tubuh yang menerima darah dari curah jantung lengkap. Darah ini dipompa keluar dari jantung dan masuk ke paru-paru (Guyton & Hall, 2016).

Mekanisme pernapasan normal terdiri dari Inspirasi dan Ekspirasi. Otot diafragma berkontraksi sehingga tulang rusung naik, kemudian terjadi peningkatan volume cavum thoraks, peregangan paru-paru, peningkatan volum intrapulmonar, penurunan tekanan intrapulmonar hingga 1mmHg, sehingga mendorong udara masuk ke paru-paru pada saat inspirasi. Pada saat ekspirasi, otot-otot diafragma mengalami relaksasi mendorong kembali tulang rusuk ke posisi semula, terjadi penurunan volume intrapumonar, meningkatkan tekanan intrapulmonar hingga 1 mmHg, sehingga udara keluar dari paru-paru (Ganong F; William, 2013).



Gambar 10.3. Proses bernafas

Inhalasi (juga dikenal sebagai inspirasi) adalah proses dimana kita mengambil oksigen ke dalam tubuh kita; Namun, nafas yang kita hirup tidak hanya mengandung oksigen, tetapi juga partikel lain yang dibawa oleh udara. Aktivitas pernapasan terdiri dari tiga bagian mendasar, yang disebut ventilasi, difusi, dan perfusi. Inspirasi dan ekspirasi adalah dua bagian terpenting dari proses ventilasi, yang didefinisikan sebagai pergerakan udara masuk dan keluar paru-paru melalui saluran udara. Otot-otot pernapasan berkontraksi selama proses aktif inspirasi, yang menghasilkan peningkatan volume yang terkandung di dalam ruang intratoraks. Tidak ada kontraksi otot selama fase ekspirasi, sehingga tidak ada pengurangan volume intratoraks. Pernafasan adalah proses pasif (Tortora & Derrickson, 2012).



Gambar 10.4. Volume dan kapasitas paru
(Lutfi MF, 2017)

Mekanisme pernafasan menyeluruh untuk ventilasi alveoli dibagi menjadi empat aspek, antara lain: kepatuhan paru-paru, kepatuhan dinding dada, resistensi saluran napas, dan tingkat ventilasi. Komponen ini berfungsi memfasilitasi prinsip bahwa ketika paru mengembang, tekanan udara di dalam alveoli turun dan menyebabkan udara bergerak ke paru-paru. Saat volume paru menurun, tekanan meningkat, memaksa udara keluar dari paru-paru (Kim et al., 2019).

Paru-paru dikhususkan untuk difusi gas dan memiliki luas permukaan internal 50-100 m². Area permukaan yang besar diproduksi oleh percabangan dari saluran udara yang dimulai di trakea dan berakhir di >300 juta kantung udara tertutup yang disebut alveoli. Ventilasi merupakan proses di mana udara memasuki paru dan bersentuhan dengan alveoli yang merupakan tempat pertukaran gas. Setiap alveolus dikelilingi oleh jaringan kapiler paru yang padat (Kibble & Halsey, 2014).

Tempat pertukaran gas darah memiliki tebal $<1\text{ }\mu\text{m}$ dan terdiri dari empat elemen, antara lain lapisan dengan permukaan cair yang tipis, sel lapisan alveolar (pneumosit tipe 1) ditambah dengan membran basal terkait, lapisan permukaan yang bersentuhan dengan interstitial, dan sel endotel kapiler paru dengan membran basement terkait (Kibble & Halsey, 2014). Volume udara pernapasan yang mengalir keluar dan masuk paru bersifat statis. Jumlah volume udara ini bervariasi pada setiap individu ditentukan oleh ukuran tubuh, jenis kelamin, usia, postur tubuh, kelompok etnis dan obesitas (Moore et al., 2014).

Volume ini disebut juga dengan volume paru statis. Berikut merupakan beberapa pembagian volume udara pernapasan (Moore et al., 2014):

1. Volume residu/*Residual Volume* (RV) adalah jumlah udara yang tersisa di paru setelah upaya ekspirasi maksimal ($\pm 1,3$ liter);
2. Volume tidal/*Tidal volume* (TV) adalah jumlah udara yang keluar masuk paru setiap kali pernapasan (500-750 ml);
3. Volume cadangan inspirasi/*Inspiratory Reserve Volume* (IRV) adalah jumlah udara saat inspirasi maksimal setelah pernapasan biasa (± 2 liter); dan
4. Volume cadangan ekspirasi/*Expiratory Reserve Volume* (ERV) adalah udara yang diekspirasikan secara maksimal setelah ekspirasi pasif/biasa (± 1 liter).

Keempat komponen volume paru diatas akan menentukan kapasitas paru sebagai berikut:(Moore et al., 2014)

1. Kapasitas total paru/*Total Lung Capacity* (TLC) adalah volume maksimal yang berada dalam paru setelah inhalasi penuh (5 liter);

2. Kapasitas vital paru/*Vital Lung Capacity* (VLC) yaitu jumlah udara maksimal yang masih dapat diekspirasikan setelah inspirasi maksimal ($TV + IRV + ERV = 3,5$ liter);
3. Kapasitas inspirasi/*Inspiratory Capacity* (IC) yaitu jumlah udara maksimal yang dapat diinspirasi setelah akhir ekspirasi ($IRV + TV = 2,5$ liter); dan
4. Kapasitas residu fungsional/*Functional Residual capacity* (FRC) adalah jumlah udara yang berada dalam paru setelah ekspirasi normal, juga dikenal dengan volume paru akhir ekspirasi ($RV + ERV = 2,5$ liter).

10.4. Faktor yang Memengaruhi Respirasi

Fungsi paru-paru dipengaruhi oleh usia. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa kekuatan maksimum otot paru-paru terjadi antara usia 20 dan 40 tahun, dan kekuatan ini dapat menurun sebanyak 20% setelah usia 40 tahun. Perubahan alveoli, penebalan bronkial, dan penurunan kapasitas paru-paru terkait dengan proses alami penuaan (Fishman JA et al., 2016). Penyakit medis tertentu berpotensi mengurangi kapasitas paru-paru penting seseorang. Penyakit dapat melemahkan otot-otot yang mengontrol pernapasan, menyebabkan kondisi yang berpotensi berbahaya (Lumb AB, 2017).

Ukuran anatomi paru-paru pria lebih besar daripada wanita, yang merupakan salah satu alasan mengapa pria memiliki fungsi ventilasi yang lebih tinggi daripada wanita. Perbedaan ini bisa mencapai dua puluh hingga dua puluh lima persen. Jenis kelamin juga merupakan faktor dalam fungsi paru-paru. Selain itu, karena laki-laki lebih aktif, rekoil dan kepatuhan paru-paru mereka diajarkan dengan lebih efektif. Seseorang dengan perawakan pendek memiliki fungsi ventilasi yang lebih rendah daripada seseorang dengan tubuh tinggi

karena jarak antara keduanya lebih sedikit (Fishman JA et al., 2016).

Nutrisi ketenagakerjaan mengacu pada nutrisi yang dibutuhkan karyawan untuk memenuhi kebutuhan mereka sesuai dengan sifat pekerjaannya. Semua aspek ilmu nutrisi secara umum, diikuti dengan nutrisi kerja, difokuskan untuk mencapai tingkat kesehatan dan kemampuan kerja semaksimal mungkin di antara tenaga kerja (Lumb AB, 2017). Tanpa makan dan minum yang cukup kebutuhan energi untuk beraktifitas akan diambil dari cadangan yang terdapat dalam cadangan sel tubuh. Kesehatan dan aktifitas sehari-hari sangat erat hubungannya dengan tingkat gizi seseorang (Sumamur PK, 2006).

Perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru-paru dapat disebabkan oleh merokok. Kelenjar lendir tumbuh dan sel-sel lendir di saluran udara utama mengalami hipertrofi, yang berarti menjadi lebih besar. Karena penumpukan sel dan lendir, saluran pernapasan kecil dapat mengalami peradangan ringan yang dapat menyebabkan penyempitan saluran. Pada jaringan paru terjadi peningkatan jumlah sel inflamasi dan kerusakan alveoli. Mereka yang merokok mengalami perubahan dalam struktur saluran udara mereka, yang menyebabkan perubahan fungsi paru-paru serta berbagai kelainan klinis (Danasantoso H, 2012; Rogers DF, 2005).

Ini adalah faktor terpenting yang berkontribusi pada perkembangan penyakit obstruktif kronis. Fisiologi paru-paru akan lebih cepat memburuk akibat perilaku merokok. Non perokok mengalami penurunan volume ekspirasi paksa sebesar 28,7 mL setiap tahunnya, sedangkan mantan perokok mengalami penurunan sebesar 38,4 mL dan perokok aktif mengalami penurunan sebesar 41,7 mL. Menghirup asap tembakau, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat

membuat orang dewasa berisiko terkena penyakit pada sistem pernapasan. Paru-paru menjadi terganggu oleh asap rokok, dan asapnya juga masuk ke aliran darah. Lebih dari bahaya kesehatan kerja lainnya, merokok menurunkan kapasitas paru-paru seseorang yang penting (Danasantoso H, 2012; Rogers DF, 2005).

10.5. Kesimpulan

Proses pertukaran gas antara organisme hidup dan lingkungan sekitarnya dikenal sebagai respirasi. Tujuan utama respirasi adalah transfer oksigen dan karbon dioksida dari darah ke udara yang dihirup selama proses pernapasan. Mengontrol keseimbangan asam-basa, metabolisme hormon, dan eliminasi partikel adalah tiga peran lainnya. Ada empat komponen yang membentuk keseluruhan sistem pernapasan yang bertanggung jawab untuk ventilasi alveoli. Komponen tersebut adalah complians paru, complians dinding dada, resistensi saluran napas, dan laju ventilasi. Jumlah udara yang masuk dan keluar paru-paru selama setiap napas tetap sama. Kuantitas volume udara bervariasi dari orang ke orang berdasarkan faktor-faktor seperti ukuran tubuh, jenis kelamin, usia, postur tubuh, kelompok etnis, dan obesitas. Ukuran tubuh juga menjadi faktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinkman JE; Sharma S. (2019). Physiology, Respiratory Drive. *StatPearls Publishing*.
- Broadbudd VC; Mason RJ; Ernst JD; et al. (2016). *Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine*. Elsevier Saunders.
- Danusantoso H. (2012). *Buku Saku Ilmu Paru*. EGC.
- Fishman JA, Grippi MA, Kotloff RM, & et al. (2016). *Fishman's Pulmonary Disease and Disorders Fifth Edition*. Elsevier Saunder.
- Ganong F; William. (2013). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (22 ed.). EGC.
- Guyton, A., & Hall, J. (2016). *Buku ajar fisiologi kedokteran*. EGC.
- Hansen JT. (2015). *Netter Clinical Anatomy* (2 ed.). Elsevier Saunder.
- Kibble, J., & Halsey, C. (2014). *Medical Physiology*. Mc Graw Hill Education.
- Kim, H., Kim, J., & Chung, C. (2019). Lung Compliance and Outcomes in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome Receiving ECMO. *Ann. Thorac. Surg*, 108(1), 176–182.
- Lumb AB. (2017). *Nunn's Applied Respiratory Physiology* (8 ed.). Elsevier.
- Lutfi MF. (2017). The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. *Multidiscip Respir Med*, 12, 3.
- Moore, K., Dalley, A., & Anne, M. (2014). *Moore: Clinically Oriented Anatomy* (7 ed.). Wolters Kluwer.
- Rogers DF. (2005). Mucociliary dysfunction in COPD: effect of current pharmacotherapeutic options. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics*, 18(1), 1–7.

- Sumamur PK. (2006). *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kerja*. CV Haji Masagung.
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2012). *Principles of Anatomy and Physiology*. Wiley-Blackwell.

BAB 11

PENGARUH AKTIVITAS FISIK PADA SISTEM RESPIRASI

Oleh Robertus Lili Bile

11.1 Aktivitas Fisik & Olahraga

Upaya pemeliharaan kesehatan tubuh, pada prinsipnya mencakup dua hal yakni rutinitas aktivitas fisik dan kebiasaan melakukan kegiatan olahraga. Aktivitas fisik dapat diartikan sebagai berbagai bentuk gerakan tubuh yang dapat berdampak pada kondisi penggunaan atau pengeluaran kalori sehingga membutuhkan sejumlah energi yang lebih jika dibandingkan dengan kondisi istirahat (Bushman, 2011). Dalam kehidupan sehari-hari, kegiatan seperti pergi ke tempat kerja atau kampus, aktivitas berkebun, membersihkan rumah dan kegiatan sejenis lainnya merupakan bagian dari aktivitas fisik. Dapat disimpulkan dari berbagai rujukan temuan penelitian terkini, bahwa aktivitas fisik yang rutin memainkan peran yang cukup penting untuk pemeliharaan derajat kesehatan yang berkaitan dengan kualitas hidup (*Health Related Quality of Life*). Artinya bahwa, semakin sering seseorang melakukan aktivitas fisik dengan intensitas sedang dalam rentang waktu yang berkelanjutan maka peluang untuk pemeliharaan kesehatan fisik dan mental akan meningkat selaras dengan tingkat aktivitas fisik yang dilakukan begitu juga sebaliknya jika tingkat aktivitas fisik seseorang tidak mencapai standar minimal yang dianjurkan maka prevalensi penyakit kardiovaskular, diabetes dan lainnya akan meningkat.

Aktivitas fisik serta olahraga merupakan langkah promotif sekaligus preventif untuk mengantisipasi masalah-masalah kesehatan dan kebugaran jasmani yang sifatnya *multirange* yakni bisa mencakup jangka waktu yang relatif pendek, sedang bahkan dalam jangka waktu yang panjang. WHO sebagai Organisasi Kesehatan Dunia merekomendasikan aktivitas fisik yang rutin bagi semua kelompok usia guna mencegah dan meminimalisir resiko penyakit tidak menular sekaligus untuk meningkatkan derajat kesehatan individu secara optimal (WHO, 2010). Aktivitas fisik umumnya berdampak pada pengurangan resiko kematian dini dengan mengendalikan penyakit kardiovaskular, beberapa jenis kanker, diabetes serta mampu meningkatkan kesehatan mental (Nuzum et al, 2020). Menurut WHO, aktivitas fisik yang dilakukan dengan intensitas sedang selama 150 menit setiap minggu dapat memberikan manfaat kesehatan yang sama dengan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi selama 75 menit. Hal ini berarti bahwa akumulasi tingkat aktivitas fisik dengan intensitas sedang selama seminggu mampu memberikan dampak positif terhadap pemeliharaan kesehatan fisik dan mental. Namun demikian, dalam kaitannya dengan konsep pemeliharaan kesehatan dan kebugaran jasmani, aktivitas fisik seperti rutinitas kerja kantoran, kuliah, sekolah ataupun berkebun dianggap masih kurang memadai untuk memberikan dampak yang optimal bagi kesehatan dan kebugaran tubuh secara menyeluruh dalam jangka waktu yang relatif lama. Hal ini dikarenakan dari segi unsur kepadatan gerak, aktivitas fisik pada rutinitas tersebut terjadi secara monoton dan tidak mencakup seluruh bagian tubuh sehingga kelompok otot pada bagian tubuh yang kurang gerak tidak terstimulasi secara baik. Kondisi ini kemudian dianggap sebagai kebiasaan hidup yang kurang aktif yang pada akhirnya berkontribusi dalam munculnya berbagai masalah gangguan kesehatan seperti

obesitas, diabetes dan lain sebagainya. Persoalan kebiasaan hidup kurang gerak hingga kini masih menjadi sebuah masalah global yang terus meluas, dengan lebih dari 30% orang dewasa gagal mencapai tingkat aktivitas fisik yang berarti (Bachmann, 2015). Hal ini merupakan indikasi bahwa aktivitas fisik sehari-hari yang dilakukan dalam beberapa pekerjaan ternyata belum memenuhi setidaknya proporsi atau kadar yang cukup untuk menjaga kesehatan dan kebugaran fisik. Perlu disadari bahwa pada prinsipnya dampak atau manfaat dari aktivitas fisik yang memadai antara lain meliputi beberapa hal seperti; pengendalian berat badan, mengurangi resiko penyakit kardiovaskular dan diabetes tipe 2, pencegahan dan pengobatan kanker, peningkatan status fungsional dan kognisi, peningkatan kesejahteraan psikologis serta manfaat lainnya. Dalam kaitan dengan pemeliharaan kesehatan, aktivitas fisik semestinya dikolaborasikan dengan kegiatan olahraga yang bersifat kontinyu. Artinya, untuk memelihara dan meningkatkan level kesehatan fisik maka seseorang tidak hanya menganddalkan aktivitas fisik saja melainkan juga harus melakukan bentuk-bentuk kegiatan olahraga kesehatan lain. Ada banyak tipe dan bentuk gerak olahraga kesehatan yang dapat dijadikan pilihan misalkan *jogging*, bersepeda, berenang, yoga ataupun jenis-jenis olahraga pernapasan untuk pemeliharaan kesehatan.

Olahraga dalam batasan yang sederhana dapat dipahami sebagai aktivitas fisik atau kegiatan rekreasi yang biasanya dilakukan untuk kesenangan, dimana seseorang terlibat didalamnya baik hanya sebagai partisipan ataupun sebagai atlet baik secara perorangan atau tim. Olahraga juga merupakan bagian dari aktivitas fisik yang dilakukan secara terencana, terstruktur, sistematis dan berkesinambungan sesuai dengan kaedah dan tujuan tertentu (Irianto, 2017). Konsep ini mendeskripsikan secara umum bahwa pada

dasarnya olahraga merupakan aktivitas fisik yang sistematis. Artinya bahwa, aktivitas fisik yang dilakukan dalam kaitannya dengan batasan olahraga ini telah direncanakan dan disusun secara teratur sehingga pada prosesnya dapat dilaksanakan dengan baik dan berimplikasi pada efek positif yang dihasilkan bersamaan dengan aktivitas tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung berkaitan dengan peningkatan status kesehatan serta kualitas fungsional tubuh.

Secara spesifik tubuh manusia pada dasarnya membutuhkan aktivitas olahraga untuk membantu tulang, otot, jantung dan organ lainnya berfungsi optimal (Healey, 2013). Olahraga juga dapat menguatkan jantung, menurunkan tekanan darah tinggi, menyembuhkan diabetes melitus, menjaga keseimbangan darah, serta mencegah osteoporosis (Suharjana, 2013). Secara tidak langsung olahraga merupakan sarana atau media yang paling ampuh dalam mempromosikan gaya hidup sehat dan aktif (Khan, et.al, 2012). Dari pandangan ini dapat dikatakan bahwa ternyata olahraga memainkan peran multifungsi. Tidak hanya bagi pelaku olahraganya secara spesifik namun lebih dari pada itu masyarakat secara luas juga dapat dilibatkan dalam berbagai peran dalam konteks promosi kesehatan melalui keterlibatan dalam olahraga. Hal ini didukung dengan pendapat Davies (2007) dalam Green & Benjamin (2009) bahwa olahraga merupakan sumber dominan hiburan sepanjang tahun. Olahraga telah menjadi fenomena global yang memainkan banyak peran dalam siklus kehidupan masyarakat berbagai kalangan. Kondisi ini terlihat dalam banyak kesempatan ketika masyarakat mulai berolahraga, menonton pertandingan atau permainan olahraga, menonton film yang berkaitan dengan tema olahraga, mencari berbagai informasi tentang olahraga, terlibat dalam berbagai kegiatan judi tentang olahraga, berdebat tentang masalah-masalah olahraga, mengarahkan anak-anak untuk terlibat dalam cabang

olahraga, memiliki idola dalam olahraga tertentu, saling berselisih karena berbeda pendapat tentang olahraga, serta antusias dalam berbagai kesempatan olahraga bahkan ketika harus berada di bawah terik matahari sekalipun (Green & Benjamin, 2009).

Berkaitan dengan konsep spesifik dari aktivitas fisik dan olahraga di atas, maka dalam kaitanya dengan kesehatan disebutkan bahwa gaya hidup sehat selalu mengindikasikan adanya pola hidup aktif dilihat dari tingkat aktivitas fisik serta olahraga seseorang (Healey, 2013). Hidup aktif dapat dipandang sebagai; cara hidup, bagian dari proses perkembangan seumur hidup, dan kontribusi untuk kesejahteraan dan peningkatan kualitas hidup. Pola hidup aktif yang dimaksudkan adalah bagaimana individu dapat memberikan rasa nyaman bagi tubuhnya sendiri melalui pengalaman gerak yang menyenangkan saat melakukan berbagai aktivitas olahraga tertentu, menghasilkan kemampuan fisik, mental, sosial, spiritual yang mumpuni, serta mampu secara selektif menggantikan kebiasaan hidup negatif dengan pilihan yang lebih positif dan dapat memberikan energi, kesehatan serta kekuatan untuk menjalani hidup dengan memiliki derajat kebugaran yang optimal.

Berkaitan dengan hal itu, telah banyak temuan ilmiah yang secara jelas mengungkapkan berbagai macam manfaat yang diperoleh dengan melakukan aktivitas fisik dan olahraga secara teratur. Dikatakan bahwa pola hidup *sedentary* atau kurang gerak dan aktivitas fisik yang kurang memadai serta waktu istirahat yang sedikit merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi rendahnya tingkat kebugaran jasmani seseorang (Júdice *et.al*, 2017). Selain itu, hal tersebut juga merupakan faktor risiko utama penyakit hipokinetik, termasuk obesitas, penyakit kardiovaskular, nyeri punggung kronis, dan diabetes tipe 2 (Parra *et.al*, 2017). Hal ini berarti bahwa

perhatian akan pola hidup aktif melalui penerapan berbagai kegiatan fisik dalam keseharian hidup masih menjadi titik fokus bidang kajian ilmiah. Hal ini dikarenakan, aktivitas fisik dan olahraga dianggap memiliki pengaruh sentral dalam menunjang derajat sehat dan bugarnya seseorang.

Dengan demikian maka, pengaturan pola gerak atau aktivitas fisik dan olahraga yang teratur dapat dilakukan secara intens untuk tujuan memelihara kesehatan dan kebugaran tubuh (Hoaas et al, 2016). Disarankan bahwa, baik anak-anak, remaja maupun orang dewasa harus melakukan setidaknya 20-30 menit aktivitas fisik dan olahraga dengan intensitas sedang setiap harinya agar memberikan efek pada perbaikan atau pemeliharaan kesehatan (Blair, La Monte, & Nichaman, 2004). Menyadari akan pentingnya aktivitas fisik dan olahraga untuk menunjang kesehatan dan kebugaran tubuh, dalam beberapa tahun belakangan ini di berbagai negara maju secara gencar mempromosikan berbagai program kesehatan dan kebugaran kepada masyarakat luas. Keterlibatan dalam kegiatan olahraga dengan satu ataupun banyak cara yang dilakukan saat ini sudah merupakan sebuah fenomena yang terjadi dalam skala yang luas dalam berbagai kalangan masyarakat (Taware, Bhutkar, Surdi, 2013). Hal ini mengindikasikan bahwa, pola pikir masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan tubuh merupakan hal utama yang harus secara terus menerus dipengaruhi agar dapat mengubah kebiasaan aktivitas hidup yang pasif menjadi hidup aktif melalui berbagai aktivitas fisik dan juga olahraga yang teratur.

Sehubungan dengan hal itu, direkomendasikan agar promosi aktivitas fisik dan olahraga sebagai perilaku aktif yang dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup harus terus dilakukan. Untuk itu perlu diperhatikan beberapa hal berikut yakni; mengetahui informasi tentang penyakit hipokinetik serta pencegahan dan penanganannya melalui aktivitas fisik

baik pada anak-anak maupun orang dewasa, aktivitas fisik dan olahraga perlu dilihat sebagai bentuk sederhana dari terapi fisik yang menjamin kualitas kebugaran jasmani yang baik, promosi aktivitas fisik dan olahraga perlu dilakukan secara terstruktur baik dalam konteks belajar di tingkat sekolah maupun juga latihan secara luas dalam masyarakat. Dengan demikian maka dapat kita berasumsi bahwa aktivitas fisik dan olahraga merupakan dua bentuk pola atau pendekatan yang saling berkaitan yang perlu dipertimbangkan untuk dilakukan secara simultan dalam rangka memperoleh taraf hidup sehat dan bugar yang ideal.

Umumnya aktivitas fisik ataupun olahraga akan berimplikasi langsung secara fisiologis pada sistem respirasi. Hal ini terjadi karena aktivitas fisik ataupun gerak olahraga yang dilakukan umumnya akan memicu adanya penggunaan O_2 serta pembuangan CO_2 . Dalam kondisi pelatihan, aktivitas fisik dan olahraga akan memberi pengaruh pada alat-alat pernapasan atau organ-organ yang terlibat langsung pada sistem pernapasan atau respirasi.

11.2 Sistem Respirasi pada Manusia

Istilah respirasi umumnya diartikan sebagai pernapasan. Dalam ilmu fisiologi, respirasi mengandung 2 pengertian yakni respirasi paru dan respirasi sel. Respirasi paru, mengarah kepada proses ventilasi (pernapasan) dan pertukaran O_2 dan CO_2 di dalam paru-paru. Sedangkan respirasi sel, mengarah kepada proses penggunaan O_2 serta produksi CO_2 yang terjadi di dalam jaringan. Dalam bab ini, istilah respirasi yang digunakan mengarah pada respirasi paru karena berkaitan dengan pembahasan implikasi aktivitas fisik pada sistem respirasi atau pernapasan.

Secara umum, istilah pernapasan dapat diartikan sebagai sebuah proses mengambil atau memasukan udara yang mengandung oksigen ke dalam tubuh untuk digunakan serta membuang atau mengeluarkan udara yang mengandung karbondioksida ke luar tubuh. Menurut Sherwood (2011), pada dasarnya pernapasan (respirasi) merupakan mekanisme pengambilan O₂ untuk digunakan oleh sel tubuh dan mengeluarkan CO₂. Secara fisiologis, proses mengambil udara yang mengandung O₂ serta mengeluarkan udara yang mengandung CO₂ dapat berlangsung karena adanya aktivitas pengembangan dan pengempisan paru-paru. Hal ini dijelaskan oleh Guyton & Hall (2016), bahwa proses mengembang dan mengempisnya paru-paru dapat terjadi melalui dua cara yakni; (1) melalui gerakan naik turun diafragma yang menyebabkan rongga dada dapat membesar dan mengecil, (2) dengan mengangkat dan menekan tulang rusuk (iga) untuk dapat memungkinkan diameter anteroposterior rongga dada dapat membesar dan mengecil.

Dengan demikian maka dapat diartikan bahwa proses pengambilan O₂ dan pembuangan CO₂ (respirasi) dapat berlangsung dengan dua mekanisme yakni mekanisme pernapasan dada (akibat kontraksi otot-otot interkostal) dan mekanisme pernapasan perut (akibat kontraksi diafragma). Proses pernapasan (respirasi) pada dasarnya memiliki fungsi yang besar bagi ketersediaan pasokan oksigen bagi kebutuhan metabolisme tubuh. Menurut Guyton & Hall (2016), sistem pernapasan manusia memiliki empat fungsi utama, yakni: (1) sebagai ventilasi paru, yaitu masuk dan keluarnya udara antara atmosfer (lingkungan di luar tubuh) dan alveoli (kantong udara) paru; (2) difusi oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan darah; (3) pengangkutan oksigen dan karbondioksida dalam darah dan cairan tubuh ke dan dari sel jaringan tubuh; (4) pengaturan ventilasi dan hal lain dalam

pernapasan. Dari uraian ini dapat disimpulkan bahwa ketersediaan oksigen dan pembuangan karbondioksida sisa metabolisme sel melalui proses atau mekanisme pernapasan memiliki peran vital bagi kerja sel-sel dan jaringan dalam tubuh manusia. Disamping itu, kemampuan dalam mengolah pernapasan dengan baik juga memberikan kontribusi yang besar terhadap kesehatan dan daya tahan paru jantung secara keseluruhan. Sistem respirasi pada manusia melibatkan paru-paru sebagai organ utamanya serta dibantu oleh alat-alat pernapasan yang lain. Adapun jalur udara pernapasan adalah berawal dari rongga hidung > faring > laring > trakea > bronkus > paru-paru > alveolus > sel-sel tubuh (Guyton, 1995).

Proses respirasi atau pernapasan pada manusia umumnya berlangsung dalam dua kondisi yakni secara sadar dan juga secara tidak sadar. Proses pernapasan secara sadar biasanya terjadi melalui kendali manusia misalkan seperti pada saat latihan olahraga pernapasan (*breathing exercise*). Dalam situasi latihan pernapasan, proses inspirasi (memasukan oksigen) dan ekspirasi (mengeluarkan karbondioksida) secara penuh dikontrol atau diatur sedemikian rupa untuk memperoleh tujuan dari latihan. Dengan demikian, dalam latihan pernapasan terdapat fase latihan seperti menarik napas panjang dan dalam, kemudian menahan napas beberapa saat selama durasi waktu tertentu untuk menciptakan kondisi hipoksia (kondisi dimana tubuh mengalami kekurangan pasokan oksigen) serta mengeluarkan atau menghembuskan napas. Sementara itu, proses pernapasan tidak sadar merupakan proses pernapasan yang dikendalikan oleh saraf yang terdapat dalam susunan saraf pusat sehingga pernapasan terjadi secara otomatis tanpa dikendalikan.

Dari kedua bentuk atau tipe mekanisme pernapasan ini, dapat dilihat bahwa untuk memberikan efek atau kondisi pelatihan bagi alat-alat pernapasan agar dapat berfungsi secara

lebih maksimal, diperlukan latihan pernapasan sadar yang secara teratur dan sistematis, dikemas dalam bentuk rangkaian gerak latihan yang bersifat kontinyu dengan memperhatikan aspek-aspek fisiologis pernapasan seperti fase inspirasi (menarik napas), fase menekan dan menahan napas (fase hipoksia), serta fase ekspirasi (menghembuskan napas). Latihan pernapasan yang dimaksud merupakan bagian dari olahraga kesehatan yang dilakukan dengan cara mengendalikan sistem pernapasan yakni dengan mengontrol banyaknya jumlah oksigen yang masuk serta karbondioksida yang keluar. Latihan pernapasan ini dapat dilakukan dengan cara menahan sejumlah oksigen yang ada dalam tubuh selama durasi waktu tertentu, atau dapat juga dilakukan dengan menahan kondisi tubuh dalam keadaan tanpa pasokan oksigen (hipoksia) selama durasi waktu tertentu.

Latihan pernapasan sadar yang dimaksudkan tersebut bertujuan untuk menciptakan kondisi pelatihan yang dapat berpengaruh pada perbaikan dan peningkatan kelenturan jaringan, meningkatkan daya tahan serta kekuatan, meningkatkan fungsi kerja organ pernapasan, otot-otot pernapasan serta otot-otot saluran napas sehingga memiliki kapasitas fungsi kerja yang lebih optimal dalam melakukan inspirasi oksigen maupun ekspirasi karbondioksida.

Secara fisiologis, kondisi pelatihan yang dimaksud mengandung arti bahwa terjadinya kesenjangan antara tingkat kebutuhan tubuh akan O₂ dengan jumlah pasokannya. Artinya, jumlah oksigen yang dibutuhkan lebih banyak daripada jumlah oksigen yang dipasok (Giriwijoyo & Sidik, 2014). Kondisi pelatihan yang sengaja dibuat dalam latihan pernapasan adalah dengan mengendalikan jumlah pasokan O₂ dan pengeluaran CO₂ dari dalam tubuh. Untuk itu maka, intensitas latihan yang diberikan dalam latihan pernapasan perlu diperhatikan dengan baik. Pada prinsipnya intensitas latihan pada latihan

pernapasan dapat diatur atau ditingkatkan dengan cara mengurangi pasokan O₂ selama durasi waktu tertentu. Dengan begitu maka, apabila semakin tinggi tuntutan menahan lamanya memasok O₂ dan atau menghembuskan CO₂ maka semakin tinggi pula intensitas latihan pernapasannya. Dengan adanya kondisi pelatihan tersebut maka akan menimbulkan terjadinya kondisi hipoksia (kekurangan oksigen) dan hiperkapnia (kelebihan CO₂) yang menyebabkan terjadinya proses adaptasi dari sel-sel tubuh dan bagian tubuh lain secara menyeluruh baik yang aktif maupun tidak aktif. Hipoksia dan hiperkapnia yang terjadi secara berulang atau terus menerus dalam sebuah kondisi pelatihan akan memberikan kesempatan bagi sel-sel tubuh untuk mampu beradaptasi agar dapat tetap berfungsi secara baik dalam keadaan tubuh kekurangan oksigen dan secara otomatis akan berfungsi dengan lebih optimal apabila tubuh dalam keadaan memiliki oksigen yang cukup. Dari kondisi tersebut maka efektivitas dan efisiensi sel-sel tubuh dalam menggunakan atau memanfaatkan oksigen dan membuang karbondioksida selama proses bernapas menjadi lebih baik.

Dalam kondisi ini, efek jangka panjang yang dapat dirasakan adalah meningkatnya kemampuan otot-otot pernapasan, organ pernapasan serta otot-otot saluran napas sehingga menimbulkan adanya peningkatan fungsi paru. Selain itu, menurut Giriwijoyo & Sidik (2013) menjelaskan bahwa dengan adanya kondisi hipoksia dan hiperkapnia dalam sebuah situasi pelatihan akan dapat merangsang sejumlah sistem kerja dalam tubuh mulai dari sistem saraf baik simpatik maupun parasimpatik, sistem kardiorespirasi hingga sistem kerja tubuh secara menyeluruh sehingga dapat bekerja secara lebih maksimal.

11.3 Dampak Aktivitas Fisik Pada Sistem Respirasi

Salah satu fungsi tubuh yang paling mudah kita amati adalah bergerak. Dalam melakukan aktivitas fisik, manusia umumnya selalu bergerak. Untuk dapat melakukan gerakan dalam berbagai bentuk aktivitas fisik tersebut maka diperlukan energi. Tubuh akan menghasilkan energi melalui proses pembakaran zat makanan yang melibatkan oksigen. Kebutuhan oksigen dalam tubuh umumnya bergantung kepada tingkat kerja atau aktivitas fisik yang dilakukan. Semakin tinggi aktivitas fisik, semakin tinggi pula energi yang dibutuhkan maka dengan demikian semakin banyak juga kebutuhan tubuh akan suplai oksigen. Kapasitas aerobik (kemampuan tubuh untuk menggunakan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida) umumnya bergantung pada fungsi sistem pernapasan, darah dan sistem kardiovaskular.

Dalam kaitan dengan pemeliharaan sistem respirasi, aktivitas fisik dan olahraga yang rutin merupakan dua bentuk pendekatan yang paling dianjurkan oleh banyak pakar. Karena aktivitas fisik dan olahraga akan menciptakan kondisi dimana tubuh membutuhkan oksigen dalam jumlah yang banyak sehingga memicu terjadinya situasi paru-paru mengembang untuk menerima oksigen dalam jumlah banyak untuk disalurkan kedalam darah dan mengeluarkan karbondioksida. Aktivitas fisik dan olahraga yang teratur akan memberikan dampak positif pada sistem pernapasan yakni sebagai berikut.

- a. Penggunaan oksigen meningkat, kelompok otot yang terlibat selama kerja fisik akan aktif mengoksidasi molekul nutrien lebih cepat agar memenuhi kebutuhan energi yang meningkat.
- b. Produksi karbondioksida meningkat.
- c. Ventilasi alveolus meningkat.
- d. Distribusi oksigen ke otot meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization (2010) Global Recommendations on Physical Activity for Health
- Nuzum H, Stickel A, Corona M, Zeller M, Melrose RJ, Wilkins SS (2020) Potential Benefits of Physical Activity in MCI and Dementia. *Behav Neurol* 2020: 7807856. <https://doi.org/10.1155/2020/7807856> PMID: 32104516
- Bachmann, J. M., DeFina, L. F., Franzini, L., Gao, A., Leonard, D. S., Cooper, K. H., Berry, J. D., & Willis, B. L., (2015). Cardiorespiratory fitness in middle age and health care costs in later life. *Journal Of The American College Of Cardiology*. vol. 66, no. 17, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.030>.
- Bushman, Barbara. (2011). *Complete guide to fitness and health*. USA: American College of Sports Medicine.
- Giriwijoyo, S., & Sidik, D. Z. (2017). *Ilmu Kesehatan Olahraga*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Guyton, & Hall. (2016). *Fisiologi kedokteran*: Ed. Revisi ke-12 (Terjemahan Ermita, L.I.I.). Singapura: Elsevier.
- Healey, Justin. (2013). *Physical activity and fitness*. The Spinney Press: Australia
- Irianto, D. P. (2017). *Panduan gizi lengkap keluarga dan olahragawan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Júdice, P. B., Silva, A. M., Berria, J., Petroski, E. L., Ekelund, U., Sardinha, L. B. (2017). Sedentary patterns, physical activity and health-related physical fitness in youth: across-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (2017) 14:25. doi 10.1186/s12966-017-0481-3.

- Parra, D. C., Bradford, E. C. H., Clark, B. R., & Racet. (2017). Population and community-based promotion of physical activity: a priority for physical therapy. *Journal of Physical Therapy* Vol. 97 issue 2. doi 10.1093%2Fptj%2Fpzw006.
- Rahl, R. L. (2010). *Physical activity and health guidelines: Recommendations for various ages, fitness levels, and conditions from 57 authoritative sources*. USA: Human Kinetics.

BAB 12

ANATOMI DAN FISIOLOGI SISTEM KARDIOVASKULER

Oleh Erlyta Dian Puspitarini

12.1 Pendahuluan

Sistem kardiovaskuler merupakan suatu sistem yang berperan mengedarkan darah ke seluruh tubuh, sekaligus membawa oksigen dan zat gizi ke semua jaringan tubuh serta mengangkut semua zat buangan. Sistem ini terdiri dari jantung, komponen darah dan pembuluh darah yang berfungsi memberikan dan mengalirkan suplai oksigen dan nutrisi keseluruh jaringan tubuh yang diperlukan dalam proses metabolisme tubuh. Sistem kardiovaskuler agar fungsi regulasinya dapat merespons aktivitas tubuh memerlukan banyak mekanisme yang bervariasi, salah satunya adalah meningkatkan aktivitas suplai darah agar aktivitas jaringan dapat terpenuhi.(Barrett, 2015)

Fungsi sistem kardiovaskuler antara lain: (van Weerd & Christoffels, 2016)

- 1) sebagai alat transportasi, mengangkut bahan-bahan yang dibutuhkan sel seperti oksigen, glukosa, dan lain-lain, serta membawa bahan sisa seperti CO₂, urea untuk dibuang;
- 2) sebagai pengatur/regulasi, yang berperan dalam menyampaikan hormone ke organ target, serta berperan dalam regulasi suhu;
- 3) sebagai proteksi, ikut berperan dalam sistem imunitas tubuh dan pembekuan darah.

12.2 Komponen Sistem Kardiovaskular

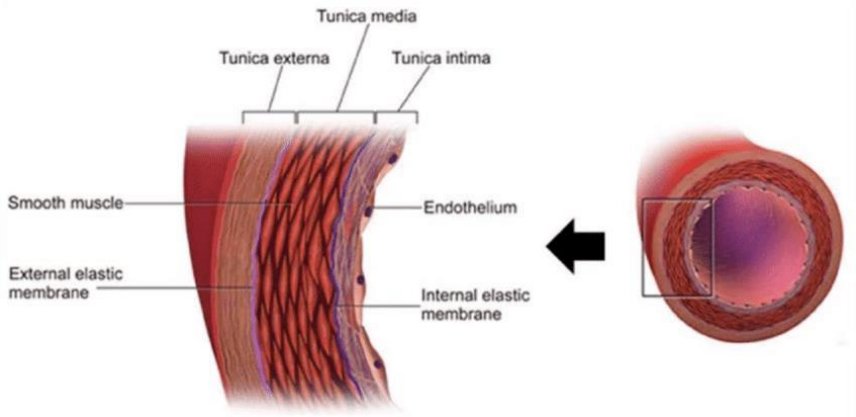
12.2.1 Pembuluh Darah

Fungsi pembuluh darah adalah sebagai alat transpor darah menuju organ-organ, seperti paru-paru untuk terjadi pertukaran CO₂ dengan O₂ melalui kapiler; organ intestinal untuk mengabsorpsi nutrisi dalam bentuk cair; kelenjar endokrin, dimana hormon berjalan melalui dindingnya dan pembuluh darah akan mendistribusikan ke sel tujuan; organ sekresi seperti ginjal, intestinal, paru-paru dan kulit. (Guyen et al., 2020)

1. Tipe Pembuluh Darah

A. Arteri

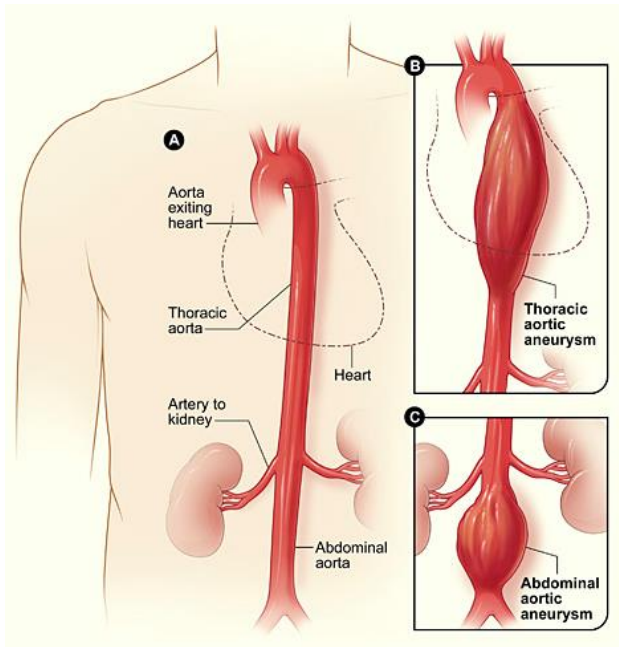
Pembuluh arteri mempunyai fungsi membawa darah dari jantung dan mendistribusikannya ke bagian tubuh lain. Arteri berdinding tebal, berotot, dan elastis sehingga mampu menahan tingginya tekanan darah yang dipompa dari jantung. Dinding pembuluh arteri mempunyai 3 (tiga) lapisan, yang dapat mengembang dan berkontraksi yaitu ***tunica adventitia***, ***tunica media*** dan ***tunica intima***. Lapisan yang terdiri dari otot polos mempunyai kemampuan kontraksi yang lebih besar sedangkan lapisan dengan jaringan konektif hanya mampu sedikit berkontraksi.



Gambar 12.1. Struktur dinding arteri (Wikipedia)

Kerusakan pada lapisan endotelium *tunica intima* dapat mengakibatkan tertimbunnya zat-zat yang dapat menghalangi kelancaran aliran darah atau bahkan menyumbat lumen pembuluh darah. Keadaan ini disebut dengan *atherosclerosis*. Timbunan bahan-bahan pada dinding endotel yang disebut dengan plak dapat berasal dari sel-sel lemak, sel-sel radang dan lain-lain. Akibat keadaan ini maka jaringan dapat mengalami kekurangan suplai oksigen dan nutrisi sehingga mengakibatkan matinya jaringan.

Kelainan yang lain adalah *aneurysma*, yaitu tipisnya salah satu lapisan dinding arteri. Keadaan ini dapat menjadi fatal jika dinding arteri yang menipis tersebut pecah akibat tekanan darah yang naik tiba-tiba.



Gambar 12.2. Aneurysma (Wikipedia)

Gambar A menunjukkan aorta normal. Gambar B menunjukkan aneurisma aorta torakalis (posisinya di belakang jantung). Gambar C menunjukkan aneurisma aorta abdominalis yang posisinya di bawah arteri yang menyuplai darah ke ginjal.

Terdapat 3 (tiga) jenis arteri berdasarkan besar dan struktur dindingnya, yaitu : arteri elastik, muskularis dan arteriol.

Arteri elastik. Merupakan jenis arteri terbesar. Dindingnya terdiri dari serat elastis yang menghilangkan tekanan dan mengurangi kecepatan aliran darah yang dipompakan oleh jantung. Termasuk dalam jenis arteri ini adalah arteri yang paling dekat alirannya dengan jantung yaitu : **aorta, arteri**

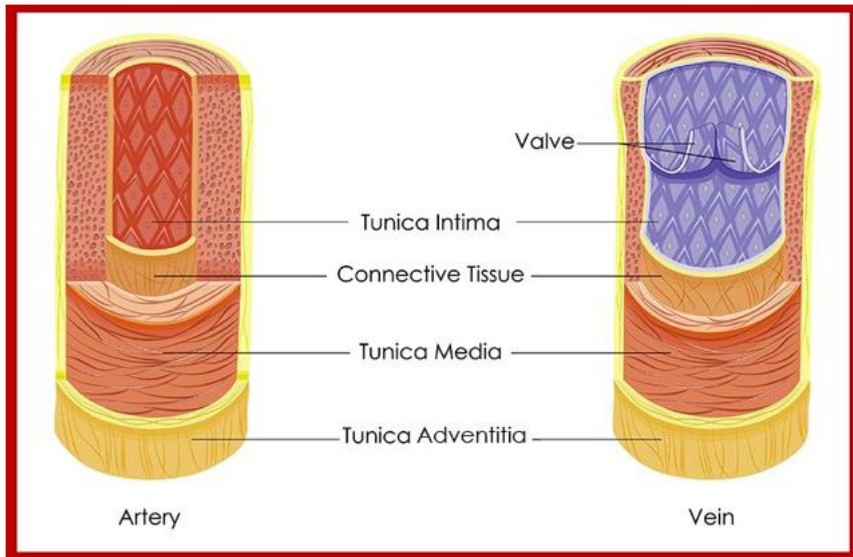
pulmonalis, arteri anonima, arteri carotis communis dan arteri subclavia

Arteri muskularik. Arteri yang mempunyai ukuran medium. Dindingnya terutama terdiri dari serat otot polos. Pengaturannya dikontrol oleh sistem saraf otonom. Arteri jenis ini meliputi percabangan dari aorta, misalnya *arteri coronaria, arteri renalis* dan lain-lain.

Arterioli. Arteri yang mempunyai ukuran terkecil. Mempunyai lumen yang relatif sempit dan dinding otot yang tebal. Tekanannya terutama diatur oleh derajat tonus otot polos pada dindingnya. Arterioli merupakan cabang akhir dari arteri yang langsung terhubung dengan jaringan dan akan membentuk kapiler bersama dengan venula.

B. Vena

Pembuluh vena merupakan pembuluh darah yang membawa darah kembali ke jantung. Vena berdinding tipis dan mudah teregang, memungkinkannya mengembang dan membawa darah berjumlah besar saat tubuh sedang beristirahat. Dinding pada vena mempunyai katup searah untuk mencegah darah bergerak ke arah yang salah. Biasanya, vena berdampingan erat dengan arteri sebagai satu pasang atau lebih (*vena komitans*). Vena membawa darah yang berwarna kehitaman karena mengandung CO₂, kecuali *vena pulmonalis* yang berwarna lebih terang karena mengandung O₂.²



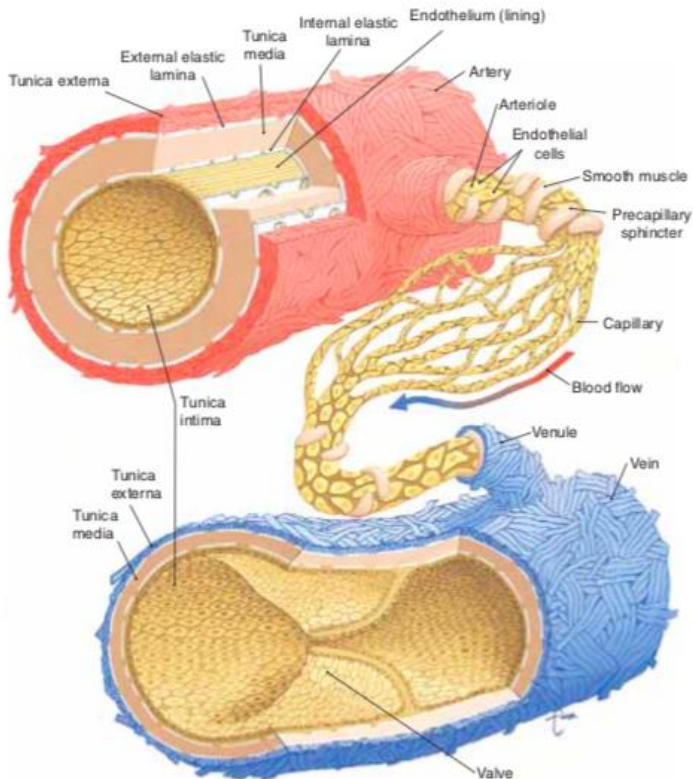
Gambar 12.3. Anatomy Vena

Kerusakan pada dinding pembuluh vena diawali dengan kerusakan dari katup-katupnya (*valve*). Karena tidak ada lagi tahanan yang menghalangi dan mencegah darah bergerak ke arah yang salah, akibatnya darah mengalir dari dalam ke permukaan sehingga dinding vena terdesak dan melebar serta berkelok-kelok. Kelainan ini disebut dengan *varices*.

C. Kapiler

Tersebar di seluruh tubuh dan bersentuhan langsung dengan sel jaringan kecuali pada cornea, epidermis dan cartilago hyalin. Terdiri dari jaringan anastomosis yang disebut selimut kapiler. Berfungsi menghubungkan arteriol dengan venula. Pada pembuluh kapiler terjadi pertukaran bahan terlarut secara difusi melintasi dinding endothel arteriol ke

ruang jaringan, dan dari jaringan ke darah melalui dinding venula.

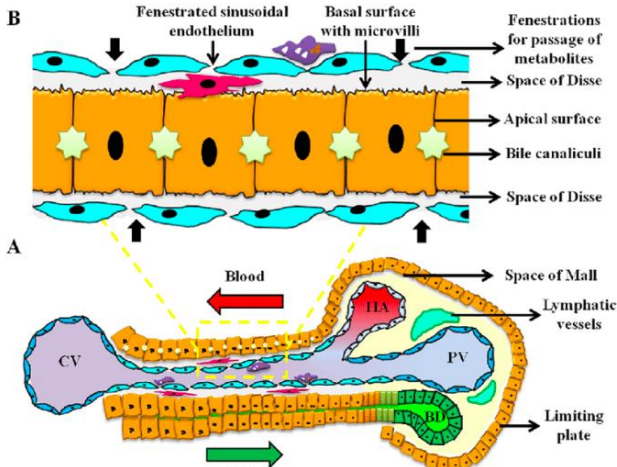


Gambar 12.4. Struktur arteri, arteriol, jaringan kapiler, venula, dan vena (Valerie C. Scanlon, 2007)

D. Sinusoid

Sinusoid merupakan pengganti kapiler pada hepar, lien, sumsum tulang merah, *corpus caroticus*, *adeno hypophysis*, *cortex supra renal* dan *glandula parathyroid*. Lebih luas daripada kapiler dan mempunyai bentuk lebih tidak beraturan. Dindingnya terutama terdiri dari sel fagosit dan merupakan bagian dari sistem

retikuloendothel yang berhubungan dengan pembentukan fagositosis dan antibody. (Agarwal et al., 2019)



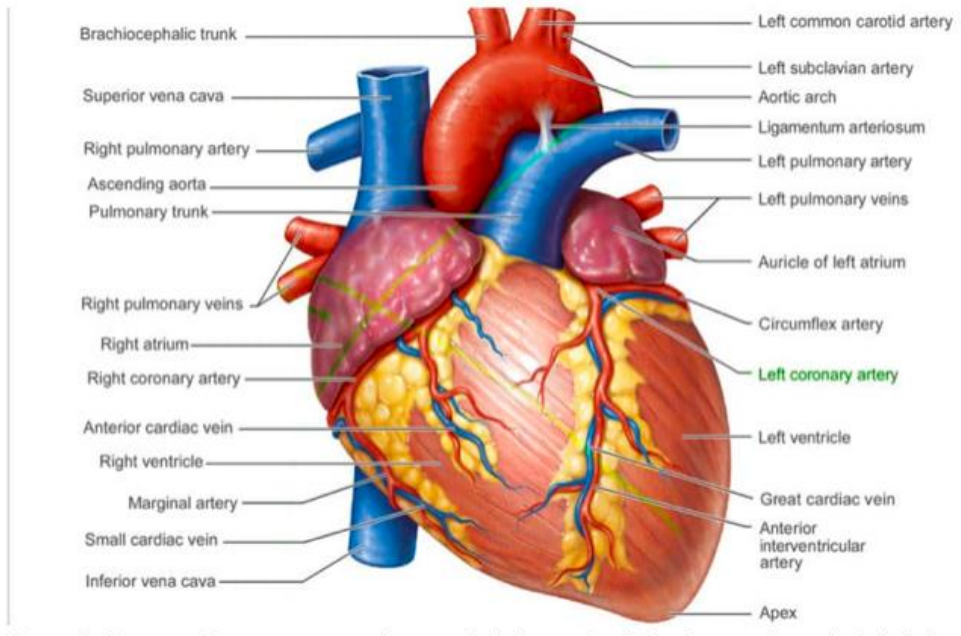
Gambar 12.5. (A) Mikroarsitektur sinusoid hati. (B) Susunan hepatik chain sepanjang sinusoid hati. (Agarwal et al., 2019)

12.2.2 Jantung

Jantung merupakan organ berongga dan berotot yang bekerja dengan memompa darah melalui sirkulasi pulmonal dan sistemik. Jantung menerima darah venosa di dalam atrium kanan dan menyalurkannya ke ventrikel kanan untuk selanjutnya ke paru-paru untuk proses oksigenasi. Selanjutnya jantung menerima darah teroksigenasi di atrium kiri dan menyalurkannya ke ventrikel kiri dan kemudian akhirnya memompa darah ke seluruh tubuh.

Jantung mempunyai kemampuan yang sangat mengagumkan karena pada umumnya jantung akan memompa darah sekitar 4,7 liter (0,25 galon) darah tiap menitnya, 284 liter (75 galon) tiap jamnya dan 57 barel setiap hari serta 1,5 juta barel sepanjang hidupnya (M. Black. 2014)

Bentuk dan ukuran jantung. Jantung mempunyai menyerupai jantung pisang, bagian atasnya tumpul yang biasa disebut dengan basis kordis, dan letak di dalam rongga dada sebelah depan (cavum mediastinum anterior), sebelah kiri bawah dari pertengahan rongga dada, di atas diafragma, adapun pangkalnya terdapat dibelakang kiri antara kosta V dan VI dua jari dari papila mammae. Pada tempat ini teraba adanya denyut jantung yang disebut iktus kordis. Jantung mempunyai ukurannya kurang lebih sebesar kepalan tangan kanan dan beratnya 250- 300 gr. Sel otot jantung memiliki karakteristik yang tidak biasa, yang sebagian besar dimiliki oleh membrane sel atau sarkolema, untuk memompa secara efektif, otot jantung harus berkontraksi sebagai unit tunggal. Agar otot jantung dapat berkontraksi secara stimulant, jantung berkontraksi tanpa menggunakan jaringan saraf yang banyak, sehingga apabila terdapat kontraksi maka impuls akan dihantarkan dari sel ke sel melalui diskus interkalaris. Pada setiap sel miokardium, membrane sel miokardium di dekatnya terlipat secara rumit dan area di sekitarnya tersambung kuat, area ini disebut diskus interkalaris, tempat depolarisasi di hantarkan secara sangat cepat dari sel ke sel berikutnya.(Thomas D. Pollard*, 2016)



Gambar 12.6. Anatomy Jantung

(<https://centralgaheart.com/educational-videos/heart-anatomy/>, n.d.)

Hubungan jantung dengan organ sekitarnya yaitu:

- Dinding depan berhubungan dengan sternum dan kartilago kosta setinggi kosta I-III
- Dari sisi samping berhubungan dengan paru dan fasies mediastinum
- Bagian atas setinggi torakal IV dan berhubungan dengan aorta pulmonalis, bronkus dekstra dan bronkus sinistra.
- Bagian belakang berhubungan dengan organ-organ dalam mediastinum posterior, esophagus, aorta desendes, vena azigos, dan kolumna vetebrata torakalis.
- Bagian bawah berhubungan dengan diafragma kiri

Jantung difiksasi pada tempatnya agar tidak mudah berpindah tempat. Paru adalah penyokong jantung yang utama, yang menekan jantung dari samping, diafragma menyokong dari bawah, dan pembuluh darah yang keluar masuk dari jantung sehingga jantung tidak mudah berpindah. Factor yang mempengaruhi kedudukan jantung adalah:

1. Umur: Pada usia lanjut, alat-alat dalam rongga toraks termasuk jantung agak turun kebawah
2. Bentuk rongga dada: Perubahan bentuk tora yang menetap (TBC) menahun batas jantung menurun sehingga pada asma toraks melebar dan membulat
3. Letak diafragma: Jika terjadi penekanan diafragma keatas akan mendorong bagian bawah jantung ke atas
4. Perubahan posisi tubuh: proyeksi jantung normal di pengaruhi oleh posisi tubuh.

Jantung terbagi dalam 4 (empat) ruangan, yaitu atrium kanan dan kiri serta ventrikel kanan dan kiri. Mempunyai sekat jantung yang disebut *septum interventriculorum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan kanan. Mempunyai selaput pembungkus disebut *pericardium*. (Barrett, 2015)

Dinding jantung. Jantung dilapisi oleh selaput yang kuat, dan dikelilingi oleh rongga perikard yang terdiri oleh 2 lapisan perikardium, diantaranya perikardium viseralis (epikardium) dan lapisan perikardium paritalis. Pada bagian luar perikardium terdapat pembuluh darah besar dan diletakkan oleh ligament pada kolumna vertebralis, diafragma, dan bagian- bagian jaringan lain di dalam rongga mediastinum

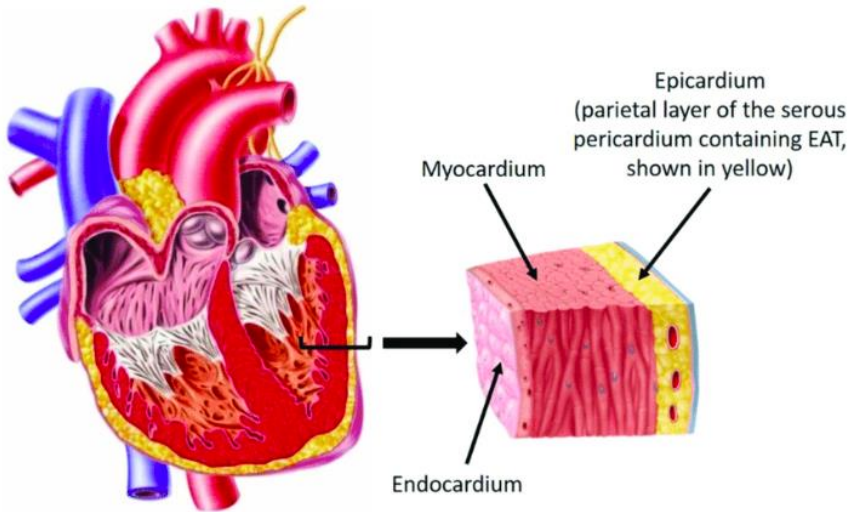
Jantung memiliki tiga lapisan dan masing- masing lapisan memiliki fungsi yang berbeda, diantaranya yaitu: (Krishnan et al., 2022)

- a. **Luar/ Perikardium**, merupakan selaput-selaput yang mengitari jantung yang terdiri atas dua lapisan, yaitu:
- ♣ Perikardium parietalis (lapisan luar yang melekat pada tulang dada dan selaput paru)
 - ♣ Perikardium visceralis (lapisan permukaan dari jantung yang disebut epikardium).

Perikardium berfungsi sebagai pelindung jantung atau merupakan kantong pembungkus jantung yang terletak di mediastinum dan di belakang sternum serta kartilago costae II- IV yang terdiri dari 2 lapisan fibrosa dan serosa yaitu lapisan parietal dan viseral. Diantara kedua lapisan diatas, terdapat 50 cc cairan perikardium yang berfungsi sebagai pelumas agar tidak terjadi gesekan antara pericardium dan epicardium yang timbul akibat gerak jantung saat memompa

- b. **Tengah/ Miokardium**, merupakan lapisan tengah (lapisan inti) dari jantung dan paling tebal serta terdiri dari otot-otot jantung yang mempunyai fungsi dalam kontraksi jantung. Susunan miokardium yaitu:
- i. Otot atria: Sangat tipis dan kurang teratur, disusun oleh dua lapisan. Lapisan dalam mencakup serabut-serabut berbentuk lingkaran dan lapisan luar mencakup kedua atria.
 - ii. Otot ventrikuler: membentuk bilik jantung dimulai dari cincin antrioventikuler sampai ke apeks jantung.
 - iii. Otot atrioventrikuler: Dinding pemisah antara serambi dan bilik (atrium dan ventrikel).
- c. **Dalam/ Endokardium**, merupakan lapisan otot jantung yang terdiri dari jaringan endotel. Dinding dalam atrium diliputi oleh membrane yang mengkilat yang terdiri dari

jaringan endotel atau selaput lendir endokardium kecuali daerah aurikula dan bagian depan sinus vena kava.



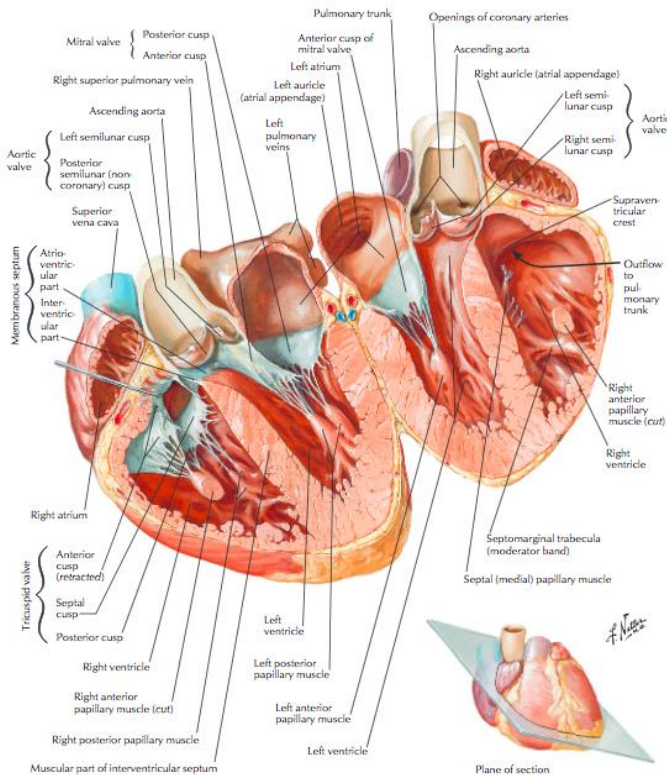
Gambar 12.7. Susunan Otot Jantung (Krishnan et al., 2022)

Katup jantung. Jantung mempunyai dua katup yang memisahkan atrium dengan ventrikel yaitu *valvula tricuspidalis* pada bagian kanan dan *valvula bicuspidalis/ mitralis* pada bagian kiri.

Terdapat otot **jantung** yaitu *musculus papillaris* yang terhubung dengan *valvula* melalui *corda tendinea*. Terdapat dua pembuluh arteri besar yang keluar dari ventrikel, yaitu *truncus/ arteri pulmonalis* yang keluar dari ventrikel kanan, dan *aorta* yang keluar dari ventrikel kiri. Kedua pembuluh tersebut mempunyai katup disebut *valvula semilunaris*.

- a. *Valvula Trikuspidalis*, terdapat diantara atrium dekstra dengan ventrikel dekstra yang terdiri dari 3 katup

- b. Valvula Bikuspidalis (mitral), terletak diantara atrium sinistra dengan ventrikel sinistra yang terdiri dari 2 katup
- c. Valvula Semilunaris Arteri Pulmonalis, terletak antara ventrikel dekstra dengan areri pulmonalis , tempat darah mengalir keparu - paru
- d. Valvula Semilunaris Aorta, terletak antara ventrikel sinistra dengan aorta tempat darah mengalir menuju ke seluruh tubuh.



Gambar 12.8. Katub-katub Jantung (Thomas D. Pollard*, 2016)

Bagian- bagian dari jantung:

- a. Basis kordis: bagian jantung sebelah atas yang berhubungan dengan pembuluh darah besar dan dibentuk oleh atrium sinistra dan sebagian oleh atrium dekstra.
- b. Apeks kordis : bagian bawah jantung berbentuk puncak kerucut tumpul.

Permukaan jantung (fascies kordis) yaitu:

1. Fascies sternokostalis: permukaan jantung yang menghadap kedepan, berbatasan dengan dinding depan toraks, dibentuk oleh atrium dekstra, ventrikel dekstra dan sedikit ventrikel sinistra.
2. Fascies dorsalis: permukaan jantung yang menghadap kebelakang berbentuk segiempat berbatas dengan mediastinum posterior, dibentuk oleh dinding atrium sinistra, sebgain atrium sinistra dan sebgain kecil dinding ventrikel sinistra.
3. Fascies diafragmatika: permukaan bagian bawah jantung yang bebas dengan stentrum tindinium diafragma dibentuk oleh dinding ventrikel sinistra dan sebagian kecil ventrikel dekstra.

Tepi jantung(margo kordis) yaitu:

1. Margo dekstra: bagian jantung sisi kanan yang membentang mulai dari vena kava superior sampai ke apeks kordis
2. Margo sinistra: bagian ujung jantung sebelah tepi kiri yang membentang dari bawah muara vena pulmonalis sinistra inferior sampai ke apeks kordis.

Alur permukaan jantung:

1. Sulkus atrioventrikularis: mengelilingi batas bawah basis kordis

2. Sulkus longitudinalis anterior: dari celah arteri pulmonalis dengan aurikula sinistra berjalan kebawah menuju apeks kordis.
3. Sulkus longitudinalis posterior: dari sulkus koronaria sebelah kanan muara vena cava inferior menuju apeks kordis.

Ruang-ruang jantung

Jantung terdiri dari empat ruang yaitu:

1. Atrium dekstra :
Terdiri dari rongga utama dan aurikula di luar, bagian dalamnya membentuk suatu rigi atau Krista terminalis.
 - a. Muara atrium kanan terdiri dari:
 - 1) Vena cava superior
 - 2) Vena cava inferior
 - 3) Sinus koronarius
 - 4) Osteum atrioventrikuler dekstra
 - b. Sisa fetal atrium kanan: fossa ovalis dan annulus ovalis
2. Ventrikel dekstra :
Berhubungan dengan atrium kanan melalui osteum atrioventrikel dekstrum dan dengan traktus pulmonalis melalui osteum pulmonalis.
Dinding ventrikel kanan jauh lebih tebal dari atrium kanan terdiri dari:
 - a. Valvula triskuspidal
 - b. Valvula pulmonalis
3. Atrium sinistra:
Terdiri dari rongga utama dan aurikula
4. Ventrikel sinistra:
Berhubungan dengan atrium sinistra melalui osteum atrioventrikuler sinistra dan dengan aorta melalui osteum aorta terdiri dari:

- a. Valvula mitralis
- b. Valvula semilunaris aorta

12.3 Fisiologi

A. Fungsi umum otot jantung yaitu:

1. Sifat ritmisitas/otomatis yaitu secara potensial berkontraksi tanpa adanya rangsangan dari luar.
2. Mengikuti hukum tuntas dimana impuls dilepas mencapai ambang rangsang otot jantung maka seluruh jantung akan berkontraksi maksimal.
3. Tidak dapat berkontraksi tetanik.
4. Kekuatan kontraksi dipengaruhi panjang awal otot.

B. Metabolisme Otot Jantung

Seperti halnya otot rangka, otot jantung juga menggunakan energy kimia untuk berkontraksi. Energy otot jantung terutama berasal dari metabolisme asam lemak dalam jumlah yang lebih kecil dari metabolisme zat gizi terutama laktat dan glukosa. Metabolisme jantung adalah proses aerobik yang membutuhkan oksigen.

C. Pengaruh Ion Pada Jantung

(van Weerd & Christoffels, 2016)

1. Pengaruh ion kalium : kelebihan ion kalium pada CES menyebabkan jantung dilatasi, lemah dan frekuensi lambat.
2. Pengaruh ion kalsium: kelebihan ion kalsium menyebabkan jantung berkontraksi spastis.
3. Pengaruh ion natrium: menurunkan fungsi jantung.

D. Elektrofisiologi Sel Otot jantung

Aktifitas listrik otot jantung terjadi akibat perubahan permeabilitas membrane sel. Seluruh proses aktifitas listrik jantung dinamakan potensial aksi yang disebabkan oleh

rangsangan listrik, kimia, mekanika, dan termis. Terdapat lima fase aksi potensial yaitu:

1. Fase istirahat: Bagian dalam bermuatan *negative* (polarisasi) dan bagian luar bermuatan positif.
2. Fase depolarisasi (cepat): Disebabkan meningkatnya permeabilitas membrane terhadap natrium sehingga natrium mengalir dari luar ke dalam.
3. Fase polarisasi parsial: Setelah depolarisasi terdapat sedikit perubahan akibat masuknya kalsium ke dalam sel, sehingga muatan positif dalam sel menjadi berkurang.
4. Fase plato (keadaan stabil): Fase depolarisasi diikuti keadaan stabil yang agak lama sesuai masa refraktor absolute miokard.
5. Fase repolarisasi (cepat): Kalsium dan natrium berangsur-angsur tidak mengalir permeabilitas terhadap kalium sangat meningkat.

E. Sistem Konduksi Jantung

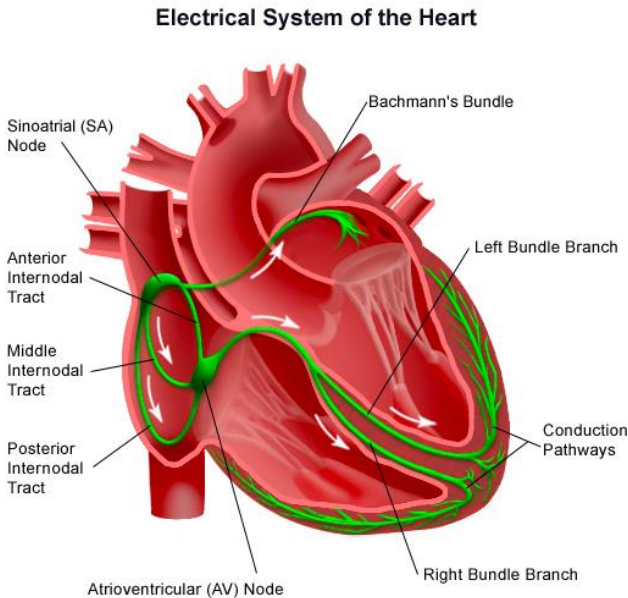
Sistem konduksi jantung meliputi:

1. SA node: Tumpukan jaringan neuromuscular yang kecil berada di dalam dinding atrium kanan di ujung Krista terminalis.
2. AV node: Susunannya sama dengan SA node berada di dalam septum atrium dekat muara sinus koronari.
3. Bundle atrioventrikuler: dari bundle AV berjalan ke arah depan pada tepi posterior dan tepi bawah pars membranasea septum interventrikulare.
4. Serabut penghubung terminal(purkinje): Anyaman yang berada pada endokardium menyebar pada kedua ventrikel.

Jantung dilengkapi dengan suatu sistem khusus untuk membangkitkan implus-implus yang menyebabkan timbulnya kontraksi otot jantung. Pada keadaan normal impuls jantung dimulai dari *SA node* yang menimbulkan rangsangan sehingga menyebabkan jantung berkontraksi. Selanjutnya dari *SA node* impuls dilanjutkan ke simpul atrioventrikular (*AV node*) yang terletak pada dinding yang membatasi serambi kanan dan bilik kanan. Simpul ini berfungsi menghantarkan impuls dari serambi ke bilik. Impuls dari simpul *AV node* kemudian diteruskan ke seluruh bilik melalui berkas His. Pada ujung berkas His terdapat banyak cabang. Cabang-cabang ini disebut serat purkinje. Serat-serat purkinje bertugas meneruskan impuls dari berkas his ke seluruh otot bilik. Bilik kemudian berkontraksi sehingga darah dipompa keluar dari bilik dan mengalir dalam sistem peredaran darah (John E. Hall, 2020)

Jaringan konduksi ini memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Otomatosasi : Kemampuan menghasilkan impuls secara spontan.
- b. Ritmisasi : Pembangkitan impuls yang teratur.
- c. Konduktivitas : Kemampuan untuk menyalurkan impuls.
- d. Daya rangsang : Kemampuan untuk menanggapi stimulasi.



Gambar 12.9. Sistem Konduksi Jantung Normal
(John E. Hall, 2020)

F. Siklus Jantung

Empat pompa yang terpisah yaitu: dua pompa primer atrium dan dua pompa tenaga ventrikel. Periode akhir kontraksi jantung sampai kontraksi berikutnya disebut siklus jantung.

G. Fungsi jantung sebagai pompa

Lima fungsi jantung sebagai pompa yaitu:

1. Fungsi atrium sebagai pompa
2. Fungsi ventrikel sebagai pompa
3. Periode ejeksi
4. Diastole
5. Periode relaksasi isometrik

Dua cara dasar pengaturan kerja pemompaan jantung

1. Autoregulasi intrinsik pemompaan akibat perubahan volume darah yang mengalir ke jantung.
2. Reflex mengawasi kecepatan dan kekuatan kontraksi jantung melalui saraf otonom

Atrium

Atrium kanan berfungsi sebagai penampungan (reservoir) darah yang rendah oksigen dari seluruh tubuh. Darah tersebut mengalir melalui vena kava superior (darah dari kepala dan tubuh bagian atas), vena kava inferior (darah dari kaki dan dada lebih rendah), serta sinus koronarius yang berasal dari jantung sendiri. Kemudian darah dipompakan ke ventrikel kanan dan selanjutnya ke paru. Simpul sinoatrial mengirimkan impuls yang menyebabkan jaringan otot jantung dari atrium berkontraksi dengan cara yang terkoordinasi seperti gelombang. Katup trikuspid yang memisahkan atrium kanan dari ventrikel kanan, akan terbuka untuk membiarkan darah rendah oksigen dikumpulkan di atrium kanan mengalir ke ventrikel kanan.

Atrium kiri menerima darah yang kaya oksigen dari kedua paru melalui 4 buah vena pulmonalis. Kemudian darah mengalir ke ventrikel kiri dan selanjutnya ke seluruh tubuh melalui aorta. Atrium kiri menerima darah beroksigen dari paru-paru melalui vena paru-paru.

Ventrikel.

Ventrikel kanan menerima darah dari atrium kanan dan dipompakan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis. Ventrikel kanan menerima darah de-oksigen sebagai kontrak atrium kanan. Katup paru menuju ke arteri paru tertutup, memungkinkan untuk mengisi ventrikel dengan

darah. Setelah ventrikel penuh, mereka kontrak. Sebagai kontrak ventrikel kanan, menutup katup trikuspid dan katup paru terbuka. Penutupan katup trikuspid mencegah darah dari dukungan ke atrium kanan dan pembukaan katup paru memungkinkan darah mengalir ke arteri pulmonalis menuju paru-paru.

Ventrikel kiri menerima darah dari atrium kiri dan dipompakan ke seluruh tubuh melalui aorta. Ventrikel kiri menerima darah yang mengandung oksigen sebagai kontrak atrium kiri. Darah melewati katup mitral ke ventrikel kiri. Katup aorta menuju aorta tertutup, memungkinkan untuk mengisi ventrikel dengan darah. Setelah ventrikel penuh, dan berkontraksi. Sebagai kontrak ventrikel kiri, menutup katup mitral dan katup aorta terbuka. Penutupan katup mitral mencegah darah dari dukungan ke atrium kiri dan pembukaan katup aorta memungkinkan darah mengalir ke aorta dan mengalir ke seluruh tubuh.

Vaskularisasi Jantung

Jantung mendapatkan nutrisi melalui *arteri coronaria sinistra dan dextra* yang keluar melalui pangkal dari aorta (*bulbus aorticus*). Arteri ini sering mengalami penyumbatan dan gangguan, sebagai contoh terjadinya *atherosclerosis*, sehingga menimbulkan PJK (penyakit jantung koroner). Cabang dari masing-masing *arteri coronaria* yaitu :

- 1) arteri coronaria dextra : ramus nodi sino atrialis, ramus marginalis dan ramus interventricularis posterior;
- 2) arteri coronaria sinistra : ramus nodi sino atrial, ramus interventricularis anterior dan ramus circumflexia serta ramus marginalis. Vena dari jantung berupa *sinus coronarius*, menerima darah dari *vena cordis magna*, *vena cordis parva*, *vena interventricularis posterior sinistra* dan *vena marginalis sinistra*. Sedangkan *vena*

cordis minimae dan *vena ventriculi dextri anterior* kembali ke jantung langsung memasuki atrium dexter dengan menembus dindingnya.

Siklus Jantung dan Sistem Peredaran Darah Jantung

Siklus jantung termasuk dalam bagian dari fisiologi jantung itu sendiri. Jantung ketika bekerja secara berselang-seling berkontraksi untuk mengosongkan isi jantung dan juga berelaksasi dalam rangka mengisi darah kembali. Siklus jantung terdiri atas periode sistole (kontraksi dan pengosongan isi) dan juga periode diastole (relaksasi dan pengisian jantung).

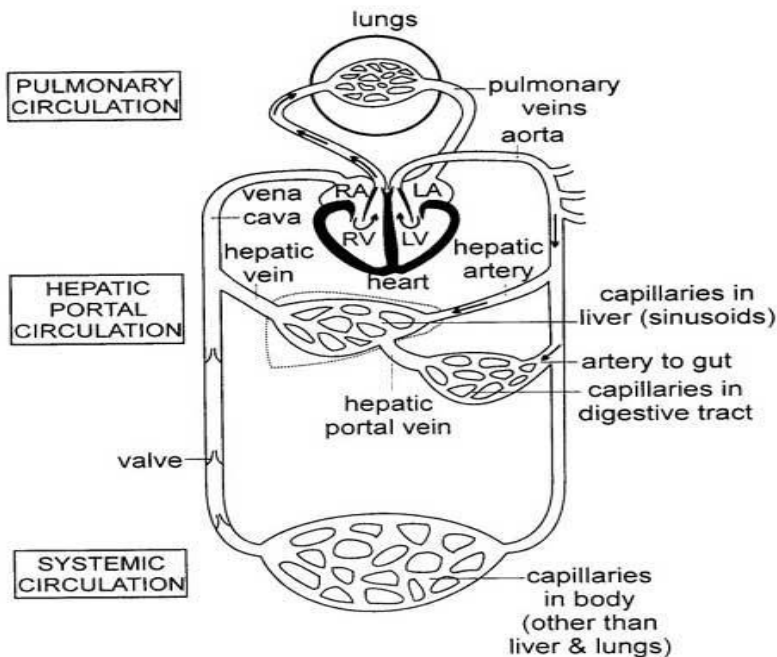
Atrium dan ventrikel mengalami siklus sistole dan diastole terpisah. Kontraksi terjadi akibat penyebaran eksitasi (mekanisme listrik jantung) ke seluruh jantung. Sedangkan relaksasi timbul setelah repolarisasi atau tahapan relaksasi dari otot jantung. Peredaran Darah Jantung. Peredaran jantung itu terdiri dari peredaran darah besar dan juga peredaran darah kecil. Darah yang kembali dari sirkulasi sistemik (dari seluruh tubuh) masuk ke atrium kanan melalui vena besar yang dikenal sebagai vena kava. Darah yang masuk ke atrium kanan berasal dari jaringan tubuh, telah diambil O₂-nya dan ditambahi dengan CO₂.

Darah yang miskin akan oksigen tersebut mengalir dari atrium kanan melalui katup ke ventrikel kanan, yang memompanya keluar melalui arteri pulmonalis ke paru. Dengan demikian, sisi kanan jantung memompa darah yang miskin oksigen ke sirkulasi paru. Di dalam paru, darah akan kehilangan CO₂-nya dan menyerap O₂ segar sebelum dikembalikan ke atrium kiri melalui vena pulmonalis.

Jantung memompa darah ke dua sirkulasi yang saling berkait: sirkulasi pulmonal (paru) dan sirkulasi sistemik.

Sirkulasi pulmonal membawa darah dari ventrikel kanan yang tak beroksigen ke paru-paru melalui *arteri pulmonalis*, tempat ia menyerap oksigen dan melepas karbon dioksida (gas buangan) melalui jaringan kapiler, lalu darah beroksigen dibawa kembali ke atrium kiri jantung melalui *vena pulmonalis*.

Sirkulasi sistemik tubuh membawa darah beroksigen dari ventrikel kiri melalui aorta ke semua jaringan tubuh, di mana ia melepas oksigen dan zat-zat gizi melalui dinding kapiler; dan karbon dioksida serta buangan lain berpindah dari jaringan ke aliran darah, lalu darah tak beroksigen itu kembali ke atrium kanan jantung melalui vena cava superior & inferior. Juga termasuk pembuluh getah bening.



Gambar 12.10. Skema peredaran darah

Sirkulasi portal hepatic merupakan bagian dari sirkulasi sistemik yang membawa darah dari organ pencernaan (intestinal) menuju vena porta untuk selanjutnya masuk ke liver dan keluar melalui *vena hepatica* dan masuk ke dalam *vena cava inferior*.

Aorta yang keluar dari ventrikel kiri jantung akan membentuk *arcus aorta* (lengkung aorta), dan akan bercabang tiga yaitu *arteri anonima (brachiocephalica)*, *arteri carotis communis sinistra* dan *arteri subclavia sinistra*.

Fisiologi Vaskuler

Sistem vaskuler memiliki peranan penting pada fisiologi kardiovaskuler karena berhubungan dengan mekanisme pemeliharaan lingkungan internal. Bagian-bagian yang berperan dalam sirkulasi:

1. Arteri mentranspor darah di bawah tekanan tinggi ke jaringan.
2. Arteriola, cabang kecil dari sistem arteri yang berfungsi sebagai kendali ketika darah yang dikeluarkan ke dalam kapiler.
3. Kapiler , tempat pertukaran cairan, zat makanan dan elektrolit, hormone dan bahan lainnya antara darah dan cairan interstitial.
4. Venula yaitu mengumpulkan darah dari kapiler secara bertahap
5. Vena yaitu saluran penampung pengangkut darah dari jaringan kembali ke jantung.

Kecepatan aliran darah ditentukan oleh perbedaan tekanan antara kedua ujung pembuluh darah. Pembuluh darah dan aliran arteri adalah:

1. Aliran darah dalam pembuluh darah

2. Tekanan darah arteri : Sistolik, diastolik, nadi, dan darah rata-rata.
3. Gelombang nadi.
4. Analisis gelombang nadi: dapat di nilai dari: frekuensi gelombang nadi, irama denyut nadi, amplitude dan ketajaman gelombang.
5. Faktor yang mempengaruhi tekanan darah arteri.

Sedangkan Pembuluh dan Aliran Vena Yaitu:

1. Tekanan Vena: biasanya sangat rendah
2. Gelombang denyut vena: perubahan tekanan dan volume
3. Kurva denyut nadi: vena jugularis eksterna dengan cara non invasive
4. Kecepatan aliran darah vena
5. Faktor yang mempengaruhi kecepatan aliran darah vena
6. Pengaruh gravitasi pada tekanan darah vena.

12.4 Mikrosirkulasi

Mikrosirkulasi adalah jaringan vaskular terminal dari sirkulasi sistemik yang terdiri dari pembuluh mikro dengan diameter $<20\text{ }\mu\text{m}$. Pembuluh mikro ini terdiri dari arteriol, venula pasca-kapiler, kapiler, dan konstituen (sub) selulernya. Mikrosirkulasi adalah tujuan akhir dari sistem kardiovaskular dan pada akhirnya bertanggung jawab untuk transfer oksigen dari sel darah merah (RBC) di kapiler ke sel parenkim di mana oksigen dikirimkan untuk memenuhi kebutuhan energi sel jaringan dalam mendukung fungsinya. aktivitas. Fungsi lain dari mikrosirkulasi termasuk pengaturan pertukaran zat terlarut antara ruang intravaskular dan jaringan dan bertanggung jawab untuk pengangkutan semua hormon dan nutrisi yang dibawa darah ke sel jaringan termasuk memediasi

aktivitas fungsional sistem kekebalan dan hemostasis. Ini bisa dibilang kompartemen paling penting dari sistem kardiovaskular, karena berhubungan langsung dengan sel parenkim, yang bergantung pada fungsinya yang tepat untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya untuk mendukung fungsi organ.(Guven et al., 2020)

12.4 Tekanan Darah

Tekanan darah adalah kekuatan yang diberikan darah terhadap dinding pembuluh darah. Filtrasi di kapiler tergantung pada tekanan darah; filtrasi membawa nutrisi ke jaringan, merupakan langkah pertama dalam pembentukan urin. Tekanan darah adalah salah satu “tanda vital” yang sering diukur.

Pemompaan ventrikel menciptakan tekanan darah, yang diukur dalam mmHg (milimeter air raksa). Ketika pembacaan tekanan darah sistemik dilakukan, diperoleh dua angka: sistolik dan diastolik, seperti pada 110/70 mmHg. Tekanan sistolik selalu lebih tinggi dari keduanya dan mewakili tekanan darah saat ventrikel kiri berkontraksi. Angka yang lebih rendah adalah tekanan diastolik, saat ventrikel kiri berelaksasi dan tidak mengerahkan tenaga. Tekanan diastolik dipertahankan oleh arteri dan arteriol. (Valerie C. Scanlon, 2007)

Tekanan darah sistemik paling tinggi di aorta, yang menerima semua darah yang dipompa oleh vena kiri. Saat darah mengalir lebih jauh dari jantung, tekanan darah menurun. Arteri brakialis paling sering digunakan untuk mengukur tekanan darah; di sini rentang sistolik normal adalah 90 hingga 120 mmHg, dan rentang diastolik normal adalah 60 hingga 80 mmHg. Di arteriol, tekanan darah semakin menurun, dan tekanan sistolik dan diastolik bergabung menjadi satu tekanan. Pada ujung arteri jaringan kapiler, tekanan darah sekitar 30 sampai 35 mmHg, menurun menjadi

12 sampai 15 mmHg pada ujung vena kapiler. Ini cukup tinggi untuk memungkinkan filtrasi tetapi cukup rendah untuk mencegah pecahnya kapiler. Saat darah mengalir melalui vena, tekanan semakin menurun, dan di vena kava, tekanan darah mendekati nol saat darah memasuki atrium kanan. (Valerie C. Scanlon, 2007)

Tekanan darah pulmonal diciptakan oleh ventrikel kanan, yang memiliki dinding yang relatif tipis dan dengan demikian mengerahkan sekitar seper-enam kekuatan ventrikel kiri. Hasilnya adalah tekanan arteri pulmonal selalu rendah: 20 sampai 25/8 sampai 10 mmHg, dan di kapiler paru lebih rendah lagi. Ini penting untuk mencegah filtrasi di kapiler paru, yang pada gilirannya mencegah cairan jaringan terakumulasi di alveoli paru-paru.

Mekanisme yang mengatur tekanan darah sistemik dapat dibagi menjadi dua jenis: mekanisme intrinsik dan mekanisme saraf. Mekanisme saraf melibatkan sistem saraf, dan mekanisme intrinsik tidak memerlukan impuls saraf. Pusat pengawasan dan pengaturan perubahan tekanan darah yaitu:

1. Sistem saraf
 - a. Presoreseptor dan kemoreseptor: serabut saraf aferen yang menuju pusat vasomotor berasal dari baroreseptor arteri dan kemoreseptor aorta dan karotis dari korteks serebri.
 - b. Hipotalamus: Berperan dalam mengatur emosi dan tingkah laku yang berhubungan dengan pengaturan kardiovaskuler
 - c. Serebrum: Mempengaruhi tekanan dari karena penurunan respons tekanan, vasodilatasi, dan respons depressor meningkat.
 - d. Reseptor nyeri: bergantung pada intensitas dan lokasi stimulus

- e. Reflex pulmonal: inflasi paru menimbulkan vasodilatasi sistemik dan penurunan tekanan darah arteri dan sebaliknya kolaps paru menimbulkan vasokonstriksi sistemik
2. Sistem humoral atau kimia: berlangsung local atau sistemik, misalnya rennin-angiotensin, vasopressin, epineprin, asetikolin, serotonin, adenosine, kalsium, magnesium, hydrogen dan kalium.
3. Sistem hemodinamik: lebih banyak dipengaruhi oleh volume darah, susunan kapiler, perubahan tekanan osmotic, dan hidrostatis bagian luar, dan dalam sistem vaskuler.
4. Sistem limfatik: komposisi sistem limfatik hampir sama dengan komposisi kimia plasma darah dan mengandung sejumlah besar limfosit yang mengalir sepanjang pembuluh limfe untuk masuk ke dalam aliran darah.

12.5 Kesimpulan

Sistem kardiovaskuler merupakan suatu sistem yang berperan mengedarkan darah ke seluruh tubuh, sekaligus membawa oksigen dan zat gizi ke semua jaringan tubuh dan mengangkut semua zat buangan. Sistem ini terdiri dari jantung, komponen darah dan pembuluh darah yang berfungsi memberikan dan mengalirkan suplai oksigen dan nutrisi keseluruh jaringan tubuh yang di perlukan dalam proses metabolisme tubuh. Jantung merupakan organ berongga dan berotot yang memompa darah melalui sirkulasi pulmonal dan sistemik. Arteri membawa darah dari jantung ke pembuluh-pembuluh yang lebih kecil, lalu ke kapiler-kapiler, dan kemudian berbalik memasuki jaringan vena, yang membawa darah kembali ke jantung.

Kelainan-kelainan yang terjadi pada jantung dan pembuluh darah dapat berhubungan dengan proses pembentukan (embriologi) ataupun akibat pengaruh luar. Melalui pemahaman anatomi dan fisiologi pada sistem ini akan membantu memahami kelainan yang terjadi pada penyakit-penyakit kardiovaskuler.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, T., Subramanian, B., & Maiti, T. K. (2019). Liver Tissue Engineering: Challenges and Opportunities. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 5(9), 4167–4182. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.9b00745>
- Barrett, K. E. B. S. M. B. H. L. B. S. (2015). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ganong* (24th ed., Vol. 16). McGraw-Hill Education.
- Guven, G., Hilty, M. P., & Ince, C. (2020). Microcirculation: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Application. *Blood Purification*, 49(1–2), 143–150. <https://doi.org/10.1159/000503775>
<https://centralgaheart.com/educational-videos/heart-anatomy/>. (n.d.). *Heart Anatomy*.
- John E. Hall, M. E. H. (2020). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (14th ed., Vol. 1). elsvier .
- Krishnan, A., Sharma, H., Yuan, D., Trollope, A. F., & Chilton, L. (2022). The Role of Epicardial Adipose Tissue in the Development of Atrial Fibrillation, Coronary Artery Disease and Chronic Heart Failure in the Context of Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus: A Narrative Review. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(7), 217. <https://doi.org/10.3390/jcdd9070217>
- Thomas D. Pollard*, W. C. E. J. L.-S. G. T. J. (2016). *Cell Biology: Third Edition*.
- Valerie C. Scanlon, P. T. S. (2007). *Essentials of Anatomy and Physiology* (5th ed.). F. A. Davis Company.
- van Weerd, J. H., & Christoffels, V. M. (2016). The formation and function of the cardiac conduction system. In *Development (Cambridge)* (Vol. 143, Issue 2, pp. 197–210). Company of Biologists Ltd. <https://doi.org/10.1242/dev.124883>

BAB 13

PENGARUH AKTIVITAS FISIK PADA SISTEM CARDIOVASKULAR

Oleh Oki Candra

13.1 Pendahuluan

Penurunan tingkat kebugaran diduga disebabkan oleh perubahan gaya hidup dari sering bekerja secara dinamis menjadi jarang bekerja. Ini merupakan dampak negatif dari percepatan perkembangan teknologi. Untuk menggantikan hampir seluruh tenaga manusia, manusia berlomba-lomba mengembangkan berbagai mesin yang serba otomatis. Sepeda motor dan mobil menggantikan pekerjaan fisik yang sebelumnya harus dilakukan orang, seperti berjalan kaki dari rumah ke tempat kerja. Akibatnya, orang menjadi lebih tidak banyak bergerak, melakukan lebih sedikit pekerjaan fisik, dan umumnya lebih malas. Meningkatnya prevalensi penyakit degeneratif atau tidak menular seperti penyakit jantung koroner, hipertensi, aterosklerosis, diabetes melitus, osteoporosis, nyeri punggung, kelelahan, dan lain-lain merupakan tanda bahwa masyarakat secara keseluruhan menjadi semakin tidak banyak bergerak (Djoko Pekik Irianto, 2004).

Kebugaran jasmani seseorang sangat dipengaruhi oleh kegiatan olahraga, dan kegiatan ini juga secara langsung mempengaruhi unsur-unsur kebugaran jasmani. Jenis olahraga, tindakan pencegahan keselamatan, dan peralatan semuanya harus disesuaikan dengan usia peserta. Kegiatan olahraga harus dilaksanakan menurut tata cara dan peraturan yang

benar; mereka tidak dapat dilakukan dengan sembarangan. Terlepas dari kenyataan bahwa Anda menyukai olahraga, Anda harus mempertimbangkan usia dan kondisi fisik Anda untuk mengelolanya. Dari perspektif fisiologi olahraga, olahraga adalah serangkaian gerakan fisik yang teratur dan disengaja yang dilakukan orang secara sadar untuk meningkatkan kemampuan fungsionalnya sejalan dengan tujuan berpartisipasi dalam olahraga. (KBBI, 2007) Menurut KBBI, olahraga adalah aktivitas fisik yang membangun dan menyehatkan tubuh. Beberapa pendapat yang dikemukakan di atas membawa pada kesimpulan bahwa olahraga adalah suatu rangkaian latihan atau latihan yang dilakukan secara teratur dan terencana yang dilakukan oleh orang-orang secara sadar untuk meningkatkan kemampuan fungsionalnya.

American College of Sports Medicine (ACSM) menyarankan pelatihan kardiorespirasi dan ketahanan untuk meningkatkan kebugaran dan kesehatan fisik, pelatihan fleksibilitas untuk mempertahankan rentang gerak, pelatihan neuromotor, dan berbagai aktivitas lain untuk mempertahankan dan meningkatkan fungsi fisik (Carrol Ewing Garber et al. , 2008). 2011). Tidak ada obat saat ini atau di masa depan untuk digunakan yang menjanjikan untuk memberikan dan menjaga kesehatan yang lebih baik daripada gaya hidup olahraga terus-menerus, menurut artikel tahun 1983 Bort di *Journal of American Medical Association*. "Kalau sudah mengikuti, olahraga sampai saat ini sudah cukup untuk memberikan hidup sehat dan nyaman, otot menjadi kuat, jantung menjadi sehat, tekanan darah menjadi normal, kadar gula dapat dikontrol, dan tubuh menjadi sehat. "Keseimbangan dengan semua itu akan membuat tubuh nyaman dan sehat (Harsuki, 2003). Menurut definisi yang diberikan di atas, kegiatan olahraga adalah setiap kegiatan yang dilakukan secara teratur untuk meningkatkan kemampuan fungsional seseorang.

13.2 Aktivitas Fisik

Selain sistem muskuloskeletal, sistem kardiovaskular, pernapasan, ekskresi, dan saraf juga terlibat dalam olahraga atau aktivitas fisik. Olahraga harus dilakukan dengan intensitas yang tepat, pada waktu yang tepat, dan cukup sering untuk menghasilkan hasil terbaik dalam hal peningkatan daya tahan tubuh, waktu reaksi, pengambilan oksigen, dan kekuatan otot, serta peran otot jantung dalam mengendalikan darah. tekanan dan denyut nadi. Jenis latihan dibagi menjadi kategori anaerobik dan aerobik. Saat ini masyarakat secara keseluruhan membutuhkan olahraga yang dibuktikan dengan semakin berkembangnya sarana olahraga dan meningkatnya jumlah orang yang berolahraga di tempat umum pada hari libur. Ini membuktikan bahwa tetap bugar kini menjadi gaya hidup, bukan sekadar kebutuhan. Banyak orang mengikuti olahraga sebagai hobi atau sebagai cara untuk memperbaiki diri, namun mayoritas melakukannya untuk menjaga bentuk tubuh dan tetap sehat.

Aktivitas fisik secara teratur, termasuk olahraga, pekerjaan sehari-hari, bahkan menari, baik untuk mencegah aterosklerosis (timbunan lemak di pembuluh darah). Latihan, terutama aktivitas aerobik atau isotonik seperti berjalan, berlari, atau aerobik berdampak rendah, akan meningkatkan aliran darah seperti gelombang, yang pada gilirannya meningkatkan produksi oksida nitrat (NO) dan merangsang pembentukan dan pelepasan turunan endotel (Kaplan dan Stamler, 1983). Saat istirahat, faktor relaksasi berkurang (EDRF) melebarkan dan melebarkan pembuluh darah dengan kecepatan sekitar 200 ml aliran darah koroner per menit, atau 4% dari total curah jantung. Peningkatan aliran darah 4 ml/menit cukup, menurut penelitian laboratorium, untuk merangsang produksi NO dan mendorong perbaikan fungsi endotel vaskular. Oleh karena itu, aktivitas fisik yang lebih

intens dari sedang, seperti berjalan atau senam, yang meningkatkan aliran darah hingga 350 ml per menit (meningkat 150 ml per menit), dapat melindungi endotelium vaskular dari aterosklerosis.

Latihan fisik adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang terencana, terstruktur, dan berkesinambungan dengan melibatkan gerakan tubuh berulang-ulang serta ditujukan untuk meningkatkan kesehatan dan kebugaran jasmani.

- ❖ Latihan fisik didefinisikan sebagai setiap gerakan tubuh yang melibatkan penggunaan energi baik untuk kontraksi otot atau relaksasi. Secara umum, gerakan ini menyebabkan otot menggunakan lebih banyak oksigen dan nutrisi. Adaptasi otot yang diinduksi oleh latihan didasarkan pada pelatihan dan diukur dengan perubahan metabolisme otot, khususnya di mitokondria, serta adaptasi dan perkembangan serat otot.
- ❖ Dampak adaptasi otot sangat penting untuk otot serta untuk pencegahan penuaan karena stabilisasi telomerase mitokondria.
- ❖ Otot berkontraksi untuk memulai latihan. Olahraga ketahanan akan menyebabkan otot beradaptasi. Berbagai jenis serat membentuk mayoritas jaringan otot manusia. Serat yang berbeda dikenai tugas yang kontras, mulai dari semburan singkat pekerjaan amplitudo tinggi seperti angkat berat hingga amplitudo rendah dan upaya berulang seperti berjalan dan mempertahankan postur tubuh. Otot rangka manusia dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: oksidatif tipe I (lambat), oksidatif tipe IIa (cepat), dan glikolitik tipe IIx (cepat). Antara individu dan dalam berbagai keadaan penyakit, serat ini hadir dalam jumlah relatif yang bervariasi. Misalnya, persentase serat tipe satu yang lebih rendah terkait dengan kondisi seperti gagal jantung kongestif dan diabetes melitus tipe II.

- ❖ Olahraga dapat membantu Anda tetap sehat dan bahkan dapat membantu Anda melawan kondisi seperti diabetes, hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan penyakit pernapasan serta efek sampingnya.
- ❖ Aktivitas fisik juga dapat mengurangi risiko demensia, sarkopenia, dan kelemahan seiring bertambahnya usia.
- ❖ Olahraga juga dapat membantu menstabilkan gejala psikologis seperti gejala gangguan stres pascatrauma (PTSD), kebingungan, dan kemarahan.

Sistem kardiovaskular dipengaruhi secara langsung oleh aktivitas fisik atau olahraga akut dan jangka panjang. Olahraga memiliki efek langsung meningkatkan detak jantung dan laju pernapasan. Selain itu, penelitian sebelumnya menemukan bahwa latihan aerobik yang berlangsung selama 2–30 menit dapat meningkatkan tekanan darah, suhu tubuh, kadar asam laktat, dan denyut nadi, menormalkan tekanan darah, meningkatkan sirkulasi darah, dan mengurangi denyut nadi istirahat. Poin yang sama dibuat mengenai manfaat olahraga teratur pada sistem kardiovaskular, termasuk bagaimana olahraga dapat meningkatkan aliran darah, menurunkan detak jantung saat istirahat, memperkuat otot jantung, dan menormalkan tekanan darah. Jantung akan berdetak lebih kencang dan cepat saat melakukan aktivitas fisik seperti bersepeda. Detak jantung akan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan mengayuh sepeda dan lintasan yang dilalui pada tanjakan yang lebih curam. Sebaliknya, jika frekuensi denyut latihan diturunkan saat kecepatan mengayuh diperlambat dan lintasan dilalui dengan kemiringan bertahap, detak jantung akan menurun secara bertahap. Denyut nadi akan kembali ke tingkat awal setelah beberapa waktu henti.

Efek akut olahraga adalah perubahan detak jantung yang terjadi selama dan setelah berolahraga. Akan terjadi peningkatan fungsi tubuh yang diwujudkan dengan penurunan frekuensi denyut nadi istirahat, jika latihan dilakukan secara teratur, terus menerus, dan dengan dosis yang sesuai. Efek kronis dari olahraga adalah penurunan detak jantung istirahat dibandingkan dengan sebelum program latihan. Latihan memiliki dampak langsung pada perubahan frekuensi nadi yang menyebabkan frekuensi detak jantung meningkat saat intensitas latihan meningkat. Karena fakta bahwa darah akan dibutuhkan untuk mengangkut lebih banyak oksigen ke jaringan aktif tubuh selama latihan, akibatnya adalah peningkatan frekuensi denyut nadi istirahat. Latihan memiliki efek akut dan kronis, dengan yang terakhir bermanifestasi sebagai penurunan denyut jantung saat istirahat atau frekuensi denyut nadi yang dikendalikan sistem saraf.

Peningkatan impuls saraf dari batang otak ke saraf simpatis sebagai respons terhadap sistem pengaturan ini akan menyebabkan diameter pembuluh darah mengecil dan detak jantung meningkat. Perubahan denyut jantung diatur oleh aktivitas simpatik dan parasimpatis. Selain sistem saraf simpatis dan parasimpatis, epinefrin dan norepinefrin adalah hormon lain yang mengatur detak jantung.

Banyak artikel dan jurnal kesehatan, baik yang populer maupun ilmiah, telah banyak membahas keuntungan dari olahraga yang teratur dan memadai. Di antara manfaat tersebut, olahraga dapat mencegah obesitas, diabetes, tekanan darah tinggi, hiperlipidemia, dan stroke. Latihan aerobik dapat digunakan untuk mengobati hipertensi daripada hanya mencegahnya, menurut penelitian Veromque dan Robert (2005) di Belgia. Menurut penelitian yang sama, olahraga, terutama olahraga aerobik, dapat menurunkan kadar lemak darah. Aterosklerosis pada akhirnya akan berkembang jika

kadar lemak darah meningkat. Investigasi yang dilakukan di Jepang (Akira et al., 1983), ditemukan bahwa hipertensi ringan dapat diobati dengan latihan aerobik yang dilakukan pada 50% dari penyerapan oksigen maksimum individu.

Hubungan antara olahraga dengan jantung dan pembuluh darah sangat jelas mengingat jantung merupakan organ vital yang memompa darah ke seluruh tubuh. Tingkat aktivitas fisik seseorang akan mempengaruhi seberapa banyak darah yang mengandung oksigen yang dibutuhkannya. Jantung akan meningkatkan aliran darah untuk memenuhi kebutuhan ini. Selain itu, hal ini menyebabkan pembuluh darah membesar, yang berdampak pada tekanan darah seseorang.

13.2.1 Latihan

Menurut definisi pelatihan olahraga Dietrich Herre yang direvisi dari tahun 1971, olahraga adalah proses penyempurnaan olahraga yang dipandu oleh prinsip ilmiah, khususnya prinsip pedagogis. Proses terencana dan metodis ini meningkatkan kapasitas kinerja dan kesiapan atlet untuk berkompetisi. Latihan olahraga adalah proses terencana yang menggunakan isi latihan dan tindakan organisasi yang sejalan dengan maksud dan tujuan, menurut Dietrich Martin yang dikutip oleh Furqon pada tahun 1995. Latihan adalah proses berulang kali melakukan pengulangan yang sistematis serta adanya peningkatan beban (Harsono, 1996).

Mosston (1992) menyatakan hal yang sama, menyatakan bahwa latihan adalah pelaksanaan gerakan yang berurutan dan berulang-ulang. Menurut Fox et al. (1993), tujuan utama latihan adalah memberikan tekanan fisik yang konsisten dan sistematis dari waktu ke waktu yang akan meningkatkan kemampuan seseorang untuk melakukan tugas secara fisik. Suatu proses sistematis dari pekerjaan fisik yang diulang sambil meningkatkan beban kerja pekerja dianggap sebagai

pelatihan, menurut sudut pandang lain. Menurut Astrand dan Rodahl (1986), aktivitas fisik adalah tindakan menempatkan ketegangan fisik yang teratur, sistematis, dan berkelanjutan pada tubuh.

Latihan harus dilakukan sesuai dengan seberapa baik reaksi tubuh terhadap stres; jika tubuh diberikan beban latihan yang terlalu ringan maka proses adaptasi tidak akan berlangsung. Mirip dengan ini, jika tubuh tidak dapat mentolerir beban latihan yang terlalu intens, maka akan mengganggu fungsi homeostatis sistem tubuh dan bahkan dapat mengakibatkan kerusakan jaringan. Setiap aktivitas fisik akan menimbulkan reaksi atau respon dari organ yang bersangkutan; ini merupakan upaya penyesuaian diri guna menjaga kestabilan keseimbangan lingkungan yang disebut juga dengan homeostatis (Sugiharto, 2003: 7).

Stresor fisik seperti olahraga berpotensi mengganggu keseimbangan homeostatis. Oleh karena itu, penggunaan paket latihan sebagai aktivitas fisik memerlukan pengukuran dosis yang akurat, menawarkan kesempatan untuk mengembangkan mekanisme penyakit yang mampu mengubah stresor menjadi stimulator. Namun, jika jumlah olahraga yang dianjurkan tidak mencukupi, stressor akan mengganggu keseimbangan tubuh (homeostatis) dan dapat menimbulkan masalah gangguan biologis atau patologis (Sugiharto, 2003).

Tubuh berada di bawah tekanan selama semua aktivitas fisik. Tubuh menyesuaikan dengan mengembangkan mekanisme koping yang dapat mengubah stressor menjadi stimulator jika stressor diterapkan secara teratur, terus menerus, dan bersamaan dengan program latihan yang tepat. Pemberian beban latihan akan menimbulkan respon dari tubuh, dan jika dosis yang diberikan tepat maka respon ini niscaya akan membawa pada proses adaptasi yang berhasil.

Frekuensi, intensitas, durasi, dan set latihan semuanya harus dipertimbangkan dalam program atau dosis latihan yang tepat.

a) Pengaruh Latihan

Efek langsung/Respon

- ❖ Denyut nadi meningkat, karena tuntutan terhadap oksigen yang tinggi.
- ❖ Tekanan darah meningkat, sebagai akibat aliran darah yang meningkat.
- ❖ Peningkatan suplai, pengiriman dan penggunaan oksigen oleh otot.
- ❖ Peningkatan pada hormon-hormon tertentu, khususnya *epinephrine* yang dapat merangsang peningkatan fungsi tubuh.
- ❖ Peningkatan metabolisme.

Efek jangka panjang :

- ❖ Fungsi jantung dan kemampuan untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh akan diperbaiki dengan latihan daya tahan.
- ❖ Kapasitas sel untuk menyerap dan menggunakan oksigen diperbaiki.
- ❖ Peningkatan ukuran jantung: dindingnya makin tebal dan kuat, dengan demikian akan meningkatkan kadar efisiensi yang lebih besar.
- ❖ Meningkatkan volume darah, (jumlah plasma) oleh sebab itu akan lebih banyak darah yang didorong kedalam sirkulasi untuk setiap kontraksinya.
- ❖ Cardiac output (SV x HR) meningkat: jumlah darah yang dipompa dalam semenit.
- ❖ Menurunkan denyut nadi istirahat: apabila SV meningkat, maka tubuh yang membutuhkan darah dapat dipenuhi hanya dengan denyut permenit yang lebih rendah.

- ❖ Menurunkan denyut nadi latihan, jantung bekerja lebih efisien, yaitu dengan istirahat yang lebih lama.
- ❖ Pemulihan denyut nadi istirahat lebih cepat setelah latihan.
- ❖ Menurunkan tekanan darah istirahat dengan berlatih daya tahan.
- ❖ Meningkatkan aliran darah ke kulit dan keringat sebagai upaya menurunkan kadar panas.
- ❖ Menurunkan jumlah lemak dalam tubuh.
- ❖ Meningkatkan ukuran serat otot.
- ❖ Meningkatkan kekuatan otot daya tahan.
- ❖ Memperbaiki respon respiratori – setiap bernafas dapat dilakukan dengan lebih dalam, otot-otot yang mendukung proses bernafas juga tekoreksi positif dan efisiensi sistem yang lebih baik.
- ❖ Menurunkan stress.

b) Pengaruh Latihan daya tahan *Cardio-Respiratory* yang teratur:

Efek Langsung:

- ❖ Peningkatan kadar *neurotransmitters* dan hormon tertentu, khususnya epinephire yang merangsang peningkatan fungsi tubuh secara menyeluruh.
- ❖ Konstan atau aliran darah ke otak sedikit meningkat.
- ❖ Denyut jantung dan volume sekuncup meningkat (jumlah darah yang dipompa setiap denyutan).
- ❖ Peningkatan ventilasi pulmonal (jumlah udara yang dihirup tubuh dalam semenit). Lebih banyak udara dialirkan ke paru setiap bernafas dan kecepatan bernafas meningkat.
- ❖ Aliran darah ke perut, usus, hati dan ginjal dikurangi, mengakibatkan aktivitas saluran pencernaan berkurang dan juga pembuangan urin berkurang.

- ❖ Peningkatan tekanan darah sistolik.
- ❖ Peningkatan aliran darah dan transportasi oksigen ke otot skelet dan jantung.
- ❖ Peningkatan konsumsi oksigen. Apabila intensitas latihan meningkat, maka kadar laktat darah juga meningkat.
- ❖ Peningkatan produksi energi (ATP)
- ❖ Peningkatan aliran darah ke kulit, sehingga meningkatkan pengeluaran keringat untuk mempertahankan temperatur tubuh dengan aman.

Efek jangka panjang:

- ❖ Memperbaiki fungsi kognitif dan kemampuan memenej stress, menurunkan depresi, kegelisahan dan risiko serangan stroke.
- ❖ Ukuran jantung meningkat dan volume sekuncup istirahat; menurunkan kecepatan denyut jantung.
- ❖ Risiko penyakit jantung dan serangan jantung secara signifikan berkurang.
- ❖ Memperbaiki kemampuan mengekstrak oksigen dari udara sewaktu melakukan kegiatan.
- ❖ Menurunkan risiko demam dan infeksi saluran pernafasan atas (ISPA)
- ❖ Meningkatkan kecepatan pengeluaran keringat dan berkeringat lebih cepat, membantu mendinginkan tubuh.
- ❖ Meningkatkan volume darah serta densitas kapiler.
- ❖ Kadar yang lebih tinggi high-density lipoproteins (HDL) dan menurunkan kadar triglycerides; menurunkan tekanan darah darah istirahat dan mengurangi kekakuan platelet (satu faktor penyakit jantung koroner)

- ❖ Menurunkan risiko kanker usus serta jenis kanker lainnya.
- ❖ Peningkatan jumlah dan ukuran mitokondria pada sel otot;
- ❖ Peningkatan cadangan glikogen dan meningkatkan isi myoglobin;
- ❖ Memperbaiki kemampuan dalam menggunakan asam laktat dan lemak sebagai bahan bakar.
- ❖ Semua perubahan tersebut akan memberikan kemungkinan untuk menghasilkan energi yang lebih besar dan power output.
- ❖ Sensitivitas insulin tidak ada perubahan atau diperbaiki, kapasitas perbaikan untuk membantu meningkatkan prevensi Diabetes jenis 2.
- ❖ Massa tubuh bebas lemak di beberapa tubuh meningkat.
- ❖ Meningkatkan densitas dan meningkatkan kekuatan dalam mencegah kemungkinan patah tulang, ligaments, dan tendons, mengurangi risiko osteoporosis.
- ❖ Menurunkan lemak tubuh.

13.2.2 Prinsip-Prinsip Dasar Latihan

Latihan yang dilakukan dengan memperhatikan dasar-dasar latihan akan menunjukkan bahwa latihan tersebut telah dilakukan dengan dosis yang tepat. Diharapkan sistem tubuh akan membaik dengan jumlah latihan yang tepat. Seorang atlet harus memahami, mematuhi, dan melaksanakan sejumlah prinsip dasar latihan agar dapat tampil pada kapasitas fisik puncaknya. Gagasan mendasar ini adalah sebagai berikut:

1. Prinsip Beban Berlebih (*The overload principles*)

Menurut teori ini, setiap aktivitas fisik harus bertujuan untuk meningkatkan beban latihan secara bertahap dari satu latihan ke latihan berikutnya (Ananto dan Kadir, 1994). Beban kerja pelatihan secara bertahap

ditingkatkan dan disesuaikan dengan kapasitas fisiologis dan psikologis setiap orang. Organ tubuh harus memikul beban yang lebih berat selama latihan yang efektif daripada yang dilakukannya selama aktivitas normal sehari-hari. Walaupun setiap orang menerima jumlah beban yang berbeda, secara teori masing-masing menerima beban sampel yang mendekati maksimum.

Peningkatan kemampuan fisik dapat dipengaruhi oleh beban latihan yang sangat menuntut atau yang hampir mencapai batas kapasitas seseorang. Pelatihan dan penyesuaian jangka panjang diperlukan untuk meningkatkan kinerja seseorang, dan meningkatkan beban pelatihan juga diperlukan untuk meningkatkan kapasitas seseorang untuk orgasme morfologis, fisiologis, dan psikologis (Astrand dan Rodahl, 1986). Penambahan beban latihan secara bertahap diperlukan untuk mencegah kerusakan jaringan.

2. Prinsip Latihan Beraturan (*the principle of arrangement of exercise*)

Sesuai prinsip latihan teratur, aktivitas fisik harus dilakukan secara konsisten, metodis, dan teratur (Ananto dan Kadir, 1994). Pemanasan, latihan inti, dan pendinginan adalah tiga tahapan dari setiap latihan yang harus diselesaikan. Kelompok otot terbesar harus dikerjakan terlebih dahulu, diikuti oleh yang lebih kecil (Fox et al., 1993).

3. Prinsip Kekhususan (*The principle of specificity*)

Menurut prinsip kekhususan latihan, latihan harus disesuaikan dengan tujuan dan sasaran latihan yang akan diselesaikan. Seseorang harus berlatih sesuai dengan otot yang paling sering digunakan dalam cabang latihan tertentu untuk menguasainya. Menurut Bompa (1990), pelatihan kekhususan menghasilkan perubahan morfologis

dan fungsional yang berhubungan dengan kekhususan cabang. Sebagai gambaran, diperlukan latihan khusus untuk pembentukan otot tergantung dari jenis otot, intensitas latihan, dan faktor lainnya.

4. Prinsip Individual (*The principle of individuality*)

Jumlah latihan yang harus diberikan tergantung pada individu dan berbeda tergantung pada usia, jenis kelamin, kesehatan, dan tingkat kebugaran fisik. Faktor individu harus diperhatikan karena pada hakikatnya setiap orang memiliki ciri fisik dan psikis yang unik. Kapasitas kerja, penyesuaian kapasitas fungsional individu, dan keunikan organisme semuanya harus diperhitungkan dalam kasus ini.

5. Prinsip Kembali Asal (*The principle of reversibility*)

Jika tidak dipertahankan, setiap hasil pelatihan kembali ke kondisi awal. *Detraining* akan mengakibatkan penurunan kapasitas fisiologis tubuh, yang akan mengembalikannya ke kondisi semula, dimana memiliki kapasitas fisik yang sama baik sebelum maupun sesudah latihan. Karena itu, latihan harus dilakukan terus menerus.

c) Dosis Latihan

1. Frekuensi Latihan

Istilah "frekuensi latihan" mengacu pada jumlah latihan yang dilakukan selama jangka waktu tertentu (hari, minggu, bulan, dll.). Setidaknya dua kali seminggu harus disisihkan untuk berolahraga, dan tiga sampai empat kali seminggu dapat meningkatkan intensitas (Powers, 2007). Bergantung pada olahraganya, latihan yang berbeda harus dilakukan lebih sering. 3-5 hari seminggu, setidaknya selama 16 minggu, dianggap sebagai standar latihan aerobik. Lima hari seminggu

harus dikhususkan untuk latihan lari cepat (Soekarman, 1987).

2. Durasi Latihan

Durasi latihan menggambarkan waktu berlangsungnya suatu latihan. Orang umumnya dipimpin oleh anggapan bahwa pelatihan yang lebih lama dan lebih sering akan menghasilkan hasil yang lebih baik. Namun, perlu diingat bahwa olahraga tidak boleh dilakukan secara berlebihan, dan pertimbangan harus diberikan pada waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan (Furqon, 1995).

3. Intensitas Latihan

Kaliber kinerja menentukan seberapa intens latihan itu. Jumlah pekerjaan per menit ditampilkan di sini. Menurut Furqon (1995), persentase kinerja terbaik, berat beban yang diangkat dalam sekali usaha, frekuensi dan kecepatan latihan, serta langkah latihan (lambat, cepat, halus, eksplosif, optimal) semuanya berfungsi sebagai indikator intensitas latihan.

Nilai ambang batas anaerobik dapat digunakan untuk menghitung intensitas latihan di laboratorium. Namun, detak jantung lebih praktis di lapangan. Metode nilai ambang anaerobik menekankan pada kemampuan otot, sedangkan metode denyut jantung menekankan pada kemampuan sistem jantung-paru ($V_{O2\text{ max}}$) (Soekarman, 1987:64). Fox (1993) menemukan bahwa $V_{O2\text{ max}}$ meningkat dengan intensitas latihan. Ketika $V_{O2\text{ max}}$ kurang dari 50% dan lebih besar dari 80%, ambang intensitas untuk latihan rendah (Powers). 2007).

Tindakan terbaik adalah menekankan kekuatan otot, jantung, dan paru-paru. Latihan harus mencapai 85% dari detak jantung maksimum (MHR) atau 80%

dari cadangan detak jantung (HRR), tergantung pada penekanan mana yang Anda tempatkan pada keduanya.

13.3 Sistem Kardiovaskular

1. Pengertian

Sistem kardiovaskular adalah sekelompok organ yang bekerja sama untuk melakukan proses transportasi tubuh. Darah, yang mengandung nutrisi, produk limbah, hormon, zat kekebalan, dan zat lainnya, diangkut ke seluruh tubuh oleh sistem ini. Alhasil, setiap bagian tubuh akan mendapat nutrisi dan mampu mengeluarkan sisa-sisa metabolismenya ke dalam darah. Dimungkinkan untuk mengontrol seberapa cepat metabolisme bekerja dengan mengirimkan hormon ke setiap area tubuh. Selain itu, sistem ini memastikan bahwa area tubuh yang telah dipotong terbuka atau cedera menerima pasokan zat kekebalan yang stabil dalam upaya menghentikan infeksi. Dari sini jelaslah bahwa tugas utama sistem kardiovaskular adalah membawa darah dan zat-zat yang dikandungnya ke setiap bagian tubuh.

2. Komponen Sistem Kardiovaskuler

Jantung dan pembuluh darah seseorang membentuk sistem kardiovaskular mereka. Jantung berfungsi sebagai pompa dan pembuluh darah berfungsi sebagai saluran atau pipa dalam sistem ini, yang fungsinya mirip dengan sistem irigasi rumah. Semua bagian tubuh manusia menerima darah dan zat yang dikandungnya berkat sistem ini. Jantung harus terus berdetak terus menerus agar darah terus mengalir ke seluruh area tubuh. Kami tidak dapat mengontrol atau menyadari sistem saraf otonom (ANS), yang mengontrol detak jantung.

Menjadi sistem tertutup, sistem kardiovaskular mengangkut darah hanya di dalam jantung dan pembuluh darah, tidak pernah di luarnya. Pembuluh darah dapat dibagi menjadi dua kelompok sesuai dengan bagaimana darah mengalir. Arteri dan vena, yang membawa darah masuk dan keluar dari jantung, didahulukan. Pembuluh darah (arteri dan vena) dapat dibedakan menjadi pembuluh darah besar, sedang, dan kecil berdasarkan ukuran penampang (diameter).

3. Anatomi Sistem Kardiovaskuler

Jantung

Jantung biasanya duduk di sisi kiri rongga dada (thorax). Jantung berada di sisi kanan saat ada dextrocardia. Pembuluh darah besar dan organ paru-paru, serta timus di depan, mengelilingi jantung. Empat ruang jantung dibagi oleh septum jantung. Empat ruang jantung adalah atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel kiri.

Septum interventrikular dan septum atrioventrikular adalah yang menimbulkan ruang jantung ini. Dua katup jantung, katup trikuspid dan bikuspid, terletak di septum atrioventrikular. Dikenal sebagai bikuspidalis karena hanya memiliki dua pelat katup dan sebagai trikuspidalis karena memiliki tiga pelat katup. Ukuran ventrikel kanan dan kiri serta atrium sama. Ventrikel dikelilingi oleh septum interventrikular yang tebal dan otot jantung, sedangkan atrium dikelilingi oleh otot jantung yang tipis.

Lapisan endotel, endokardium, miokardium, dan dua lapis perikardium (bagian dalam = visceral dan bagian luar = parietal) melapisi empat bilik jantung. Cincin berserat atrioventrikular, yang terdiri dari jaringan ikat fibrosa yang ditutupi oleh endotelium di

kedua sisi, inilah yang menimbulkan katup jantung. Di jantung, darah hanya mengalir satu arah, dari kanan ke kiri. Karena katup jantung akan menghentikan aliran darah ke belakang, hal ini dimungkinkan. Hanya atrium kanan ke ventrikel kanan dan atrium kiri ke ventrikel kiri yang dapat melewati katup ini. Satu arah adalah aliran darah melalui jantung. Darah yang rendah oksigen dan tinggi CO₂ mengalir dari atrium kanan ke ventrikel kanan. Darah kemudian mengalir melalui arteri pulmonalis ke paru-paru, di mana ia dioksigenasi. Vena pulmonal, yang membawa darah kembali ke atrium kiri jantung dari paru-paru, membawa darah kaya oksigen yang telah teroksigenasi di paru-paru. Ventrikel kiri menerima aliran darah dari atrium kiri, yang kemudian mengalir melalui aorta ke seluruh tubuh.

4. Fungsi Sistem Kardiovaskuler

Jantung Sebagai Pompa. Detak Jantung memiliki sistem yang memungkinkannya berdetak secara mandiri. Simpul atrioventrikular (AV node), bundel His (bundel His) dan cabang-cabangnya, serta serabut Purkinje, membentuk sistem ini, yang juga dikenal sebagai sistem konduksi. Aspek posterior kanan septum inter-atrium adalah lokasi nodus AV, dan nodus SA terletak pada pembukaan vena kava inferior. Bagian anterior (bundel Bachman), medial (Wenckebach), dan posterior (Thorel) dari tiga bundel yang membentuk serat antara nodus atrium. Secara histologis, sistem konduksi ini merupakan versi modifikasi dari otot jantung dengan serat silang yang lebih sedikit dan batas sel yang tidak jelas. Sel-sel kecil dan bulat dengan sedikit organel internal membentuk nodus SA dan AV. Nodus SA adalah pencipta asli detak jantung dalam kondisi normal. Detak jantung

ditentukan oleh laju pelepasan listrik. Impuls kemudian mengikuti lintasan antara nodus atrium ke nodus AV, lalu dari nodus ini ke berkas His.

Daerah posterobasal dari ventrikel kiri adalah daerah terakhir jantung yang mengalami depolarisasi. Irama jantung dikenal sebagai irama sinus karena pada jantung manusia yang sehat, setiap detak berasal dari simpul SA. Detak jantung rata-rata saat istirahat adalah 70 detak per menit. Saat Anda tidur, detak jantung Anda akan lebih lambat (bradikardia) dan akan berdetak lebih cepat (takikardia) saat Anda berolahraga, merasa emosional, sakit, atau karena alasan lain.

5. Mekanisme Pengaturan Sistem Kardiovaskuler

Meskipun jantung mampu memulai kontraksinya sendiri, sistem saraf memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas jantung. Akibatnya, jantung terus berdetak sesuai dengan kebutuhan tubuh. Saraf simpatis dan parasimpatis bertindak sebagai saluran untuk impuls pengatur yang dikirim oleh pusat pengatur di otak dan sumsum tulang belakang. Tindakan saraf simpatis dan parasimpatis berlawanan secara diametris. Saraf parasimpatis yang mendukung jantung adalah saraf vagus.

❖ *Pusat Regulasi Jantung*

Untuk memungkinkan faktor fisik dan emosional mempengaruhi aktivitas jantung, korteks serebral adalah tempat pusat tertinggi berada. Hipotalamus posterior, yang mengirimkan impuls ke pusat eksitasi di medula oblongata, dan hipotalamus medial, yang mengirimkan impuls ke pusat penghambat di medula oblongata, adalah

pusat berikutnya di bawah korteks. Sistem saraf simpatik dan parasimpatis masing-masing dipengaruhi oleh impuls pusat eksitasi dan inhibisi.

❖ *Parasimpatis*

Impuls sistem saraf parasimpatis memiliki kecenderungan untuk menurunkan aktivitas jantung, termasuk detak jantung, konduktivitas, kontraktilitas, dan sensitivitas otot jantung. Variasi nada vagus merupakan kontributor signifikan terhadap perubahan detak jantung.

❖ *Simpatik*

Memancarkan impuls terus menerus yang memiliki kecenderungan untuk mempercepat aktivitas jantung, seperti :

- Meningkatkan frekuensi detak jantung.
- Meningkatkan konduktivitas.
- Mengintensifkan kontraktilitas.
- Meningkatkan kepekaan otot jantung.

Gambar di sebelah kalimat ini memberikan detail tambahan :

❖ *Refleks jantung*

Refleks eksitasi jantung dan refleks penghambatan jantung adalah dua refleks yang memengaruhi jantung. Reseptor, serat aferen yang membawa impuls ke pusat refleks, pusat refleks di medula oblongata, serat eferen yang membawa impuls dari pusat refleks ke jantung, dan jantung itu sendiri, organ efektor, membentuk refleks ini.

6. Mekanisme pengaturan vaskuler

Pembuluh darah terutama diatur dalam arteriol, yang juga membantu mengontrol tekanan darah. Hal ini memungkinkan pengaturan distribusi darah sesuai dengan kebutuhan tubuh. Untuk mengontrol diameter arteriol, otot mereka dapat berkontraksi. Medula oblongata menampung pusat vasomotor, yang bertanggung jawab untuk mengontrol fungsi pembuluh darah. Korteks serebral dan hipotalamus diperkirakan menampung pusat yang terletak di atasnya.

Sistem simpatis memainkan peran kunci dalam mengendalikan pembuluh darah, berbeda dengan jantung, di mana sistem parasimpatis paling penting. Arteriol di kulit dan organ dalam akan menyempit karena sistem saraf simpatik; namun, vasodilatasi pasif dari arteriol ini disebabkan oleh tekanan darah. Arteriol otot rangka melebar dalam sistem saraf simpatik. Hanya arteriol kelenjar ludah dan genital yang berada di bawah kendali serat parasimpatis. Vasodilatasi akan terjadi akibat perangsangan sistem saraf parasimpatis pada kedua organ tersebut. Aktivitas kontrol yang sama terjadi berlawanan dengan vena.

13.4 Pengaruh Aktivitas Fisik Pada Sistem Kardiovaskular

Setiap gerakan tubuh yang meningkatkan pengeluaran energi dianggap aktif secara fisik. Indeks kebugaran sistem kardiovaskular dapat ditingkatkan dengan melakukan aktivitas fisik melalui olahraga. Sistem kardiovaskular dapat dipengaruhi secara langsung oleh aktivitas fisik. Efek akut dan jangka panjang dimungkinkan. Olahraga adalah salah satu cara paling efisien untuk memperkuat otot jantung, mengatur berat badan, dan mencegah kerusakan arteri akibat kolesterol tinggi,

hiperglikemia, dan tekanan darah tinggi, yang dapat menyebabkan serangan jantung atau stroke. Memang benar bahwa latihan kardio sering direkomendasikan sebagai bentuk latihan terbaik untuk meningkatkan kesehatan jantung, dan banyak penelitian mendukung klaim tersebut. Misalnya, membantu menjaga berat badan yang sehat, mengurangi penumpukan plak, menurunkan tekanan darah dan kadar kolesterol, serta meningkatkan aliran darah.

Tergantung pada jenis latihan yang dilakukan, ada dua adaptasi ventrikel kiri. Beban volume berlebih yang dibawa oleh latihan ketahanan meningkatkan tekanan dinding. Hipertrofi ventrikel eksentrik, atau peningkatan ukuran rongga ventrikel dan massa ventrikel, adalah adaptasi ventrikel kiri terhadap latihan ini. Latihan kekuatan juga menghasilkan adaptasi hipertrofi konsentris, yang ditandai dengan peningkatan massa ventrikel dan ketebalan dinding dengan dimensi rongga normal. Seperti ruang jantung lainnya, pembesaran ventrikel kiri sebanding. Setelah beberapa bulan berolahraga, adaptasi ventrikel kiri terlihat jelas.

Olahraga adalah aktivitas multifaset yang memiliki efek positif pada jaringan tubuh dan sangat penting untuk memerangi penyakit kardiovaskular. Olahraga meningkatkan kapasitas aerobik dan berfungsi sebagai mekanisme perlindungan bagi jantung. Pengelolaan faktor risiko dan penyakit kardiovaskular dipengaruhi jangka panjang oleh aktivitas fisik. Risiko kematian terkait penyakit kardiovaskular dan perkembangan penyakit kardiovaskular diturunkan secara signifikan dengan olahraga. Pada tingkat aktivitas yang setara dengan 150 menit latihan intensitas sedang per minggu, risiko penyakit kardiovaskular berkurang secara signifikan. Olahraga teratur memiliki dampak yang signifikan dan langsung terhadap tekanan darah. Risiko terkena hipertensi lebih rendah pada orang dengan tekanan darah normal, yang

menguntungkan. Tekanan darah sistolik dan diastolik pada penderita hipertensi menurun, yang juga menguntungkan.

Olahraga memiliki dampak positif pada sistem kardiovaskular dengan menyebabkan perubahan yang menghasilkan peningkatan perfusi miokard, peningkatan volume sekuncup, peningkatan volume rongga, dan penebalan dinding jantung. Aktivitas fisik meningkatkan detak jantung dan volume sekuncup, yang mengarah pada peningkatan curah jantung. Latihan yang kuat dapat menyebabkan stroke volume menjadi dua kali lipat. Volume ruang dan ketebalan dinding ditingkatkan dengan olahraga. Ini adalah elemen kunci dalam meningkatkan curah jantung.

Adapun jenis-jenis olahraga kardiovaskular yang dapat dilakukan adalah:

1) Aerobik

Latihan seperti aerobik sangat baik untuk kesehatan jantung. Lari, lompat tali, bersepeda, mendayung, dan aerobik hanyalah beberapa latihan aerobik yang bisa dilakukan. Latihan aerobik yang teratur dapat mengurangi detak jantung dengan menurunkan tekanan darah dan meningkatkan pernapasan, yang keduanya mengurangi beban kerja jantung.

2) Latihan Interval

Latihan seperti latihan interval sama bermanfaatnya dengan aerobik. Jika dilakukan secara rutin, latihan interval dapat membantu Anda menjaga kesehatan jantung sekaligus mencegah diabetes, menurunkan berat badan, dan menambah kebugaran.

3) *Total Body Workout*

Seluruh tubuh dilakukan dalam olahraga ini. Karena begitu banyak otot yang digunakan dalam gerakan, latihan tubuh secara total dapat memperkuat otot jantung. Mendayung, berenang, ski lintas alam, dan olahraga lainnya termasuk

dalam kategori ini. Untuk meningkatkan latihan, tentunya kita juga dapat menyertakan beberapa latihan interval.

4) Latihan Inti dan Yoga

Pilates dan latihan penguatan inti lainnya dapat melakukannya dengan meningkatkan fleksibilitas dan keseimbangan sekaligus memperkuat otot inti. Di sisi lain, yoga juga dapat menurunkan tekanan darah, membuat pembuluh darah lebih elastis, dan meningkatkan kesehatan jantung. Oleh karena itu, yoga juga berfungsi untuk memperkuat jantung pada saat yang bersamaan.

Pengaruh latihan fisik terhadap sistem kardiovaskular adalah pencegahan penyakit kardiovaskular, pencegahan disfungsi diastolik, adaptasi venrikel kiri, peningkatan stroke volume, peningkatan kavitas volume, penebalan dinding jantung, penurunan denyut jantung, perbaikan perfusi miokardial, dan perubahan profil lipid berupa peningkatan HDL. Orang sering mengabaikan pentingnya menjaga kesehatan jantung karena gaya hidup yang sangat tidak sehat saat ini, mulai dari pilihan makanan yang buruk hingga dampak teknologi yang semuanya serba instan.

Di sisi lain, kesadaran masyarakat akan kesehatan jantung masih sangat minim. Inilah mengapa masih banyak orang yang meninggal karena penyakit jantung koroner. Memang, ada faktor yang tidak dapat diubah, biasanya bersifat genetik. Namun, faktor-faktor yang dapat diubah dimulai dengan menjalani hidup sehat, termasuk mengurangi konsumsi makanan tinggi kolesterol dan lebih banyak melakukan aktivitas fisik, seperti berolahraga. Olahraga yang baik harus disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik fisik masing-masing orang, bukan olahraga yang dipaksakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. (2012). *Olahraga Kebugaran Jasmani: Sebagai Suatu Pengantar*.
- Astrand, P. O. And Rodahl, K. (1986). *Textbook Of Work Physiology* (Mcgraw Hill, New York).
- Ananto, Purnomo & Abdul Kadir. 1994. *Memelihara Kesehatan Dan Kebugaran Jasmani*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, pusat.
- Bompa Tudor O. (1990). *Theory And Methodology Of Training*. Debuque, Iowa.
- Depdiknas (2007). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*.
- Djoko Pekik Irianto. (2004). *Bugar dan Sehat Dengan Olahraga*. Yogyakarta: Andi Offse
- Febriani Fajar, E. (2018). Upaya Mencegah Penyakit Jantung dengan Olahraga Oleh: Febriani Fajar Ekawati 1. 257–266.
- Fikriana, R. (2018). *Sistem kardiovaskuler*. Deepublish.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise.
- Harzuki. 2003. *Perkembangan Olahraga Terkini*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Kaplan, Norman M. and Stamler, Jeremiah. 1983. *Prevention of Coronary Heart Disease: Practical Management of the Risk Factors*. USA: W. B. Saunders
- Majid, A. (2007). *Penyakit Jantung Koroner: Patofisiologi, Pencegahan Dan Pengobatan Terkini*. Universitas Sumatera Utara.
- Majid, W. (2020, December). Perilaku aktivitas olahraga terhadap peningkatan kebugaran jasmani pada masyarakat. In *Seminar Nasional Keolahragaan* (Vol. 1).

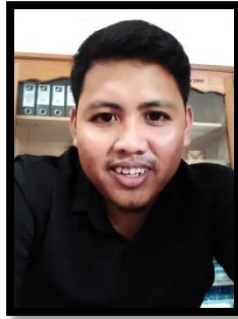
- M. Furqon H. (1995). *General Theory of Training*. Surakarta: Sebelas Maret.
- Monteiro, D., Machado, S., Moutão, J., Bento, T., Vitorino, A., Alves, S., ... & Cid, L. (2019). Physical exercise and sedentary lifestyle: health consequences. *Espiral. Cuadernos del profesorado*, 12(25), 75-88.
- Muttaqin, A. (2009). *Pengantar Asuhan Keperawatan Dgn Gangguan Sistem Kardiovaskular*. Penerbit Salemba.
- Prativi, G. O. (2013). Pengaruh aktivitas olahraga terhadap kebugaran jasmani. *Journal of Sport Science and Fitness*, 2(3).
- Soekarman. (1987). *Dasar Olahraga Untuk Membina Pelatih dan Atlet*. Jakarta: Inti Daya Pres
- Tanzila, R. A., & Hafiz, E. R. (2019, August). *Latihan Fisik Dan Manfaatnya Terhadap Kebugaran Kardiorespirasi*. In *Conferences of Medical Sciences Dies Natalis* (Vol. 1, No. 1, pp. 316-322).
- Tremblay, M. S., Colley, R. C., Saunders, T. J., Healy, G. N., & Owen, N. (2010). Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 35(6), 725-740.
- van Tol, B. A., Huijsmans, R. J., Kroon, D. W., Schothorst, M., & Kwakkel, G. (2006). Effects of exercise training on cardiac performance, exercise capacity and quality of life in patients with heart failure: a meta-analysis. *European journal of heart failure*, 8(8), 841-850.
- Wijayanto, M. A. (2019). *Olahraga Sebagai Pencegahan Penyakit Jantung Koroner*.
- Willenheimer, R., Erhardt, L., Cline, C., Rydberg, E., & Israelsson, B. (1998). Exercise training in heart failure improves quality of life and exercise capacity. *European heart journal*, 19(5), 774-781.

BIODATA PENULIS**Dr. Ilham Kamaruddin, S. Pd., M. Pd.**

Dosen Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Sinjai tanggal 19 Desember 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Makassar. Tahun 2007 menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi FIK UNM. Pada tahun 2009 menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S2) pada Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Makassar Jurusan Pendidikan Jasmani dan Olahraga. Pada tahun 2019 menyelesaikan studi pada Program Dotor (S3) Jurusan Pendidikan Olahraga pada Pasca Sarjana, Universitas Negeri Jakarta. Selain aktif mengajar, penulis juga aktif mempublikasikan karya tulis ilmiahnya baik pada jurnal nasional maupun pada jurnal internasional. Beberapa Buku yang telah diterbitkan diantaranya buku Metodologi Penelitian, Beladiri anggar, Permainan Bola Kecil, Media Pengajaran, Manajemen Pendidikan, Konsep Dasar Ilmu Pendidikan, Strategi Pembelajaran, gizi Kesehatan, Gizi dalam Daur Kehidupan dan Metodologi Penelitian Kesehatan Masyarakat.

BIODATA PENULIS



M. Imran Hasanuddin

Dosen Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi
Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Ujung Pandang, 23 Pebruari 1990. Telah menyelesaikan pendidikan SD Negeri 1 Paccinang, SMP Negeri 19 Makassar dan SMA Negeri 12 Makassar. Menyelesaikan pendidikan S-1 Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi di Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Makassar dan S-2 pada Program Magister Pendidikan Jasmani dan Olahraga Kekhususan Sekolah Dasar, Universitas Negeri Makassar. Penulis merupakan dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan. Selain aktif melaksanakan tugas sebagai dosen, juga sebagai Pengurus Provinsi Federasi Kurash Indonesia (PENGPROV Ferkushi) Sulawesi Selatan (2022-2026). Telah menerbitkan buku dengan judul Model Pendekatan Bermain pada Peningkatan Kesegaran Jasmani Usia Sekolah Dasar dan Psikologi Belajar dan Pembelajaran.

BIODATA PENULIS



Muhammad Qasash Hasyim
Dosen Universitas Negeri Makasar

Penulis bernama lengkap Muhammad Qasash Hasyim, tempat tanggal lahir Sinjai, 21 Mei 1993. Penulis Adalah anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis adalah Alumnus dari Universitas Negeri Makassar baik S1 Maupun S2 dan sekarang mengabdikan sebagai dosen di Universitas Negeri Makasar. Penulis adalah dosen muda yang baru belajar tentang cara menulis dan membuat karya ilmiah.

BIODATA PENULIS



Jumaking

Dosen Tetap Universitas Sembilanbelas November Kolaka
Program Studi Pendidikan Jasmani.

Penulis lahir di Bulukumba pada tanggal 10 November 1991. Penulis merupakan dosen tetap di Universitas Sembilanbelas November Kolaka Program Studi Pendidikan Jasmani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar pada tahun 2014 dan Menyelesaikan Program Magister pada Program studi dan Universitas yang sama pada tahun 2016. Tahun 2017-2019 sebagai Dosen tetap Pendidikan Jasmani STKIP Mega Rezky Makassar. Tahun 2019 – Sekarang Dosen Tetap Pendidikan Jasmani Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Selain tugas mengajar penulis juga aktif membina dan melatih, diantaranya sebagai Pembina UKM Menwa USN Kolaka, Pembina Club Futsal Mahasiswa USN Kolaka, dan Pembina Club Panahan USN Kolaka.

BIODATA PENULIS

Andi Muhammad Fadlih
Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Sinjai pada tanggal 08 September 1993. Pada tahun 1999 penulis mengawali jenjang pendidikan formal di SD Negeri 43 Kab. Sinjai dan selesai pada tahun 2005, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri I Sinjai Selatan Kab. Sinjai dan selesai pada tahun 2008, di tahun 2008 sampai 2011 menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Sinjai Selatan Kab. Sinjai, dan pada tahun 2011 kembali melanjutkan pendidikan di Universitas Negeri Makassar, dan terdaftar sebagai mahasiswa FIK (Fakultas Ilmu Keolahragaan) Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi. lulus S1 pada tahun 2015. Dan di tahun 2012, 2013, dan 2014 penulis aktif mengikuti kejuaraan nasional anggar (Kejurnas Anggar mewakili Provinsi Sulawesi Selatan). Pada tahun 2016 melanjutkan kembali pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Negeri Makassar Jurusan Pendidikan Jasmani dan Olahraga sebagai awardee Beasiswa Unggulan Kemdikbud RI pada jenjang S2, sembari bekerja sebagai penyiar berita TVRI. Pada di tahun 2017 menerima Award Best Idea for Future Startegy, dalam ajang Asia Pacific Future Leader di Kuala Lumpur Malaysia, dan penulis menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 2018. Terangkat sebagai PNS dosen KEMENRISTEKDIKTI tahun 2019 dan bertugas di Universitas Musamus Merauke sampai tahun 2022 dan pindah *home base* ke Universitas Negeri Makassar sejak Juli 2022.

BIODATA PENULIS



Ika Nilawati, S.Si., M.Or

Dosen Program Studi Ilmu Keolahragaan
Universitas Ngudi Waluyo

Penulis lahir di Kendal Provinsi Jawa Tengah pada tanggal 28 September 1991. Penulis merupakan dosen tetap di Universitas Ngudi Waluyo Program Studi Ilmu Keolahragaan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang dan S2 Magister Ilmu Keolahragaan Universitas Sebelas Maret.

BIODATA PENULIS



Agus Sutriawan, S.Or., M.Pd.

Dosen Program Studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar.

Penulis lahir di Pinrang tanggal 5 Mei 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Keolahragaan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Pendidikan Jasmani dan Olahraga. Penulis menekuni bidang Menulis dan Melatih fisik semua cabang Olahraga.

BIODATA PENULIS



Nur Amin, S.Si., M.Gizi

Dosen Program Studi Ilmu Keolahragaan
Fakultas Kesehatan Universitas Ngudi Waluyo

Penulis lahir di Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah Pada Tanggal 04 Nopember 1989. Penulis merupakan Dosen yang sekaligus sebagai Ketua Program Studi Ilmu Keolahragaan Fakultas Kesehatan Universitas Ngudi Waluyo. Nur Amin memiliki latar belakang Pendidikan S1 Ilmu Keolahragaan Lulus tahun 2012 pada Universitas Negeri Semarang dan S2 Magister Ilmu Gizi Lulus tahun 2015 pada Universitas Diponegoro.

Nur Amin aktif di bidang organisasi eksternal. Yaitu sebagai pengurus Asosiasi Program Studi Ilmu Keolahragaan Seluruh Indonesia (P2SIKI), Pengurus Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Kab. Grobogan serta Pengurus Ikatan Sarjana Olahraga Indonesia (ISORI) Jawa Tengah. Sedangkan pada bidang praktisi, Nur Amin aktif sebagai pelatih cabang olahraga paralayang Kabupaten Grobogan hingga saat ini.

BIODATA PENULIS**Yanesti Nuravianda Lestari, S.Gz., M.Gizi.**

Dosen Program Studi Gizi, S1 Jurusan Ilmu Kesehatan
Masyarakat

Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang

Penulis lahir di Mojokerto tanggal 18 Januari 1989. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Gizi S1, Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Gizi dan Kesehatan di Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2011 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Magister Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang pada tahun 2015. Penulis memiliki ilmu kepakaran di bidang pangan, gizi, dan olahraga. Banyak hasil publikasi ilmiah baik di tingkat nasional maupun internasional yang terindeks yang telah dihasilkan penulis baik di bidang pangan, gizi, maupun olahraga yang terkait dengan kesehatan.

BIODATA PENULIS



Agustiawan

Penulis lahir di Bangka, 2 Agustus 1993 merupakan Dokter di Rumah Sakit Islam (RSI) Ibnu Sina Pekanbaru dan Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Arifin Achmad Pekanbaru, Riau. Penulis menyelesaikan pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh pada tahun 2018. Sekarang juga sedang menjalani Pendidikan Ilmu Hukum di Universitas Terbuka serta telah menyelesaikan pendidikan Promosi Kesehatan dan Ilmu Perilaku dalam pendidikan S2 Magister Kesehatan Masyarakat di Institut Kesehatan Helvetia Medan.

Penulis tergabung dalam organisasi Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI), Perkumpulan Promotor dan Pendidik Kesehatan Masyarakat Indonesia (PPPKMI), Ikatan Dokter Indonesia (IDI), Persatuan Ahli Kesehatan dan Keselamatan Kerja Indonesia (PAKKI), dan mendirikan Perkumpulan *Health Education and Promotion* (HEP) Indonesia. Menyelesaikan program kursus Ahli Ilmu Faal Olahraga Klinis (AIFO-K) dan mendapatkan sertifikasi tersebut dari BNSP RI. Penulis aktif menulis beberapa jurnal dengan bahasan yang fokus pada Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Kedokteran. Agustiawan juga merupakan *Fellowship* dari *Royal Society for Public Health* (FRSPH) yang berpusat di London, UK. Agustiawan juga menyelesaikan Diploma dalam *Sustainable Management* dari IBMI Berlin.

BIODATA PENULIS**Robertus Lili Bile, S.Pd., M.Or**

Dosen Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan & Rekreasi STKIP
Citra Bakti – Ngada

Robertus Lili Bile, S.Pd., M.Or, lahir pada tanggal 19 November 1989 di Larantuka – Nusa Tenggara Timur. Pada tahun 2008, menempuh studi jenjang S1 di Universitas PGRI NTT dan lulus pada tahun 2012. Sejak tahun 2012 – 2017, bekerja sebagai Mitra Pengajar di STKIP Citra Bakti Ngada. Pada tahun 2017 – 2019, melanjutkan studi ke jenjang Pascasarjana di Universitas Negeri Yogyakarta dan memperoleh gelar Magister Olahraga (M.Or) pada Program Studi Ilmu Keolahragaan. Bidang ilmu yang digeluti adalah ilmu olahraga kesehatan dengan fokus keahlian pada bidang latihan kebugaran jasmani. Penulis sangat tertarik pada isu-isu olahraga kesehatan yang meliputi upaya promotif pemeliharaan kebugaran jasmani.

Tahun 2020 penulis menjadi Dosen tetap Yayasan pada Lembaga STKIP Citra Bakti Ngada. Pengalaman dalam bidang pendidikan dan pengajaran yakni mengampu beberapa mata kuliah antara lain: Anatomi Olahraga, Atletik, Tes dan Pengukuran Olahraga, Fitness, Pencegahan & Perawatan Cedera Olahraga, Massage Olahraga dan Renang. Penulis aktif dalam mengembangkan modul dan bahan ajar mata kuliah untuk memudahkan mahasiswa dalam mengakses materi-materi perkuliahan secara lengkap. Dalam bidang penelitian, pada tahun 2021 Lolos seleksi dan mendapatkan Hibah Penelitian dari Kemendikbudristek Dikti untuk skema Penelitian Dosen Pemula tahun pelaksanaan 2022. Penulis aktif mengembangkan model-model latihan kebugaran jasmani berbasis latihan pernapasan yang telah mendapatkan sertifikat HkI. Penulis juga aktif melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Pada tahun 2022, lolos sebagai Dosen Pendamping Lapangan (DPL) dalam program Kampus Mengajar yang diselenggarakan oleh Kemendikbudristek Dikti.

BIODATA PENULIS



Dr. Oki Candra, S.Pd., M.Pd,
Dosen Penjaskesrek di Universitas Islam Riau

Penulis Lahir di Baserah 01 Oktober 1988, anak ketiga dari tujuh bersaudara pasangan Bapak Anizar dan Ibu Yuliarnis (Alm). Menikah dengan Putri Wahyuni, S.Pd., M.Pd dan mempunyai 3 orang anak bernama Excelia Humaira PC, Queensha Shahia PC, Hazig Gibran PC. Menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 01 Kuantan Hilir Kab. Kuantan Singingi (2000), SMP Negeri 1 Kab. Kuantan Singingi (2003), dan SMA Negeri 1 Kuantan Hilir Kab. Kuantan Singingi (2006). Kemudian tahun 2006 melanjutkan pada program Sarjana (S1) Pendidikan Jasmani kesehatan dan Rekreasi di Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Islam Riau. Pada tahun 2011 berkesempatan meneruskan kuliah pada program Magister (S2) Manajemen Pendidikan Olahraga di Program Pascasarjana Universitas Negeri Padang dan pada tahun 2015 meneruskan kuliah pada program Doktor (S3) Pendidikan Olahraga di Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta.

Pengalaman Kerja: Dosen Penjaskesrek di Universitas Islam Riau (2011-sekarang). Pengalaman berorganisasi yaitu sebagai pengurus Perbasi Provinsi Riau 2016-2020, Pengurus Olahraga Petanque Kota Pekanbaru 2019 s/d 2023, Pengurus Perbasi Kota Pekanbaru 2021-2025 dan Pengurus Isori Provinsi Riau. Adapun Buku yang sudah terbitkan dengan judul buku Keterampilan Bola Basket dan Buku Psikologi Olahraga. Pengalaman melatih bola basket yaitu dimulai dari tahun 2006- sekarang.