



# UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

Jl. PGRI I Sonosewu No. 117 Yogyakarta - 55182 Telp. (0274) 376808, 373198, 373038 Fax. (0274) 376808

E-mail : info@upy.ac.id

**PETIKAN**  
**KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA**  
Nomor : 039.1 /SK/REKTOR-UPY/III/2024

Tentang

**PENGANGKATAN DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH SEMESTER GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2023/2024 DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA  
REKTOR UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

Menimbang : dst.  
Mengingat : dst.  
Memperhatikan: dst.

**MEMUTUSKAN**

Menetapkan : PENGANGKATAN DOSEN PENGAMPU MATA KULIAH SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2023/2024 DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA

- Pertama : Mengangkat Saudara yang namanya tersebut pada lajur 2 Lampiran keputusan ini sebagai Dosen Pengampu Mata Kuliah pada Semester Genap Tahun Akademik 2023/2024.
- Kedua : Menugaskan kepada para Dosen Pengampu Mata Kuliah dimaksud untuk melaksanakan pembelajaran matakuliah sebagaimana tercantum pada lajur 3 lampiran keputusan ini dengan sebaik-baiknya dan kepada yang bersangkutan diberikan honorarium sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan ditinjau kembali apabila terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

PETIKAN Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Yogyakarta  
Pada tanggal : 01 Maret 2024  
Rektor,

ttd

Dr. Ir. Paiman, M.P  
NIS. 19650916 199503 1 003 77

Untuk Petikan yang sah  
Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kelembagaan

Ahmad Riyadi, S.Si, M.Kom  
NIS. 19690214 199812 1 006

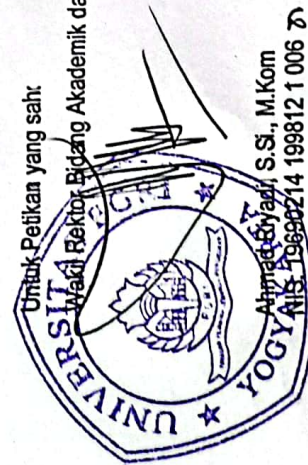
Tembusan disampaikan kepada :

1. Para Wakil Rektor
2. Para Dekan dan Direktur
3. Para Ketua Program Sarjana

Lampiran Keputusan Rektor Universitas PGRI Yogyakarta  
 Nomor : 089.1/SK/REKTOR-UPY/III/2024  
 Tanggal : 01 Maret 2024

NO.	NAMA PENGAJAR & NIDN	MATA KULIAH	KODE/IK	SKS	SEMESTER/ KELAS	PROGRAM
1. sd 244						
245	Hadiono, M.Or 0514119201	Fisiologi Olahraga Fisiologi Olahraga Statistika Olahraga petualangan	T16213 T16213 T16432 T16435	3 3 2 3	II/A II/B IV/A1 IV/A1	Program Sarjana Ilmu Keolahragaan Program Sarjana Ilmu Keolahragaan Program Sarjana Ilmu Keolahragaan Program Sarjana Ilmu Keolahragaan
246 Dst.						

Untuk Petikan yang sah:  
 Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kelembagaan



Ahmad Syarif, S.Si., M.Kom  
 NIS. 19990214 199812 1 006 2

Rektor

ttd

Dr. Ir. Paiman, M.P  
 NIS. 19650916 199503 1 003

**PRESENSI KULIAH  
PRODI ILMU KEOLAHRAGAAN  
SEMESTER GENAP 2023/2024**



**Hadiono, M.Or  
FISIOLOGI OLAHRAGA  
25 A & 23 B**



DAFTAR HADIR KULIAH

No	IP	Mata Kuliah	Bobot	Kelas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Jumlah Hadir	% Hadir	
																						Semester
1	23111600044	ILMU KEOLAHRAGAAN	: T16213	: FISILOGI OLAHRAGA																		
2	23111600001	GENAP	: 3 SKS	: Z3A																		
3	23111600002	KADIONO [0514119201]																				
4	23111600003	RIDHO ADITYA PRATAMA																				
5	23111600005	FAJAR TRI RAHMAWAN																				
6	23111600007	ARIF BAGUS PRASETYA																				
7	23111600008	DRAJAT NUR RAHMAT																				
8	23111600009	CHRISTOPHER ARSENO EKADHANA																				
9	23111600011	MUHAMMAD WAROSATUL ULUM																				
10	23111600013	DESTA ARYA PRAYOGA																				
11	23111600014	ROMADHO ILHAM																				
12	23111600015	LUTHFI AL ANSHORI																				
13	23111600016	IMAM NUR ARIFIN																				
14	23111600018	NOVITA TIARA DEWI																				
15	23111600019	MUCHAMMAD SYAFIQ ASROFI																				
16	23111600021	HANANTO OKTA PRABOWO																				
17	23111600022	IMAM MAULANA YUSUF																				
18	23111600023	WISNU GESTA DEWANIGGA																				
19	23111600025	AGUSTYAN CHAREL																				
20	23111600028	MAHENDRA EKA ZULYANA																				
		ANDREAN PRATAMA PUTRA																				
		WAFIQ KHAHIDA DZULFIQAR																				
		ABDI NUGROHO																				



DAFTAR HADIR KULIAH

Program Studi : ILMU KEOLAHRAGAAN  
Tahun Akademik : 2023/2024  
Semester : GENAP  
Dosen : HADJONO [0514119201]

Kode Matakuliah : T16213  
Matakuliah : FISILOGI OLAHRAGA  
Bobot : 3 SKS  
Kelas : 23A

Semester : 2  
Hari : -  
Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
Ruang : -

No	NP Mahasiswa	Nama Mahasiswa	BUJIP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Jumlah Hadir	% Hadir
21	23111600030	ALIF USMAN		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	23111600031	PUTRA DANUJIRTA <sup>11</sup>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23	23111600032	NOVA JULIANTINA		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	23111600033	ADI PUTRA NOVA RAMADHAN		✓	✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25	23111600069	ALFRET TAGI <sup>11</sup>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26	23111600071	Redi Nugroho Wibowo																		

27. Maulida.  
28. M. Arga.  
29. Purnama.  
30. Paa.



PRESENSI DOSEN MENGAJAR

TA. 2023/2024 Sem. GENAP

Program Studi : ILMU KEOLAHRAGAAN
Matakuliah : FISILOGI OLAHRAGA [T16213]
Bobot : 3 SKS
Dosen : HADIONO [0514119201]

Kelas : 23A
Hari :
Pukul : 00:00 s.d. 00:00
Ruang :

Table with 6 columns: Pert, Tanggal, Pokok Bahasan, Sub-Pokok Bahasan, Jml Mhs, Paraf. It contains 15 rows of course content including topics like 'Dasar-dasar fisiologi Olahraga', 'Aktivitas Anaerobik', 'Aktivitas Aerobik', 'Sistem Kardio Vaskuler', 'Sistem Skeletal', 'Sistem Saraf', 'Sistem Endokrin', 'Sistem Imun', 'Performa Fisik', and 'Olahraga & obesitas'.



DAFTAR HADIR KULIAH

Program Studi : ILMU KEOLAHRAGAAN  
 Tahun Akademik : 2023/2024  
 Semester : GENAP  
 Dosen : HADIONO [0514119201]

Kode Matakuliah : T16213  
 Matakuliah : FISILOGI OLAHRAGA  
 Bobot : 3 SKS  
 Kelas : 23B

Semester : 2  
 Hari : -  
 Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
 Ruang : -

No	NP Mahasiswa	Nama Mahasiswa	B/U/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Jumlah Hadir	% Hadir
1	23111600034	MUHAMMAD AZIZUL AHMADI		✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	A	✓	A	✓	✓		
2	23111600035	JULIANUS FANGKI ASA		✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	A	✓		
3	23111600037	BAGAS ENDJANG SEPTIAN		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	A	A	✓	✓		
4	23111600038	WICAKSONO NUGROHO		✓	✓	✓	✓	A	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
5	23111600039	APRIYANTO NARJO		✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓		
6	23111600040	MAURO ZAIDAN FARUK		✓	A	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓		
7	23111600042	YOSINA TAGI		✓	✓	✓	✓	✓	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
8	23111600043	DEPORAS GALIH PRIHATMOKO NUGROHO		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	i	i	✓	✓		
9	23111600044	YAKI SANSA SANJAYA HIA		✓	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	i	✓	i	✓		
10	23111600046	IQBAL WIBOWO		✓	✓	✓	✓	i	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
11	23111600047	NURIL ANWAR		✓	i	i	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
12	23111600049	ZULHAM		✓	✓	✓	✓	i	✓	✓	✓	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓		
13	23111600050	NANDO VERI EMBA		✓	A	✓	✓	A	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
14	23111600051	AHNAF HILMY		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
15	23111600052	YERIRHO DHEENANDRA GALUM		✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
16	23111600054	SHAFIRA LIA MAHARANI		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
17	23111600055	FARIS AMAR FATIN		✓	✓	✓	✓	✓	✓	i	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
18	23111600058	PANCA SATRIA		✓	✓	✓	i	✓	i	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
19	23111600060	MUHAMMAD HUMMAM ABRAR NAUFAL M		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
20	23111600062	Bayu Bagaskoro		i	i	✓	i	✓	i	✓	✓	✓	✓	✓	✓	i	i	✓		

Lembar 1 : Untuk Dosen  
 Lembar 2 : Untuk Arsip Program Studi



DAFTAR HADIR KULIAH

Program Studi : ILMU KEOLAHRAGAAN  
Tahun Akademik : 2023/2024  
Semester : GENAP  
Dosen : HADIONO [0514119201]

Kode Matakuliah : T16213  
Matakuliah : FISILOGI OLAHRAGA  
Bobot : 3 SKS  
Kelas : 23B

Semester : 2  
Hari : -  
Pukul : 00:00 s.d. 00:00  
Ruang : -

No	NP Mahasiswa	Nama Mahasiswa	BUJP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Jumlah Hadir	% Hadir
21	23111600063	ARYA HENDRIAWAN		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	23111600087	Fathurahman		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23	23111600070	Johan Mangilawan		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓
24	23111600073	ZAGHLUL BIFAQY AFLAHRELL ZADOK		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25	23111600074	Rifyal Hanif		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26.		Fathin		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27.		Rizal		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28.		Ilham		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓





PRESENSI DOSEN MENGAJAR

TA. 2023/2024 Sem. GENAP

Program Studi  
Teknik  
Botani

: ILMU KEOLAHRAGAAN  
: FISILOGI OLAHRAGA [T18213]  
: 3 SKS  
: HADIONO [0514119201]

Kelas  
Hari  
Pukul  
Ruang

: 23B  
:-  
: 00:00 s.d. 00:00  
:

No	Tanggal	Pokok Bahasan	Sub-Pokok Bahasan	Jml Mhs	Paraf
1	21/2024 /2	Dasar-dasar Fisiologi Olahraga.	- Konsep dasar - Respon & Adaptasi - DOTS		
2	28/2024 /2	Aktivitas Anaerobik	- Respon & Adaptasi Latihan anaerobik - Metabolisme Energi.		
3	6/2024 /3	Aktivitas Anaerobik	Model Latihan Anaerobik		
4	13/2024 /3	Aktivitas Aerobik	- Respon & Adaptasi Latihan aerobik - Metabolisme Energi.		
5	20/2024 /3	Aktivitas Aerobik	- Model Latihan Aerobic.		
6	27/2024 /3	Sistem Kardiovaskuler pada Olahraga.	- Sistem Kerja Kardiovaskuler		
7	3/2024 /4		- VO <sub>2</sub> max - Respon & Adaptasi Kardiovaskuler.		
8	17/2024 /4	UTS.	UTS.		
9	24/2024 /4	Sistem Skeletal pada Olahraga.	- Sistem Kerja otot - Respon & Adaptasi Latihan		
10	8/2024 /5		- Pengukuran otot - latihan beban		
11	19/2024 /5	Sistem Saraf pada Olahraga.	- Latihan & Kondisi Psikologis. - Latihan & Sistem Saraf.		
12	22/2024 /5	Sistem Endokrin pada Olahraga.	- Latihan & Hormonal (Respon & Adaptasi).		
13	29/2024 /5	Sistem Imun pada Olahraga.	- Respon & Adaptasi pada imun - Latihan & Cytokine.		
14	5/2024 /6	Performa Latihan.	- Kelelahan - Thermoregulasi - Heat stress.		
15	12/2024 /6	Olahraga & Obesitas	- obesitas - BMI - Pengukuran Komposisi Tubuh. - Latihan Weight Control.		

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**

**(FISIOLOGI OLAHRAGA)**



**Dosen:  
Hadiono, M.Or**

**PROGRAM STUDI ILMU KEOLAHRAGAAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA  
2024**



**RENCANA PEMBELAJARAN  
SEMESTER**

**Fisiologi Olahraga**

No : .....

Revisi : Ke-0

Tanggal : .....

Halaman:

Dibuat Oleh:

Hadiono, M.Or  
NIDN 0514119201

Diperiksa Oleh:

Priska Dyana Kristi  
NIDN 0517049102

Disetujui Oleh:

Bimo Alexander, M.Or  
NIDN 0003119006

Dosen

Dosen Pembina Kelompok Keahlian

Ketua Prodi Ilmu Keolahragaan

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER**

**1. Identitas Matakuliah**

Nama Program Studi : Ilmu Keolahragaan  
Nama Matakuliah : Fisiologi Olahraga  
Kode Matakuliah : T16211  
Kelompok Matakuliah : Prodi  
Bobot sks : 3 sks  
Jenjang : Setrata 1  
Semester : 2  
Prasyarat : -  
Status (wajib/ pilihan) : Wajib  
Nama dan kode dosen : Hadiono, M.Or,

## 2. Deskripsi Matakuliah

Mata kuliah ini membahas tentang fungsi organ tubuh manusia seperti tulang, otot, jantung, paru-paru, pembuluh darah, endokrin, sistem imun, saraf, performa dan kelelahan dalam kaitannya dengan latihan atau olahraga.

## 3. Capaian Pembelajaran Program Studi

Mahasiswa menguasai pengetahuan dan keterampilan fisiologi olahraga

## 4. Capaian Pembelajaran Matakuliah

- Pengantar fisiologi Olahraga
- Sistem energi dan olahraga anaerobik
- Sistem energi dan olahraga aerobik
- Sistem kardiorespiratori pada latihan
- Sistem skeletal pada latihan
- Sistem saraf pada latihan
- Sistem hormonal pada latihan
- Sistem imun pada latihan
- Performa dan kelelahan
- Komposisi tubuh

## 5. Deskripsi Rencana Pembelajaran

Pert	Indikator Capaian Pembelajaran Matakuliah	Bahan Kajian	Bentuk Pembelajaran	Waktu	Tugas dan Penilaian	Rujukan
1	<ul style="list-style-type: none"><li>● Mampu menjelaskan konsep dasar fisiologi olahraga</li><li>● Mampu menjelaskan respon dan adaptasi latihan</li><li>● Mampu menjelaskan prinsip latihan</li><li>● Mampu menjelaskan kebugaran jasmani untuk</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Konsep dasar fisiologi olahraga</li><li>● Respon Latihan</li><li>● Latihan untuk olahraga kesehatan dan olahraga spesifik</li><li>● Prinsip latihan</li><li>● Dosis Latihan</li><li>● Stressor Latihan</li></ul>	Presentasi dan diskusi tanya jawab	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	1,2

Pert	Indikator Capaian Pembelajaran Matakuliah	Bahan Kajian	Bentuk Pembelajaran	Waktu	Tugas dan Penilaian	Rujukan
	kesehatan dan untuk prestasi ● Menjelaskan tentang olahraga dan stressor	● Adaptasi latihan				
2 - 3	● Mampu menjelaskan tentang energi pada olahraga anaerobik ● Mampu melakukan aktivitas fisik yang menggunakan sistem energi an aerobik ● Mampu menjelaskan produksi dan akumulasi asam laktat ● Mampu menjelaskan asam laktat selama latihan dan pemulihan ● Mampu mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan konsumsi oksigen pada latihan ● Mampu menjelaskan kapasitas metabolisme an aerobik pada kelompok gender dan umur	● Produksi energi anaerobik ● Anaerobik alactic dan lactic ● Respon dan adaptasi latihan anaerobik ● <i>EPOC</i> ● Perubahan ATP-PC ● Perubahan dan akumulasi asam laktat ● Latihan ane aerobik pria dan wanita ● Latihan anaerobik pada anak-anak dan orang dewasa	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek latuhan anaerobik	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	4,5
4-5	● Mampu menjelaskan tentang energi pada olahraga aerobik ● Mampu melakukan aktivitas fisik yang menggunakan sistem	● Respon dan adaptasi latihan aerobik ● Pertukaran respirasi ● Konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek latihan aerobik	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	4,5

Pert	Indikator Capaian Pembelajaran Matakuliah	Bahan Kajian	Bentuk Pembelajaran	Waktu	Tugas dan Penilaian	Rujukan
	<ul style="list-style-type: none"> <li>energi aerobik</li> <li>● Menjelaskan tentang berbagai macam olahraga dengan sistem energi aerobik</li> <li>● Mampu menjelaskan perubahan konsumsi oksigen selama latihan</li> <li>● Mampu menjelaskan respon dan adaptasi latihan aerobik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Model-model latihan aerobik</li> <li>● Respiratory Exchange Ratio (RER)</li> </ul>				
6-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan sistem pernafasan manusia</li> <li>● Mampu menjelaskan sistem respirasi saat istirahat dan latihan</li> <li>● Mampu menjelaskan respon dan adaptasi sistem respirasi</li> <li>● Mampu menjelaskan sistem kerja kardiovaskuler</li> <li>● Mampu menjelaskan sistem kardiovaskuler saat istirahat dan latihan</li> <li>● Mampu menjelaskan respon dan adaptasi sistem kardiovaskuler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Struktur dan fungsi pulmonal</li> <li>● Sirkulasi respirasi</li> <li>● Pengukuran volume paru</li> <li>● Perubahan dan transport gas saat istirahat dan latihan</li> <li>● Respon dan adaptasi sistem respirasi</li> <li>● Sistem kerja dan sirkulasi kardiovaskuler</li> <li>● VO2 Max</li> <li>● Respon dan adaptasi sistem kardiovaskuler</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	3,4,5
8	<b>UTS</b>					
9-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jaringan dan struktur</li> </ul>	Presentasi,diskusi	3 SKS	kehadiran,	3,4,5

Pert	Indikator Capaian Pembelajaran Matakuliah	Bahan Kajian	Bentuk Pembelajaran	Waktu	Tugas dan Penilaian	Rujukan
	<p>sistem skeletal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan gerak dan kontraksi otot</li> <li>● Mampu menjelaskan prinsip latihan otot</li> <li>● Mampu menjelaskan respon dan adaptasi sistem otot</li> </ul>	<p>otot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistem kerja otot</li> <li>● Respon dan adaptasi latihan</li> <li>● Kelelahan otot</li> <li>● Pengukuran otot</li> <li>● Prinsip latihan otot</li> <li>● Bentuk latihan otot</li> </ul>	tanya jawab, praktek	x 50 Menit	tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan sistem saraf</li> <li>● Mampu menjelaskan komunikasi saraf saat istirahat dan latihan</li> <li>● Mampu menjelaskan kontrol sistem saraf otonom saat latihan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Struktur dan fungsi sistem saraf</li> <li>● Sistem kerja sistem saraf</li> <li>● Komunikasi saraf saat istirahat dan latihan</li> <li>● Latihan dan kondisi psikologis</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	3,4,5
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan sistem endokrin/hormonal</li> <li>● Mampu memahami komunikasi dan respon hormon saat latihan</li> <li>● Mampu memahami adaptasi hormonal pada latihan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Struktur dan sistem endokrin</li> <li>● Hormon dan metabolisme</li> <li>● Hormon dan cardiorespiratori</li> <li>● Hormon terhadap otot, tulang dan jaringan adiposa</li> <li>● Respon hormonal</li> <li>● Adaptasi hormonal</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	3,4,5
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu memahami latihan terhadap sistem imun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Struktur dan fungsi sistem imun</li> <li>● Respon latihan pada</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah,	4,5

Pert	Indikator Capaian Pembelajaran Matakuliah	Bahan Kajian	Bentuk Pembelajaran	Waktu	Tugas dan Penilaian	Rujukan
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu memahami respon latihan terhadap imun</li> <li>● Mampu memahami adaptasi latihan terhadap imun</li> </ul>	<p>sistem imun</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Latihan dan cytokin</li> <li>● Adaptasi latihan pada sistem imun</li> </ul>			tugas praktek partisipasi dikelas	
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu menjelaskan Performa latihan dan kelelahan</li> <li>● Mampu menjelaskan latihan dan panas tubuh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Latihan di dataran rendah dan tinggi</li> <li>● Metabolisme dan fisiologi latihan pada dataran tinggi</li> <li>● Kapasitas latihan pada dataran tinggidan rendah</li> <li>● Thermo regulasi</li> <li>● Heat stress</li> <li>● Cold Stress</li> <li>● Kelelahan latihan</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	3,4
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mampu memahami obesitas</li> <li>● Mampu melakukan assesmen <i>body composition</i></li> <li>● Mampu memahami kontrol berat badan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Overweight dan obesitas</li> <li>● Body mass Index</li> <li>● Komposisi tubuh manusia</li> <li>● Teknik pengukuran body composition</li> <li>● Prinsip latihan weight kontrol</li> </ul>	Presentasi,diskusi tanya jawab, praktek	3 SKS x 50 Menit	kehadiran, tugas makalah, tugas praktek partisipasi dikelas	3,4,5,6
16	<b>UJIAN AKHIR SEMESTER</b>					



## 6. Daftar Rujukan

1. Sherwood. (2013). Introduction To Human Physiology, 8th ed.(Terjemahan Bram U P endit dkk). Jakarta: ECG
2. Sugiharto. (2014). Fisiologi Olahraga. Malang. Penerbit universitas Negeri Malang.
3. Ganong, W F.(2008). Fisiologi Kedokteran. (Terjemahan Bram U P endit dkk). Jakarta: ECG
4. Plowman Sharon A. (2014). Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business
5. Kustiawan, A. A., Alexander, B., Hadiono, H., Putro, A. A. Y., Suhartoyo, T., & Suhartoyo, T. (2022). Sport Development Index (Sdi) In Wonogiri District. *Jurnal Porkes*, 5(2). <https://doi.org/10.29408/porkes.v5i2.6764>
6. Mc. Ardle William D, Katch Frank I, Katch Victor L (2010). Exercise Physiology, Nutrition, Energy and Human Performance. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business

## 7. Penilaian

No	Komponen Penilaian	Bobot %
1	Kehadiran	15
2	Tugas kelompok	15
3	Tugas mandiri	20
4	UTS	15
5	UAS	35

## 8. Rubrik penilaian

Jenis Penilaian	Indikator	Nilai
Tugas Kelompok	1. Mahasiswa Membuat makalah yang materinya sesuai dengan bahan kajian	80-100

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Mahasiswa menggunakan referensi paling lama 10 tahun terakhir dalam makalah</li> <li>3. Mahasiswa Mempresentasikan makalah dengan memanfaatkan teknologi</li> <li>4. Mahasiswa mampu menjawab secara benar dan jelas pertanyaan audien dalam presentasi</li> </ol>	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa Membuat makalah yang materinya sesuai dengan bahan kajian</li> <li>2. Mahasiswa menggunakan referensi paling lama 10 tahun terakhir dalam makalah</li> <li>3. Mahasiswa Mempresentasikan makalah dengan memanfaatkan teknologi</li> </ol>	60-79
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa Membuat makalah yang materinya sesuai dengan bahan kajian</li> <li>2. Mahasiswa menggunakan referensi paling lama 10 tahun terakhir dalam makalah</li> </ol>	0-59
Tugas Mandiri	Mahasiswa melakukan analisis jurnal secara mendalam dengan ketentuan a) analisis latar beakang yang kuat b) membuat sebuah alur pikir secara terstruktur c) dapat menyimpulkan suatu bahasan penting dari jurnal	80-100
	Mahasiswa melakukan analisis jurnal secara mendalam dengan ketentuan a) analisis latar beakang yang kuat b) membuat sebuah alur pikir secara terstruktur	60-79
	Mahasiswa melakukan analisis jurnal secara mendalam dengan ketentuan a) analisis latar beakang yang kuat	0-59
UTS	Nilai disesuaikan dengan bobot setiap soal dengan persentase	0-100
UAS	Nilai disesuaikan dengan bobot setiap soal dengan persentase	0-100

# FISIOLOGI OLAHRAGA

**DIKTAT FISIOLOGI OLAHRAGA  
ILMU KEOLAHRAGAAN  
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA**



**Hadiono, M.Or**





# Daftar Isi

---

<b>Tinjauan Mata Kuliah</b>	1
<b>BAB 1. Konsep Dasar Fisiologi Olahraga</b>	2
Respon Latihan	4
Adaptasi Latihan	4
<b>BAB 2. Sistem Energi dan Olahraga</b>	
<b>Anaerobik</b>	7
Metabolisme <i>Anaerobik</i>	7
Akumulasi Asam Laktat	9
<i>Anaerobik alactic</i> dan <i>lactic</i>	12
Adaptasi latihan <i>anaerobik</i>	13
EPOC	14
Latihan <i>Anaerobik</i> Pria dan Wanita	15
Latihan <i>Anaerobik</i> pada Anak Anak dan Orang Dewasa	16
<b>BAB 3. Sistem Energi dan Olahraga Aerobik</b>	19
Metabolisme Aerobik	19
Pertukaran Pernapasan	22
Konsumsi Oksigen dan Produksi Karbon Dioksida	23
Model Latihan Aerobik	24
Rasio Pertukaran Pernafasan (RER)	25
<b>BAB 4. Sistem Skeletal Pada Olahraga</b>	27
Struktur Otot Skeletal	27
Gerak dan Kontraksi Otot	29
Jenis Kontraksi Otot	31
Prinsip Latihan Otot dan Program Latihan	32
Adaptasi Otot	36

---



---

<b>BAB 5. Sistem Saraf Pada Latihan</b>	40
Struktur Sistem Saraf	40
Sistem Kerja Saraf	42
Komunikasi Saraf Saat Latihan	45
Latihan dan Kondisi Psikologis	47
<b>BAB 6. Sistem Hormonal Pada Latihan</b>	50
Struktur Dan Sistem Endokrin	50
Hormon Dan Metabolisme	51
Hormon Dan Cardiorespiratory	53
Hormon Terhadap Otot, Tulang, Dan Jaringan Adipose	54
Respon Hormonal	55
Adaptasi Hormonal	56
<b>BAB 7. Latihan didataran Tinggi dan Rendah</b>	58
Metabolisme dan fisiologi latihan pada dataran tinggi	60
Kapasitas latihan pada dataran tinggi dan rendah	61
Thermoregulasi	61
Heat stress	63
Cold Stress	64
Kelelahan Latihan	64
<b>BAB 8. Komposisi Tubuh</b>	67
Obesitas	67
Faktor yang mempengaruhi Overweight/Obesitas	68
Dampak/penyebab obesitas	69
Daftar Pustaka	72

---

# Tinjauan

## Mata Kuliah

Buku ini menjelaskan tentang materi-materi yang akan dipelajari pada mata kuliah Fisiologi Olahraga. Buku ini dibuat sebagai bahan dasar pada materi-materi yang ada pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS). buku ini juga dijadikan sebagai dasar dalam pengembangan materi-materi pada mata kuliah fisiologi olahraga, sehingga mahasiswa dapat dengan mudah dalam memahami dan mengembangkan materi-materi dalam perkuliahan.

Mata kuliah ini membahas tentang fungsi organ tubuh manusia seperti tulang, otot, jantung, paru-paru, pembuluh darah, endokrin, sistem imun, saraf, performa dan kelelahan dalam kaitannya dengan latihan atau olahraga. Mata kuliah ini bermanfaat dalam memahami dan mempraktekkan bagaimana fungsi organ tubuh ketika melakukan aktivitas fisik, sehingga dalam melakukan olahraga bisa terarah dan terukur agar hasil dari aktivitas fisik lebih maksimal.

Materi pada buku ini disusun berdasarkan pembahasan materi yang ada pada RPS mata kuliah fisiologi olahraga yang terdiri dari,

- konsep dasar fisiologi olahraga
- Sistem energi olahraga anaerobik
- Sistem energi olahraga aerobik
- Sistem kardiorespirasi pada latihan
- Sistem skeletal pada latihan
- Sistem saraf pada latihan
- Sistem hormonal pada latihan
- Sistem imun pada latihan
- Performa dan kelelahan
- Komposisi tubuh

## **BAB 1**

### **Konsep Dasar Fisiologi Olahraga**

Pada bab ini menjelaskan tentang konsep dasar dalam memahami fisiologi olahraga yang membahas tentang:

- Respon Latihan
- Latihan untuk olahraga kesehatan dan olahraga spesifik
- Prinsip latihan
- Dosis Latihan
- Stressor Latihan

Pada bab ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan konsep dasar fisiologi olahraga, Respon dan adaptasi latihan, Prinsip latihan, Kebugaran jasmani untuk kesehatan dan untuk prestasi, Olahraga dan stressor yang semuanya dikaji melalui sudut pandang fungsi fisiologi

Menurut Sherwood (2011) fisiologi adalah ilmu yang mempelajari faal, fungsi atau pekerjaan dari tiap jaringan tubuh atau bagian dari organ tubuh tersebut. Mekanisme dan sifat khusus tubuh manusia dikendalikan secara involunter atau tujuan menjelaskan pengertian fisiologi, olahraga dan fisiologi olahraga serta peranan fisiologi dalam dunia olahraga. Tubuh kita akan mengalami perubahan fungsi fisiologis ketika melakukan latihan yang pada dasarnya tubuh pada kondisi homeostasis. Dari hal tersebut kita dapat mempelajari bagaimana tubuh merespon intervensi dari latihan, sehingga kondisi yang tidak pada normalnya tersebut dapat kita gunakan untuk memaksimalkan tubuh kita dalam melakukan aktivitas fisik.

Fisiologi olahraga dapat didefinisikan sebagai ilmu dasar dan terapan yang menjelaskan tentang respon tubuh terhadap olahraga dan adaptasi terhadap latihan olahraga untuk memaksimalkan potensi fisik manusia.

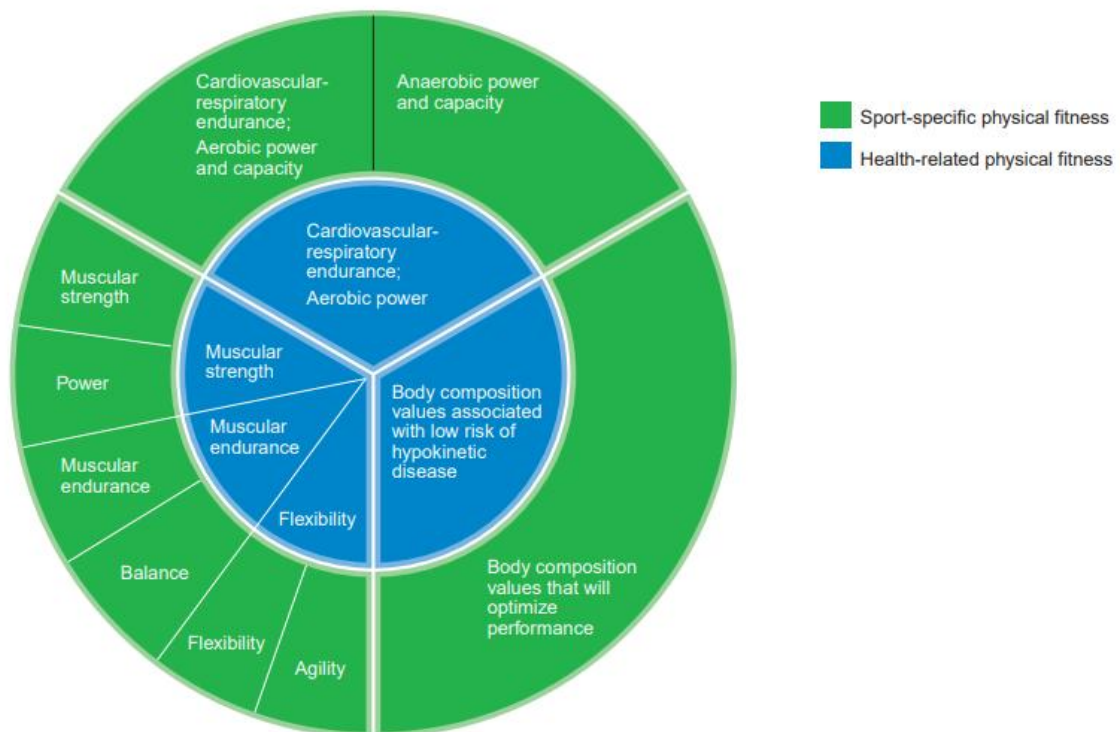
Tujuan Fisiologi Olahraga dalam penerapannya adalah :

- Memahami bagaimana fungsi fisiologis dasar tubuh manusia, Sehingga dapat memodifikasi berbagai jenis latihan serta mekanisme yang menyebabkan perubahan fungsi tubuh.
- Membentuk berbagai macam program latihan.



- Menyediakan program kebugaran berkualitas dan program pendidikan jasmani di sekolah yang merangsang anak dan remaja baik secara fisik maupun intelektual.
- Memaksimalkan kesehatan, rehabilitasi, dan/atau performa atletik di berbagai subpopulasi.

Pada dasarnya fisiologi olahraga digunakan untuk memaksimalkan fungsi fisiologis tubuh ketika melakukan aktivitas fisik. Fungsi fisiologis sangat erat kaitannya dalam peningkatan performa baik dari sisi olahraga untuk kebugaran maupun olahraga untuk prestasi. Olahraga kebugaran digunakan untuk sebatas meningkatkan kebugaran fisik seseorang sehingga dapat meningkatkan derajat kesehatan. Sedangkan pada olahraga prestasi lebih spesifik peranan dari fisiologi olahraga mengingat pada olahraga prestasi tidak hanya dibutuhkan kebugaran saja melainkan sebuah konsep yang *High Performance* karena pada olahraga prestasi membutuhkan performa atau fungsi fisiologis yang lebih tinggi tingkatnya dari pada kebugaran saja.



Gambar 1. Komponen kondisi fisik olahraga kebugaran dan prestasi

## **Respon Latihan**

Respon latihan adalah pola perubahan pada fisiologis selama aktifitas fisik. ex : Detak jantung meningkat saat melakukan sprint. Faktor yang perlu dipertimbangkan yang mempengaruhi respon akut :

- Modalitas Latihan
- Intensitas Latihan
- Durasi Latihan

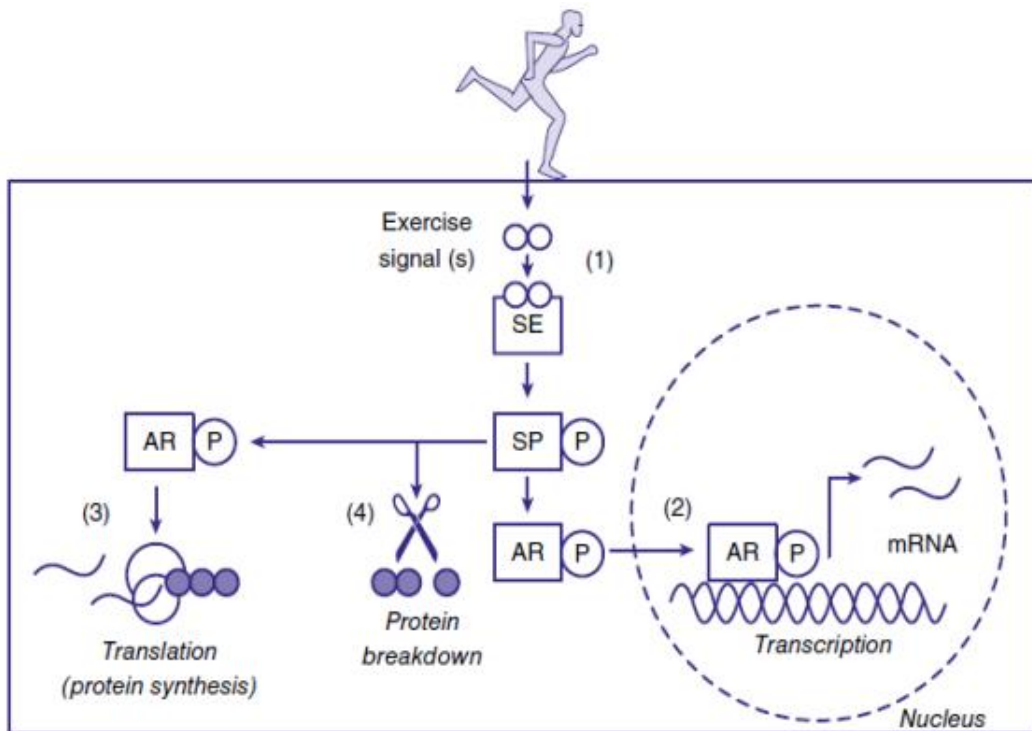
Dalam aktivitas fisik tentunya tidak terlepas dari intensitas latihan. Intensitas adalah besar beban yang diberikan saat latihan. Besar beban saat latihan perlu diperhatikan mengingat setiap orang mempunyai kapasitas beban yang berbeda dalam melakukan latihan. Adapun beberapa intensitas latihan adalah sebagai berikut :

1. Low or light :  $\leq 54\%$  of maximum
2. Moderate : 55–69% of maximum
3. Hard or heavy : 70–89% of maximum
4. Very hard or very heavy: 90–99% of maximum
5. Maximal : 100% of maximum
6. Supramaximal :  $> 100\%$  of maximum

## **Adaptasi Latihan**

Latihan yang dilakukan secara teratur, berkesinambungan dan dengan dosis yang tepat dalam kurun waktu tertentu dapat menyebabkan terjadinya adaptasi. Adaptasi adalah perubahan dan peningkatan kapasitas fungsional tubuh yang memiliki sifat lebih menetap. Adaptasi dapat terjadi karena latihan memberikan rangsangan fungsional pada tubuh dengan intensitas dan kuantitas rangsangan yang cukup besar untuk menyebabkan perubahan metabolik dan menimbulkan sisa metabolic yang kemudian merangsang sel-sel untuk memulihkan diri, selanjutnya hiperfungsi dan hipertropi akan memberikan peningkatan fungsional organ dari hasil adaptasi tersebut (Sugiharto, 2014: 71).

Perubahan fungsional tubuh yang didapat dari adaptasi latihan tidak terlepas dari peranan sistem endokrin dan sistem saraf yang mempengaruhi transduksi sinyal di sel. Ketika latihan akan terjadi peningkatan ekspresi  $Ca^{2+}$ , AMP dan ADP pada intraseluler, sementara itu akan terjadi peningkatan hormon adrenalin dan noradrenalin dalam sirkulasi dan penurunan glikogen dan oksigen didalam sel, kondisi ini akan mengaktifkan protein sensor (SE). Protein sensor akan mengatur aktivitas protein pensinyalan (SP) yang akan menginduksi fosforilasi dan modifikasi protein lainnya melalui jalur transduksi sinyal. Transduksi sinyal ini akan mengaktifkan regulator adaptasi yang meliputi faktor transkrip, regulator sintesis protein dan pemecahan protein dan proses regulator seperti pembelahan sel, dan kematian sel. Tindakan gabungan dari regulator adaptasi inilah yang akan meningkatkan fungsional organ dan jaringan yang diperoleh dari adaptasi latihan (Wackerhage, 2014: 65).



Gambar 2. Molekuler adaptasi latihan

## Rangkuman

- Fisiologi olahraga dapat didefinisikan sebagai ilmu dasar dan terapan yang menjelaskan tentang respons tubuh terhadap olahraga dan adaptasi terhadap latihan olahraga untuk memaksimalkan potensi fisik manusia.
- Respon latihan adalah pola perubahan pada fisiologis selama aktifitas fisik atau sesaat setelah aktifitas fisik dilakukan.
- Adaptasi adalah perubahan dan peningkatan kapasitas fungsional tubuh yang memiliki sifat lebih menetap.
- Intensitas adalah besar beban yang diberikan saat latihan.

## Test Point

1. Berilah contoh respon fisiologis saat melakukan aktifitas fisik !
2. Berilah contoh adaptasi fisiologis dalam olahraga !
3. Jelaskan komponen fisiologis dalam olahraga kebugaran !
4. Jelaskan komponen fisiologis dalam olahraga prestasi !
5. Mengapa adaptasi latihan bisa terjadi pada tubuh seseorang yang dengan rutin melakukan aktivitas fisik !

## BAB 2

# Sistem Energi dan Olahraga Anaerobik

Pada bab ini menjelaskan tentang konsep olahraga *Anaerobik* yang membahas tentang

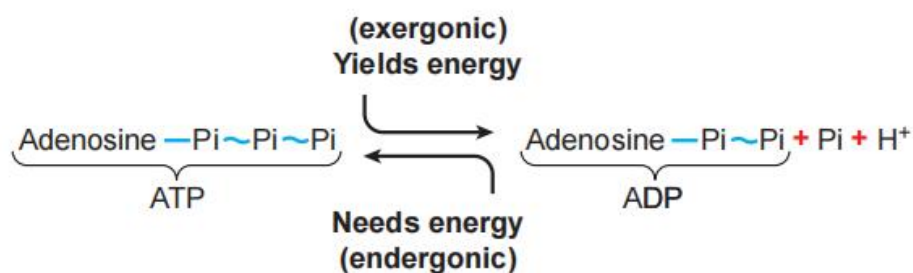
- Produksi energi anaerobik
- Anaerobik alactic dan lactic
- Respon dan adaptasi latihan anaerobik
- *EPOC*
- Perubahan ATP-PC
- Perubahan dan akumulasi asam laktat
- Latihan anaerobik pria dan wanita
- Latihan anaerobik pada anak-anak dan orang dewasa

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep dasar, kondisi fisiologi dan mempraktekkan olahraga Anaerobik

### Metabolisme *Anaerobik*

Metabolisme anaerobik didefinisikan sebagai kemampuan metabolisme dalam otot untuk menghasilkan ATP/energi tanpa penggunaan langsung oksigen (O<sub>2</sub>). Metabolisme anaerobik dihasilkan dari dua cara yaitu melalui *Adenosin Tri Phosphate -Phospo Creatin* (ATP-CP) dan Glikolisis anaerobik.

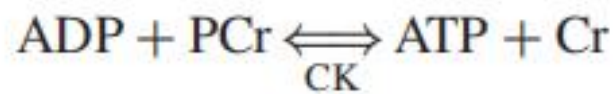
Sistem energi ATP-phosphocreatine (PC) penting sebagai sumber energi untuk aktivitas fisik yang membutuhkan banyak energi per detik. Namun, sumber energi ini hanya dapat menyediakan energi dalam waktu yang relatif singkat 10–15 detik Ini sebagian karena karakteristik dan keterbatasan sumber energi ATP (Kreamer W:2011).



Gambar 3. Pembentukan energi ATP

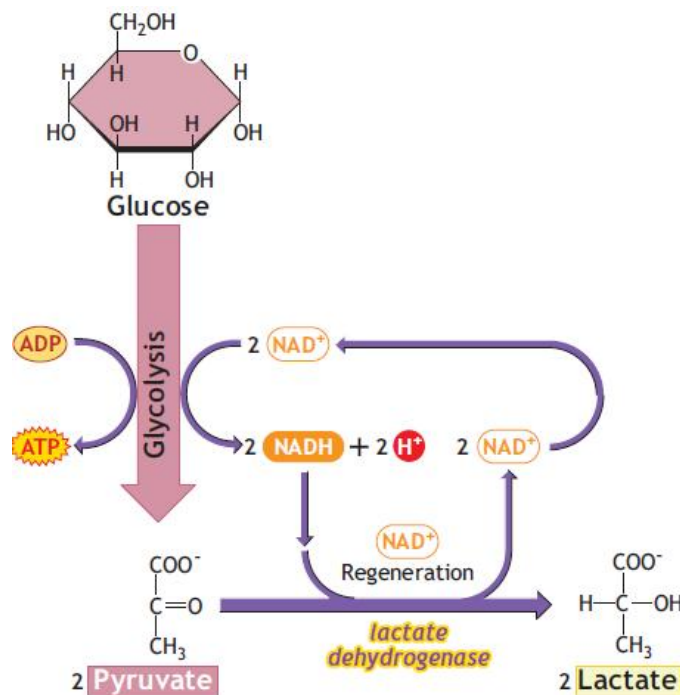
Kandungan ATP intraseluler sel, termasuk sel otot, relatif kecil. Jadi, selama aktivitas fisik, konsentrasi ATP dalam sel otot menurun cukup cepat, dan jika kadar ATP tidak cepat diisi kembali oleh energi yang berasal dari berbagai siklus metabolisme, akan terjadi penurunan produksi kekuatan otot.

Dalam aktivitas yang lebih lama tubuh akan langsung merespon dengan membentuk energi menggunakan tambahan Phospo Creatin (PCr). pada hal ini sering juga disebut dengan metabolisme Adenosin Tri Phospate - Creatine Phospate (ATP-CP).



Gambar 4. Metabolisme ATP-CP

enzim *creatine kinase* memfasilitasi pemecahan PC menjadi Pi dan creatine, menghasilkan donasi Pi ke ADP untuk membentuk ATP. menyediakan energi < 30 detik. Reaksi PCr dengan ADP untuk membentuk ATP berlangsung sangat cepat, tetapi berumur pendek karena sel tidak menyimpan PCr dalam jumlah besar (konsentrasi otot PCr adalah sekitar 80 mM/kg otot kering atau total 120 g).



Gambar 4. Glikoliss Anaerob

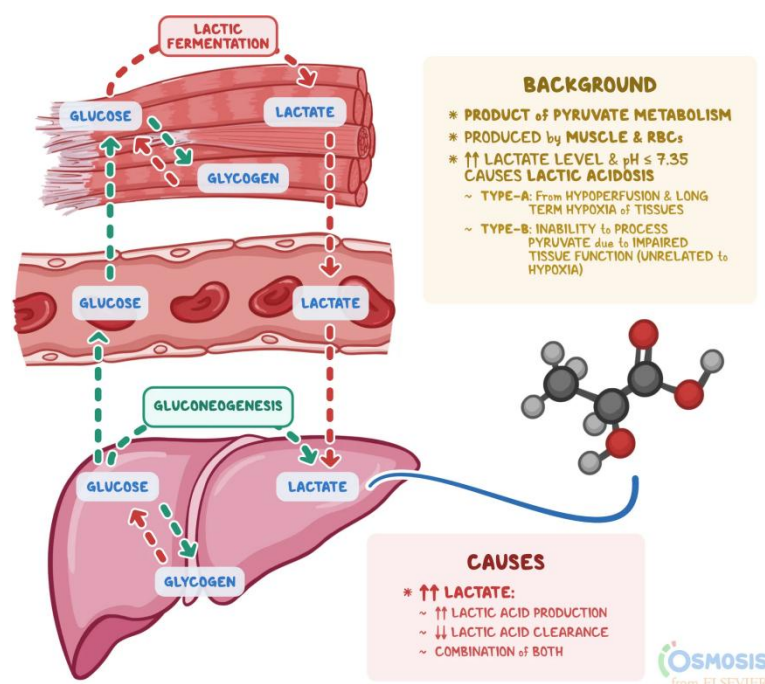
Jika aktivitas fisik dilakukan lebih dari 30 detik maka tubuh akan langsung merespon dengan pembentukan energi melalui Glikolisis Anaerob. Sistem ini menyediakan ATP dari pemecahan Glukosa/Glikogen tanpa oksigen. menyediakan energi untuk aktivitas selama 30 detik - 1,5 menit. Glikolisis anaerob yang bersumber dari glukosa/glikogen akan menghasilkan hasil akhir ATP dan asam laktat.

### **Akumulasi Asam Laktat**

Sistem asam laktat merupakan sistem penyediaan energi dengan cara membakar cadangan bahan bakar di otot dan hati. Energi yang dihasilkan digunakan untuk pembentukan kembali ATP, proses reaksi pada sistem asam laktat tanpa memerlukan bantuan oksigen, sehingga hanya sebagian dari glikogen yang dapat menghasilkan tenaga, sebagian lagi berupa sisa hasil pembakaran berupa laktat atau asam laktat. Disebabkan cadangan energi berupa *phosphocreatine* sudah habis, maka otot tidak dapat berkontraksi. Agar otot kembali dapat berkontraksi maka harus diambilkan cadangan energi dari sumber lain, yaitu dari cadangan glikogen yang berada di otot dan hati. Laktat merupakan *intermediate product* dari metabolisme glukosa. Laktat merupakan produk akhir dari metabolisme *anaerobik*, proses ini berlangsung tanpa adanya oksigen. Kadar laktat darah orang sehat dalam keadaan istirahat sekitar 1-2 mM/ L. Pada latihan fisik intensitas tinggi otot berkontraksi dalam keadaan *anaerobik*, sehingga penyediaan ATP terjadi melalui proses *glikolisis anaerobik*. Hal ini mengakibatkan peningkatan kadar laktat dalam darah maupun otot.

Cadangan glikogen untuk dapat dipecah memerlukan penyederhanaan lebih dahulu menjadi senyawa glukosa. Glukosa dengan bantuan senyawa fosfat dan ADP akan bereaksi membentuk energi asam laktat dan air. Proses tersebut tanpa bantuan oksigen, sehingga akan terbentuk asam laktat di dalam darah. Terbentuknya asam laktat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat di dalam darah, yang mengakibatkan pembentukan kembali atau *resintesis* ATP tidak seirama dengan penggunaannya, yang menimbulkan kelelahan pada otot.

Pada latihan fisik dengan intensitas tinggi otot berkontraksi dalam keadaan anaerobik, sehingga penyediaan ATP terjadi melalui proses *glikolisis anaerobik*. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kadar laktat dalam darah maupun otot. Tetapi otot yang terlatih tetap dapat berkontraksi dengan baik pada konsentrasi asam laktat yang cukup tinggi. Segera setelah mendapat oksigen, asam laktat diubah kembali menjadi asam piruvat dan selanjutnya diubah menjadi energi, karbondioksida dan air. Karena asam laktat dapat digunakan sebagai piruvat, piruvat masuk ke dalam Siklus Krebs dan Sistem Transport Elektron, menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.



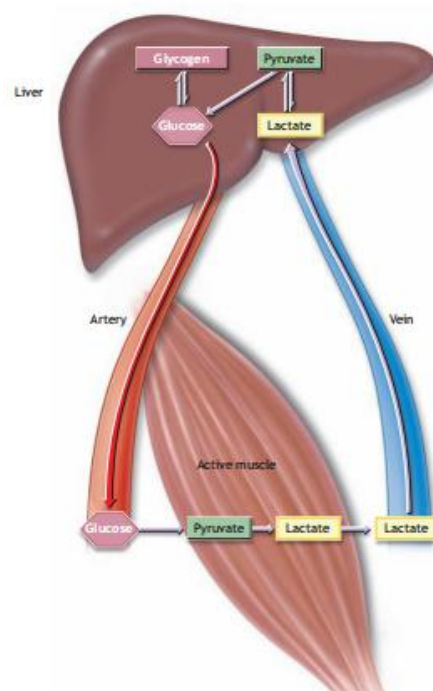
Gambar 5. Produksi dan sirkulasi asam laktat

Penimbunan laktat dalam darah menjadi masalah mendasar dalam kinerja fisik karena menimbulkan kelelahan yang kronis dan menurunkan kinerja fisik. Pengusuran laktat yang lambat menyebabkan sindrom latihan yang berlebihan (*overtraining syndrome*) pada atlet, sehingga mengakibatkan peningkatan insiden cedera yang dapat menyebabkan kecacatan baik sementara maupun menetap. Bentuk aktivitas yang dapat mempercepat pemulihan laktat adalah meningkatkan proses *oksidasi* dan *glukoneogenesis*, banyak melibatkan serabut otot merah dan mempercepat distribusi laktat dari



otot aktif ke otot yang kurang aktif. Setelah berolahraga, aktivitas sangat memengaruhi pemulihan laktat dari darah dan otot.

Hal ini mempengaruhi mekanisme keluarnya laktat dari otot ke darah, meningkatnya aliran darah, ambilan laktat oleh hati, jantung dan otot rangka. Kecepatan pengeluaran laktat juga mempengaruhi proses metabolisme berikutnya, sehingga laktat dapat segera dimetabolisme kembali membentuk energi melalui siklus krebs. Peningkatan aliran darah, output jantung, dan transportasi laktat meningkatkan pemulihan laktat, yang memungkinkan pembentukan energi kembali dengan cepat.



Gambar 6. Siklus Cori

Penyingkiran asam laktat darah berlangsung lebih cepat apabila proses pemulihan dilakukan dengan istirahat aktif, yaitu melakukan aktivitas ringan atau sedang. Penyingkiran asam laktat pada individu yang tidak terlatih akan lebih optimal apabila dilakukan dengan aktivitas fisik pada intensitas antara 30-45 %  $VO_2max$ , sedangkan bagi atlet atau individual dilakukan dengan aktivitas fisik pada intensitas anlara 50-65 %  $VO_2$  maks. Ciri adanya penimbunan asam laktat (acidosis) adalah rasa sakit pada tungkai (untuk pembalap sepeda atau pelari) atau rasa sakit pada lengan (untuk dayung). Hal ini menyebabkan rasa tidak berdaya.

Konsentrasi maksimal asam laktat pada darah dan otot manusia setelah latihan belum diketahui secara pasti, tetapi diperkirakan mencapai di atas 20 mM/l darah dan 25 mM.Kg-l/berat otot basah. Asam laktat yang terbentuk pada saat latihan fisik berat akan masuk ke dalam darah. dan banyaknya laktat yang masuk sebanding dengan tingginya kadar laktat dalam otot.

### ***Anaerobik alactic dan lactic***

*Anaerobic alactic* dan *anaerobic lactic* adalah dua jenis metabolisme energi yang terjadi pada tubuh manusia ketika sedang melakukan aktivitas fisik intens. Keduanya terjadi ketika tubuh membutuhkan energi secara cepat dan cukup besar, namun tidak dapat memperoleh oksigen dalam jumlah cukup untuk digunakan dalam proses metabolisme *aerobik*.

Anaerobic alactic atau juga dikenal sebagai sistem ATP-CP, yaitu metabolisme energi yang terjadi ketika tubuh memecah adenosin trifosfat (ATP) yang tersimpan dalam otot dan kreatin fosfat (CP) menjadi energi yang dapat digunakan oleh otot. Proses ini tidak memerlukan oksigen dan hanya dapat digunakan selama beberapa detik.

Sementara itu, *anaerobic lactic* atau sistem glikolitik, adalah metabolisme energi yang terjadi ketika tubuh memecah glukosa menjadi energi. Namun, proses ini hanya dapat berlangsung selama beberapa menit karena akumulasi asam laktat yang dihasilkan akan mengganggu fungsi otot.

Kedua jenis metabolisme energi tersebut telah banyak diteliti dalam berbagai jurnal ilmiah. Salah satu jurnal yang membahas tentang metabolisme energi anaerobik adalah "*Anaerobic Energy System Contribution to High-Intensity Intermittent Exercise in Young and Adult Athletes*" karya T.S. Silva, dkk. Jurnal tersebut membahas tentang kontribusi sistem energi anaerobik pada olahraga intensitas tinggi yang dilakukan oleh atlet muda dan dewasa, termasuk proses-proses yang terjadi dalam sistem ATP-CP dan sistem glikolitik.

Selain itu, jurnal "*Lactate Metabolism: Historical Context, Prior Misinterpretations, and Current Understanding*" oleh G.A. Brooks dan D. H.

Martin membahas tentang proses metabolisme laktat yang terjadi selama aktivitas fisik intensitas tinggi dan menjelaskan peran penting laktat dalam menghasilkan energi untuk otot. Jurnal tersebut juga membahas tentang kesalahan interpretasi sebelumnya dalam memahami peran laktat dalam metabolisme energi *anaerobik*.

### **Adaptasi latihan *anaerobik***

Respon adaptasi latihan *anaerobik* adalah kemampuan tubuh untuk beradaptasi dan meningkatkan kemampuan *anaerobik* setelah melakukan latihan yang intensitasnya tinggi. Latihan anaerobik meliputi latihan yang melibatkan pemecahan energi secara anaerobik seperti latihan kekuatan, latihan kecepatan dan latihan intermiten yang melibatkan sistem ATP-CP dan sistem glikolitik.

Beberapa respon adaptasi yang terjadi pada tubuh setelah melakukan latihan *anaerobik* adalah sebagai berikut:

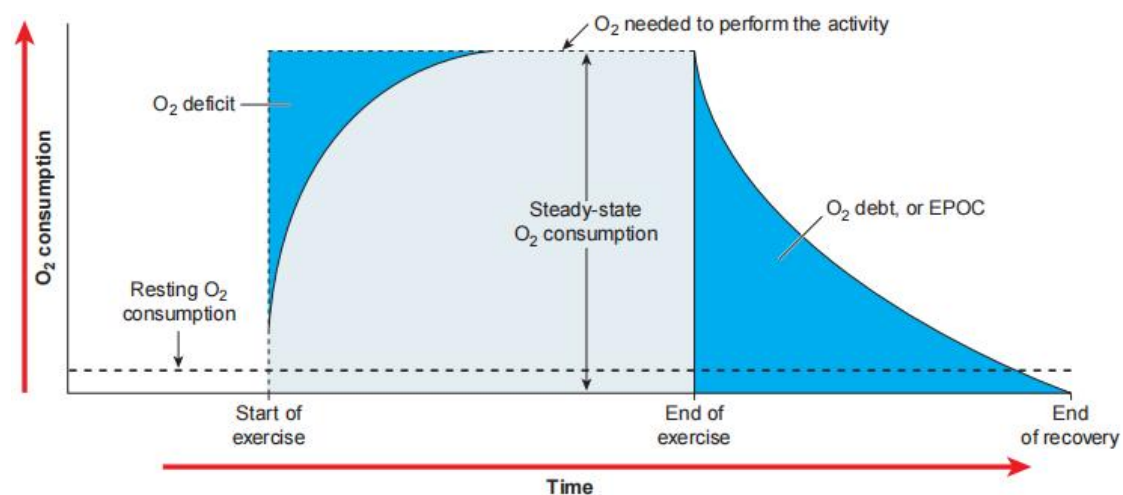
- a) Peningkatan kekuatan otot: Latihan kekuatan seperti angkat beban dapat meningkatkan kekuatan otot dengan cara meningkatkan jumlah dan ukuran serat otot.
- b) Peningkatan kapasitas *anaerobik*: Latihan *anaerobik* yang dilakukan secara teratur akan meningkatkan kapasitas *anaerobik* tubuh. Hal ini terjadi karena terjadi peningkatan dalam kapasitas otot untuk menggunakan sistem ATP-CP dan sistem glikolitik.
- c) Peningkatan produksi asam laktat: Latihan *anaerobik* akan meningkatkan produksi asam laktat pada tubuh. Namun, tubuh akan beradaptasi dengan meningkatkan kapasitas buffer asam laktat sehingga dapat menunda kelelahan pada otot.
- d) Peningkatan kecepatan pemulihan: Latihan *anaerobik* yang dilakukan secara teratur juga dapat meningkatkan kecepatan pemulihan otot. Hal ini terjadi karena tubuh dapat mengurangi jumlah asam laktat dan merestorasi ketersediaan energi yang terpakai selama latihan.

e) Peningkatan efisiensi sistem saraf: Latihan *anaerobik* dapat meningkatkan efisiensi sistem saraf dalam mengirimkan sinyal ke otot sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan kekuatan kontraksi otot.

Adaptasi latihan *anaerobik* dapat diamati pada tingkat sel, jaringan, organ, dan sistem tubuh. Hal ini dapat diamati melalui peningkatan dalam kapasitas anaerobik, kekuatan otot, kecepatan, dan daya tahan tubuh. Respon adaptasi ini dapat ditingkatkan dengan latihan yang terus-menerus dan diatur dengan intensitas dan volume latihan yang sesuai.

## EPOC

EPOC atau (Excess Post-Exercise Oxygen Consumption) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh untuk mengembalikan diri ke tingkat pemulihan setelah melakukan latihan fisik. Setelah melakukan latihan fisik, tubuh memerlukan energi untuk memperbaiki jaringan otot yang rusak dan mengembalikan tingkat oksigen dalam tubuh ke tingkat normal. EPOC dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pembakaran kalori setelah latihan.



Gambar 7. EPOC

Jurnal yang membahas tentang epoc adalah "*The Role of Post-Exercise Oxygen Consumption in Total Daily Energy Expenditure and Weight Loss*" oleh A. Schuenke, dkk. Jurnal tersebut membahas tentang peran epoc dalam pengeluaran energi harian dan penurunan berat badan. Studi tersebut

menunjukkan bahwa setelah melakukan latihan fisik yang intensitasnya tinggi, *epoc* dapat membantu meningkatkan pengeluaran energi harian dan dapat berkontribusi pada penurunan berat badan.

Jurnal lain yang membahas tentang *epoc* adalah "*The effect of exercise intensity and duration on post-exercise oxygen consumption and energy expenditure*" oleh J. Porcari, dkk. Jurnal tersebut membahas tentang pengaruh intensitas dan durasi latihan pada *epoc* dan pengeluaran energi setelah latihan. Studi tersebut menunjukkan bahwa semakin intensitas latihan dan durasinya, semakin tinggi pula tingkat *epoc* dan pengeluaran energi setelah latihan.

Selain itu, jurnal "*Effect of resistance training on excess post-exercise oxygen consumption*" oleh J. M. Keese, dkk. membahas tentang efek latihan kekuatan pada *epoc*. Studi tersebut menunjukkan bahwa latihan kekuatan dapat meningkatkan tingkat *epoc* dan pengeluaran energi setelah latihan, yang dapat membantu dalam penurunan berat badan dan meningkatkan kebugaran fisik.

Dalam kesimpulannya, *epoc* adalah penting dalam mengoptimalkan pengeluaran energi setelah latihan. Berbagai studi menunjukkan bahwa *epoc* dapat membantu meningkatkan pengeluaran energi harian dan dapat membantu dalam penurunan berat badan. Oleh karena itu, pengaturan intensitas dan durasi latihan dapat berdampak pada tingkat *epoc* dan pengeluaran energi setelah latihan.

### **Latihan *Anaerobik* Pria dan Wanita**

Latihan *anaerobik* adalah jenis latihan fisik yang dilakukan dengan intensitas tinggi dan jangka waktu yang pendek, di mana energi digunakan dari sumber tanpa oksigen. Biasanya dilakukan oleh pria dan wanita untuk meningkatkan kekuatan, *massa* otot, dan kebugaran fisik.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas latihan *anaerobik* pada pria dan wanita. Salah satu studi yang menarik adalah penelitian yang dilakukan oleh Hazar et al. (2019), yang mengevaluasi efek latihan *anaerobik* pada pria dan wanita dewasa yang sebelumnya tidak

terlatih. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan antara respons latihan anaerobik antara pria dan wanita.

Studi ini melibatkan 20 partisipan (10 pria dan 10 wanita) yang sebelumnya tidak terlatih dan memiliki indeks massa tubuh (BMI) yang sama. Selama 8 minggu, partisipan melakukan latihan anaerobik tiga kali seminggu, yang terdiri dari latihan angkat beban dan latihan sirkuit. Setiap sesi latihan berlangsung selama 60 menit.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pria dan wanita memiliki peningkatan kekuatan dan massa otot yang signifikan setelah 8 minggu latihan anaerobik. Namun, peningkatan ini tidak berbeda signifikan antara pria dan wanita. Dengan demikian, studi ini menunjukkan bahwa latihan anaerobik dapat menjadi latihan yang efektif untuk meningkatkan kekuatan dan massa otot pada pria dan wanita.

### **Latihan *Anaerobik* pada Anak Anak dan Orang Dewasa**

Latihan *anaerobik* adalah jenis latihan fisik yang melibatkan aktivitas berintensitas tinggi dalam waktu yang singkat, biasanya kurang dari 2 menit, dan tidak memerlukan oksigen sebagai bahan bakar utama. Jenis latihan ini umumnya dilakukan untuk meningkatkan kekuatan otot, kecepatan, dan daya tahan tubuh. Latihan *anaerobik* dapat dilakukan oleh anak-anak dan orang dewasa, namun harus disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi fisik masing-masing individu.

Sebuah jurnal yang berjudul "*The effects of anaerobic training on children and adolescents: A systematic review*" oleh M. Rumpf, A. Cronin, dan R. Oliver melakukan penelitian tentang pengaruh latihan *anaerobik* pada anak-anak dan remaja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa latihan *anaerobik* yang dilakukan dengan benar dan diawasi dapat membantu meningkatkan kekuatan otot, kecepatan, dan daya tahan tubuh pada anak-anak dan remaja. Namun, penting untuk diingat bahwa latihan *anaerobik* harus dilakukan secara bertahap dan diawasi oleh pelatih atau instruktur yang berpengalaman.

Latihan *anaerobik* pada orang dewasa juga memiliki banyak manfaat, seperti meningkatkan kekuatan otot dan daya tahan tubuh, serta membantu menurunkan berat badan dan meningkatkan metabolisme. Sebuah jurnal yang berjudul "*High-Intensity Interval Training Increases Aerobic and Anaerobic Fitness in Sedentary Adults*" oleh M. J. Gibala, J. P. Little, M. van Essen, dan G. P. Wilkin juga menunjukkan bahwa latihan anaerobik dalam bentuk High-Intensity Interval Training (HIIT) dapat meningkatkan kebugaran *aerobik* dan *anaerobik* pada orang dewasa yang tidak aktif secara fisik.

Namun, penting untuk diingat bahwa terlalu banyak latihan *anaerobik* dapat menyebabkan kelelahan dan cedera otot. Karena itu, latihan *anaerobik* harus dilakukan dengan hati-hati dan disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi fisik setiap orang.

Secara keseluruhan, latihan *anaerobik* dapat memberikan banyak manfaat bagi anak-anak dan orang dewasa jika dilakukan dengan benar dan diawasi oleh pelatih atau instruktur yang berpengalaman. Namun, sebelum memulai latihan *anaerobik*, disarankan untuk berkonsultasi dengan dokter atau ahli kebugaran untuk menentukan kemampuan dan kondisi fisik Anda.

### **Rangkuman**

- Sistem energi Anaerobik terdiri dari 3 sumber utama yaitu ATP, ATP-CP, Glikolisis Anaerobik
- Anaerobik dari hasil akhirnya dibedakan menjadi 2 macam yaitu Alactid dan Lactid.
- Aktivitas fisik dengan intensitas tinggi yang berlebihan dapat meningkatkan akumulasi asam laktat.
- Penguraian asam laktat menjadi glikogen sebagai sumber energi kembali di proses melalui Siklus Cori di hati.
- EPOC merupakan kondisi dimana tubuh meningkatkan metabolisme setelah melakukan latihan.

## Test Point

1. Jelaskan mekanisme pembentukan sistem energi melalui ATP-CP dan Glikolisis Anaerob !
2. Apa yang membedakan dalam proses pembentukan sistem anaerobik Alactid dengan lactid ?
3. Jelaskan mekanisme terbentuknya akumulasi laktat !
4. Mengapa EPOC bisa terjadi pada tubuh manusia ?
5. Jelaskan mekanisme siklus Cori !



## BAB 3

### Sistem Energi dan Olahraga Aerobik

Pada bab ini menjelaskan tentang konsep olahraga yang menggunakan sistem energi *Aerobik*. Pembahasan dalam bab ini meliputi :

- Metabolisme Aerobik
- Respon dan adaptasi latihan aerobik
- Respirasi pada latihan aerobik
- Konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida
- Model-model latihan aerobik
- Respiratory Exchange Ratio (RER)

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep dasar, kondisi fisiologi dan mempraktekkan olahraga Aerobik

#### Metabolisme Aerobik

Metabolisme Aerobik merupakan pembentukan energi yang bergantung pada pemenuhan Oksigen ( $O_2$ ). sehingga bergantung pula terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh, seperti: jantung, paru-paru, dan pembuluh darah untuk mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan dengan sempurna.

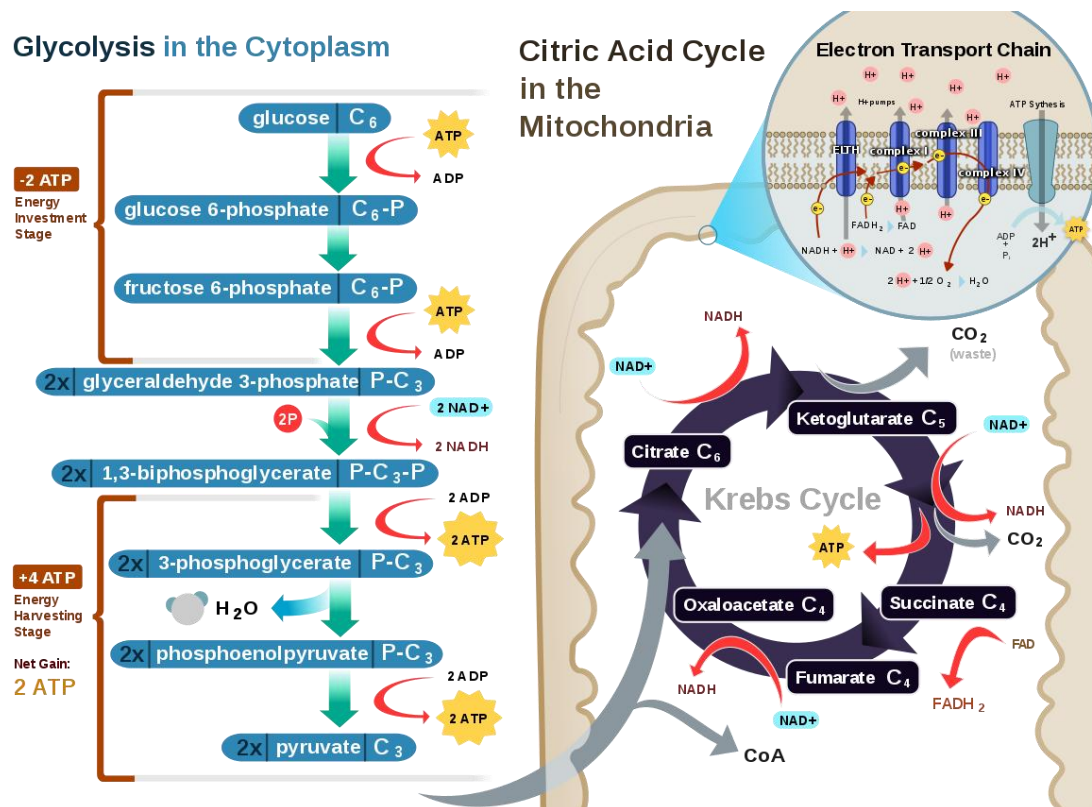
Pada prinsipnya sistem energi aerobik dibentuk dari tiga pemasok bahan baku sumber energi utama yaitu Glukosa, Lemak dan Protein. Ketiga sumber energi tersebut akan dipecah menjadi ATP sebagai sumber energi dengan bantuan  $O_2$  melalui sistem oksidasi yang terjadi pada mitokondria sel. Produksi energi melalui aerobik yang terjadi di mitokondria melibatkan dua sistem enzimatik yaitu glikolisis aerob dan siklus Krebs.

Ini adalah langkah utama respirasi aerobik adalah glikolisis dan berlangsung di dalam sitosol sel. Selama proses glikolisis, molekul glukosa membelah dan dipisahkan menjadi dua molekul ATP dan dua NADH, yang nantinya digunakan dalam proses respirasi aerobik.

Langkah kedua dalam respirasi aerobik adalah pembentukan asetil koenzim A. Dalam proses ini, piruvat dioksidasi dalam mitokondria dan dihasilkan gugus asetil 2-karbon. Gugus asetil 2-karbon yang baru diproduksi berikatan dengan koenzim A, menghasilkan asetil koenzim A.

Langkah ketiga dalam respirasi aerobik adalah siklus asam sitrat, yang juga disebut siklus Krebs. Pada tahap respirasi aerobik ini, oksaloasetat bergabung dengan asetil-koenzim A dan menghasilkan asam sitrat. Siklus asam sitrat mengalami serangkaian reaksi dan menghasilkan 2 molekul karbon dioksida, 1 molekul ATP, dan bentuk tereduksi dari NADH dan FADH.

Pada langkah terakhir dalam respirasi aerobik sejumlah besar molekul ATP diproduksi dengan mentransfer elektron dari NADH dan FADH. Satu molekul glukosa menghasilkan total 34 molekul ATP.



Gambar 8. Metabolisme Aerobik

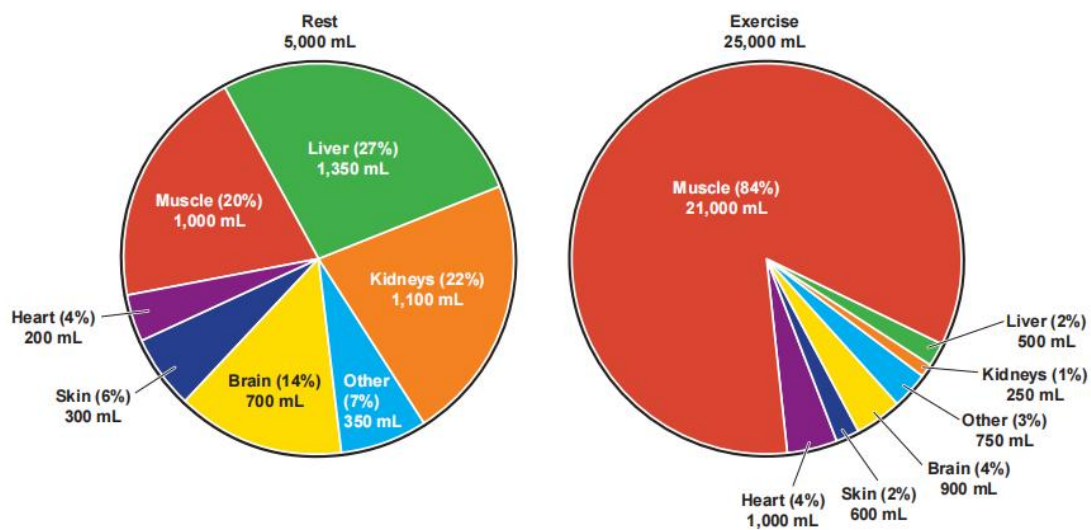
### Respons dan Adaptasi Latihan Aerobik

Di awal latihan (*olahraga*), tingkat konsumsi oksigen meningkat tajam. dibutuhkan 2-3 menit untuk mencapai level yang diperlukan agar posisinya cukup sulit. Ketidakseimbangan dalam respon VO<sub>2</sub>max. Hal ini

mengindikasikan bahwa Proses metabolisme aerobik tidak dapat berlangsung dengan cepat untuk memenuhi seluruh kebutuhan energi selama transisi dari keadaan istirahat ke aktivitas olahraga. Pada saat transisi tersebut terjadi, tubuh mengalami kekurangan oksigen yang disebut sebagai "defisit oksigen".

Dikarenakan metabolisme aerobik tidak dapat memenuhi kebutuhan energi pada tahap awal latihan yang intensif, Untuk melakukan latihan dengan intensitas tinggi, diperlukan proses metabolisme anaerobik. Karena latihan tersebut membutuhkan oksigen yang sedikit, maka dukungan anaerobik menjadi lebih penting.

Pemompaan jantung memerlukan sekitar dua hingga tiga menit untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Setelah tubuh mencapai kesetimbangan antara kebutuhan dan penggunaan energi oksigen (*stade oksigen*), maka aktivitas fisik dapat dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama.

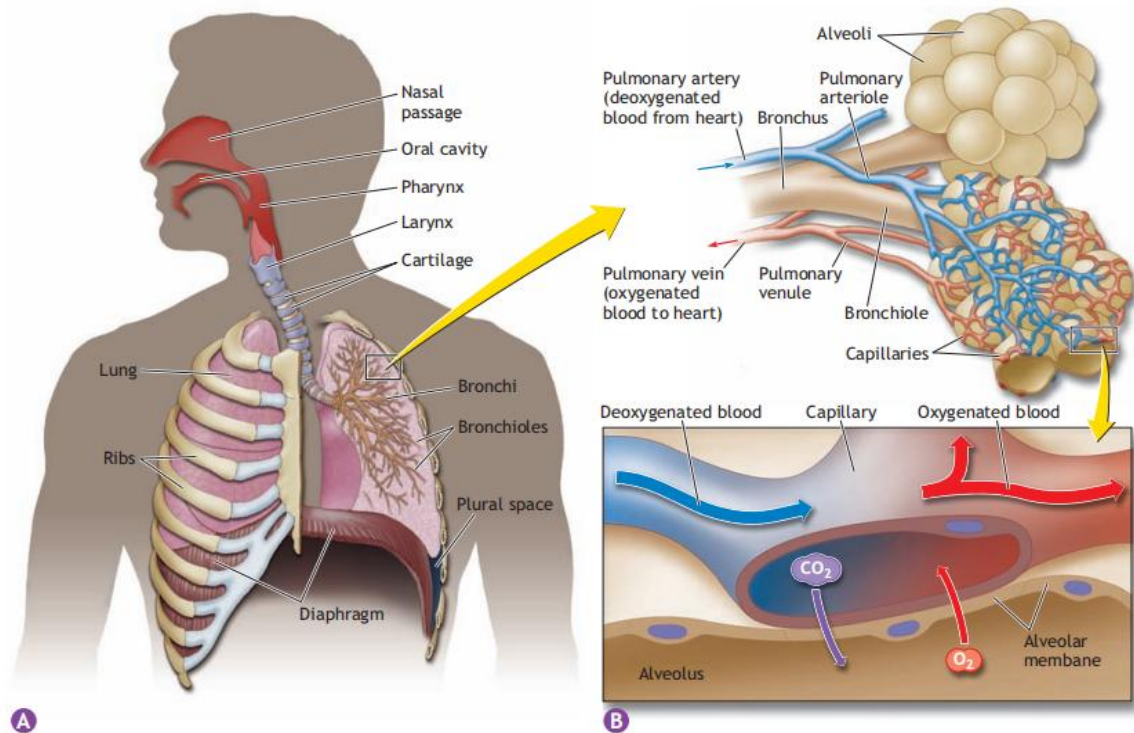


Gambar 9. Distribusi Cardiac Output saat latihan

Pada saat latihan kebutuhan energi pada bagian otot akan meingkat secara drastis. Hal inilah yang menyebabkan ketika latihan cardiac output akan didistribusikan lebih tinggi pada bagian otot daripada bagian organ tubuh yang lainnya.

## Pertukaran Pernapasan

Peristiwa utama yang terjadi dalam sistem pernapasan adalah pertukaran gas. Sesuai dengan modul Pengembangan Profesional Berkelanjutan, proses ini melibatkan beberapa mekanisme.



Gambar 10. Pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>

Pada awalnya, oksigen (O<sub>2</sub>) memasuki badan melalui tahap inspirasi. Tahap ini dicirikan oleh pengencangan diafragma dan otot dada yang mengakibatkan ruang dada membesar. Udara yang mencapai tahap ini kemudian melewati beberapa organ pernapasan menuju ke alveoli.

Selain itu, O<sub>2</sub> di alveoli berdifusi ke dalam kapiler paru yang terletak di dinding alveoli. Sel darah merah, yang mengandung hemoglobin, mengikat oksigen di kapiler arteri. Ini menyebabkan saturasi oksigen. Hemoglobin kemudian membawa O<sub>2</sub> ke seluruh jaringan dan sel tubuh.

Semakin banyak O<sub>2</sub> yang digunakan tubuh, semakin banyak karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkannya. CO<sub>2</sub> sendiri merupakan limbah bagi tubuh, sehingga harus dihilangkan. CO<sub>2</sub> berpindah dari sel tubuh ke kapiler vena, kemudian sel darah merah mengangkutnya ke paru-paru.

Di dalam paru-paru, gas karbon dioksida kembali ke alveoli untuk dikeluarkan atau dilepaskan. Pada saat ini, otot diafragma dan dada rileks sehingga volume dada kembali ke keadaan semula.

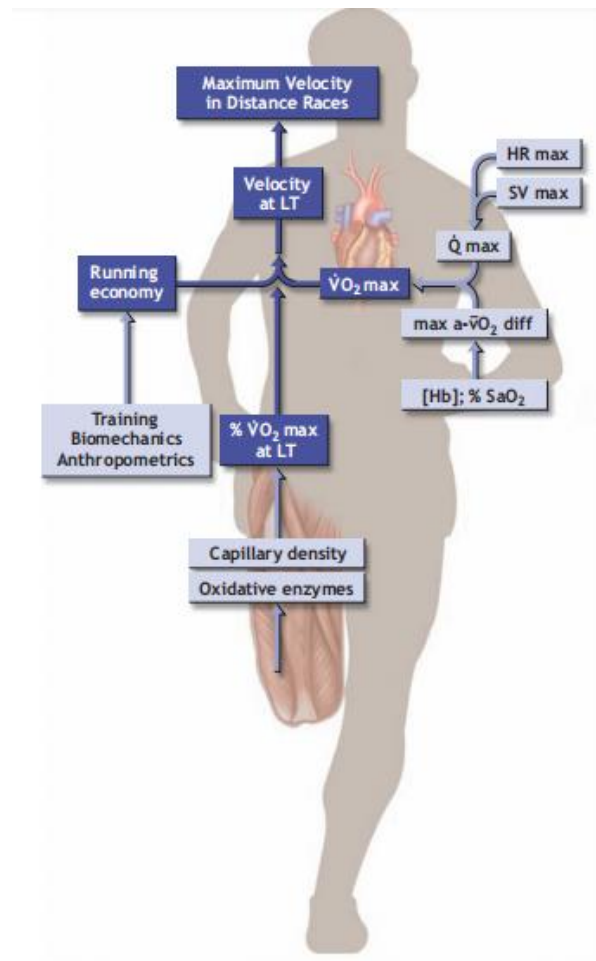
### **Konsumsi Oksigen dan Produksi Karbon Dioksida**

Olahraga berat dapat mempengaruhi tingkat pemanfaatan oksigen metabolisme aerobik maksimum yang dipersingkat untuk memaksimalkan konsumsi oksigen ( $VO_2$  maksimum). Ini merupakan indikator kondisi fisik dan kemampuan fisik seseorang. Semakin meningkatnya asupan oksigen maksimal ( $VO_2$  Max), maka semakin luas pula kelincahan dan keahlian adaptasi individu terhadap aktivitas jasmani.

Peningkatan tingkat konsumsi oksigen maksimal ( $VO_2$  Max) dalam latihan fisik bergantung pada kinerja paru-paru, sistem kardiovaskuler, sel darah merah atau Hemoglobin, dan komposisi tubuh. Pada latihan progresif efek pada kepatuhan terhadap konsumsi oksigen maksimum kelompok subjek.

Peningkatan pemanfaatan oksigen maksimal ( $VO_2$  max) terjadi karena adaptasi yang terjadi selama latihan, sementara penurunan pemanfaatan oksigen maksimal disebabkan oleh intensitas latihan yang dilakukan oleh atlet. Meningkatkan asupan oksigen ( $VO_2$  max) diperlukan untuk melatih fisik, dan ini harus didukung oleh fungsi kardiovaskuler sebagai pembawa darah ke seluruh tubuh serta Hb sebagai pengangkut oksigen.

Kehadiran oksigen sangat esensial dalam program latihan fisik yang dimaksudkan untuk menghasilkan energi dari oksidasi oksigen yang terjadi bersama asam laktat dan lemak dalam proses aerobik. Apabila seseorang mengalami penurunan dalam penggunaan oksigen, hal tersebut dapat memicu penimbunan asam laktat yang pada akhirnya menyebabkan kelelahan pada atlet.



Gambar 11. Pengaruh  $\text{VO}_2$  Max pada kinerja organ tubuh

## Model Latihan Aerobik

### 1. Pelatihan Berkelanjutan

Pelatihan berkelanjutan adalah praktik latihan yang dilakukan secara terus-menerus tanpa jeda. Durasi yang dibutuhkan untuk latihan ini bervariasi antara 30 hingga 60 menit. Beberapa jenis olahraga yang dapat dilakukan secara berkelanjutan antara lain: berjalan kaki, berlari di atas treadmill, bersepeda, jogging, berenang, dan bersepeda statis.

### 2. Pelatihan Interval

Latihan interval merupakan jenis latihan yang melibatkan interval istirahat. Terdapat beberapa bentuk latihan interval, seperti lari atau berenang interval. Intensitas latihan interval biasanya dilakukan pada kisaran 80-90% dari HR.max, dengan durasi antara 2-5 menit. Selain itu, waktu istirahat antara 2-8 menit dan perbandingan antara olahraga dan istirahat

dapat dilakukan pada rasio 1:1 atau 1:2. Latihan interval biasanya dilakukan sebanyak 3-12 repetisi..

### 3. *Pelatihan Sirkuit*

Pelatihan sirkuit merupakan metode latihan yang terdiri dari beberapa titik latihan yang dikerjakan secara berurutan dari satu titik ke titik berikutnya. Terdapat antara 8-16 titik latihan dalam satu sesi sirkuit, dan istirahat dilakukan dengan jeda antara satu titik dengan titik lainnya.

### **Rasio Pertukaran Pernafasan (RER)**

Gaya hidup yang tidak banyak bergerak meningkatkan kadar RER tetapi menurunkan sensitivitas insulin, kapasitas oksidatif otot, dan oksidasi lemak seluruh tubuh. Oleh karena itu, kurangnya aktivitas fisik dapat meningkatkan lemak tubuh. Sebaliknya, subjek yang aktif secara fisik dan terlatih memiliki RER lebih rendah daripada subjek yang tidak terlatih dalam menanggapi beban kerja yang setara. Latihan daya tahan menurunkan nilai RER, meningkatkan aktivitas enzim oksidatif, penyerapan O<sub>2</sub> dan menunda waktu yang dibutuhkan untuk mencapai status kelelahan selama latihan.

### **Rangkuman**

Di awal latihan (olahraga), tingkat konsumsi oksigen meningkat tajam. dibutuhkan 2-3 menit untuk mencapai level yang diperlukan agar posisinya cukup sulit. Ketidakseimbangan dalam respon VO<sub>2</sub>max. Ini mengindikasikan bahwa reaksi metabolisme aerobik tidak cukup cepat untuk memenuhi semua kebutuhan energi selama peralihan dari keadaan istirahat ke saat berolahraga.

Olahraga berat dapat mempengaruhi tingkat pemanfaatan oksigen metabolisme aerobik maksimum yang dipersingkat untuk memaksimalkan konsumsi oksigen (VO<sub>2</sub>maksimum). Hal ini adalah petunjuk kesehatan dan kebugaran seseorang. Semakin tinggi tingkat konsumsi oksigen maksimal (VO<sub>2</sub> Max), maka semakin tinggi pula kelincahan dan kemampuan seseorang untuk menyesuaikan diri dengan aktivitas fisik.

Gaya hidup yang tidak banyak bergerak meningkatkan kadar RER tetapi menurunkan sensitivitas insulin, kapasitas oksidatif otot, dan oksidasi lemak seluruh tubuh. Oleh karena itu, kurangnya aktivitas fisik dapat meningkatkan lemak tubuh.

## Test Point

1. Jelaskan mekanisme dalam metabolisme energi aerobik !
2. Jelaskan respon dan adaptasi fisiologis pada olahraga aerobik !
3. Jelaskan hubungan antara  $VO_2$  Max dengan performa fisik !
4. Jelaskan mekanisme atau hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan aktivitas latihan aerobik !
5. Mengapa setiap melakukan latihan aerobik intensitas pernafasan kita semakin tinggi !



## BAB 4

### Sistem Skeletal Pada Olahraga

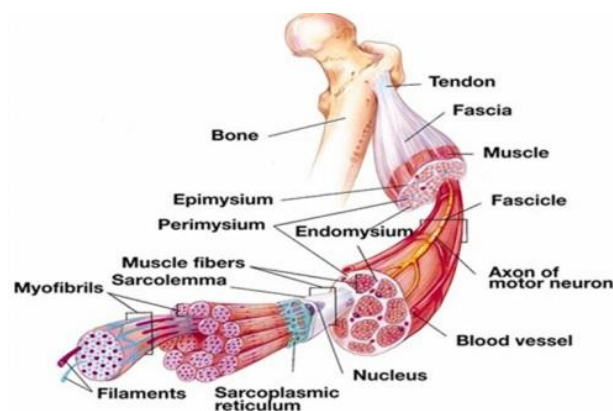
Pada bab ini menjelaskan tentang sistem skeletal/otot pada konteks olahraga yang meliputi materi-materi :

- Jaringan dan struktur otot
- Sistem kerja otot
- Respon dan adaptasi latihan
- Kelelahan otot
- Pengukuran otot
- Prinsip latihan otot
- Bentuk latihan otot

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep dasar dan mekanisme kerja otot saat melakukan aktivitas fisik.

#### Struktur Otot Skeletal

Bagian akhir dari otot rangka biasanya terhubung dengan tulang, meskipun ada beberapa yang sebagian melekat pada kulit. Ujung otot ini memiliki dua istilah penting, yaitu "insersi" yang merupakan tempat gerakan otot terjadi, dan "origo" yang merupakan tempat istirahat otot. Secara anatomi, otot rangka terdiri dari beberapa bagian yang berbeda, termasuk fasikel, serat otot rangka, miofibril, dan miofilamen yang terdiri dari filamen aktin (filamen tipis) dan filamen miosin (filamen tebal).



Gambar 12. Struktur otot

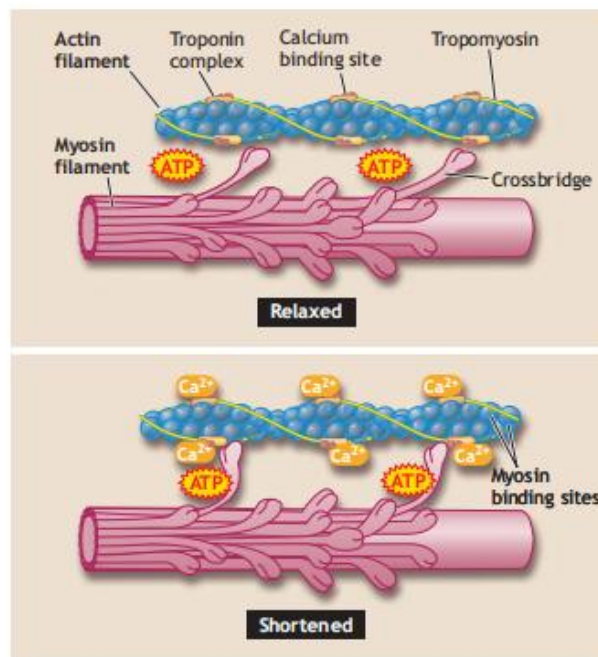
Serat otot, yang merupakan sel otot rangka tunggal, dilapisi oleh lapisan luar yang disebut sarcolemma. Serat otot ini merupakan unit dasar dari otot dan disebut juga miofibril. Miofibril terdiri dari dua jenis filamen yaitu filamen aktin dan filamen miosin. Filamen aktin dan miosin merupakan komponen terkecil dalam struktur otot dan di sinilah pusat pergerakan otot secara keseluruhan terjadi. Kontraksi dan relaksasi otot terjadi di bagian ini dan merupakan inti dari gerakan otot secara umum. Proses ini terjadi melalui tumpang tindih antara filamen aktin dan miosin. Filamen aktin memiliki tiga komponen yaitu molekul aktin, troponin, dan tropomiosin. Sementara itu, filamen miosin terdiri dari gugusan miosin tipe II yang membentuk heliks, dan setiap molekul miosin II memiliki bagian batang, engsel, dan kepala.

Tabel 1. Tipe dan karakteristik otot

	TIPE I	TIPE IIa	TIPE IIb
- Nama lain	- Lambat; oksidatif; merah	- Cepat; oksidatif-glikolitik; merah muda/pink	- Cepat; glikolitik; putih
- Sistem jalur energi utama	- Aerobik	- Aerobik atau anaerobik	- Anaerobik
- <b>Intensitas aktivitas otot</b>	- <b>Ringan sedang</b>	- <b>Berat</b>	- <b>Sangat berat</b>
- Kecepatan isoenzim ATPase miosin	- Lambat	- Cepat	- Cepat
- Kemampuan pemompaan Ca <sup>2+</sup> di retikulum sarkoplasma	- Sedang	- Tinggi	- Tinggi
- Diameter	- Kecil	- Sedang	- Besar
- Kemampuan glikolitik	- Rendah	- Sedang	- Tinggi
- Kemampuan oksidatif (berhubungan dengan kandungan mitokondria, kepadatan kapiler, kandungan mioglobin)	- Tinggi	- Sedang	- Rendah
- <b>Sumber energi utama</b>	- <b>Glukosa, lemak, laktat</b>	- <b>Glukosa, lemak, glikogen, laktat</b>	- <b>Glikogen</b>

## Gerak dan Kontraksi Otot

Proses pengurangan bahan kontraktile dalam otot melibatkan perubahan dari filamen tipis menjadi kuat. Lebar pita-A tetap konstan, sementara pita-Z bergerak lebih dekat saat otot berkontraksi dan berjauhan saat otot meregang. Kontraksi otot terjadi melalui ikatan yang terjadi antara kepala myosin dan aktin, di mana kepala myosin menekuk di persimpangan dengan leher dan kemudian berpisah. Perubahan ini terjadi sebagai hasil dari hidrolisis ATP yang terjadi secara bersamaan. Siklus ini terjadi hampir bersamaan pada sebagian besar kepala myosin. Setiap gerakan menghasilkan pemendekan sarkomer sekitar 10 nm. Filamen kuat terdiri dari 500 kepala myosin, dan siklus ini terjadi lima kali dalam satu menit selama kontraksi cepat.



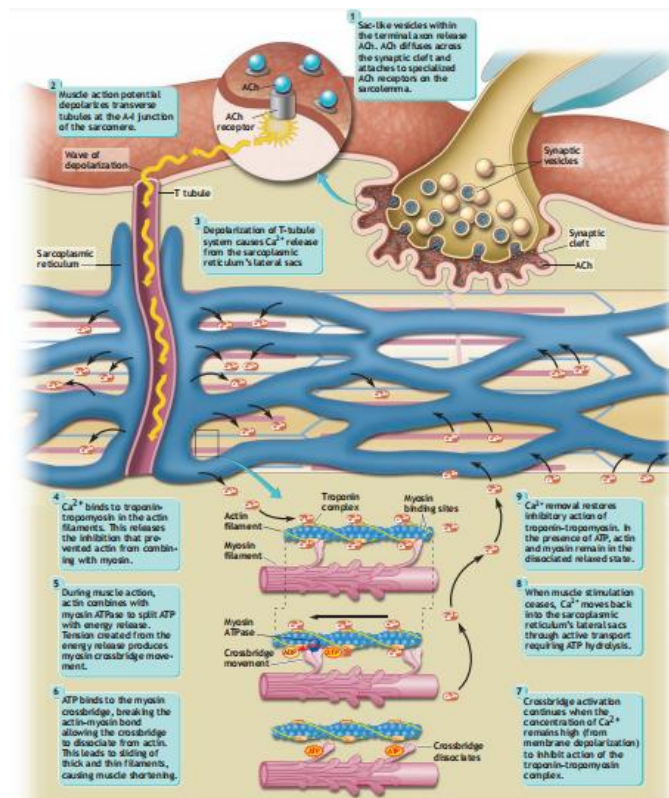
Gambar 13. Gerakan aktin dan myosin

Proses awal kontraksi dimulai dengan depolarisasi serat otot yang disebut sebagai pasangan eksitasi-kontraksi. Potensial aksi dikirim ke semua fibril dalam serat otot melalui sistem T. Sinyal ini memicu pelepasan ion Ca<sup>2+</sup> dari cisterna terminalis, yang merupakan kantong lateral dari retikulum sarkoplasma yang berdekatan dengan sistem T. Ion Ca<sup>2+</sup> inilah yang merangsang terjadinya kontraksi otot. Ion Ca<sup>2+</sup> berikatan dengan troponin C,

yang menginisiasi proses kontraksi. Pada saat istirahat, troponin I berikatan dengan aktin, dan tropomiosin menutupi area di mana kepala miosin berikatan dengan molekul aktin.

Kompleks troponin-tropomiosin membentuk protein relaksasi yang mencegah interaksi antara aktin dan miosin. Ketika ion  $Ca^{2+}$  yang dilepaskan oleh potensial aksi berikatan dengan troponin C, ikatan antara troponin I dan aktin melemah, memungkinkan tropomiosin bergerak ke samping dan membuka tempat pengikatan untuk kepala miosin. ATP kemudian dipecah dan kontraksi terjadi. Setiap molekul troponin yang berikatan dengan ion kalsium membuka tujuh situs pengikatan miosin. Setelah  $Ca^{2+}$  diikat, retikulum sarkoplasma mulai mengumpulkan  $Ca^{2+}$  melalui transpor aktif di bagian retikulum longitudinal.

Pompa yang bertanggung jawab adalah  $Ca^{2+}$ - $Mg^{2+}$  ATPase.  $Ca^{2+}$  kemudian berdifusi kembali ke cisternae terminalis, di mana ia disimpan hingga potensial aksi berikutnya. Ketika konsentrasi  $Ca^{2+}$  di luar retikulum rendah, interaksi kimia antara miosin dan aktin berhenti, dan otot menjadi rileks.



Gambar 14. Sistem pelepasan  $Ca^{2+}$  dalam kontraksi otot

## **Jenis Kontraksi Otot**

### **a. Isotonik**

Kontraksi isotonik melibatkan penggunaan beban yang konstan dan mengakibatkan perubahan panjang otot. Dalam kontraksi isotonik, penggunaan beban dapat meningkatkan kekuatan otot melalui rentang gerak sendi, yang bermanfaat dalam aktivitas fisik. Selain itu, kontraksi isotonik yang melibatkan pemeliharaan beban juga dapat menyebabkan otot mengalami hipertrofi, yaitu peningkatan ukuran otot, serta pelebaran kapiler yang mengakibatkan pembuluh darah menjadi lebih luas, mencegah terjadinya kelelahan yang cepat. Kontraksi isotonik juga memungkinkan terciptanya koordinasi yang lebih baik antara saraf dan otot, karena keterlibatan sistem saraf-otot yang lebih kompleks, sehingga kontraksi isotonik mampu menghasilkan kinerja motorik yang lebih besar.

### **b. Isometrik/statik kontraks**

Kontraksi otot di mana tidak ada perubahan panjang otot dan berat dapat bervariasi disebut sebagai kontraksi isometrik. Latihan isometrik juga dikenal sebagai latihan statis, di mana persendian tetap dalam posisi statis. Dalam kontraksi isometrik, terjadi persarafan timbal balik, di mana satu otot agonis diaktifkan sementara otot antagonisnya rileks.

Latihan isometrik yang dilakukan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan metabolisme yang berkontribusi pada kelelahan karena sirkulasi yang buruk. Hal ini disebabkan oleh sistem pompa yang mendorong peredaran darah terganggu, karena peningkatan tekanan otot yang mengakibatkan pembuluh darah menyempit (vasokonstriksi). Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan aliran darah (iskemia) karena darah terjebak. Seiring dengan itu, metabolisme melambat dan dapat menyebabkan kondisi iskemia.

### **c. Eksentrik**

Kontraksi otot di mana kedua ujung otot atau tempat melekatnya (origo-insertio) saling menjauh atau otot mengalami pemanjangan disebut kontraksi eksentrik.

#### d. Kosentrik

Kontraksi otot di mana kedua ujung otot atau tempat penyisipan (origo-insertio) mendekat atau otot mengalami pemendekan disebut kontraksi konsentrik.

## **Prinsip Latihan Otot dan Program Latihan**

### **1. Latihan Isometrik**

Latihan isometrik adalah jenis latihan intensif di mana otot mengalami kontraksi dengan menggunakan resistensi atau beban yang tetap, sementara panjang otot tetap dalam rentang gerakan yang sama. Melalui latihan isometrik, kekuatan, daya tahan, dan kekuatan otot dapat dikembangkan. Ada beberapa bentuk latihan isometrik yang meliputi latihan manual dan latihan stabilitas, latihan dengan resistensi yang tetap, latihan eksentrik dan konsentrik, serta latihan dengan rantai kinematik terbuka dan tertutup.

Salah satu cara untuk melakukan latihan isometrik adalah dengan menggunakan beban eksternal, yang dikenal juga sebagai latihan resistensi isotonik. Ini melibatkan latihan yang intensif dengan melawan resistensi yang konstan dengan menggunakan beban kecil pada rentang gerakan sendi. Latihan resistensi isotonik ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan fisik dengan kualitas yang diinginkan.

- a. Kekuatan merujuk pada kekuatan yang dihasilkan oleh kontraksi otot dan secara langsung terkait dengan tingkat tegangan yang dihasilkan selama kontraksi tersebut.
- b. Untuk meningkatkan kekuatan otot, penting untuk memberikan beban atau resistensi pada kontraksi otot. Hal ini akan meningkatkan tingkat tegangan yang terjadi dalam otot, mendorong hipertropi (pertumbuhan otot) dan penggabungan unit motorik (unit saraf motorik dan serat otot yang terhubung dengannya). Dengan memberikan beban atau resistensi yang sesuai, otot akan merespons dengan meningkatkan kekuatan dan daya tahan untuk mengatasi tuntutan yang diberikan.

- c. Latihan penguatan bertujuan untuk menargetkan otot atau kelompok otot tertentu dengan mengaplikasikan beban yang berat dan jumlah pengulangan yang rendah.
- d. Tujuan utama dari latihan resistensi adalah meningkatkan penampilan atau kemampuan fisik dengan meningkatkan kekuatan fisik, daya tahan, atau kekuatan otot.
- e. Dalam latihan ketahanan, struktur latihan dapat disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai melalui pengaturan intensitas, durasi, dan volume pengulangan.

## **2. Metode De Lorme**

Metode yang disebut latihan resistensi juga dikenal sebagai Latihan Perlawanan Progresif (Progressive Resistance Exercise, PRE). Metode ini melibatkan serangkaian latihan penguatan yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot secara bertahap.

### **a. Prosedur implementasi**

- 1) Tentukan kontrol berat 10 RM. Pelanggan melakukan:
  - a) 10 repetisi dengan bobot  $\frac{1}{2}$  dari 10 RM.
  - b) 10 repetisi dengan beban  $\frac{3}{4}$  dari 10 RM.
  - c) 10 repetisi dengan beban 10 RM.
- 2) Setiap sesi latihan diselingi dengan istirahat sejenak.

### **b. efek latihan pada de lorme**

Metode latihan cacing untuk peningkatan kekuatan fisik didasarkan pada prinsip-prinsip latihan penguatan. Prinsip-prinsip ini termasuk overloading (memberikan beban yang melebihi kapasitas normal) dan detailing (fokus pada otot atau kelompok otot tertentu). Dengan menggunakan metode ini, efek yang diharapkan adalah peningkatan kekuatan otot melalui kontraksi dan perlawanan terhadap beban.

Program latihan ini mengadopsi pendekatan serupa dengan pemanasan. Beban yang digunakan secara bertahap meningkat dari tingkat yang lebih rendah hingga lebih tinggi, dimulai dari  $\frac{1}{2}$  dari 10 RM, kemudian  $\frac{3}{4}$  dari 10 RM, dan akhirnya 10 RM secara keseluruhan.

Pemanasan, atau sering disebut sebagai olahraga awal, merupakan kegiatan yang membantu mempersiapkan tubuh secara mental dan fisik sebelum melakukan aktivitas fisik. Tujuan pemanasan adalah untuk mengurangi risiko cedera pada sendi dan otot. Pemanasan juga memiliki dampak emosional karena dapat mempengaruhi pikiran dan kesiapan seseorang sebelum melakukan latihan. Dengan pikiran yang siap, seseorang lebih mudah meningkatkan keterampilan dan organisasi dalam latihan.

Selama pemanasan, terjadi perubahan fisiologis pada tubuh seperti peningkatan aliran darah dan suhu tubuh. Selama musim panas, ada perubahan tambahan yang terjadi:

- 1) meningkatkan kecepatan kontraksi dan relaksasi otot.
- 2) untuk meningkatkan gerakan karena resistensi viskositas otot menurun.
- 3) memudahkan penggunaan oksigen oleh otot karena hemoglobin melepaskan oksigen dengan cepat pada suhu tinggi.
- 4) Meningkatkan transmisi kegugupan atau metabolisme otot dan suhu tinggi di area pemanasan akan meningkatkan aktivitas motorik yang diperlukan untuk aktivitas tersebut.
- 5) Meningkatkan aliran darah ke seluruh tubuh yang berfungsi sebagai pembuluh darah regional karena laju metabolisme dan suhu tubuh yang tinggi.
- 6) Pembakaran secara bertahap akan meningkatkan suhu dan energi tubuh tanpa menyebabkan kelelahan dan penurunan energi.

### **3. Metode oxford**

Proses ini diprioritaskan oleh elm. Metode ini dirancang dengan mengurangi beban atau hambatan yang bertujuan untuk mengurangi efek kelelahan pada otot akibat kelebihan berat badan terlebih dahulu.

#### **a. Proses implementasi**

- 1) Tentukan kontrol berat 10 RM
- 2) pelanggan melakukan:
  - a) repetisi dengan beban 10 rm sudah cukup.
  - b) 10 repetisi dengan beban 3/4 dari 10 RM.



c) 10 repetisi dengan beban 1/2 dari 10 RM.

3) Setiap sesi latihan ditandai dengan istirahat sejenak.

#### **4. Kebijakan dan Program Latihan**

Program latihan yang berhasil adalah program latihan yang sudah terbukti efektif. Program latihan terbaik didasarkan pada rutinitas latihan yang tepat. Oleh karena itu, sebelum mengadakan pelatihan, terapis harus terlebih dahulu menentukan program yang akan diberikan kepada kliennya. Regimen latihan dan program pelatihan yang ditetapkan oleh terapis meliputi;

a. berulang kali (frekuensi)

Frekuensi latihan harus teratur dan teratur, karena berpengaruh pada hasil yang bisa dicapai setiap hari, sedangkan latihan untuk meningkatkan daya tahan tubuh bisa dilakukan seminggu tiga kali. Ini mengacu pada pemulihan sistem tenaga yang digunakan selama latihan.

b. kekuatan (intensitas)

Beban yang digunakan diperbaiki dalam sistem yang digunakan dan prinsip transfer beban yang sama digunakan. Kekuatan yang digunakan dalam latihan adalah maksimum repetisi (RM), yaitu beban maksimum yang dapat dilakukan atau diangkat selama satu gerakan atau kontraksi. Ini adalah latihan yang serius karena tujuannya adalah untuk:

1) 1RM - 3RM - untuk meningkatkan kekuatan neuromuskuler.

2) 4RM-6RM - meningkatkan kekuatan maksimal dengan merangsang hipertrofi otot.

3) 6RM-12RM - meningkatkan massa otot (hipertrofi) dan meningkatkan peningkatan kekuatan sedang (Fleck & Kraemer 1996).

4) 12RM-20RM - untuk meningkatkan massa otot dan daya tahan.

c. Durasi waktu

Waktu yang diberikan untuk setiap latihan adalah 3 set dan setiap set tergantung pada pengulangan yang digunakan. Setiap set dipasangkan dengan waktu istirahat singkat, dan latihan berat menggunakan sistem energi ATP-PC membutuhkan istirahat 3-5 menit untuk memulihkan energi di setiap set. Latihan kekuatan dengan beban dan sistem kekuatan ATP-PC dapat

dilatih setiap hari, karena kekuatan penuh dan ATP PC dibangun dalam waktu 24 jam. Ini bagus untuk berlatih untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Diperlukan pemulihan panjang selama 48 jam untuk memulihkan energi glikogen.

d. jenis latihan

Jenis latihan tergantung pada jenis latihan yang Anda pilih. Jenis olahraga terbagi menjadi dua jenis yaitu olahraga aerobik dan olahraga anaerobik. Di alam, latihan aerobik cenderung meningkatkan daya tahan tubuh, berbeda dengan latihan anaerobik yang meningkatkan kekuatan fisik.

e. Pengulangan

Saat berlatih untuk meningkatkan kekuatan fisik, frekuensi yang ditentukan adalah 60-100% dari 1RM. Berikut adalah hubungan antara berat badan dan pengulangan:

- 1) 60% - 17 kali
- 2) 65% - 14 kali
- 3) 70% - 12 kali
- 4) 75% - 10 kali
- 5) 80% - 8 kali
- 6) 85% - 6 pengulangan
- 7) 90% - 5 kali
- 8) 95% - 3 kali
- 9) 100% - 1 frekuensi

### **Adaptasi Otot Terhadap Resistance Exercise**

Adaptasi adalah karakteristik paling penting dari otot rangka. Olahraga dapat merespons dengan perubahan mendadak pada sistem, organ, atau sel. Misalnya, detak jantung bisa meningkat saat seseorang melompat dari kursi atau jogging. Adaptasi seluler secara umum dapat memengaruhi sintesis komponen seluler dalam sel otot. Sel-sel otot dapat mengalami sintesis dan penguraian, dan ketika laju sintesis melebihi laju penguraian, komponen seluler meningkat. Perubahan sintesis protein membutuhkan sinyal seluler

yang dapat memicu faktor biologis dan fisiologis yang berinteraksi dengan berbagai otot, sehingga memicu perubahan seluler.

Dalam hal peningkatan latihan, latihan ketahanan memiliki efek atau respons pada otot, dan beberapa adaptasi yang dapat terjadi pasca latihan meliputi adaptasi neurologis, adaptasi struktural, dan adaptasi metabolik.

## 1. PENYESUAIAN NEUROLOGIS

Perubahan Otot Pemula yang memulai program latihan kekuatan untuk pertama kalinya akan melihat peningkatan dramatis dalam kekuatan otot.

- a. Pertumbuhan ini berlanjut secara linear selama 8-12 minggu. "Mekanisme utama untuk memulai latihan penguatan adalah adaptasi sistem saraf. (Moriant, 1979; Vendo, 1988)" (Haycock, Bryan:2001).
- b. Perubahan ini dapat dilakukan dengan atau tanpa menambah luas penampang. Kunci pelatihan ketahanan untuk meningkatkan kekuatan fisik adalah pengetahuan dan perencanaan. Impuls saraf yang terjadi melalui langkah-langkah berikut:
- c. Peningkatan koordinasi antar otot, yang meningkatkan efisiensi gerakan terkoordinasi. Perubahan ini terjadi dalam 2-3 minggu pertama latihan rutin.
- d. Peningkatan koordinasi intramuskular, yang meningkatkan produksi energi. Perubahan ini muncul dalam 4-6 minggu.
- e. Otot mengalami hipertrofi, atau peningkatan massa otot dan elemen kontraktil, serta resistensi jaringan terhadap kerusakan. Penyesuaian ini terjadi dalam 2-5 bulan dari latihan kekuatan awal. F. Stagnasi (setelah 5 bulan), adaptasi struktural dan fungsional mulai melambat. Penting untuk menetapkan keadaan stabil untuk pengembangan lebih lanjut, seperti ketika ada penurunan kekuatan atau resistensi pelatihan atau penurunan kapasitas cadangan tubuh (CAR) saat ini pada minggu ke 18-22. (Zhikharevich, 1976 dan Sirenko, 1980) Siff dan Verkhoshansky, 1996).

## 2. PENYESUAIAN STRUKTURAL

Perubahan struktural pertama dalam latihan kekuatan untuk meningkatkan kekuatan fisik adalah meningkatkan kekuatan fisik itu sendiri. Peningkatan massa otot rangka atau hipertrofi otot dapat dianggap sebagai perubahan struktural yang penting. Perubahan ini merupakan perubahan

untuk meningkatkan kekuatan otot untuk menciptakan ketegangan. sehingga kekuatan otot dapat meningkat. Adaptasi ini merupakan adaptasi untuk meningkatkan kemampuan otot untuk menimbulkan ketegangan sehingga kekuatan otot meningkat. Peningkatan hipertrofi otot dikaitkan dengan sintesis komponen seluler, terutama sintesis protein komponen produksi. Bersamaan dengan peningkatan jumlah mitokondria dalam sel otot, jumlah protein kontraktile meningkat. Di dalam sel, miofibril meningkat dalam ukuran dan jumlah dan membentuk sarkomer karena peningkatan sintesis protein, sementara pada saat yang sama degradasi protein berkurang. Efek utama hipertrofi otot adalah peningkatan ketegangan atau kekuatan.

Ada dua jenis hipertrofi, yaitu hipertrofi sarkoplasma dan hipertrofi sarkomer (Siff dan Verkhoshansky, 1996). Pada hipertrofi sarkoplasma, volume protein dalam jaringan yang tidak dapat berkontraksi dan jumlah cairan di antara serat otot meningkat. Perbedaan antara hipertrofi sarkoplasma dan hipertrofi sarkomer adalah peningkatan kepadatan miofibril. Jenis hipertrofi tergantung pada pelatihan. Latihan repetisi tinggi/ sedang (8-12 repetisi) menyebabkan hipertrofi sarkoplasma yang lebih besar, sementara latihan repetisi rendah (1-6 repetisi) meningkatkan hipertrofi sarkomer (Nikituk dan Samoilo, 1990).

### 3. ADAPTASI METABOLIK

Dalam adaptasi metabolik, latihan resistensi melibatkan tiga enzim kompleks, yaitu kompleks fosfokreatin-ATP, kompleks glikolisis/glikogenolisis, dan kompleks lipolisis. Adaptasi ini terkait dengan sistem energi yang digunakan selama latihan.

#### **Rangkuman**

Otot adalah jaringan sensitif yang dapat distimulasi untuk menghasilkan potensial aksi. Otot rangka melekat pada tulang dan berfungsi sebagai sistem otot yang menggerakkan tubuh. Aktivitas saraf diatur oleh sistem saraf melalui input motorik. Otot rangka terdiri dari serat yang merupakan blok bangunan dari sistem otot. 40% dari berat tubuh manusia terdiri dari otot rangka dan 10% terdiri dari otot polos dan jantung. Proses kontraktile otot rangka tergantung pada protein myosin, aktin, troponin dan tropomyosin. Filamen miosin tebal sedangkan filamen aktin tipis.

## Test Point

1. Jelaskan mekanisme kontraksi otot !
2. Jelaskan jenis kontraksi otot dan berilah contohnya !
3. Mengapa setelah diberi latihan beban, otot bisa mengalami hipertrofi !
4. Jelaskan respon dan adaptasi otot saat melakukan aktivitas fisik !
5. Jelaskan bagaimana glukosa bisa masuk kedalam otot yang selanjutnya bisa digunakan sebagai energi !

## BAB 5

### Sistem Saraf Pada Latihan

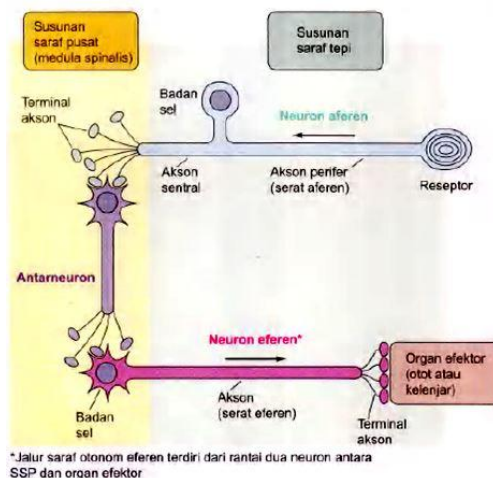
Pada bab ini menjelaskan tentang sistem saraf pada peranannya dalam olahraga yang meliputi materi-materi :

- Struktur dan fungsi sistem saraf
- Sistem kerja sistem saraf
- Komunikasi saraf saat istirahat dan latihan
- Latihan dan kondisi psikologis

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep dasar dan mekanisme kerja sistem saraf saat melakukan aktivitas fisik.

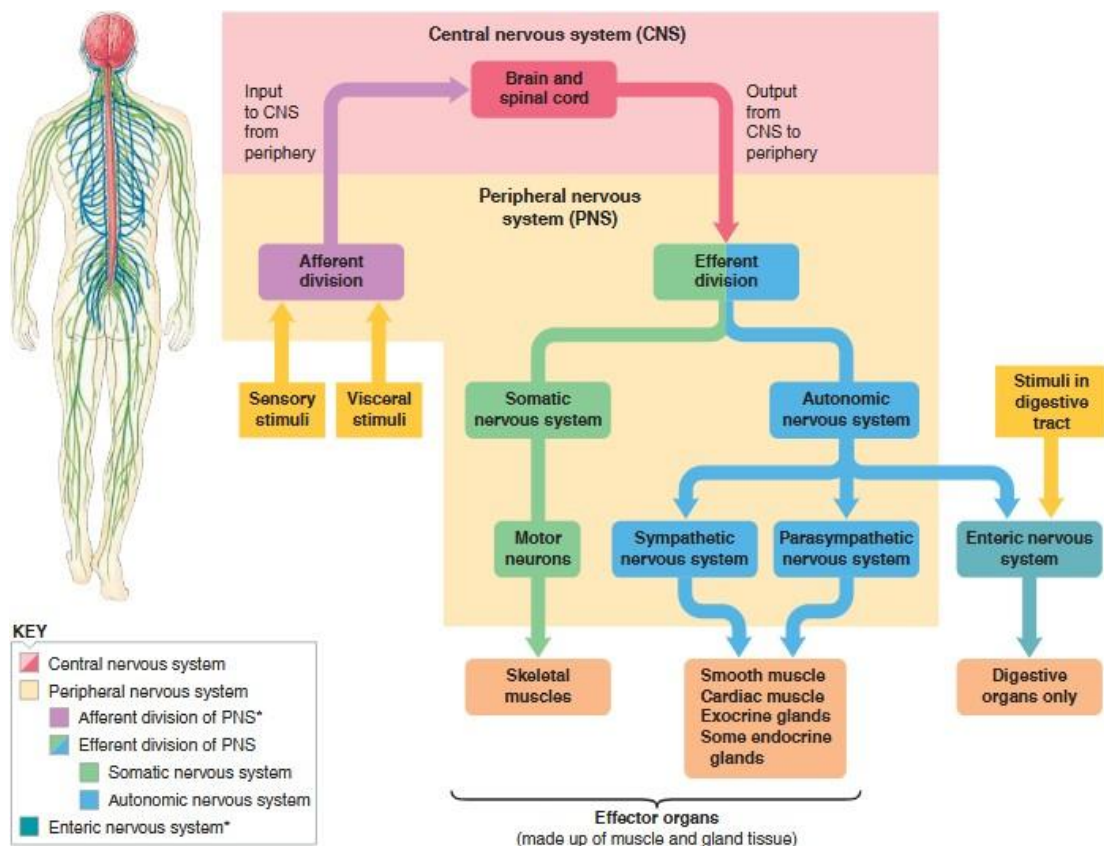
#### Struktur Sistem Saraf

Sistem saraf merupakan salah satu sistem dalam tubuh yang dapat berfungsi sebagai media untuk berkomunikasi antar sel maupun organ dan dapat berfungsi sebagai pengendali berbagai sistem organ lain serta dapat pula memproduksi hormon. Berdasarkan struktur dan fungsinya, sistem saraf secara garis besar dapat dibagi dalam sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat terdiri dari otak dan medulla spinalis yang mempunyai beragam pusat dengan fungsi yang berbeda-beda. Dalam sistem saraf pusat ini terjadi berbagai proses analisis informasi yang masuk serta proses sintesis dan mengintegrasikannya.



Gambar 15. Pembagian saraf pusat dan saraf tepi.

Pada dasarnya proses tersebut bertujuan untuk mengendalikan berbagai sistem organ yang lain sehingga terbentuk keluaran berupa perilaku makhluk hidup. Sistem saraf tepi terdiri dari saraf aferen dan saraf eferen. Saraf aferen yang juga disebut sebagai saraf sensorik, berfungsi menyalurkan informasi yang berasal dari organ reseptor. Mekanisme penghantaran informasi antara reseptor dengan sistem saraf pusat terjadi melalui proses penghantaran impuls dengan kode irama dan frekuensi tertentu. Saraf eferen yang juga disebut saraf motorik, terdiri dari dua bagian yaitu saraf motorik somatik dan saraf motorik autonom . Saraf motorik somatik membawa impuls dari pusat ke otot rangka sebagai organ efektor. Melalui proses komunikasi secara biolistrik di saraf dan proses komunikasi melalui neurotransmitor di hubungan saraf-otot, dapat terbangkit kontraksi otot. Baik kekuatan maupun jenis kontraksi otot rangka dapat dikendalikan oleh sistem saraf pusat maupun oleh sistem saraf tepi.



Gambar 16. Pembagian sistem saraf

Terlihat pembagian struktur berdasarkan fungsinya. **organ reseptor** dapat berupa sel yang berbeda dengan sel saraf aferen ( sensorik) yang terdapat pada beberapa organ sensorik khusus. Organ reseptor dapat pula merupakan bagian ujung sel saraf aferen. **Susunan saraf tepi** merupakan gabungan saraf aferen (bagian sensorik saraf tepi) saraf aferen (bagian motorik saraf tepi). **Susunan saraf pusat** terdiri dari otak dan medula spinalis yang berfungsi antara lain menganalisis , menyintesis dan mengintegrasikan berbagai masukan dari saraf sensorik maupun dari bangunan lain yang terdapat di otak maupun di medula spinalis. **Organ efektor** dapat berupa otot rangka yang di sarafi oleh saraf motorik somatik serta otot polos. Otot jantung dan kelenjar yang di sarafi oleh saraf motorik otonom.

### **Sistem Kerja Saraf**

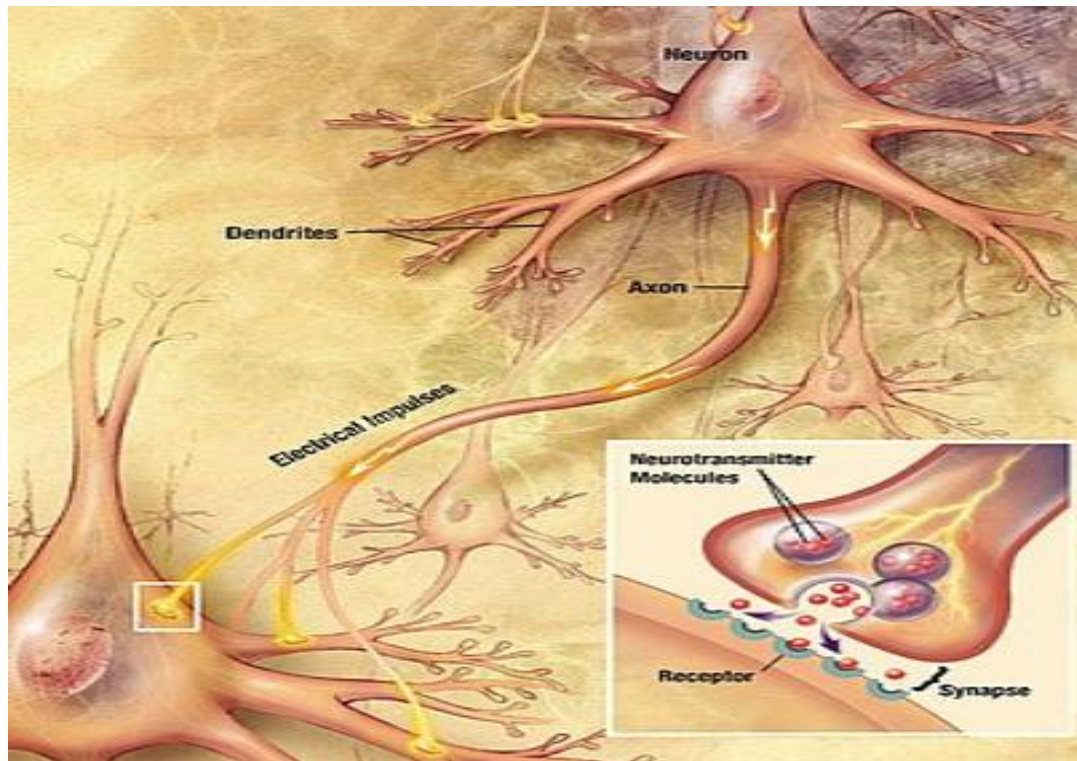
Sistem saraf atau sistem saraf pusat adalah sistem kompleks dari jaringan saraf yang terdiri dari otak, sumsum tulang belakang, dan saraf-saraf yang menyebar ke seluruh tubuh. Sistem saraf berfungsi untuk mengirimkan sinyal listrik dan kimiawi dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh yang lain, yang memungkinkan kita merasakan, merespons, dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Sistem saraf terdiri dari tiga jenis sel saraf utama, yaitu:

1. Sel saraf sensorik (neuron sensorik) - Sel saraf ini menerima informasi sensorik dari lingkungan dan tubuh, seperti rasa sakit, suhu, dan tekanan, dan mengirimkan informasi ini ke otak.
2. Sel saraf motorik (neuron motorik) - Sel saraf ini mengirimkan sinyal dari otak ke otot-otot dan kelenjar di seluruh tubuh, memungkinkan kita untuk melakukan gerakan dan mengeluarkan respon fisiologis seperti keringat dan air mata.
3. Sel saraf penghubung (neuron penghubung) - Sel saraf ini menghubungkan sel saraf sensorik dan motorik, dan memungkinkan pengiriman informasi dari satu neuron ke neuron lainnya.

Sistem kerja sistem saraf dimulai dengan penerimaan informasi sensorik dari lingkungan oleh sel saraf sensorik. Informasi ini dikirim ke sel



saraf penghubung, yang mengintegrasikan informasi tersebut dan kemudian mengirimkan sinyal ke sel saraf motorik untuk menghasilkan respon. Proses ini melibatkan perpindahan ion listrik dan pelepasan neurotransmitter, yaitu senyawa kimia yang membantu mengirimkan sinyal dari satu neuron ke neuron lainnya.



Gambr 17. Sistem kerja saraf

Selain itu, sistem saraf juga dapat memodulasi aktivitas fisiologis dan emosional, dan memainkan peran penting dalam pemrosesan informasi dan pengambilan keputusan. Dalam otak, terdapat beberapa area yang khusus terlibat dalam pemrosesan informasi seperti penglihatan, pendengaran, dan bahasa. Selain itu, neurotransmitter seperti dopamin, serotonin, dan noradrenalin mempengaruhi suasana hati, perhatian, dan motivasi. Secara keseluruhan, sistem saraf memainkan peran penting dalam mengatur fungsi tubuh dan menghasilkan respon terhadap lingkungan sekitar. Melalui interaksi antara sel saraf sensorik, penghubung, dan motorik, sistem saraf memungkinkan kita untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitar dan merespons secara efektif terhadap situasi yang berbeda.

Pada tingkat yang lebih tinggi, sistem saraf juga terlibat dalam proses pemikiran, belajar, dan memori. Proses ini melibatkan penggunaan jaringan neuron yang kompleks, yang terdiri dari jutaan atau bahkan miliaran sel saraf dan sinaps yang menghubungkannya. Selama belajar dan membentuk ingatan, neuron membentuk koneksi baru dan mengubah kekuatan koneksi yang ada. Proses ini dikenal sebagai neuroplastisitas.

Sistem saraf juga memiliki dua cabang utama, yaitu sistem saraf otonom dan sistem saraf somatik. Sistem saraf otonom mengatur fungsi-fungsi tubuh yang tidak disadari, seperti detak jantung, pernapasan, dan pencernaan. Cabang utama dari sistem saraf otonom adalah sistem saraf simpatis dan parasimpatis, yang bekerja bersama untuk mempertahankan keseimbangan internal dalam tubuh. Sistem saraf somatik, di sisi lain, mengatur gerakan sukarela, seperti gerakan tubuh yang terkait dengan aktivitas fisik dan perilaku.

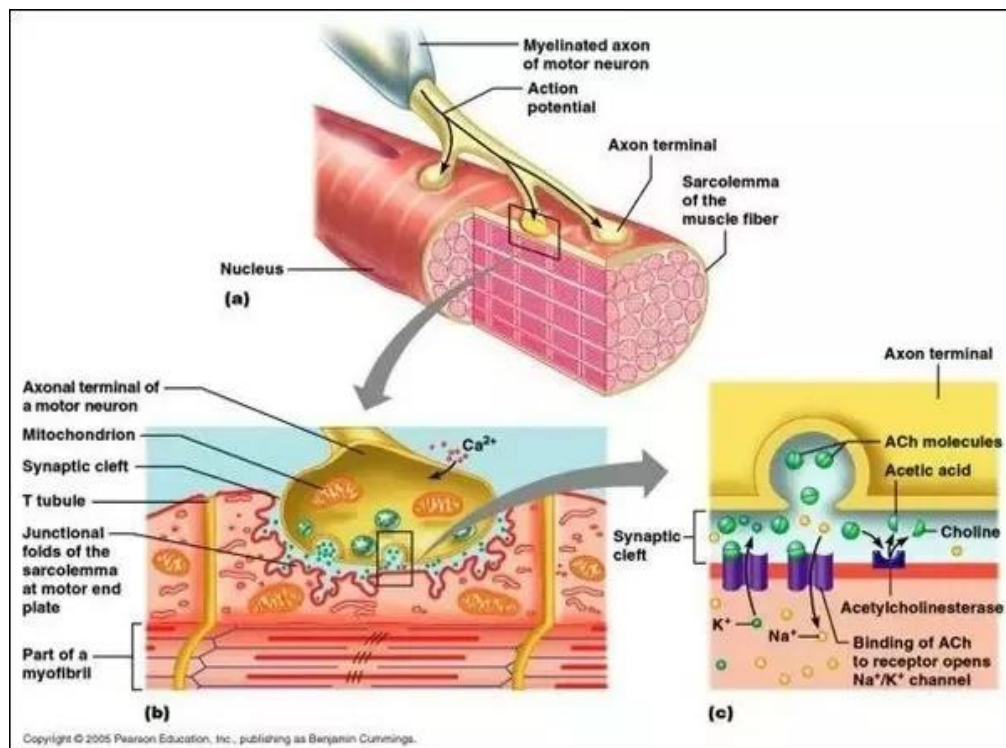
Sistem saraf juga dapat mengalami gangguan atau penyakit, seperti stroke, epilepsi, dan Alzheimer. Stroke terjadi ketika pasokan darah ke otak terhenti, yang dapat merusak sel saraf dan menyebabkan kerusakan permanen pada fungsi otak. Epilepsi adalah kondisi di mana seseorang mengalami serangan yang terkait dengan aktivitas listrik yang abnormal pada otak. Alzheimer, di sisi lain, adalah penyakit degeneratif otak yang menyebabkan penurunan fungsi kognitif, termasuk memori dan kemampuan berpikir.

Secara keseluruhan, sistem saraf adalah sistem yang kompleks dan penting dalam mengatur fungsi tubuh, menghasilkan respon terhadap lingkungan sekitar, dan memainkan peran dalam pemikiran, belajar, dan memori. Dalam kondisi normal, sistem saraf berfungsi dengan baik untuk mempertahankan keseimbangan internal dalam tubuh dan memungkinkan kita untuk berinteraksi dengan dunia di sekitar kita secara efektif. Namun, gangguan atau penyakit pada sistem saraf dapat menyebabkan gangguan pada fungsi tubuh dan mempengaruhi kualitas hidup seseorang.

## Komunikasi Saraf Saat Latihan

Komunikasi saraf terjadi melalui sinyal listrik dan kimia yang dikirimkan antara sel saraf di seluruh tubuh. Saat istirahat, sistem saraf mempertahankan keseimbangan yang disebut homeostasis, di mana fungsi tubuh dipertahankan dalam kisaran normal. Selama istirahat, aktivitas saraf parasimpatis meningkat dan sistem saraf simpatis menurun, yang menghasilkan efek menenangkan pada tubuh. Sinyal-sinyal saraf diproses dan diintegrasikan di otak, dan respon yang sesuai diberikan.

Namun, saat tubuh dalam kondisi latihan atau aktivitas fisik yang berat, sistem saraf mengalami perubahan yang signifikan. Selama latihan, sistem saraf simpatis meningkat dan saraf parasimpatis menurun, yang menghasilkan efek stimulasi pada tubuh. Ini memicu pelepasan hormon dan neurotransmitter seperti epinefrin, norepinefrin, dan dopamin, yang meningkatkan denyut jantung, meningkatkan tekanan darah, dan memperkuat kontraksi otot. Selain itu, sel saraf yang terlibat dalam kontrol gerakan sukarela bekerja dengan lebih efektif selama latihan.



Gambar 18. Penyampaian informasi dari saraf ke otot

Selama latihan, sistem saraf juga membentuk jalur saraf baru dan meningkatkan konektivitas antara sel saraf, yang disebut neuroplastisitas. Ini memungkinkan tubuh untuk memperoleh keahlian dan meningkatkan kinerja dalam aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur. Selama istirahat sistem saraf berfungsi dalam keseimbangan homeostatis, sementara selama latihan sistem saraf mengalami perubahan untuk memfasilitasi aktivitas fisik. Kedua kondisi ini melibatkan proses komunikasi saraf yang kompleks antara sel saraf dan jaringan saraf di seluruh tubuh, dan dapat mempengaruhi kesehatan dan kinerja seseorang secara signifikan.

Penting untuk mempertahankan kesehatan sistem saraf dengan memperhatikan nutrisi yang seimbang, istirahat yang cukup, dan aktivitas fisik yang teratur. Latihan dan aktivitas fisik yang teratur dapat membantu meningkatkan kesehatan saraf dan neuroplastisitas, yang dapat meningkatkan kinerja kognitif dan motorik. Selain itu, olahraga juga dapat membantu mengurangi risiko penyakit yang terkait dengan sistem saraf, seperti stroke dan Alzheimer.

Pada saat yang sama, pengaturan stres juga sangat penting untuk kesehatan sistem saraf. Stres kronis dapat memicu pelepasan hormon stres seperti kortisol, yang dapat menyebabkan kerusakan pada sel saraf dan mengurangi neuroplastisitas. Dalam jangka panjang, ini dapat meningkatkan risiko gangguan mental dan neurodegeneratif seperti depresi dan Alzheimer. Oleh karena itu, mengelola stres dan mencari cara untuk meredakan stres seperti meditasi dan yoga dapat membantu menjaga kesehatan sistem saraf.

Komunikasi saraf merupakan proses yang kompleks dan penting dalam mengatur fungsi tubuh dan mempengaruhi kesehatan dan kinerja seseorang. Memperhatikan nutrisi yang seimbang, istirahat yang cukup, aktivitas fisik yang teratur, dan pengaturan stres dapat membantu mempertahankan kesehatan sistem saraf dan meningkatkan kinerja mental dan fisik.

Selain itu, penting juga untuk mencari bantuan medis jika mengalami gejala atau masalah kesehatan yang terkait dengan sistem saraf, seperti migrain, gangguan kecemasan, atau masalah neurologis lainnya. Hal ini dapat

membantu mencegah komplikasi yang lebih serius dan meningkatkan kualitas hidup seseorang.

Dalam pengelolaan aktivitas fisik dan latihan, perlu juga untuk memperhatikan intensitas dan durasi latihan. Latihan dengan intensitas yang terlalu tinggi dan durasi yang terlalu lama dapat memicu stres yang berlebihan pada tubuh, yang dapat merusak kesehatan sistem saraf dan mengurangi kinerja. Oleh karena itu, penting untuk mengikuti rekomendasi latihan yang sesuai dengan kemampuan fisik dan kondisi kesehatan seseorang.

Dalam kesimpulannya, komunikasi saraf merupakan proses penting yang terjadi dalam tubuh kita pada saat istirahat dan latihan. Untuk mempertahankan kesehatan sistem saraf, perlu memperhatikan faktor-faktor seperti nutrisi, istirahat, aktivitas fisik, pengaturan stres, dan mencari bantuan medis jika diperlukan. Dengan menjaga kesehatan sistem saraf, kita dapat meningkatkan kinerja mental dan fisik serta mencegah risiko masalah kesehatan yang terkait dengan sistem saraf.

### **Latihan dan Kondisi Psikologis**

Latihan adalah proses yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan atau keterampilan dalam suatu kegiatan. Dalam konteks sistem saraf, Latihan dapat merujuk pada serangkaian aktivitas atau Latihan fisik dan kognitif yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja sistem saraf.

Latihan fisik seperti olahraga aerobik atau Latihan kekuatan, telah terbukti dapat meningkatkan fungsi saraf. Ini terjadi karena aktivitas fisik meningkatkan aliran darah ke otak dan meningkatkan produksi neurotropik, zat kimia yang diperlukan untuk pertumbuhan dan fungsi sel saraf.

Latihan kognitif, seperti teka teki atau Latihan memori, juga dapat meningkatkan fungsi sistem saraf. Latihan ini menstimulasi bagian-bagian tertentu dari otak dan memperkuat koneksi antara sel-sel saraf.

Kondisi psikologis juga dapat mempengaruhi fungsi sistem saraf. Stres kronis dan gangguan mental seperti depresi atau kecemasan dapat menyebabkan perubahan pada otak dan mengganggu kinerja sistem saraf.

Untuk itu, Latihan dan pengelolaan kondisi psikologis dapat membantu mempertahankan Kesehatan system saraf. Latihan fisik dan kognitif secara teratur dapat membantu meningkatkan kinerja system syaraf, sementara pengelolaan stress dan gangguan mental dapat membantu menjaga Kesehatan system saraf dan mencegah gangguan saraf yang lebih serius. Beberapa kondisi psikologis yang dapat mempengaruhi system saraf meliputi;

1. Stress kronis: stress kronis dapat menyebabkan perubahan pada otak yang mengganggu fungsi system saraf. Stress dapat menyebabkan pelepasan hormon stress seperti kortisol yang dapat merusak sel-sel saraf dan mempercepat penuaan otak.
2. Depresi: depresi dapat menyebabkan perubahan pada otak yang mempengaruhi fungsi system saraf. Depresi dapat mengurangi jumlah neurotropik yang di produksi oleh otak dan merusak sel sel saraf.
3. Kecemasan: kecemasan dapat memicu respons stress yang merusak sel-sel saraf dan fungsi system saraf. Kecemasan juga dapat menimbulkan perilaku merugikan seperti penghindaran sosial atau isolasi, yang dapat memperburuk kondisi mental atau fisik.

Dalam mengatasi kondisi psikologis yang mempengaruhi system saraf, terapi dan pengobatan medis dapat membantu mengurangi gejala dan memperbaiki fungsi system saraf. Terapi kognitif perilaku dan terapi bicara membantu mengatasi stress, depresi, dan kecemasan, sementara obat-obatan seperti anti depresan dan anxiolitik dapat membantu mengurangi gejala dan memperbaiki fungsi system saraf.

Selain itu, Latihan fisik kognitif juga dapat membantu mengurangi gejala dan memperbaiki fungsi system saraf pada kondisi psikologis tertentu. Latihan fisik dapat membantu mengurangi stress dan meningkatkan Kesehatan mental secara keseluruhan, sementara Latihan kognitif dapat membantu mengurangi gejala depresi dan kecemasan serta meningkatnya kinerja kognitif.

Latihan dan kondisi psikologis mempengaruhi system syaraf. Latihan fisik dan kognitif dapat meningkatkan fungsi system saraf, sedangkan stress

kronis dan gangguan mental seperti depresi dan kecemasan dapat merusak sel-sel saraf dan mempengaruhi kinerja system saraf.

### **Rangkuman**

Sistem saraf memainkan peran penting dalam pengaturan fungsi tubuh yang kompleks, termasuk kontrol Gerakan, persepsi sensorik, pemrosesan informasi, dan koordinasi respons terhadap rangsangan. System saraf juga terlibat dalam regulasi emosi, ingatan, mental, dan perilaku.

### **Test Point**

1. Jelaskan bagaimana sistem kerja saraf !
2. Bagaimana mekanisme saraf dalam memberikan informasi untuk menggerakkan otot !
3. Mengapa kondisi psikologis dapat mempengaruhi kondisi fisiologis, begitu juga sebaliknya !
4. Mengapa setiap orang mempunyai gerak refleks yang berbeda !

## BAB 6

### Sistem Hormonal Pada Latihan

Pada bab ini menjelaskan tentang peran sistem hormonal pada olahraga yang meliputi materi-materi :

- Struktur dan sistem endokrin
- Hormon dan metabolisme
- Hormon dan cardiorespiratori
- Hormon terhadap otot, tulang dan jaringan adiposa
- Respon hormonal
- Adaptasi hormonal

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep dasar dan mekanisme kerja sistem hormonal saat melakukan aktivitas fisik.

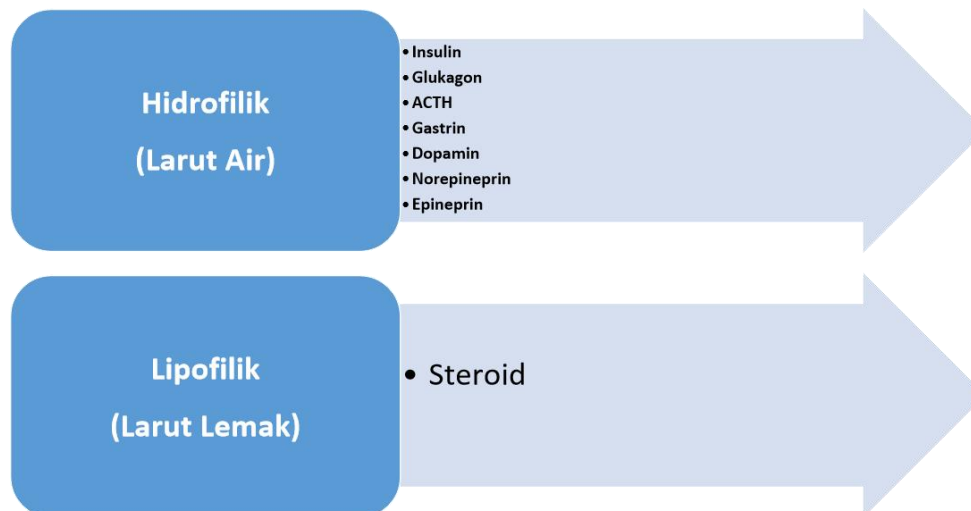
#### Struktur Dan Sistem Endokrin

Sistem endokrin merupakan sistem yang unik karena terdiri dari kelompok berbagai kelenjar atau jaringan yang tersebar di seluruh tubuh. Kelenjar tubuh memiliki fungsi baik eksokrin atau endokrin. Kelenjar eksokrin, termasuk kelenjar keringat dan kelenjar lakrimal, bertanggung jawab untuk mengeluarkan zat langsung ke saluran yang mengarah ke daerah sasaran. Endokrin Istilah (endo-dalam, Crin-mensekresikan) ini menunjukkan bahwa sekresi dibentuk oleh kelenjar secara langsung masuk ke darah atau limfa sirkulasi dan perjalanan ke jaringan target, dan bukan diangkut melalui tuba atau duktus (Nugroho, 2021).

Struktur endokrin tersusun oleh oleh kelenjar – kelenjar. Organ endokrin antara lain adalah

1. Kelenjar Hipofisis, lobus anterior dan posterior.
2. Kelenjar Tiroid dan Paratiroid
3. Kelenjar Suprarenal, kortek dan medulla
4. Kelenjar timus dan barang kali juga badan Pineal.





Gambar 19. Jenis Hormon

### Hormon Dan Metabolisme

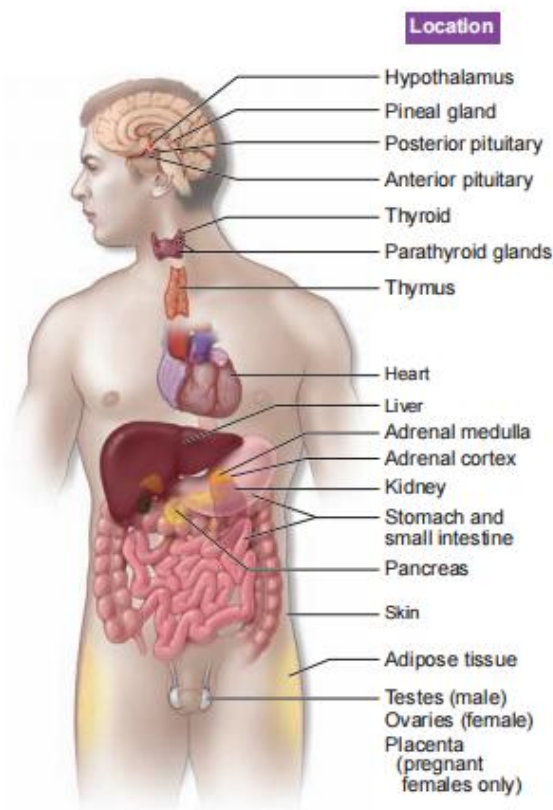
Sistem endokrin merupakan sistem kelenjar yang bekerja pada tubuh manusia yang hasil sekresinya disebut hormon. Hormon adalah zat kimia yang dibawa dalam aliran darah ke jaringan dan organ kemudian merangsang hormon untuk melakukan tindakan tertentu. Cara kerja hormon yaitu langsung ke dalam darah tanpa melalui duktus atau saluran (Utomo & Hidayat, 2017).

hormon merupakan zat kimia yang diproduksi oleh kelenjar-kelenjar dalam sistem endokrin. Hormon ini nantinya akan berperan sebagai penunjang hampir dalam semua fungsi utama tubuh. Hormon juga memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan metabolisme tubuh manusia sehingga kesehatan akan terus terjaga dan tidak mudah terserang penyakit. Hormon bekerja tanpa hambatan maka tubuh manusia itu senantiasa sehat (Galita & Septianingrum, 2023).

Hormon-hormon menyebabkan perubahan fisiologik dan biokimia yang menjadi perantara berbagai pengaturan seperti yang telah dibicarakan sebelumnya. Ketika dilepaskan ke dalam aliran darah, hormon akan diangkut ke jaringan sasaran tempatnya menimbulkan sefek. Efek-efek ini seringkali berupa pengaturan reaksi enzimatik yang berlangsung terus menerus. Hormon pada umumnya disekresi dalam konsentrasi rendah sekali.

Hormon terbagi dalam dua golongan utama : (1) steroid dan tironin, yang larut dalam lemak, dan (2) polipeptida dan katekolamin, yang larut dalam air. Selain itu, beberapa hormon tergolong sebagai glikoprotein, suatu senyawa campuran gula dan protein. Ciri utama dari hormn steroid adalah adanya struktur multisiklik, yaitu inti sikloperhidrofenantren. Contoh-contoh hormon steroid adalah hormon korteks adrenal dan hormon yang diproduksi oleh gonad.

Hormon memengaruhi proses metabolik selular baik secara langsung maupun tak langsung melalui interaksi awal dengan reseptor-reseptor sel spesifik. Peran metabolisme dipengaruhi oleh fungsi endokrin pankreas terletak pada pulau-pulau langerhans, berupa selsel epitel yang tersebar diseluruh organ. Dua hormon yang mempenharuhi metabolisme karbohidrat dihasilkan oleh jaringan pulau-pulau langerhans yaitu insulin oleh sel Beta dan glukagon oleh sel alfa. Selain itu sel delta juga telah diketahui yang menyimpan dan mensekresi hormon somatostatin.



Gambr 20. Kalenjar Hormon pada tubuh manusia

## **Hormon Dan Cardiorespiratory**

Kardiorespirasi merupakan gambaran kemampuan sistem kardiovaskuler dan sistem pernapasan dalam memenuhi kebutuhan oksigen pada jaringan otot selama melakukan aktivitas (Dewi dan Muliarta, 2016). Daya tahan kardiorespirasi merupakan komponen terpenting dari kesegaran jasmani. Daya tahan kardiorespirasi yang tinggi menunjukkan kemampuan untuk bekerja yang tinggi, yang berarti kemampuan untuk mengeluarkan sejumlah energi yang cukup besar dalam periode waktu yang lama. Daya tahan dalam dunia olahraga dikenal sebagai kemampuan peralatan tubuh olahragawan untuk melawan kelelahan selama aktivitas atau kerja berlangsung. Olahragawan yang memiliki ketahanan baik, mampu bekerja lebih lama dan tidak akan cepat merasa lelah. Daya tahan kardiorespirasi dipengaruhi beberapa faktor yakni genetik, umur dan jenis kelamin, aktivitas fisik, komposisi lemak tubuh dan kebiasaan merokok (Alim, 2012).

Sistem kardiovaskuler merupakan sistem transpor tubuh, yang membawa gas-gas pernafasan, nutrisi, hormon, dan zat-zat lain ke dan dari jaringan tubuh. Komponen utama sistem kardiovaskuler adalah: jantung, pembuluh darah, dan darah. Salah satu indikator yang menunjukkan baik tidaknya fungsi sistem kardiovaskuler adalah tekanan darah.

## **Hormon Terhadap Otot, Tulang, Dan Jaringan Adipose**

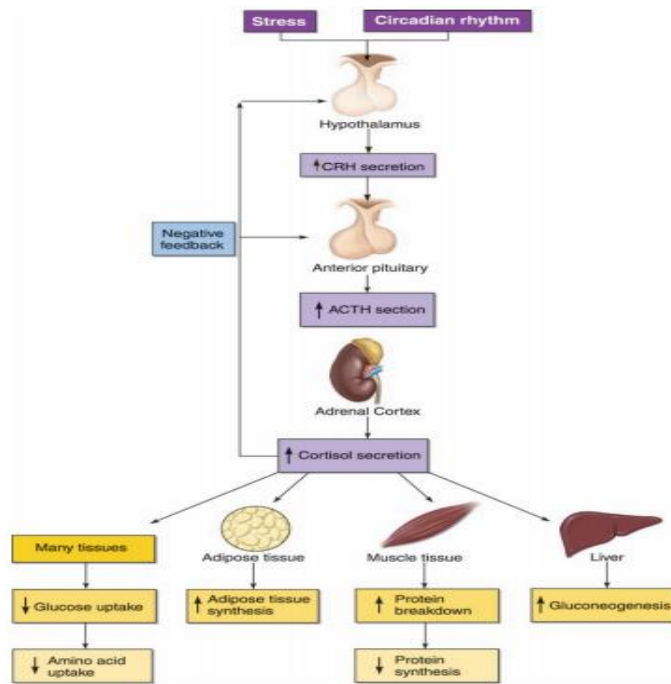
Ada dua hormon yang diproduksi di adiposa putih jaringan yang tampaknya memainkan peran penting dalam modulasi keseimbangan energi: adiponektin dan leptin. Adiponektin bertindak di hati, otot, dan di CNS. Adiponektin juga bertindak dalam modulasi metabolisme lipid, menstimulasi oksidasi asam lemak, dan memiliki yang penting fungsi anti-inflamasi, karena menekan sitokin proinflamasi dan meningkatkan penanda antiinflamasi lainnya. Sebuah penelitian terhadap orang dewasa menunjukkan hal itu lemak perut viseral tinggi dan kadar adiponektin rendah berhubungan dengan lingkaran pinggang, tekanan darah, glukosa dan profil lipid adalah prediktor independen untuk sindrom metabolic

Leptin adalah hormon anorexigenic dan leptin yang bersirkulasi tingkat sangat terkait dengan indeks massa tubuh. Leptin mengakses targetnya di hipotalamus dan daerah lain otak karena dapat menembus penghalang darah-otak. Ini mengikat reseptor di ARC dan mengurangi makanan asupan dan meningkatkan pengeluaran energi dengan merangsang ekspresi POMC / CART dan dengan menghambat ekspresi NPY / AgRP. Namun, peningkatan hasil lemak tubuh peningkatan leptin, tetapi respon terhadap hormon itu dihilangkan, dicirikan oleh resistensi leptin, dan tidak mencegah perkembangan obesitas.

Hormon paratiroid disekresikan oleh kelenjar paratiroid. Letaknya dipermukaan belakang pada kelenjar tiroid. Hormon PTH memiliki efek meningkatkan  $Ca^{++}$  dalam plasma dan mencegah penyakit hipokalsemia. PTH mengendalikan keseimbangan kalsium dan fosfat dalam tubuh manusia melaluipeningkatan kadar fosfat dalam darah. Kalsium sangat penting dalam pembentukan tulang dan gigi, kontraksi otot, koagulasi darah. Sedangkan fosfat sangat penting dalam metabolisme seluler keseimbangan asam basa tubuh.

Hormon Insulin yaitu memiliki efek hipoglikemik, dan juga terdapat efekefek pada transpor elektrolit dan asam amino. Efek insulin berakhir pada penyimpanan karbohidrat, protein, dan lemak. Insulin berefek pada jaringan otot rangka antara lain, Meningkatkan pemasukkan glukosa • Meningkatkan sintesis glikogen • Meningkatkan ambilan asam amino • Meningkatkan sintesis protein di ribosom • Menurunkan katabolisme protein • Menurunkan pelepasan asam amino glukoneogenik • Meningkatkan ambilan keton • Meningkatkan ambilan kalium.

Tanpa adanya insulin, masuknya glukosa ke dalam otot rangka dapat meningkat selama melakukan aktivitas olahraga. Glukosa dalam otot masih meningkat selama beberapa jam setelah melakukan aktivitas olahraga. Melakukan latihan olahraga yang teratur dapat menghasilkan peningkatan kepekaan terhadap insulin yang berkepanjangan. Olahraga juga dapat menyebabkan hipoglikemia karena peningkatan ambilan glukosa dalam darah. Hipoglikemia dapat menyebabkan kejang dan koma



Gambar 21. Hormon dalam mempengaruhi organ tubuh

### Respon Hormonal

Sistem endokrin terdiri dari suatu sistem dalam tubuh manusia yang meliputi sejumlah kelenjar penghasil zat yang dinamakan hormon. Kelenjar ini dinamakan endokrin. Dinamakan endokrin karena kelenjar ini tidak memiliki saluran keluar untuk zat yang dihasilkan. Pada umumnya hormon berhubungan dengan pengaturan berbagai fungsi metabolisme yang ada di dalam tubuh, mengatur kecepatan reaksi kimia di dalam sel-sel atau transpor zat-zat melalui membran sel atau aspek metabolisme sel lainnya seperti pertumbuhan dan sekresi. Kelenjar endokrin terdiri dari kelenjar hipofisis, tiroid dan paratiroid, timus dan suprarenal. Hormon yang dihasilkan oleh endokrin terdapat bermacam-macam.

Sistem neuroendokrin mengontrol sejumlah fungsi sistemik yang berkisar dari metabolisme dan keseimbangan cairan ke fungsi kardiovaskular dan paru, dalam konteks ulasan ini tujuannya adalah untuk memeriksa respon endokrin untuk latihan dalam hubungan dengan pemeliharaan peningkatan permintaan energy. Sistem simpatoadrenal melepaskan hormon epinefrin, norepinefrin, dan kortisol norepinefrin sering disebut sebagai hormon lebih banyak akurat, bertindak sebagai neurotransmitter. Ketika membahas respon

simpatoadrenal terhadap berbagai rangsangan, perlu dicatat bahwa ini sering dilaporkan sebagai perubahan dalam plasma norepinefrin dan epinefrin, tetapi bahwa variabel-variabel ini mungkin tidak secara tepat mencerminkan pelepasan norepinefrin dari terminal saraf dari sistem saraf simpatik pada organ target, atau norepinefrin termetilasi (epinefrin) dari sel chromaffin di medula adrenal. Respon metabolik dan hormonal untuk berolahraga umumnya lebih kecil di pagi hari daripada di sore dan malam hari.

### **Adaptasi Hormonal**

Sistem saraf dan sistem endokrin adalah merupakan dua sistem organ yang berperan besar terhadap respons dan adaptasi. Kedua sistem tersebut bekerja untuk mengatur kecepatan aktivitas kimiawi sel di berbagai jaringan. Sistem saraf akan merespons lebih cepat terhadap perubahan homeostasis seluler dibandingkan dengan sistem endokrin. Walaupun sistem endokrin merespons lebih lambat, seringkali lebih besar dan lebih lama, sebab efek pengaturan endokrin pada fungsi sel sangat luas. Diperkirakan perubahan fungsi endokrin inilah yang bertanggung jawab terhadap berbagai respons dan adaptasi fisiologis terhadap pelatihan olahraga. Mekanisme aksi endokrin biasanya berbentuk tiga, yaitu: (1) perubahan kecepatan sintesis enzim protein, (2) perubahan kecepatan sintesis molekul, misalnya: cAMP atau prostaglandin yang kemudian mengubah aktivitas enzim atau permeabilitas membran sel terhadap substansi yang penting, (3) perubahan permeabilitas membran sel.

Perubahan konsentrasi hormon sangat sulit diinterpretasi karena konsentrasi hormon sewaktu-waktu dipengaruhi oleh berbagai variabel, seperti: (a) kecepatan kelenjar dalam memproduksi hormon, (b) kecepatan perusakan hormon oleh enzim di hati, ginjal, dan jaringan lain, (c) kecepatan ambilan hormon oleh jaringan, dan (d) perubahan volume darah. Dari fakta tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi hormon selama pelatihan olahraga dapat diinterpretasikan sebagai peningkatan produksi, pengurangan destruksi.

Pada umumnya, hormon membebaskan energi melalui mobilisasi glukosa hati dan asam lemak bebas dari jaringan adipose yang meningkat selama pelatihan olahraga. Termasuk di dalamnya adalah katekolamin, hormon pertumbuhan, dan glukagon. Sebaliknya, dengan insulin, hormon utama yang terlibat dalam penyimpanan energi menghambat pelepasan glukosa dari hati, dan asam lemak bebas dari jaringan adipose menurun selama pelatihan olahraga.

### **Rangkuman**

Hormon memengaruhi proses metabolik selular baik secara langsung maupun tak langsung melalui interaksi awal dengan reseptor-reseptor sel spesifik. Peran metabolisme dipengaruhi oleh fungsi endokrin pankreas terletak pada pulau-pulau langerhans, berupa selsel epitel yang tersebar diseluruh organ.

Sistem saraf dan sistem endokrin adalah merupakan dua sistem organ yang berperan besar terhadap respons dan adaptasi. Kedua sistem tersebut bekerja untuk mengatur kecepatan aktivitas kimiawi sel di berbagai jaringan.

### **Test Point**

1. Bagaimana hormon dapat mempengaruhi sistem kerja fisiologis manusia !
2. Ketika melakukan aktivitas fisik dengan intensitas yang tinggi dapat memicu sekresi hormon kortisol, bagaimana hal tersebut bisa terjadi dan apa efeknya pada kondisi fisiologis !
3. Bagaimana peran leptin terhadap peranannya dalam metabolisme tubuh !
4. Bagaimana mekanisme insulin dalam meningkatkan metabolisme tubuh !

## BAB 7

### Latihan Didataran Tinggi dan Rendah

Pada bab ini menjelaskan tentang kondisi fisiologis ketika melakukan aktifitas fisik di dataran tinggi dan rendah yang meliputi materi-materi :

- Latihan di dataran rendah dan tinggi
- Metabolisme dan fisiologi latihan pada dataran tinggi
- Kapasitas latihan pada dataran tinggi dan rendah
- Thermo regulasi
- Heat stress
- Cold Stress
- Kelelahan latihan

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami kondisi dan perubahan fisiologis saat melakukan aktivitas fisik di dataran tinggi dan rendah

#### Latihan di dataran rendah dan tinggi

Salah satu pengukuran biometrik yang paling membantu untuk aktivitas fisik adalah daya tahan. Salah satu aspek kebugaran jasmani yang paling penting adalah daya tahan. Lamanya waktu yang dihabiskan seseorang untuk bekerja atau melakukan aktivitas yang membuat tidak mudah lelah disebut sebagai endurance time (Apri Agus, 2016). Karena daya tahan aerobik sebenarnya menuntut pasokan oksigen yang cukup untuk metabolisme energi aerobik,  $VO_{2max}$  seseorang akan berdampak pada tingkat daya tahan aerobiknya. Oleh karena itu, memiliki tingkat  $VO_{2max}$  yang tinggi juga diperlukan jika ingin memiliki daya tahan aerobik yang tinggi. Butuh kerja keras untuk mencapainya, dan khususnya, kita harus melakukan aktivitas yang mungkin berdampak pada  $VO_{2max}$  (Umar 2014). Jumlah oksigen terbesar yang dapat dihirup saat berolahraga dikenal sebagai  $VO_{2max}$ . Status sistem oksidatif, pernapasan, hematologi, dan sirkulasi otot mempengaruhi nilai  $VO_{2max}$ . Mengingat  $VO_{2max}$  adalah ukuran daya tahan seseorang dan sepak bola adalah olahraga yang paling mengandalkan daya tahan tubuh,  $VO_{2max}$  sangat penting untuk aktivitas



olahraga dan pemain khususnya. Suhu merupakan salah satu unsur yang mempengaruhi VO<sub>2</sub>max seseorang. Variasi suhu akan berdampak tidak langsung pada VO<sub>2</sub>max karena progesteron memiliki efek termogenik yang dapat meningkatkan suhu basal tubuh.

Tindakan termogenik progesteron akan mengurangi VO<sub>2</sub>max dengan mengurangi upaya kardiovaskular. Di Indonesia, suhu rata-rata bervariasi menurut wilayah. Kepulauan Indonesia sendiri terbentang dari Sabang sampai Merauke. Indonesia terletak secara fisik di antara Benua Australia dan Asia, serta di antara Samudera Hindia dan Pasifik. Ada dataran tinggi, dataran, daerah pesisir, dan daerah pegunungan di Indonesia. Dataran tinggi adalah wilayah permukaan bumi yang terletak pada ketinggian lebih dari 700 meter di atas permukaan laut, yang suhu lingkungannya dingin. Dataran rendah adalah dataran yang hampir setinggi permukaan laut, yang suhunya panas. Terdapat perbedaan tekanan udara atau tekanan oksigen antara dataran tinggi dan dataran rendah. Proses difusi akan lebih lambat pada dataran tinggi karena perbedaan tekanan lebih kecil dan oksigen parsial di alveoli lebih rendah dari seharusnya. Tubuh menyesuaikan diri untuk menyiasatinya.

Aklimatisasi adalah proses dimana tubuh menyesuaikan diri atau beradaptasi dengan lingkungan baru atau lingkungan yang berbeda dari lingkungan asalnya. Bagi mereka yang akan berlatih atau berkompetisi di area baru, fase aklimatisasi sangatlah penting. Secara umum, orang yang lahir dan tinggal di dataran tinggi beradaptasi dengan lingkungan baru lebih cepat daripada orang yang lahir dan tinggal di dataran rendah. Orang yang lahir dan besar di dataran tinggi atau pegunungan mungkin menunjukkan kejadian atau sifat tertentu, seperti dada yang lebih lebar dan tubuh yang agak lebih mungil, membuat rasio massa tubuh terhadap kapasitas ventilasi menjadi besar. Selain itu, dibandingkan dengan orang yang tinggal di dataran rendah, jantung, terutama jantung kanan, jauh lebih besar. Untuk memaksa darah melalui kapiler pulmonal yang sangat melebar, jantung kanan yang besar menciptakan tekanan yang sangat besar di arteri pulmonalis. Orang yang

tinggal di atas atau di dataran tinggi juga memiliki akses yang lebih mudah ke kemampuan darah untuk membawa oksigen ke jaringan. (Graha, 2009).

Terbukti bahwa aktivitas di ketinggian lebih unggul daripada latihan di ketinggian rendah setelah menyelesaikan studi dari 15 publikasi penelitian tentang perbandingan VO<sub>2</sub>max di dataran tinggi dan dataran rendah. Di mana ada ambang anaerobik, peningkatan suhu lingkungan menghasilkan pengurangan tenaga mekanik. Sehingga terdapat perbedaan antara atlet yang berlatih di dataran tinggi dan dataran rendah untuk olahraga aerobik dan anaerobik dari segi VO<sub>2</sub>maxnya. Seseorang yang berlatih di dataran tinggi memiliki laju pernapasan yang lebih baik daripada di dataran rendah karena dataran tinggi memiliki suhu yang lebih rendah daripada dataran rendah sehingga lebih sedikit oksigen. Oleh karena itu, boleh dikatakan bahwa tingkat VO<sub>2</sub>max seseorang lebih tinggi di dataran tinggi dibandingkan di dataran rendah.

### **Metabolisme dan fisiologi latihan pada dataran tinggi**

Ketinggian atau factor lingkungan, yang berpengaruh pada fisiologi seorang atlet dan terlihat pada penurunan performa teknik dalam setting ini, merupakan salah satu komponen lingkungan yang mempengaruhi latihan seorang atlet. Perubahan fisiologis seseorang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, iklim, dan ketinggian, dan lingkungan tempat tinggalnya menentukan kapan hal itu terjadi. Contoh adaptasi lingkungan yang analog antara lain variasi tekanan parsial oksigen (PO<sub>2</sub>) yang terdapat di dataran rendah, dataran tinggi, pantai, dan pegunungan. Fakta menunjukkan bahwa ketinggian dapat merugikan lari kecepatan tinggi karena menurunkan tekanan parsial oksigen. Ini juga dapat merusak sistem metabolisme karena ketinggian yang lebih tinggi menghasilkan produksi adenosin trifosfat (ATP) yang lebih rendah, yang berdampak pada bagian tubuh lainnya. sistem, menurunkan kinerja

Faktor-faktor berikut mempengaruhi konsumsi oksigen maksimal (vo<sub>2</sub> max): Kemampuan sel darah merah untuk membawa oksigen (O<sub>2</sub>) ke jaringan harus normal, jantung, paru-paru, dan arteri darah harus bekerja

dengan baik, dan jaringan otot harus memiliki kapasitas normal untuk memanfaatkan oksigen (O<sub>2</sub>) atau metabolisme normal. Aktivitas mitokondria normal diharapkan. Karena peningkatan aktivitas otot rangka selama latihan menyebabkan vo<sub>2</sub> max meningkat, otot besar harus digunakan untuk mengkonsumsi oksigen (O<sub>2</sub>) sebanyak mungkin. Selain itu, hal ini menyebabkan variasi jumlah oksigen (O<sub>2</sub>) dalam darah di vena dan arteri, dengan otot yang bekerja menerima sebagian besar darah yang kaya oksigen.

### **Kapasitas latihan pada dataran tinggi dan rendah**

Manusia memiliki beragam tipe tubuh, dan faktor termasuk etnis, keturunan, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan lokasi geografis juga dapat memengaruhi hal ini. Keadaan geografis yang berbeda akan memberi tubuh berbagai isyarat untuk membantunya beradaptasi. Penurunan performa disebabkan oleh berbagai penyebab, tidak hanya tekanan panas dan latihan di ketinggian. Hipotermia, yang secara klinis ditandai dengan penurunan suhu tubuh di bawah suhu tubuh normal saat kehilangan panas dari tubuh melebihi produksi panas, merupakan aspek penting lainnya. Graha (2010: 128) mengklaim bahwa "faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penguapan keringat sangat bergantung pada kemampuan tubuh untuk menyesuaikan diri dengan suhu lingkungan yang tinggi. Usia, jenis kelamin, jumlah kelenjar keringat yang ada, dan tingkat aklimatisasi semuanya memengaruhi proses berkeringat. Menurut Indra (2007:171), "panas di lingkungan tubuh yang panas akan mendorong pembuangan panas melalui keringat, memperlancar aliran darah ke kulit dengan membatasi jumlah pakaian yang dibutuhkan.

### **Thermoregulasi**

Thermoregulasi adalah salah satu hal penting dalam homeostasis. Thermoregulasi adalah siklus yang melibatkan komponen homeostatis yang mengikuti tingkat panas internal dalam jangkauan normal, yang dilakukan

dengan menjaga keseimbangan antara panas yang diproduksi dalam tubuh dan intensitas yang dihasilkan (Brooker, 2008). Manusia adalah hewan endotermik di mana tingkat panas internal mereka cukup konsisten dengan perubahan suhu di atas mereka. Kerangka termoregulasi dikendalikan secara fisiologis yang tergabung dari reaksi kerangka eferen dan fokal. Kulit dan selaput lendir mengandung reseptor yang peka terhadap suhu yang pada akhirnya akan berintegrasi ke dalam sumsum tulang belakang dan berakhir di hipotalamus anterior, pusat kendali sistem termoregulasi (Fauzi, 2015). Sedasi tulang belakang adalah salah satu metode untuk menghilangkan sensasi mesin dengan memasukkan obat penenang ke dalam ruang subarachnoid.

Dalam aktivitas sedasi tulang belakang terdapat sumbatan pada sistem saraf pusat yang menyebabkan vasodilatasi yang menyebabkan perpindahan panas dari kompartemen pusat ke perifer, hal ini akan menyebabkan hipotermia. Dengan menyuntikkan obat anestesi ke dalam ruang subarachnoid, anestesi spinal dapat menghilangkan sensasi motorik. Pada manifestasi sedasi tulang belakang terdapat sumbatan pada sistem saraf pusat yang menyebabkan vasodilatasi yang menyebabkan perpindahan panas dari kompartemen pusat ke perifer, hal ini dapat menyebabkan hipotermia. Demikian juga salah satu dampak obat penenang yang dapat menyebabkan hipotermia adalah pergeseran tepi termoregulasi sehingga tubuh lebih cepat merespon penurunan suhu yang akan menyebabkan hipotermia (Pramandu, 2010). Dukungan normothermia adalah kemampuan utama dari sistem sensorik otonom. Kerusakan sel dan jaringan dapat terjadi ketika ada sedikit perubahan pada tingkat panas internal pusat. Pada manusia, tingkat panas dalam pusat dipertahankan pada 36,5-37,5 °C.

Apabila terjadi penyesuaian suhu ekologis, maka tubuh akan menyesuaikan suhunya dengan reaksi fisiologis dan melakukan reaksi. Dalam jam pertama pengendalian sedasi akan terjadi penurunan tingkat panas dalam pusat sebesar 0,5-1,5 °C. Faktor untuk menurunkan suhu selama sedasi adalah kehilangan panas pada kulit karena proses radiasi,

konveksi, konduksi dan penghilangan yang selanjutnya menyebabkan perubahan dan penurunan laju metabolisme. Hipotermia dicirikan sebagai suhu pusat di bawah 35°C dan merupakan faktor pertaruhan bebas untuk kematian setelah cedera. Jika digunakan suhu di bawah 36 °C sebagai patokan, frekuensi hipotermia berkisar antara 50-70% dari 160 pasien yang menjalani prosedur medis (Hujjatulislam, 2015). Penelitian yang diarahkan oleh Mahalia (2012) melihat bahwa sebanyak 2,5% pasien mengalami komplikasi setelah menjalani sedasi. Salah satu kebingungan yang muncul setelah sedasi adalah hipotermia (Setiyanti, 2016). Penelitian yang dipimpin oleh Harahap (2014) menyatakan bahwa angka kejadian hipotermia saat pasien berada di ruang pemulihan adalah 113 orang (87,6%) dari 129 pasien yang menjalani tindakan medis baik setelah sedasi luas maupun sedasi provinsi. Mengingat pemeriksaan di Klinik Pengobatan Kota Salatiga di salah satu ruangan rawat jalan selama beberapa waktu.

### **Heat stress**

Heat Stress adalah penyebab kesusahan karena pencernaan yang diperluas yang dipengaruhi oleh berbagai variabel. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi termasuk faktor lingkungan (suhu, kelembaban, pengembangan udara, dan intensitas radiasi), pola kerja dan pakaian. Dampak dari stress intensitas dimulai dari distress hingga tegang. Dampak ini merupakan sistem fisiologis tubuh secara keseluruhan terhadap tekanan panas. Namun, jika tidak perlu, seseorang yang berada dalam kondisi stres berat dapat mengalami stroke intensitas yang berbahaya. ACGIH adalah teknik penyaringan untuk mengenali pekerjaan atau kondisi yang berisiko tinggi menyebabkan tekanan panas. Suatu tempat atau pekerjaan dikatakan memiliki risiko tinggi menyebabkan tekanan panas jika melebihi standar stress intensitas yang ditetapkan oleh ACGIH.

Tekanan panas dapat dilakukan oleh siapa saja. Namun, sangat sedikit penelitian yang meneliti dampak beban intensitas pada kelelahan siswa dan apakah ada perbedaan antara kelemahan yang dialami pada paruh pertama siang dan malam. Demikian kajian diarahkan pada contoh 42

mahasiswa semester 1 Staf Ilmu Kedokteran Universitas Udayana. Jajak pendapat skor kelemahan berhasil dilakukan kepada siswa untuk mensurvei tingkat kelelahan mereka selama ini. Hasilnya telah diuji secara jelas dan ilmiah dan menunjukkan bahwa ada hubungan antara tekanan panas dan kelemahan siswa. Penelitian juga menunjukkan siswa pada pertemuan pagi hari memiliki skor kelelahan yang lebih tinggi daripada siswa pada pertemuan sore hari. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas stres yang terjadi pada mahasiswa pada pagi hari lebih tinggi dibandingkan pada sore hari.

### **Cold Stress**

Kombinasi suhu dingin, kecepatan angin kencang, dan kelembapan tinggi dikenal sebagai tekanan dingin. Suhu di bawah 18°C dapat menyebabkan tekanan dingin. Salah satu akibat dari tekanan dingin adalah hipotermia. Tubuh memiliki respons fisiologis yang dikenal sebagai peregangan dingin untuk mengimbangi tingkat panas internal yang khas (36-37°C). Kondisi iklim yang dingin (suhu lingkungan yang rendah, kecepatan angin yang tinggi, dan curah hujan yang meningkat, misalnya hujan deras/air/salju) dapat memengaruhi kinerja pemakai, meskipun bukan merupakan batasan. Institusi informasi yang logis saat ini hilang, selain dari prasyarat yang jelas untuk panduan dan arahan yang berguna untuk membantu mempersiapkan dan mengembangkan kinerja lebih lanjut dalam keadaan dingin seperti itu. Meskipun demikian, survei ini meringkas data yang diketahui saat ini tentang dampak fisiologis dari keterbukaan dingin yang mencoba memberikan ide-ide penting kepada para ahli dan mentor untuk membatasi dampak kinerja potensial, menurunkan masalah kesehatan, dan meningkatkan kesiapan pesaing di berbagai disiplin permainan.

### **Kelelahan Latihan**

Banyak strategi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengikuti kelelahan dalam kinerja pesaing dan mempertimbangkan secara mental dan variabel yang sangat penting. Hal ini akan berdampak tidak nyaman bagi tubuh yang menjalani teknik persiapan. Berbagai metode

digunakan untuk legitimasi dan ketergantungan penilaian aktual dan ikhtisar. Meskipun banyak strategi yang disetujui secara logis telah disusun oleh para ahli, penelitian lebih lanjut masih diharapkan untuk menentukan strategi mana yang dapat digunakan dalam permainan tertentu. Persiapan adalah usaha yang sering dilakukan pesaing. Pencapaian pesaing akan meningkat dengan paratraining baik mengenai informasi atau kemampuan maupun tentang sudut pandang yang sebenarnya. Namun, keterbukaan terhadap tenaga kerja yang sangat tinggi selama pelatihan akan berdampak buruk jika pelatih tidak bersemangat melihat perbedaan yang muncul karena persiapan yang sebenarnya. Ini berlaku meskipun latihan direncanakan dengan baik dan sesuai dengan kapasitas keseluruhan para pesaing. Seperti yang ditunjukkan oleh para ahli sebelumnya, kelelahan adalah penurunan kekuatan otot yang berkontraksi akibat kerja (Edwards, 1981). Sesuai ilmu olahraga, kelelahan ini akan membuat penurunan kinerja akibat olahraga, khususnya penurunan kinerja. Seperti yang ditunjukkan oleh Cairns (2013), kelelahan dapat dibagi menjadi dua kategori: pusat, yang mengacu pada kelelahan yang mempengaruhi saraf akibat berfungsinya sistem saraf pusat, dan perifer, yang mengacu pada kelelahan yang mempengaruhi kemampuan otot. untuk kontrak.

### **Rangkuman**

Antara dataran tinggi dan rawa terdapat perbedaan gaya pneumatik atau tekanan O<sub>2</sub>. Pada tingkat setengah oksigen lebih rendah dan oksigen fraksional dalam alveoli tetap seperti seharusnya, sehingga siklus dispersi akan lebih lambat karena perbedaan tekanan yang lebih kecil. Untuk mengalahkan ini, tubuh beradaptasi. Termoregulasi adalah siklus termasuk sistem homeostatis yang mengikuti tingkat panas internal dalam jangkauan normal, yang dicapai dengan menjaga keseimbangan antara panas yang diciptakan dalam tubuh dan intensitas yang dikirim.

Heat stress adalah penyebab ketidaknyamanan karena pencernaan yang meningkat yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.

## Test Point

1. Jelaskan bagaimana proses kelelahan bisa terjadi !
2. Bagaimana tubuh mengatur thermoregulasi saat melakukan aktivitas fisik !
3. Mengapa Cold Stress dapat mempengaruhi performa !
4. Bagaimana cara kita mengantisipasi agar tidak terjadi heat stress dan cold stress !



## BAB 8

### Komposisi Tubuh

Pada bab ini menjelaskan tentang kondisi obesitas dan bagaimana peranan olahraga dalam mengatasi obesitas. dalam kajian bab ini akan membahas tentang :

- Overweight dan obesitas
- Body mass Index
- Komposisi tubuh manusia
- Teknik pengukuran body composition
- Prinsip latihan weight kontrol

Pada bab ini mahasiswa diharapkan dapat memahami kondisi obesitas dan penggunaan olahraga sebagai cara menangani obesitas


#### **Overweight/Obesitas**

##### Pengertian Overweight


Overweight atau kelebihan berat badan merupakan kondisi dimana keadaan tubuh melebihi berat badan normal/abnormal. Yang diakibatkan karena penumpukan lemak dalam tubuh yang berlebih dan bisa mengganggu kondisi tubuh dan bahkan bisa mengakibatkan penyakit. Menurut data dari Kementrian Kesehatan Republik Indonesia (KEMENKES) diperoleh hasil data obesitas di Indonesia sekitar 13,5% untuk usia 18 tahun keatas mengalami kelebihan berat badan, sementara itu 28,7% mengalami obesitas dengan ( $IMT \geq 25$ ) dan menurut indikator RPJMN tahun 2015-2019 sebanyak 15,4% mengalami obesitas ( $IMT \geq 27$ ). Sementara pada usia anak 5-12 tahun, sebanyak 18,8% kelebihan berat badan dan 10,8% mengalami obesitas. Serta menurut data dari SIRKESNAS 2016, angka obesitas  $IMT \geq 27$  naik menjadi 20,7% sementara obesitas dengan  $IMT \geq 25$  menjadi 33,5%. Overweight dan obesitas dapat menyebabkan komplikasi penyakit diantaranya jantung koroner, storke, diabetes melitus (kencing manis), dan juga hipertensi (tekanan darah tinggi).

Tabel 2. Persentase Body Fat

**Body Fat %**



**Male**



**Female**

Body Fat Percentage	Classification	Body Fat Percentage
> 25 %	Very High	> 35 %
20 % - 25 %	High	30 % - 35 %
10 % - 20 %	Normal	20 % - 30 %
< 10 %	Low	< 20 %

Aktivitas fisik yang rendah juga merupakan salah satu faktor penyebab overweight/obesitas. Secara zaman sekarang sudah banyak mengalami perubahan pola hidup, dimana aktivitas manusia sudah banyak perkembangan seperti alat transportasi dan mesin mesin canggih yang dapat meringankan aktivitas fisik manusia. Hal ini menjadi penyebab rendahnya aktivitas fisik pada saat ini. Aktivitas fisik sangat berpengaruh terhadap berat badan. Serta tingkat konsumsi yang tinggi dan aktivitas fisik yang rendah dapat menyebabkan terjadinya akumulasi kalori dalam tubuh sehingga terjadi kenaikan berat badan. Orang dengan aktifitas fisik tinggi dapat meningkatkan massa otot dan menurunkan kadar lemak dalam tubuh.

### **Faktor yang mempengaruhi Overweight/Obesitas**

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi Overweight/Obesitas diantaranya:

a) Faktor Genetik

Apabila ada salah satu orang tuanya yang menderita obesitas maka peluang menurun pada anaknya sekitar 40-50%. Dan jika kedua orang tuanya menderita obesitas maka peluang obesitas yang diturunkan kepada anaknya sekitar 70-80%.

b) Faktor Lingkungan

Pada faktor lingkungan ini dibagi menjadi 2, yaitu:

i. Pola Makan

Pola makan bisa menjadi salah satu faktor obesitas/overweight, hal itu terjadi karena ketika asupan energi yang kita makan itu terlalu banyak dan juga kita mengonsumsi makanan yang tinggi lemak, gula, dan kurang serat itu bisa menjadi penyebab obesitas.

ii. Pola aktifitas fisik

Pada pola aktifitas fisik yang rendah dan ketika kita kurang melakukan olahraga maka akan membuat sel sel yang ada dalam tubuh bekerja kurang optimal. Sehingga dapat menyebabkan obesitas/overweight.

c) Faktor Obat Obatan dan Hormonal

i. Obat obatan

Jenis obat-obatan seperti steroid yang digunakan untuk mengobati/terapi penyakit asma, osteoarthritis, dan juga alergi. Jika penggunaan obat ini digunakan dalam jangka waktu yang lama maka akan menimbulkan nafsu makan bertambah dan akan menyebabkan obesitas.

ii. Hormonal

Pada hormonal yang berperan untuk memicu obesitas terjadi pada hormon leptin, ghrelin, tiroid, insulin, dan estrogen

### **Dampak/penyebab obesitas**

a) Dampak metabolik

Dampak metabolik ini terjadi ketika ukuran perut laki-laki > 90 cm dan untuk perempuan > 80 cm dan berdampak pada kenaikan trigliserida dan penurunan kolesterol HDL (High Density Lipoprotein) atau penurunan lemak baik, dan juga dapat meningkatkan tekanan darah tinggi, dimana keadaan tersebut biasa disebut dengan sindrom metabolik.

b) Dampak penyakit

Gangguan metabolik atau gangguan metabolisme disebabkan oleh obesitas dan akan mengakibatkan beberapa penyakit berikut:

i. Jantung

Terjadi penyakit jantung disebabkan karena penumpukan lemak yang terjadi 10 kali lipat sehingga menimbulkan perut buncit. Penumpukan lemak ini menyebabkan arteri menyempit dan menghambat aliran darah

yang akan menuju jantung sehingga menyebabkan nyeri didada (angina) atau serangan jantung. (menurut Standfold Health Care, 2016)

ii. Stroke

Penyempitan pembuluh darah dapat menyebabkan pembekuan darah dan ini menjadi kondisi awal dimana terjadi penyakit stroke. Penyempitan pembuluh darah atau aterosklerosis dipicu beberapa faktor diantaranya merokok, tekanan darah tinggi, dan juga kurang berolahraga. Sehingga kelebihan berat badan dianggap bisa menjadi faktor sekunder penyebab penyakit stroke. (menurut Omozu, 2016)

iii. Diabetes Militus

Diabetes militus atau diabetes tipe 2 ini dimana pankreas yang bekerja menghasilkan insulin bekerja secara tidak maksimal dalam membantu sel sel tubuh menyerap glukosa karena terganggu oleh kadar lemak yang tinggi. Insulin berkerja kurang efektif karena adanya asam lemak bebas dan menyebabkan risiko peningkatann diabetes tipe 2.

iv. Hipertensi

Hipertensi juga mejadi dampak obesitas dimana hipertensi terjadi secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung disini dijelaskan bahwa peningkatan cardiac output karena makin besar massa tubuh maka makin banyak peredaran jumlah darah. Dan untuk yang tidak langsung dijelaskan bahwa melalui rangsangan sistem saraf simpati dan Renin Angiotension Aldosteron System (RAAS) seperti hormon sitokin, adipokin dan sebagainya. Horon Aldosteron menjadi salah satu hormon yang terikat dengan resistensi air dan natrium sehingga memicu terjadinya peningkatan volume darah (menurut Elmatris, et al 2012)

v. Sleep apnoea (henti nafas saat tidur)

Dampak dari obesitas selanjutnya yaitu sleep apnoea,dampak ini terjadi karena adanya penimbunan lemak berlebih di daerah bawah diafragmadan dinding dada hingga menekan paru-paru. Gangguan pernafasan ini terjadi ketika sedang tidur dan menyebabkan nafs berhaenti sementara waktu. (menurut Fatiregun, et al 2009).

## **Rangkuman**

Obesitas merupakan kondisi dimana terjadi penumpukan lemak tubuh di jaringan viseral. Olahraga merupakan salah satu cara untuk mengatasi obesitas melalui kinerjanya dalam meningkatkan metabolisme energi melalui penggunaan lemak dan glukosa sebagai sumber energinya.

## **Test Point**

1. Bagaimana cara melakukan pengukuran untuk mengetahui seseorang obesitas atau tidak !
2. Jelaskan olahraga yang efisien dalam mereduksi lemak !
3. Mengapa obesitas dapat menyebabkan gejala diabetes melitus !
4. Olahraga dapat meningkatkan sensitifitas insulin, mengapa hal tersebut bisa terjadi !

## Daftar Pustaka

- Moshinsky, M. (1959). Effect of Resistance Training on Excess Post-exercise Oxygen Consumption. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.
- Roesdianto. (n.d.). *Kepelatihan Dalam Kegiatan Olahraga*. Wineka Media.
- Widiyanto, -. (2015). Latihan Fisik Dan Asam Laktat. *Medikora*, 1, 61–79.  
<https://doi.org/10.21831/medikora.v0i1.4720>
- Irwan, M., & Risnah. (2020). Analisis Perubahan Nilai Sistem Kardiovaskular dan Konsumsi Oksigen Maksimum (Vo2 Max) pada Atlet. *Perkembangan Generasi: Jurnal Kesehatan*, 11 (2), 35–41.  
<https://doi.org/10.35907/bgjk.v11i2.142>
- Palar, CM, Wongkar, D., & Ticoalu, SHR (2021). Profil Tingkat Volume Oksigen Maksimum. *Jurnal Kesehatan Jasmani dan Olahraga*, 5 (2), 1–19.
- Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, RP, Torres-Durán, PV, Romero-Gonzalez, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C., & Juárez-Oropeza, MA (2008). Rasio Pertukaran Pernapasan Berhubungan dengan Indikator Kebugaran Baik pada Pria Terlatih maupun Tidak Terlatih: Kemungkinan Aplikasi untuk Orang dengan Toleransi Latihan Berkurang. *Obat klinis. Pengobatan Peredaran Darah, Pernapasan dan Paru*, 2, CCRPM.S449.  
<https://doi.org/10.4137/ccrpm.s449Uny>, FIK (nd). Oleh suharjana fik uny.
- Melianita, R., & HARDJONO, J. (2005). Perbedaan Perubahan Pemberian Metode De Lorme Dengan Latihan Metode Oxford Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot Quadriceps. *Fisiotrapis Indonesia*, v, 16-17.
- Drs, M. M., & AIFO, K. (2017). Kontraksi Otot Skelet. *Menssana*, II, 19-23.
- Lesmana, H. S. (2019, 2 8). *Adaptasi Otot-Otot Skeletal Pada Latihan*. Retrieved from Osf.Oi: X
- Anggriawan, Nofa. 2015. Peran Fisiologi Olahraga Dalam Menunjang Prestasi' 11: 8–18.
- Goldberg, Stephen. 2008. 'Nervous System Anatomy'. *Physical Medicine & Rehabilitation Secrets*, 25–37. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4160-3205-2.10003-x>.

- 'Homeostasis Adalah Salah Satu Proses Seluler Paling Dasar Di Mana Sel Merespon Perubahan Lingkungan Intraseluler Atau Ekstraseluler Dan Mempertahankan Fisiologi Yang Konstan.' n.d., 1–15.
- Alim, A. (2012). Pengaruh olahraga terprogram terhadap tekanan darah dan daya tahan kardiorespirasi pada atlet pelatda sleman cabang tenis lapangan. *Medikora*, (2).
- Galita, T. N., & Septianingrum, T. D. (2023). Hormon Hormones in Islamic Perspective: HORMONES AND THE QUR'AN. *Journal Development and Research in Education*, 3(1), 44-51.
- Hamzah. R.U., Nurbyati, R., Ilyas, F.F. et al., (2021). *Makalah Sistem Endokrin*. Universitas Muhammadiyah Makassar. Diakses tanggal 19/05/2023
- Indra, E. N. (2009). Pengaturan Tekanan Darah Jangka Pendek, Jangka Menengah, Dan Jangka Panjang. *Medikora*, (2).
- Kanca, I. N. (2006). Olahraga dan kesehatan reproduksi. *Medikora*, 11(2).
- Nugroho, S. A. (2021). Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin.
- Suharyana, F. (2013). Kebugaran kardiorespirasi dan indeks masa tubuh mahasiswa KKN-PPL PGSD Penjas FIK UNY Kampus Wates tahun 2012. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 9(2).
- Utomo, D. W., & Suprpto, N. H. (2017). Pemodelan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit pada Sistem Endokrin Manusia dengan Metode Dempster-Shafer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN, 2548, 964X*.
- Faulhaber, M., & Kennedy, M. D. (2021). *Berlatih Olahraga di Lingkungan Dingin: Rekomendasi Praktis untuk Meningkatkan Performa Olahraga dan Mengurangi Hasil Kesehatan Negatif*.
- Kusuma, D. A. (2018). Evaluasi Kelelahan pada Latihan Olahraga. *Indonesia Performance Journal*, 2 (1), 55–60.
- Sudiana, I. K. (2013). *Dampak adaptasi lingkungan terhadap perubahan fisiologis*. 211–218.
- Yustika, G. P. (2018). *Jurnal Riset Kesehatan Sepakbola di Ketinggian: Literature Review*. 7(1), 11–16.
- Avissa, A., Kuswari, M., Nuzrina, R., Gifari, N., & Melani, V. (2021). Pengaruh

Program Latihan Olahraga dan Edukasi Gizi Terhadap Komposisi Tubuh, Lingkar Perut dan Lingkar Panggul pada Wanita Usia Produktif di Depok. *Physical Activity Journal*, 2(2), 176. <https://doi.org/10.20884/1.paju.2021.2.2.3947>

Kusumawardhani, I. (2016). Hubungan Antara Indeks Massa Tubuh Dengan Status Periodontal. *Poltekkes Kememkes Yogyakarta*, 4(2), 8–22. <http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/239/>

Niaty Sauria, D., Kartini, Mk., Anita Rosanty SST, Mk., La Ode Muhammad Ady Ardyawan SKep Ns MKes, Mk., Rahim, E., Dian Rosmala Lestari, Mp., & Herman, Mk. (2022). Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia Penerbit. In *Cv.Eureka Media Aksara* .

Nurmasyita, Widjanarko, B., Margawati, & Ani. (2016). The effect of nutrition education interventions on increasing nutritional knowledge, changes in nutrient intake and body mass index for overweight adolescents. *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*, 4(1), 38–47.

Prasetyo, S., & IP, J. (2017). Pengaruh Latihan Treadmill Terhadap Penurunan Persentase Lemak Tubuh Dan Berat Badan Pada Penderita Overweight Mahasiswa Ikor 2012 – 2014. *Jurnal Kesehatan Dan Olahraga*, 1(1), 12–20.

Rachman, T. (2018). Body Compotition. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 10–27.

Yoshe, R. T., & Kumala, M. (2021). Pemetaan status gizi berdasarkan indeks massa tubuh dan komposisi tubuh pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara angkatan 2015 dan 2016. *Tarumanagara Medical Journal*, 3(1), 143–151. <https://doi.org/10.24912/tmj.v3i2.11756>

Wackerhage, H. (2014). *Mollecular exercise physiology*. Routledge. London and New york.

Sugiharto. (2014). *Fisiologi Olahraga*. Malang. Penerbit universitas Negeri Malang.



## Glosarium

Adiponektin : zat yang di keluarkan dari jaringan lemak bersifat anti inflamasi

ADP : Adenosin Diphospat, Molekul yang dibentuk dari pemecahan ATP

Adrenal : Kalenjar yang berfungsi memproduksi hormon

Aerob : dengan oksigen

Alactid : Proses metabolisme yang tidak menghasilkan asam laktat

AMP : Adenosin Mono Phospat, Molekul yang dibentuk dari pemecahan ATP

Anaerob : Tanpa oksigen

Asetil koenzim A : Molekul yang menyediakan atom dalam reaksi biokimia

ATP : Adenosin Tri Phospat, Molekul yang digunakan sebagai energi

Ca<sup>2+</sup> : Kalsium

CO<sub>2</sub> : Carbon dioksida

Creatin kinase :Enzim yang digunakan dalam pembentukan ATP

Fosforilasi : Penambahan gugus fosfat pada suatu protein atau protein

Glikogen : Glukosa yang disimpan didalam hati dan otot

Glikolisis :Glukosa yang dioksidasi menjadi asam piruvat

Glikolitik :Metabolisme energi secara aerobik

Glukoneogenesis : Pembentukan glukosa yang bukan dari karbohidrat

H<sub>2</sub>O : Air

Hiperglikemia : Kadar gula darah diatas normal

Hipoglikemia : kadar gula darah dibawah normal

Impuls : Perubahan/pengiriman pesan

Intraseluler : Struktur yang ada didalam sel

Keton : senyawa hasil akhir dari metabolisme lemak

Lactid : Proses metabolisme yang menghasilkan asam laktat

Lipid : Lemak

Metabolik : Serangkaian proses biokimia yang terjadi dalam tubuh

Miofibril : Sekumpulan protein yang membentuk serat otot

NADH : NAD<sup>+</sup> menerima elektron dari molekul lain

Neuroplastisitas : kemampuan otak melakukan perubahan dan adaptasi

Noradrenalin : Molekul kimia yang berfungsi menghasilkan hormon

Oksidasi : Pelepasan elektrn dari molekul

Reseptor : Molekul protein yang menerima sinyal

Resintesis : Pembentukan kembali

Sekresi : Pengeluaran zat

Siklus Kreb's : Rangkaian reaksi metabolisme pada metabolisme aerobik

Sintesis : Penggabungan beberapa senyawa untuk membentuk senyawa baru

Transduksi sinyal : Komunikasi yang terjadi di sel yang mengakibatkan reaksi didalam sel

Troponin : Protein yang ada pada otot